ผลของแสงช่วยเพิ่มสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในการเพาะเลี้ยงฟรุตติงบอดี้บนอาหารข้าวโดย *Cordyceps militaris*

EFFECT OF LIGHTS ENHANCE BIOACTIVE SUBSTANCES IN CULTURING FRUITING BODIES ON RICE MEDIA BY *Cordyceps militaris*

จินดารัตน์ ซาวไทย
จิรายุทธ โคตพันธ์

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

ผลของแสงช่วยเพิ่มสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในการเพาะเลี้ยงฟรุตติงบอดี้บนอาหารข้าวโดย *Cordyceps militaris*

EFFECT OF LIGHTS ENHANCE BIOACTIVE SUBSTANCES IN CULTURING FRUITING BODIES ON RICE MEDIA BY *Cordyceps militaris*

จินดารัตน์ ชาวไทย

จิรายุทธ โคตพันธ์

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

EFFECT OF LIGHTS ENHANCE BIOACTIVE SUBSTANCES IN CULTURING FRUITING BODIES ON RICE MEDIA BY *Cordyceps militaris*

JINDARAT CHOWTHAI

JIRAYUT KOTHPAN

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENT FOR

THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

(INDUSTRIAL MICROBIOLOGY)

DEPARTMENT OF BIOLOGY, FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2017

หัวข้อโครงงานพิเศษ ผลของแสงช่วยเพิ่มสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในการเพาะเลี้ยงฟรุตติงบอดี้บนอาหารข้าวโดย *Cordyceps militaris*

Effect of Lights Enhance Bioactive Substances in Culturing Fruiting bodies on Rice Media by *Cordyceps militaris*

ชื่อนักศึกษา นางสาว จินดารัตน์ ชาวไทย รหัสนักศึกษา 57050809

นาย จิรายุทธ โคตพันธ์ รหัสนักศึกษา 57050810

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)

ภาควิชา ชีววิทยา

ปีการศึกษา 2560

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. มงคล เพ็ญสายใจ

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม) ประจำปีการศึกษา 2560

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.วีนา ชูโชติ ประธานกรรมการ	
รศ.ดร. นวลพรรณ ณ ระนอง กรรมการ	
ผศ. มงคล เพ็ญสายใจ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงงานพิเศษ	ผลของแสงช่วยเพิ่มสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในการเพาะเลี้ยงฟรุตติงบอดี้บนอาหารข้าวโดย *Cordyceps militaris*
ชื่อนักศึกษา	นางสาวจินดารัตน์ ชาวไทย รหัสประจำตัว 57050809
	นายจิรายุทธ โคตพันธ์ รหัสประจำตัว 57050810
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)
ภาควิชา	ชีววิทยา
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา	2560
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. มงคล เพ็ญสายใจ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสูตรอาหารข้าวชนิดต่างๆ ต่อการเพาะเลี้ยงฟรุตติงบอดี้ของเห็ดถังเช่าสีทอง และเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดเห็ดถังเช่าสีทองที่เพาะเลี้ยงบนสูตรอาหารข้าว ผลการศึกษาพบว่าสูตรอาหารข้าวเหนียวที่ใส่ดักแด้ (sticky rice medium pupa added) ภายใต้การให้แสงไฟสีม่วงเหมาะสำหรับการเพาะเลี้ยงฟรุตติงบอดี้ โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด เท่ากับ 31.12 ±0.50 กรัม น้ำหนักแห้ง เท่ากับ 29.43 ±0.38 กรัม และให้จำนวนฟรุตติงบอดี้ที่ความสูงต่างๆมากที่สุด เมื่อเทียบกับสูตรอาหารข้าวชนิดอื่นๆ ส่วนสารสกัดเห็ดถังเช่าสีทองที่เพาะเลี้ยงบนสูตรอาหารข้าวหอมมะลิที่ใส่ดักแด้ (jasmine rice medium pupa added) ภายใต้การให้แสงไฟสีม่วง มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุดเท่ากับ 70.38 ±0.24 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมดีที่สุดเท่ากับ 87.73 ±0.51 ไมโครกรัม (GAE)/มิลลิกรัมสารสกัด

คำสำคัญ *Cordyceps militaris* , ผลของแสง , ฟรุตติงบอดี้ , สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

Title	Effect of lights enhance bioactive substances in culturing fruiting bodies on rice media by *Cordyceps militaris*
Students	Miss Jindarat Chowthai Student ID 57050809
	Mr. Jirayut Kothpan Student ID 57050810
Degree	Bachelor of Science (Industrial Microbiology)
Department	Biology
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2017
Advisor	Asst. Prof. Mongkol Phensaijai

Abstract

This research aims to study the effects of different types of rice culture medium on fruiting body of *Cordyceps militaris* and comparing the antioxidant activity by DPPH radical scavenging assay and phenolic compounds in extracts of *Cordyceps militaris*. The culture of *Cordyceps militaris* on sticky rice medium pupa added under purple light gave highest amount of fruiting body, fresh weight 31.12 ±0.50 grams and dry weight of 29.43 ±0.38 grams respectively.The highest antioxidants of *Cordyceps militaris* cultured on jasmine rice medium pupa added under purple light extract was 70.38 ±0.24 percent and highest phenolic compounds amount was 87.73 ±0.51 μg (GAE)/mg extract.

Keyword bioactive , *Cordyceps militaris* , effect of lights , fruiting bodies

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเรื่อง ผลของแสงช่วยเพิ่มสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในการเพาะเลี้ยงฟรุตติงบอดี้บนอาหารข้าวโดย *Cordyceps militaris* นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากความช่วยเหลืออย่างยิ่งจากทุกท่าน ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผศ. มงคล เพ็ญสายใจ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ที่ให้ความช่วยเหลือและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดี ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาจนกระทั่งโครงงานพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผศ.วีนา ชูโชติ ประธานกรรมการ และ รศ.ดร. นวลพรรณ ณ ระนอง กรรมการ ที่กรุณาสละเวลาตรวจทาน ให้คำปรึกษา และพิจารณาโครงงานพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ บุญเลิศ ไทยทัตกุล ได้รับความอนุเคราะห์เชื้อเห็ดถังเช่าสีทองที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ จากโครงการลูกพระดาบส จังหวัดสมุทรปราการ ตามพระราชดำริ

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้อบรมสั่งสอนและให้กำลังใจ ชี้แนะและสนับสนุนการทำโครงงานพิเศษครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สุดท้ายขอมอบคุณความดี และประโยชน์ที่พึงมีจากโครงงานพิเศษฉบับนี้แก่คุณบิดา มารดา และคณาจารย์ผู้ประสาทวิชาความรู้ทุกท่านตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

จินดารัตน์ ชาวไทย

จิรายุทธ โคตพันธ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... จ
สารบัญรูป ..... ฉ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ 2
1.3 ขอบเขต 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 ลักษณะสัณฐานของเห็ดถั่งเช่าสีทอง 4
2.1.1 วงจรชีวิตของเห็ดถั่งเช่าสีทอง 4
2.1.2 อนุกรมวิธานของเห็ดถั่งเช่าสีทอง 5
2.2 ปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของเห็ดถั่งเช่าสีทอง 5
2.2.1 อาหาร 5
2.2.2 อุณหภูมิ 5
2.2.3 เวลา 5
2.2.4 แสง 6
2.2.5 ความชื้น 6
2.3 แสงไฟ 6
2.3.1 LED 6
2.4 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ 7
2.4.1 พอลิแซ็กคาไรด์ 7

สารบัญ (ต่อ)

2.4.2 คอร์ไดเซปิน 7
2.4.3 แอนติออกซิแดนท์ 7
2.4.4 แคโรทีนอยด์ 8
2.4.5 ฟีนอลิก 8
2.5 ดักแด้หนอนไหม 9
2.5.1 ลักษณะ 9
2.5.2 วงจรชีวิต 10
2.5.3 การติดเชื้อราในดักแด้ไหม 11
2.6 การเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองด้วยสูตรอาหารข้าวชนิดต่างๆ 11
2.6.1 ข้าวหอมมะลิ 11
2.6.2 ข้าวกล้อง 12
2.6.3 ข้าวหอมมันปู 13
2.6.4 ข้าวไรซ์เบอร์รี่ 14
2.6.5 ข้าวสังข์หยด 14
2.6.6 ข้าวเหนียวเขี้ยวงู 15
2.7 ความสำคัญและประโยชน์ทางการแพทย์วิทยาของเห็ดถั่งเช่าสีทอง 16
2.8 การหาปริมาณของสาร Total Phenolic compounds 16
2.9 การหาฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระโดยใช้ DPPH 17
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 20
3.1 เชื้อจุลินทรีย์ 20
3.2 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี 20
3.2.1 วัสดุอุปกรณ์ 20
3.2.2 สารเคมี 21
3.3 การเตรียมเชื้อเห็ดถั่งเช่าสีทอง 22
3.3.1 การเตรียม Subculture เห็ดถั่งเช่าสีทอง 22
3.3.2 การเตรียม Seed culture เห็ดถั่งเช่าสีทอง 22

สารบัญ (ต่อ)

3.3.3 ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อ *C. militaris* 22
3.3.4 การหาความเข้มข้นของเชื้อเริ่มต้น โดยวิธี Standard plate count 22
3.3.5 การเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองด้วยวัตถุดิบอาหารข้าวชนิดต่างๆ 23
3.3.6 การลงเชื้อ *C. militaris* ในอาหารข้าวชนิดต่างๆ 24
3.3.7 การให้แสงไฟและระยะเวลาในการบ่ม 24
3.3.8 การเก็บเกี่ยวฟรุตติ้งบอดี้ วัดน้ำหนักสด – แห้ง วัดความสูง และปริมาณความชื้นของเห็ดถังเช่าสีทอง 25
3.3.9 ขั้นตอนการสกัดเห็ดถังเช่าสีทอง 25
3.3.10 การวิเคราะห์สาร Total Phenolic compound 25
3.3.11 การวิเคราะห์สาร Antioxidant 25
3.3.12 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 26

บทที่ 4 ผลการวิจัย 27
4.1 การศึกษาลักษณะของเส้นใยทางสัณฐานวิทยา 27
4.2 ความเข้มข้นของเชื้อเริ่มต้น โดยวิธี Standard plate count 29
4.2.1 การหาความเข้มข้นของเชื้อ *C. militaris* เริ่มต้น โดยใช้วิธี Standard plate count ซึ่งจะพบเซลล์ที่มีชีวิตเท่านั้น 29
4.3 ปริมาณน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของเห็ดถังเช่าสีทอง ที่แสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง 30
4.4 จำนวนฟรุตติงบอดี้ที่ระดับความสูงต่างๆ ของเห็ดถังเช่าสีทอง ที่แสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง 33
4.5 ปริมาณความชื้นของเห็ดถังเช่าสีทอง ที่แสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง 35
4.6 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม 36
4.7 ปริมาณสารแอนตี้ออกซิแดนท์ 38

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 40
5.1 สรุปผลและอภิปรายผลวิจัย 40
5.2 ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์ 40
เอกสารอ้างอิง 41
ภาคผนวก 45
ภาคผนวก ก 46
ภาคผนวก ข 48
ภาคผนวก ค 51
ภาคผนวก ง 63

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.2.1 แสดงความเข้มของเชื้อ *C. militaris* เริ่มต้น โดยวิธี Standard plate count..... 29
4.3.1 แสดงปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของเห็ดถังเช่าสีทอง ที่แสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง..... 31
4.4.1 แสดงจำนวนฟรุตติงบอดี้ที่ระดับความสูงต่างๆ ของเห็ดถังเช่าสีทองที่แสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง 33
4.5.1 แสดงปริมาณความชื้นของเห็ดถังเช่า สีทองแสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง 35
4.6.1 แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของเห็ดถังเช่าสีทอง ที่แสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง 37
4.7.1 แสดงปริมาณสารแอนตี้ออกซิแดนซ์ของเห็ดถังเช่าสีทอง ที่แสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง 38

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 เปรียบเทียบลักษณะที่แตกต่างกันของ *C. militaris* และ *C. sinens* 4
2.4.2 แสดงลักษณะสูตรโครงสร้างของคอร์ไดเซปิน และอะดีโนซีน 7
2.4.3 โครงสร้างโมเลกุลของแคโรทีนอยด์ 8
2.4.5 โครงสร้างโมเลกุลของฟีนอล 9
2.5.1 ลักษณะของดักแด้ไหม 9
2.5.2 วงจรชีวิตของ *Bombyx mori* 10
2.5.3 การติดเชื้อ *C. militaris* ในดักแด้ไหม 11
2.6.1 ข้าวหอมมะลิ 11
2.6.2 ข้าวกล้อง 12
2.6.3 ข้าวหอมมันปู 13
2.6.4 ข้าวไรซ์เบอร์รี่ 14
2.6.5 ข้าวสังข์หยด 14
2.6.6 ข้าวเหนียวเขี้ยวงู 15
2.8 Total Phenolic compounds 17
2.9 กลไกการต้านอนุมูลอิสระของ DPPH 17
2.9 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่ทาให้ความเข้มข้นของ DPPH เหลืออยู่ 50% 17
4.1.1 Seed culture ของเชื้อ *C. militaris* ที่บ่มในตู้เพาะเลี้ยงเชื้ออุณหภูมิต่ำ ที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน 27
4.1.2 ลักษณะเส้นใยของเชื้อ *C.militaris* 28
4.2.1 การเจือจางเชื้อ *C. militaris* 29
4.3.1 ลักษณะฟรุตติงบอดี้ของเห็ดถังเช่าสีทอง 30
4.6.1 แสดงกราฟมาตรฐาน Gallic acid ใช้เทียบกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิก.....36

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เห็ดถั่งเช่าสีทอง (*Cordyceps militaris*) เป็นเชื้อราปรสิตในแมลง (Entomofungus) จัดอยู่ในกลุ่ม Ascomycetes เป็นเชื้อราในสกุล *Cordyceps* มีมากกว่า 750 สายพันธุ์ทั่วโลก พบในแถบทวีปเอเชีย เช่น ทิเบต เนปาล จีน ญี่ปุ่น เกาหลี เวียดนาม และไทย ประมาณ 400 สายพันธุ์ เห็ดถั่งเช่ามักถูกนำมาใช้ประโยชน์ทางเภสัชกรรม เห็ดชนิดนี้จะเจริญในตัวอ่อนของผีเสื้อกลางคืน (ghost moths; สกุล Hepialidae) ที่อยู่บนเทือกเขาหิมาลัยที่ความสูงกว่า 3,500 เมตร เหนือจากระดับน้ำทะเล ซึ่งเห็ดถั่งเช่าเป็นที่รู้จักมาตั้งแต่อดีตกาล ชาวจีนเชื่อว่าเป็นยาอายุวัฒนะ ใช้รักษาสารพัดโรค (ณัฐพงษ์ และคณะ, 2559) เป็นเห็ดสมุนไพรที่มีสรรพคุณในการป้องกัน รักษาโรค และฟื้นฟูสุขภาพ ซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน จากรายงานวิจัยพบว่าเห็ดชนิดนี้มีสรรพคุณในการปรับสมดุลร่างกาย, กระตุ้นภูมิคุ้มกัน, ป้องกันและรักษาโรคมะเร็ง, ต้านการอักเสบ, และต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระมีบทบาทต่อร่างกายในการบำรุงและชะลอความเสื่อมของร่างกาย ลดอัตราการเกิดโรค และรักษาอาการของโรค (สุกัลญา และคณะ, 2558)

วัฏจักรชีวิตของ *C. militaris* ประกอบด้วยขั้นตอนการเจริญเติบโตสองขั้นตอน คือ การเจริญเติบโตของเส้นใยที่ไม่จำเป็นต้องใช้แสง และการพัฒนาฟรุตติงบอดี้ที่ต้องการแสงและอุณหภูมิที่เหมาะสม ในขั้นตอนการพัฒนาของฟรุตติงบอดี้จะประกอบด้วยการกระตุ้น primordia เป็นเวลา 15 วัน และการเจริญเติบโตของฟรุตติงบอดี้ใช้เวลา 30 - 40 วัน ซึ่งภายใต้การให้แสงอย่างต่อเนื่องนี้อาจทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น การเพาะเลี้ยงจึงต้องรักษาสภาพอุณหภูมิให้คงที่เพื่อให้การเจริญเติบโตของฟรุตติงบอดี้เป็นปกติ ทำให้ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสำหรับการให้แสงอย่างต่อเนื่องและเครื่องปรับอากาศกำลังกลายเป็นค่าใช้จ่ายหลักในการผลิตฟรุตติงบอดี้ (Zhi *et al.*, 2014) และในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมามีความก้าวหน้าในการพัฒนาเทคโนโลยี ไดโอดเปล่งแสง Light-emitting diode (LED) มาใช้ในการเพาะเลี้ยง *C. militaris* เป็นที่รู้กันดีว่าความยาวคลื่นแสงมีผลต่อการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ และสารเมแทบอไลท์ทุติยภูมิ ซึ่งแสงของความยาวคลื่นที่แตกต่างกันโดยเฉพาะอย่างยิ่งแสงสีแดงและแสงสีฟ้าเป็นตัวกำหนดวิถีเมแทบอลิซึมหรือเพิ่มการสะสมสารประกอบบางอย่าง ดังนั้นการประยุกต์ใช้แสง LED จึงเป็นวิธีหนึ่งที่มีศักยภาพในการปรับปรุงประสิทธิภาพของสารเมแทบอไลท์ทุติยภูมิที่มีประโยชน์จาก *C. militaris* (Dong *et al.*, 2012) ผลเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการเพิ่มผลผลิต ผ่านการให้แสงในระหว่างเพาะเลี้ยง โดยหลอด LED ให้แสงที่สว่างและปล่อยความร้อนกับการใช้พลังงานที่น้อยเมื่อเทียบกับหลอดไฟประเภทอื่น มีอายุการใช้ที่งานยาวนานถึง 50,000 ชั่วโมง และมีข้อดีหลายอย่างในการให้แสงสว่างเมื่อเพาะเลี้ยงใน

โรงเรือน เช่น อุณหภูมิห้องที่เย็นลงและประสิทธิภาพการแปลงพลังงานสูงขึ้น (Zhi *et al.*, 2014)

ในปัจจุบันเห็ดถั่งเช่าสีทองได้รับความนิยมและเริ่มมีการเพาะเลี้ยงมากในประเทศไทยหลากหลายรูปแบบ เช่น การเพาะเลี้ยงแบบใช้ดักแด้ และการเพาะโดยใช้อาหารธัญพืช โดยวิธีการเพาะด้วยอาหารธัญพืชเป็นวิธีการที่นิยมในการเพาะเลี้ยงอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีข้อดีคือสามารถชักนำให้เกิดดอกเห็ดและสามารถควบคุมสูตรอาหารให้ได้ผลผลิตและปริมาณสารสำคัญตามที่ต้องการได้ รวมถึงเมล็ดธัญพืชสามารถหาได้ง่าย และผลิตภัณฑ์เห็ดถั่งเช่าสีทองมักจะมีการบริโภคใน 2 รูปแบบ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ชาชงซึ่งทำจากดอกถั่งเช่าสีทองอบแห้ง และผลิตภัณฑ์แคปซูลซึ่งทำจากส่วนฐานอบแห้งหรือในรูปของสารสกัดตลอดจนอาหารเสริมต่างๆ ในปัจจุบันการผลิตเห็ดถั่งเช่าสีทองยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดเนื่องจากมีขั้นตอนการผลิตค่อนข้างยุ่งยากและการเจริญเติบโตของเส้นใยใช้เวลานาน (จารุวรรณ และคณะ, 2558) ซึ่งจากความสำคัญดังกล่าวจึงทำให้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาสูตรอาหารข้าวที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทอง และศึกษาเปรียบเทียบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเห็ดถั่งเช่าสีทองระหว่างการให้แสงไฟ LED สีขาว และสีม่วง เพื่อเป็นแนวทางการนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบชนิดวัตถุดิบข้าวที่แตกต่างกันต่อการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทอง
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลกระทบของแสงไฟ LED สีขาว และสีม่วง ต่อการเพาะเลี้ยงฟรุตติงบอดี้
3. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพระหว่างการให้แสงไฟ LED สีขาว และสีม่วง
4. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสูง, ความชื้น, น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของฟรุตติงบอดี้ระหว่างชนิดวัตถุดิบข้าว และการให้แสงไฟ LED

1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

1. ศึกษาชนิดวัตถุดิบข้าวที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของฟรุตติงบอดี้
2. เปรียบเทียบคุณภาพแสงไฟ LED สีขาว และสีม่วง ต่อการเจริญเติบโตของฟรุตติงบอดี้
3. วัดการเจริญเติบโตของฟรุตติงบอดี้ (ความสูง , ความชื้น , น้ำหนักสด และ น้ำหนักแห้ง)
4. วิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (แอนตี้ออกซิแดนท์ , สารประกอบฟีนอลิกรวม)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบว่าวัตถุดิบข้าวชนิดใดที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงฟรุตติงบอดี้ของ *C. militaris*
2. ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของแสงไฟสีใดที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงฟรุตติงบอดี้
3. ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของแสงไฟที่มีผลต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในฟรุตติงบอดี้
4. ทำให้ทราบถึงปริมาณความสูง, ความชื้น, น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง จากวัตถุดิบข้าวและการให้สีแสงไฟที่แตกต่างกัน

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะสัณฐานของเห็ดถั่งเช่าสีทอง

Cordyceps militaris หรือมีชื่อเรียกเป็นภาษาไทยว่า "ถั่งเช่าสีทอง" เป็นเชื้อราในแมลง Entomopathogenic fungi (จารุวรรณ และคณะ, 2558) อยู่ในไฟลัม Ascomycota อันดับ Hypocreales วงศ์ Clavicipitaceae พบได้ในประเทศต่างๆ ทั่วโลก เป็นราที่สร้างสโตรมา (stroma) ซึ่งเป็นส่วนของเส้นใยที่อัดแน่น มีรูปร่างคล้ายกระบอง มีก้านยาวและตรงสำหรับรองรับส่วนของเนื้อเยื่อที่จะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ทุกชนิดเป็นปรสิตของแมลง (วราภรณ์, 2556) ซึ่งมีความคล้ายคลึงกันระหว่าง *C. militaris* และ *C. sinensis* แต่มีความแตกต่างกัน ในลักษณะของสีและสัตว์ที่เป็นที่อาศัยของปรสิต โดย *C. militaris* คือ *Lepidopteran pupa* และสีของฟรุตติงบอดี้เป็นสีเหลืองหรือสีส้ม ในขณะที่ *C. sinensis* คือ *Hepialu larva* และสีของฟรุตติงบอดี้เป็นสีน้ำตาลเข้ม (Ching *et al.*, 2016)

Compare different characteristic of *C. militaris* and *C. sinensis*.

Properties	*Cordyceps militaris*	*Cordyceps sinensis*
Type		
Stroma	Plural	Singular
Host	*Lepidopteran* pupa	*Hepialus* larva
Anamorphic	*Paecilomyces militaris*	*Hirsutella sinensis*
Distribute location	Northeast of China	Southwest of China
Artificial cultured	Fruiting body & mycelium	Mainly mycelium
Mycelium color	White or yellow	White
Fruiting body spores color	Yellow or orange	Dark brown
Major compound	Cordycepin	Adenosine

รูปที่ 2.1 เปรียบเทียบลักษณะที่แตกต่างกันของ *C. militaris* และ *C. sinensis*
ที่มา : Ching *et al.*, 2016

2.1.1 วงจรชีวิตของเห็ดถั่งเช่าสีทอง

โดยทั่วไปมีสามขั้นตอนในการเพาะเลี้ยงฟรุตติงบอดี้ของ *C. militaris* ในช่วงสองเดือนของการหมักบนอาหารแข็งโดยใช้ธัญพืชหรือข้าวเป็นฐาน ระยะแรกคือการสร้างเส้นใย ส่วนระยะที่สองคือการกระตุ้น primordia และในระยะสุดท้ายคือการเจริญของฟรุตติงบอดี้ (Shen *et al.*, 2017)

2.1.2 อนุกรมวิธานของเห็ดถั่งเช่าสีทอง

Kingdom : Fungi

Phylum : Ascomycota

Sub-phylum : Ascomycotina

Class : Ascomycetes

Subclass : Pyrenomycetes II

Order : Clavicipitales

Family : Clavicipataceae

Genus : *Cordyceps*

Species : *militaris*

2.2 ปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของเห็ดถั่งเช่าสีทอง

2.2.1 อาหาร

แหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนเป็นสารอาหารหลัก 2 ชนิดที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของเซลล์และการสังเคราะห์สารเมทาบอไลท์ มีการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเจริญเติบโตของเส้นใยและสารเมตาโบไลท์ ในแหล่งคาร์บอนต่างๆ (แลคโตส, ซูโครส, กลูโคส, ฟรักโทส, กาแล็กโทส, มอลโทส และไซโลส) พบว่ากลูโคสเป็นอาหารที่ดีในการผลิตคอร์ไดเซปิน ส่วนแหล่งไนโตรเจนการรวมกันของยีสต์สกัดกับเพปโทนที่ 1:1 (w/w) การตรวจสอบพบว่าแหล่งไนโตรเจนส่งเสริมในด้านการเจริญเติบโตของเซลล์ แต่มีผลต่อการผลิตคอร์ไดเซปินแตกต่างกัน โดยยีสต์สกัดมีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของเส้นใย ในขณะที่เพปโตนดีที่สุดสำหรับการสังเคราะห์คอร์ไดเซปินเพราะเพปโทนประกอบด้วยกรดอะมิโน 20 ชนิดและ NH_4^+ จะถูกย่อยสลายและนำไปใช้โดยเห็ดเพื่อสร้างสารเมทาบอไลท์ทุติยภูมิ (Zhang *et al.*, 2016)

2.2.2 อุณหภูมิ

อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของเห็ดถั่งเช่าสีทองอยู่ที่อุณหภูมิ 18 – 25 องศาเซลเซียส (จารุวรรณ และคณะ, 2558)

2.2.3 เวลา

การผลิตสารคอร์ไดเซปินสามารถวัดได้ตั้งแต่ 3 วัน หลังจากเตรียม Seed culture พบว่าการผลิต

คอร์ไดเซปินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่ 3 - 21 วัน และหยุดการผลิตคอร์ไดเซปินแม้จะหมักต่อเนื่อง พบว่าวันที่ 21 ของการหมักจะได้ผลผลิตคอร์ไดเซปินสูงสุด 477 มิลลิกรัม/ลิตร (Adnan *et al.*, 2017)

2.2.4 แสง

พบว่าแสงเป็นปัจจัยเดียวที่สำคัญที่สุดในการกำหนดความหนาแน่น องค์ประกอบ และสีของเส้นใยเชื้อรา (Shrestha *et al.*, 2006) แสงจึงจำเป็นหลังจากขั้นตอนการกระตุ้น primordia ซึ่งการผสมแสงไฟ LED ในการให้แสงเป็นประโยชน์สำหรับการเพิ่มปริมาณสารคอร์ไดเซปิน, แมนนิทอล และอะดีโนซีนใน *C. militaris* ที่เจริญบนผิวข้าว (Shen *et al.*, 2017) และการให้แสง 600 – 1,000 ลักซ์ วันละ 12 ชั่วโมง สามารถกระตุ้นให้เส้นใยของเห็ดถั่งเช่าสีทองเจริญเป็นฟรุตติงบอดี้ (ณัฐพงษ์ และคณะ, 2559)

2.2.5 ความชื้น

ความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของเห็ดถั่งเช่าสีทองอยู่ที่ 60 – 70% (ณัฐพงษ์ และคณะ, 2559)

2.3 แสงไฟ

2.3.1 LED

ไดโอดเปล่งแสง (light emitting diodes, LEDs) หรือแอลอีดี มีโครงสร้างประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำสองชนิด คือ สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N-type semiconductor) และสารกึ่งตัวนำชนิดพี (P-type semiconductor) ประกบเข้าด้วยกัน มีผิวข้างหนึ่งเรียบคล้ายกระจก เมื่อส่งไฟฟ้ากระแสตรงผ่านไดโอดเปล่งแสง โดยจ่ายไฟบวกให้ขาแอโนด (A) และจ่ายไฟลบให้ขาแคโทด (K) ทำให้อิเล็กตรอนที่สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น มีพลังงานสูงขึ้นจนสามารถวิ่งข้ามรอยต่อจากสารชนิดเอ็น ไปรวมกับโฮล (hole) ในสารกึ่งตัวนำชนิดพี การที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อ พี-เอ็น จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหล ส่งผลให้ระดับพลังงานของอิเล็กตรอนเปลี่ยนไปและจะคายพลังงานออกมาในรูปคลื่นแสง แสงสีต่าง ๆ ที่เกิดจากรอยต่อพี-เอ็น นั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่นำมาใช้ในการสร้างไดโอดเปล่งแสง ในปัจจุบันมีการนำมาใช้งานทดแทนแหล่งกำเนิดแสงแบบเดิม เช่น หลอดมีไส้ (incandescent lamp) หลอดฟลูออเรสเซนต์ (fluorescent lamp) เพราะว่าไดโอดเปล่งแสงนั้นใช้กำลังไฟฟ้าต่ำกว่าที่ค่าความส่องสว่างเท่ากัน มีขนาดเล็กติดตั้งได้ง่ายในขณะทำงานจะแผ่รังสีความร้อนน้อยกว่า มีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าต่ำกว่า และมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่า 50,000-100,000 ชั่วโมง ในอนาคตจะมีการประยุกต์ใช้ไดโอดเปล่งแสงเพื่อการผลิตพืชในระบบปิดมากยิ่งขึ้นเพราะสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้โดยไม่ต้องพึ่งพาแสงจากธรรมชาติ และได้ผลผลิตที่มีปริมาณและคุณภาพสูง ส่งผลให้ผลผลิตมีราคาสูงตามไปด้วย (นภัทร และไชยยันต์, 2560)

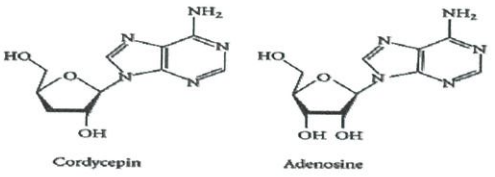
2.4 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

2.4.1 พอลิแซ็กคาไรด์

พอลิแซ็กคาไรด์ช่วยเพิ่มเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญ เช่น superoxide dismutase, catalase, glutathione peroxidase และลดการผลิต malondialdehyde ของ lipid peroxidation ใน D-galactose ที่เหนี่ยวนำให้เกิดริ้วรอย ดังนั้นพอลิแซ็กคาไรด์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่มีความสัมพันธ์กับการเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันและการกำจัดอนุมูลอิสระ (Xiao *et al.*, 2012)

2.4.2 คอร์ไดเซปิน

คอร์ไดเซปิน (cordycepin หรือ 3'-deoxyadenosine) มีฤทธิ์ช่วยเพิ่มพลังภายในร่างกาย มีคุณสมบัติบำรุงไตและปอด, ช่วยต้านอนุมูลอิสระ, ช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันของร่างกาย, ช่วยในการทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง, กระตุ้นการไหลเวียนของโลหิต, ช่วยรักษาสมดุลของคลอเรสเตอรอลในหลอดเลือด, ลดการอักเสบ, ยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา รวมทั้งสามารถต้านการเกิดเนื้องอก, ต้านมะเร็ง และเชื่อว่ามีสรรพคุณที่ช่วยเพิ่มสมรรถนะทางเพศได้ (ณัฐพงษ์ และคณะ, 2559)



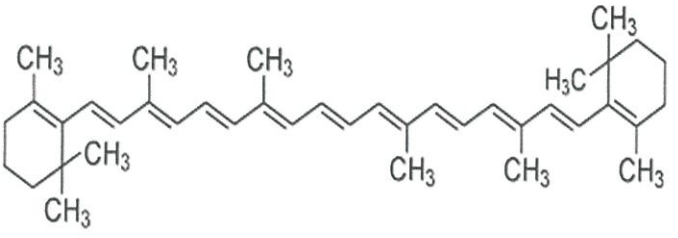
รูปที่ 2.4.2 แสดงลักษณะสูตรโครงสร้างของคอร์ไดเซปิน และอะดีโนซีน
ที่มา : http://www.delightpharm.com/article/24/

2.4.3 แอนติออกซิแดนท์

สารต้านอนุมูลอิสระหรือสารต้านออกซิเดชัน (Antioxidant) คือสารที่ทำหน้าที่ยับยั้งหรือต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือสามารถกำจัดอนุมูลอิสระออกจากร่างกาย แบ่งตามกลไกของการยับยั้งออกซิเดชันได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่ สารกลุ่มป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ (Preventive antioxidant), สารกลุ่มทำลายหรือยับยั้งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น (Scavenging antioxidant), และสารกลุ่มทำให้ลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระสิ้นสุดลง (Chain breaking antioxidant) ตัวอย่างของสารต้านออกซิเดชัน ได้แก่ วิตามินซี หรือกรดแอสคอร์บิก ซึ่งสามารถละลายน้ำได้ (รวินิภา และศิริจันทร์, 2556) สารต้านอนุมูลอิสระทางชีวภาพที่สกัดจากพืชและเชื้อรามีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอนุมูลอิสระและยับยั้งการเกิด lipid peroxidation มีบทบาทสำคัญในการป้องกันโรค เช่น มะเร็ง และริ้วรอย (Zhan *et al.*, 2006)

2.4.4 แคโรทีนอยด์

แคโรทีนอยด์เป็นสารที่สร้างขึ้นจากหน่วยของไอโซปรีน (isoprene unit) โดยส่วนใหญ่แคโรทีนอยด์จะเป็นสารที่มีจำนวนคาร์บอน 40 อะตอม ที่เรียกว่า เตตระเทอพีน (tetraterpenes) ซึ่งการเกิดเม็ดสีที่เข้มขึ้นในช่วงระยะการบ่มตอนท้ายจะเกิดจากขั้นตอน photoinduced carotenogenesis เช่น ปฏิกิริยาแสง , การสังเคราะห์โปรตีน และการสะสมของเม็ดสีแคโรทีนอยด์ ซึ่งแคโรทีนอยด์เป็นสารประกอบที่ทำให้เกิดสีส้มในฟรุตติงบอดี้ของ *C. militaris* ส่วนในด้านคุณค่าทางอาหารและทางเภสัชวิทยาของสารแคโรทีนอยด์ เช่น เป็นสารต่อต้านมะเร็งในมนุษย์ (Shrestha *et al.*, 2006)

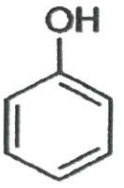


รูปที่ 2.4.4 โครงสร้างโมเลกุลของแคโรทีนอยด์

ที่มา : http://www.siamchemi.com/เบต้าแคโรทีน

2.4.5 ฟีนอลิก

สารประกอบฟีนอลมีสมบัติเป็นสารอินทรีย์ที่มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนอะโรมาติก (aromatic ring) ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลอย่างน้อยหนึ่งหมู่หรือมากกว่านั้น ละลายน้ำได้ มักพบอยู่ทั่วไปรวมกับโมเลกุลของน้ำตาลในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ (Glycosides) บางชนิดมีสมบัติเป็นสารแอนติออกซิแดนท์ เช่น ฟลาโวนอยด์ , แทนนิน , แคโรทีนอยด์ , กรดอินทรีย์, วิตามิน และพอลิแซ็กคาไรด์ ค้นพบจากแหล่งต่างๆทางธรรมชาติ ถูกนำมาใช้ในอาหาร ยา และเครื่องสำอาง (Xiao *et al.*, 2012) การใช้ความร้อนในกระบวนการแปรรูปมีส่วนทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลง สารประกอบฟีนอลิกประเภทโพลิฟีนอลมีประโยชน์หลายประการ เช่น มีส่วนช่วยป้องกันมะเร็ง, ป้องกันโรคหัวใจ, ช่วยเพิ่มระดับโคเลสเตอรอลชนิดเอชดีแอล, ลดความดันโลหิต, และหลอดเลือดสมองเนื่องจากช่วยลดโคเลสเตอรอลชนิดแอลดีแอล และไตรกลีเซอไรด์ (รวินิภา และศิริจันทร, 2556)



รูปที่ 2.4.5 โครงสร้างโมเลกุลของฟีนอล

ที่มา : https://touchzy-sci.blogspot.com/2017/01/blog-post_18.html

2.5 ดักแด้หนอนไหม

ชื่อสามัญ : ดักแด้ไหม

ชื่อท้องถิ่น : หม่อน

ชื่อสามัญ : Silk worm pupae

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Bombyx mori* (Linnaeus)

Kingdom : Animalia

Phylum : Arthropoda

Class : Insecta

Order : Lepidoptera

Family : Bombycidae

Genus : *Bombyx*

Species : *mori*

2.5.1 ลักษณะ

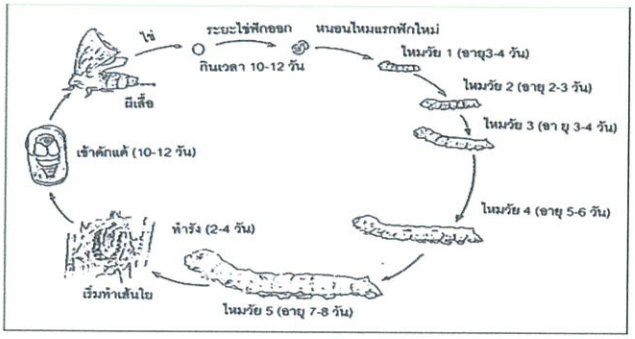
ดักแด้ไหม ตัวเป็นรูปวงรียาวๆ เป็นปล้องๆ ทั้งตัวมีสีน้ำตาล ถูกห่อหุ้มด้วยเส้นใยไหมทั้งตัว

รูปที่ 2.5.1 ลักษณะของดักแด้ไหม

ที่มา : https://www.thairath.co.th/content/1009752

2.5.2 วงจรชีวิต

ดักแด้ไหม เป็นระยะดักแด้ของผีเสื้อไหม *Bombyx mori* มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแบบสมบูรณ์ แบ่งออกเป็น 4 ระยะ ในวงจรชีวิต ได้แก่ ไข่ ตัวอ่อน ดักแด้ และผีเสื้อ ระยะเวลาของแต่ละระยะจะแตกต่างกันไปตามลักษณะของสายพันธุ์และขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม เช่น สภาพภูมิอากาศในระหว่างการเลี้ยง และคุณภาพของอาหาร ซึ่งในระยะไข่จะบ่มที่อุณหภูมิคงที่ประมาณ 11-14 วัน เพื่อการพัฒนาของตัวอ่อนที่จะเกิดขึ้นหรือหนอนไหมที่จะฟักออกมา หนอนไหมในระยะสุดท้ายหลังจากเจริญเติบโตเต็มที่จะล้างลำไส้ของมันโดยให้หยุดกินอาหารและหมุนรังไหมที่อยู่รอบ ๆ ตัวเอง ในขั้นตอนนี้เรียกว่า Prepupa หลังจากปั่นมันจะลอกคราบเข้าไปในดักแด้ภายในรังไหม ดักแด้เป็นขั้นตอนที่ไม่ให้อาหารและเป็นระยะที่มันอยู่เฉยๆไม่ใช้พลังงาน จนกลายเป็นตัวเต็มวัยหรือผีเสื้อ จะทำลายรังไหมโดยการปล่อยเอนไซม์ protease เพื่อโผล่ออกมาและใช้ระยะเวลาเพียงสั้นๆในช่วงการหาคู่ครองเพื่อวางไข่ต่อไป (Muthunagai *et al.*, 2016)



รูปที่ 2.5.2 วงจรชีวิตของ *Bombyx mori*

ที่มา : http://www.dnp.go.th/FOREMIC/WEB%20SITE2/honhai_insect.php

แหล่งที่อยู่อาศัย

การเจริญเติบโตไหมทุกระยะจะถูกเลี้ยงอยู่บนใบหม่อน mulberry leaves *(Morus* sp.)

ประโยชน์

นำมาบริโภคและผลิตรังไหม ผีเสื้อไหมจัดเป็นแมลงเศรษฐกิจที่ทำรายได้ให้ประเทศไทยมาก

รูปแบบการนำไปบริโภค

ดักแด้ไหมเมื่อต้มสาวเส้นไหมออกแล้วตัวดักแด้ที่อยู่ข้างในปลอกหุ้ม นำมารับประทานได้โดยนำมานึ่ง คั่ว ทอด แกง หรือป่นใส่น้ำพริก

2.5.3 การติดเชื้อราในดักแด้ไหม

เนื่องจากเชื้อ *C. militaris* สามารถเจริญเติบโตบนดักแด้ไหม ซึ่งทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีผลพลอยได้จากการเพาะเลี้ยงไหมเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงใช้ดักแด้ไหมเป็นแหล่งอาหารในการเพาะเลี้ยง ซึ่งหลังจากฉีดเชื้อราแล้วดักแด้ที่ติดเชื้อจะตายภายใน 2-3 วัน และจะแข็งตัวกลายเป็นมัมมี่ภายใน 7-9 วัน ซึ่งการให้แสงสามารถกระตุ้นการสร้างฟรุตติงบอดี้บนดักแด้มัมมี่ได้ และสามารถเก็บเกี่ยวได้ในช่วง 15-18 วัน จะได้ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของคอร์ไดเซปิน และอะดีโนซีน จากการเพาะเลี้ยงบนดักแด้ไหม ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าเชื้อราสายพันธุ์ *C. militaris* มีบทบาทสำคัญในการเจริญเติบโตเนื่องจากเชื้อราสายพันธุ์นี้มีการพัฒนา hyphae ที่แข็งแรงซึ่งสามารถแพร่เชื้อเข้าไปในดักแด้ และความเข้มของแสงที่ใช้ในการกระตุ้น ฟรุตติงบอดี้อยู่ระหว่าง 500-1,000 ลักซ์ ซึ่งสามารถกระตุ้นความยาวได้ตั้งแต่ 61.00 - 76.00 มิลลิเมตร ซึ่ง ฟรุตติงบอดี้ที่ผลิตได้ต้องให้แสงอย่างต่อเนื่อง (กนกวรรณ และคณะ, 2559)

รูปที่ 2.5.3 การติดเชื้อ *C. militaris* ในดักแด้ไหม
ที่มา : กนกวรรณ และคณะ, 2559

2.6 การเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองด้วยสูตรอาหารข้าวชนิดต่างๆ

2.6.1 ข้าวหอมมะลิ

รูปที่ 2.6.1 ข้าวหอมมะลิ
ที่มา : http://www.thammculture.com

ลักษณะ

ข้าวหอมมะลิ หมายถึง ข้าวที่มีสีขาวและมีกลิ่นหอมเหมือนดอกมะลิ เป็นพืชที่ปลูกเป็นหลักในประเทศไทย เป็นข้าวที่มีเมล็ดยาว การเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิจะถูกตัดและนวด จากนั้นจะเอาชั้นภายใต้เปลือก (ชั้นรำและจมูกข้าว) เอาออกเหลือแต่ส่วนที่มีแป้งสะสมอยู่เป็นส่วนใหญ่เพื่อผลิตข้าวขาว เมื่อสุกเนื้อข้าวจะอ่อนนุ่มมีรสหวานเล็กน้อย มีกลิ่นหอมเกิดจากการระเหยของ 2-acetyl-1-pyrroline เป็นสารอะโรมาติกตามธรรมชาติของข้าว ซึ่งเป็นจุดเด่นของข้าวหอมมะลิ และค่อนข้างเหนียวแม้ว่าเหนียวน้อยกว่าข้าวเหนียวเนื่องจากมี amylopectin น้อยกว่า

คุณสมบัติทางโภชนาการ

ข้าวหอมมะลิมีดัชนีน้ำตาลในเลือด 68-80 อาหารที่มีดัชนีน้ำตาลในเลือดต่ำกว่า 70 เป็นที่ต้องการในอาหารของผู้ป่วยโรคเบาหวานเนื่องจากการดูดซึมช้าลงซึ่งจะช่วยป้องกันน้ำตาลในเลือด มีวิตามินอีในรูปของโทโคเฟอรอล (Tocopherol) และโทโคไตรอีนอล (Tocotrienol) ซึ่งจะช่วยยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระ ทำให้ร่างกายมีภูมิคุ้มกันโรคต่างๆ สำหรับโรคภูมิแพ้จะบำบัดได้ผลดีมาก และสาร Gamma-Orzanol ช่วยลดระดับไขมันคอเลสเตอรอลในเส้นเลือด ทำให้อวัยวะสำคัญต่างๆ สารอาหารส่วนใหญ่ก็คือ คาร์โบไฮเดรต มีโปรตีน วิตามินบี 1 และ วิตามินบี 2 (กมลวรรณ และคณะ, 2556)

2.6.2 ข้าวกล้อง

รูปที่ 2.6.2 ข้าวกล้อง
ที่มา : http://www.thammculture.com

ลักษณะ

ข้าวกล้อง หมายถึง ข้าวหอมมะลิสีน้ำตาลที่มีผิวชั้นนอกบนเมล็ดข้าว มีเปลือกนอกที่กินไม่ได้ เมื่อชั้นนอกสุดของเมล็ดข้าว (แกลบ) ถูกเอาออกก็จะเป็นข้าวกล้อง เมล็ดข้าวไม่ผ่านการขัดสี หรือขัดสีเพียงครั้งเดียว มีสีน้ำตาลอ่อนถึงเข้ม มีรสชาติคล้ายกับข้าวโอ๊ต

คุณสมบัติทางโภชนาการ

ข้าวกล้องและข้าวหอมมะลิมีแคลอรี่และคาร์โบไฮเดรตเท่ากัน แต่ข้าวกล้องหอมมะลิมีประโยชน์ต่อสุขภาพมากกว่าข้าวหอมมะลิสีขาวเพราะมันยังมีรำและจมูกข้าว และมีเนื้อหาทางโภชนาการที่แตกต่างกัน ข้าวกล้องเป็นธัญพืชที่มีแมกนีเซียม ฟอสฟอรัส ซีลีเนียม ไทอะมีน ไนอะซิน วิตามินบี 6 แมงกานีส และมีเส้นใยสูง แร่ธาตุหนึ่งที่ไม่ได้เติมเข้าไปในข้าวหอมมะลิ คือ แมกนีเซียม หนึ่งถ้วยของข้าวหอมมะลิที่ปรุงสุกมี 19 มิลลิกรัม ในขณะที่ข้าวกล้องหอมมะลิมีแมกนีเซียม 84 มิลลิกรัม มีแกมมาโอไรซานอล ซึ่งสามารถลดคอเลสเตอรอลในหลอดเลือด เบต้าแคโรทีน และมีสารต้านอนุมูลอิสระที่สนับสนุนการทำงานของระบบประสาท

2.6.3 ข้าวหอมมันปู

รูปที่ 2.6.3 ข้าวหอมมันปู
ที่มา : http://www.sandeerice.com/th/home

ลักษณะ

เป็นข้าวที่ชาวจีนเรียกว่า ข้าวแดง หรือชื่อพื้นเมืองเรียกว่า อั้งคั่ก เป็นข้าวพันธุ์หนึ่งที่มีเยื่อหุ้มเปลือกข้าวเป็นสีแดงแบบสีมันปู เรียวยาว จัดเป็นข้าวกล้องหรือข้าวซ้อมมือชนิดหนึ่ง

คุณสมบัติทางโภชนาการ

มีไขมันในปริมาณเดียวกับข้าวกล้อง ซึ่งสูงกว่าข้าวขัดสีประมาณเท่าหนึ่ง มีสารที่เรียกว่า เคโรทีน ที่จะเปลี่ยนเป็นวิตามินเอในร่างกายสูงกว่าข้าวขัดสี สารอาหารที่มีอยู่ในข้าวแดงก็มี แป้ง ไขมัน โปรตีน ฟอสฟอรัส และธาตุเหล็กในปริมาณที่สูงอย่างมาก ทองแดง วิตามินเอ วิตามินบี บี 2 วิตามินซี สรรพคุณป้องกันโรคหัวใจ ป้องกันโรคแขนขาไม่มีกำลังวังชา รักษาอาการมือเท้าบวมมีผื่นขึ้น ป้องกันโรคนอนไม่หลับ รักษาระบบย่อยอาหารที่ไม่ปกติ มีลมในท้อง และลำไส้

2.6.4 ข้าวไรซ์เบอร์รี่

รูปที่ 2.6.4 ข้าวไรซ์เบอร์รี่
ที่มา : http://www.hongthongrice.com/life/

ลักษณะ

ข้าวไรซ์เบอร์รี่ เป็นข้าวที่ได้รับการคัดเลือกและพัฒนาจากข้าวเจ้าหอมนิล ม. เกษตรศาสตร์ (พันธุ์พ่อ) กับข้าวขาวหอมมะลิ 105 สถาบันวิจัยข้าว (พันธุ์แม่) ลักษณะประจำพันธุ์ ความสูงประมาณ 106 เซนติเมตร อายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 130 วัน เมล็ดเรียวยาว สีม่วงดำ

คุณสมบัติทางโภชนาการ

มีธาตุเหล็กและสารต้านอนุมูลอิสระสูง สารต้านอนุมูลอิสระที่ละลายน้ำได้ ได้แก่ แอนโทไซยานิน และไขมัน เช่น แคโรทีนอยด์ แกมมาโอไรซานอล และวิตามินอี มีใยอาหารที่อยู่ในรำข้าวจึงช่วยชะลอการดูดซึม น้ำตาล ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดขึ้นช้ากว่าการบริโภคข้าวกล้องและข้าวขาวขัดทั่วไป มีสรรพคุณช่วยลดระดับไขมันและคอเลสเตอรอล ช่วยทำให้ระบบขับถ่ายทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น การทานอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำจะช่วยให้เซลล์ร่างกายใช้อินซูลินได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้นเซลล์จะรับน้ำตาลในเลือดไปใช้เป็นพลังงานได้มากขึ้นทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดลดต่ำลง

2.6.5 ข้าวสังข์หยด

รูปที่ 2.6.5 ข้าวสังข์หยด

ลักษณะ

ข้าวสังข์หยดเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองของจังหวัดพัทลุง เป็นที่นิยมปลูกในท้องถิ่นมานาน ลักษณะเมล็ดข้าวสังข์หยด เป็นข้าวที่มีลักษณะแตกต่างจากข้าวพันธุ์อื่นๆ ลักษณะของเยื่อหุ้มเมล็ดมีสีขาว

ปนสีแดงจางๆ จนถึงแดงเข้มในเมล็ดเดียวกัน เพราะมีรงควัตถุของแอนโทไซยานินปรากฏอยู่ในเยื่อชั้นนอกของข้าวกล้อง สารกลุ่มนี้มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระได้ดี นอกจากนี้สารสีแอนโทไซยานินยังประกอบไปด้วย สารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยลดหรือชะลอความแก่ได้ คุณภาพสีดี เมื่อหุงสุกจะมีความนุ่มมาก และยังคงนุ่มอยู่เมื่อเย็นตัวลง

คุณสมบัติทางโภชนาการ

ข้าวสังข์หยดมีคุณค่าทางโภชนาการมากมาย มีกากใย โปรตีน ฟอสฟอรัส และธาตุเหล็กสูง มีแกมมาโอไรซานอล กาบา แอนตี้ออกซิแดนท์ที่ช่วยป้องกันมะเร็งและชะลอความแก่ ป้องกันความจำเสื่อม บำรุงโลหิต และเพราะมีกากใยสูงจึงดีต่อระบบขับถ่ายและลำไส้ (อุไรวรรณ และคณะ, 2553)

2.6.6 ข้าวเหนียวเขี้ยวงู

รูปที่ 2.6.6 ข้าวเหนียวเขี้ยวงู
ที่มา : http://www.thammculture.com

ลักษณะ

ข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองดั้งเดิมของจังหวัดเชียงราย มีลักษณะเมล็ดเล็ก เรียวยาว สวยงาม โดยมีอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างของข้าวกล้องมากกว่าพันธุ์ กข6 เมื่อนึ่งสุกแล้วข้าวมีสีขาว การเกาะตัวเหนียวแต่ไม่เละ ผิวมีความเลื่อมมันค่อนข้างมาก เนื้อสัมผัสนุ่มและมีกลิ่นหอม ด้วยลักษณะและรูปลักษณ์ที่ปรากฏ เมื่อนำไปแปรรูปเป็นอาหารประเภทของหวานที่ต้องใช้ข้าวเหนียวมูนเป็นหลัก เช่น ข้าวเหนียวมะม่วง ลักษณะ สีของเปลือกเมล็ดในระยะสุกแก่สีฟาง ก้นจุด ไม่มีขน ไม่มีหาง กลีบรองดอกสีขาว เมล็ดเรียว

คุณสมบัติทางโภชนาการ

เป็นข้าวเหนียวที่มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ในรูปของวิตามินอี เด่นเป็นพิเศษ โดยเฉพาะวิตามินอีในรูปแบบที่เรียกว่า Mixed tocopherols ซึ่ง tocopherol แต่ละชนิดจะช่วยกันกำจัดอนุมูล

อิสระที่ต่างชนิดกันแต่เสริมการทำงานซึ่งกันและกัน จากการตรวจวัดปริมาณสารของวิตามินอีใน 3 Isomers ของข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูนี้พบว่ามีแอลฟา (α tocopherol) ซึ่งเป็นวิตามินอีเพียงโครงสร้างเดียวที่มีประสิทธิภาพทางชีวเคมีมากที่สุด มีบทบาทสำคัญในขบวนการเมแทบอลิซึมในร่างกาย โดยเฉพาะเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยลดคอเลสเตอรอล และสารแกมมาโอไรซานอล (ธันยวีร์, 2557)

2.7 ความสำคัญและประโยชน์ทางการแพทย์วิทยาของเห็ดถั่งเช่าสีทอง

สรรพคุณทางยาช่วยบำรุงร่างกายให้แข็งแรง มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกัน ต้านการเกิดเนื้องอกและเซลล์มะเร็ง เพิ่มการไหลเวียนเลือด ช่วยลดความดันโลหิตสูง ลดอาการอ่อนเพลีย หอบหืด บำรุงระบบประสาท เพิ่มความแข็งแรงของร่างกายให้ต้านทานต่อแบคทีเรีย ไวรัส และช่วยให้อสุจิแข็งแรง เหมาะสำหรับบำรุงกำลังหลังการฟื้นไข้ ลดไขมันในเส้นเลือด บำรุงตับ และไต จึงทำให้ถั่งเช่าเป็นที่ต้องการอย่างมากของตลาดและถูกใช้ในรูปของยาหรืออาหารเสริมสุขภาพอย่างแพร่หลาย ผลิตภัณฑ์ถั่งเช่าสีทองมักจะมีการบริโภคใน 2 รูปแบบ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ชาชงซึ่งทำจากดอกถั่งเช่าสีทองอบแห้ง และผลิตภัณฑ์แคปซูลซึ่งทำจากส่วนฐานอบแห้งหรือในรูปของสารสกัด นอกจากนี้ยังมีการนำไปใช้เป็นส่วนผสมของเครื่องดื่ม ตลอดจนอาหารเสริมต่างๆ เช่น ซุปไก่สกัดผสมถั่งเช่าและกาแฟผสมถั่งเช่า การซื้อขายถั่งเช่าสีทองในประเทศไทยแบบอบแห้งอยู่ที่ กิโลกรัมละประมาณ 1.5 แสนบาทถึง 4 หมื่น และแบบบรรจุ 30 แคปซูล (500 มิลลิกรัม/แคปซูล) ราคากระปุก 3,000 บาท (จารุวรรณ และคณะ , 2558)

2.8 การหาปริมาณของสาร Total Phenolic compounds

วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลรวม (Total phenolic compounds) ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu reagent ซึ่งอาศัยการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ของโมลิบโดทังสเตตไอออน (Molybdotungstate ion) รีเอเจนท์ประกอบด้วย โซเดียมทังสเตต (Sodium tungstate) โซเดียมโมลิบเดต (Sodium bolybdate) กรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid) และ โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate) สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของไอออน Mo(VI) ซึ่งมีสีเหลือง เมื่อได้รับอิเล็กตรอนจากสารต้านอนุมูลอิสระจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูป Mo(V) ซึ่งมีสีน้ำเงิน วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร และรายงานค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมในรูปของมิลลิกรัมของกรดแกลลิค (Gallic acid equivalent, mg/g GAE) (รวินิภา และศิริจันทร์, 2556)

รูปที่ 2.8 Total Phenolic compounds
ที่มา : http://www.phelic.co.th/2017/02/02

2.9 การหาฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระโดยใช้ DPPH

การตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระใช้เทคนิคดีพีพีเอช (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity, DPPH assay) โดยใช้รีเอเจนท์ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl ซึ่งเป็นอนุมูลที่เสถียรละลายในตัวทำละลายเมทานอล กลไกการต้านอนุมูลอิสระของ DPPH ของสารประกอบฟีนอลิกเกิดจากการให้อิเล็กตรอนอิสระแก่อนุมูล DPPH ซึ่งอนุมูล DPPH ในสารละลายที่ได้มีสีม่วงและจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร และจะไม่เป็นอนุมูลอิสระอีกต่อไป สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ในขั้นนี้จะเกิดอนุมูลฟีนอคซี (Phenoxy radical) ที่จะไปจับกันเอง ทำให้การเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระสิ้นสุดลง ดังสมการ

$$\underset{\text{สีม่วง}}{DPPH^{\cdot}} + \underset{\text{สารตัวอย่าง}}{RH} \longrightarrow \underset{\text{สีเหลือง}}{DPPH\text{-}H} + R^{\cdot}$$

รูปที่ 2.9 กลไกการต้านอนุมูลอิสระของ DPPH
ที่มา : รวินิภา และศิริจันทร์, 2556

ปริมาณการต้านอนุมูลอิสระจะรายงานผลเป็นค่า 50% effective concentration (EC50) ซึ่งหมายถึงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่ทาให้ความเข้มข้นของ DPPH เหลืออยู่ 50% หรืออาจรายงานเป็น % inhibition (รวินิภา และศิริจันทร์, 2556) ดังสมการ

$$\%\ \text{inhibition} = \frac{(Acontrol - Asample)}{Acontrol}\ x\ 100$$

รูปที่ 2.9 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่ทาให้ความเข้มข้นของ DPPH เหลืออยู่ 50%
ที่มา : รวินิภา และศิริจันทร์, 2556

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุกัลญา และคณะ, 2558 กล่าวว่างานวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical scavenging assay และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ของสารสกัดเห็ดถั่งเช่าสีทองที่เพาะเลี้ยงบนข้าวไรซ์เบอรี่และข้าวหอมมะลิ จากการทดลองพบว่าสารสกัดเห็ดถั่งเช่าสีทองที่เพาะเลี้ยงบนข้าวหอมมะลิมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสารสกัดเห็ดถั่งเช่าสีทองที่เพาะเลี้ยงบนข้าวไรซ์เบอรี่ (IC_{50} ประมาณ 227.1-560.5 μg/ml และ 580.0-671.8 μg/ml ตามลาดับ) โดยสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ซึ่งพบมากที่สุดในสารสกัดจากดอกเห็ดถั่งเช่าสีทองที่เพาะเลี้ยงบนข้าวหอมมะลิ เท่ากับ 65.7 μg gallic acid equivalent (GAE)/mg extract ดังนั้นข้าวหอมมะลิเป็นแหล่งอาหารที่ดีในการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกสูง

Zhi *et al.*, 2014 ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของแสงไฟ LED ที่มีต่อการเพาะเลี้ยง *C. militaris* โดยตรวจสอบผลของคุณภาพแสง LED ในการกระตุ้น primordia , การเจริญเติบโตของฟรุตติงบอดี้และการสังเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ คอร์ไดเซปิน , แคโรทีนอยด์ และโพลีแซคคาไรด์ พบว่าอัตราส่วนระหว่าง สีแดง : สีน้ำเงิน ที่ 2 : 1 กับ 10% far-red คือคุณภาพแสงที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเพาะเลี้ยงฟรุตติงบอดี้ของ *C. militaris*

Shen *et al.*, 2017 ศึกษาผลกระทบของสภาพแสงไฟ LED ที่แตกต่างกัน ได้แก่ ความยาวคลื่นที่แตกต่างกันของ LED และการรวมตัวของแสงไฟ LED ในการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของ *Cordyceps militaris* ที่เพาะเลี้ยงบนข้าวกล้อง ความแตกต่างของความยาวคลื่น LED มีแสงสีแดง (619-626 นาโนเมตร), ไฟเขียว (526-531 นาโนเมตร), ไฟสีแดงและแสงสีฟ้า (467-472 นาโนเมตร) ตามลำดับ ในบรรดาชุดค่าความยาวคลื่น LED 10 ชุดค่าความยาวคลื่นที่ดีที่สุดสำหรับการผลิต คอร์ไดเซปิน (30.0), แมนนิทอล (86.5) และ อะดีซีน (5.5) มีค่าเท่ากับ 3R: 3B และ 2R: 4B ตามลำดับ ผลการวิจัยของเราพบว่าการรวมกันของความยาวคลื่นมีผลกระทบมากที่สุดต่อการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของ *C. militaris*

Dong *et al.*, 2012 ศึกษาผลของซีลีเนียมและความยาวคลื่นแสงที่มีต่อการเจริญเติบโตของ *Cordyceps militaris* และการสะสมของสารออกฤทธิ์หลัก พบว่าสภาวะการเพาะเลี้ยงที่ความเข้มข้นของ selenium selenite และแสงที่มีความยาวคลื่นต่างกัน ผลการศึกษาพบว่าการสะสมของอะดีโนซิน

ขึ้นอยู่กับซีลีเนียมอย่างมีนัยสำคัญ (R200.9403) และปริมาณคอร์ไดเซปินไม่ได้ขึ้นกับซีลีเนียมอย่างมีนัยสำคัญ(R200.3845) และการเจริญเติบโตของเส้นใยที่เกิดจากความยาวคลื่นแสงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แสงสีแดง> แสงสีชมพู, ความมืด, แสงแดด > แสงสีฟ้า : คอร์ไดเซปิน, แสงสีฟ้า> แสงสีชมพู> แสงแดด, ความมืด, แสงสีแดง : อะดีโนซีน, แสงสีแดง> แสงสีชมพู, ความมืด, แสงแดด, แสงสีฟ้า สรุปได้ว่าความยาวคลื่นแสงมีอิทธิพลอย่างมากต่อการผลิตเส้นใย อะดีโนซีน และคอร์ไดเซปิน ดังนั้นความยาวคลื่นแสงจึงควรเปลี่ยนไปตามผลิตภัณฑ์เป้าหมายในการเพาะเลี้ยง *C. militaris*

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 เชื้อจุลินทรีย์

เห็ดถังเช่าสีทอง *Cordycep militaris* จากโครงการลูกพระดาบส สมุทรปราการตามพระราชดำริ

3.2 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

3.2.1 วัสดุอุปกรณ์

3.2.1.1 มันฝรั่ง

3.2.1.2 น้ำตาลทรายแดง

3.2.1.3 ดักแด้ไหม

3.2.1.4 ข้าวสังห์หยด

3.2.1.5 ข้าวกล้อง

3.2.1.6 ข้าวหอมมะลิ

3.2.1.7 ข้าวเหนียวขาวเชียงราย (เขี้ยวงู)

3.2.1.8 ข้าวหอมมันปู

3.2.1.9 ข้าวไรซ์เบอร์รี่

3.2.1.10 ขวดโหลแก้วขนาด 200 มิลลิลิตร ยี่ห้อ MD. GLASS

3.2.1.11 ตู้บ่มเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ด รุ่น GC-1000 ยี่ห้อ JEIO TECH

3.2.1.12 ตู้บ่มเพาะเลี้ยงเชื้ออุณหภูมิต่ำ รุ่น IL-11 ยี่ห้อ JEIO TECH

3.2.1.13 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) รุ่น ED 115 ยี่ห้อ BINDER

3.2.1.14 เครื่องเขย่า รุ่น KS125 ยี่ห้อ IKA LABORTECHNIK

3.2.1.15 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อความดันไอน้ำสูง (Autoclave) รุ่น SS-325 ยี่ห้อ TOMY

3.2.1.16 ตู้ปลอดเชื้อ

3.2.1.17 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-1280) ยี่ห้อ Shimadzu

3.2.1.18 กล้องจุลทรรศน์ ยี่ห้อ Nikon

3.2.1.19 Hemocytometer รุ่น Neubauer improved bright-line

3.2.1.20 Syringe

3.2.1.21 โกร่งบดยา

3.2.1.22 อ่างควบคุมอุณหภูมิ

3.2.1.23 เครื่องปั่นเหวี่ยง

3.2.1.24 กระดาษกรอง Whatman No. 1

3.2.1.25 เครื่องระเหยสุญญากาศภายใต้ความดัน

3.2.1.26 Autopipette

3.2.1.27 หลอดไฟ LED สีม่วง

3.2.1.28 หลอดไฟ LED สีขาว

3.2.1.29 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง

3.2.1.30 เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียด 4 ตำแหน่ง รุ่น GF-300

3.2.1.31 Dropper

3.2.1.32 เครื่องแก้ว ยี่ห้อ PYREX

3.2.1.33 Microplate reader

3.2.2 สารเคมี

3.2.2.1 Potato Dextrose Agar (PDA).

3.2.2.2 Yeast Extract Powder

3.2.2.3 Peptone Granulated

3.2.2.4 Absolute ethanol

3.2.2.5 Foline Ciocalteu reagent

3.2.2.6 โซเดียมคาร์บอร์เนต

3.2.2.7 gallic acid

3.2.2.8 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)

3.2.2.9 กรดแอสคอร์บิก

3.2.2.10 น้ำกลั่น

3.3 การเตรียมเชื้อเห็ดถั่งเช่าสีทอง

3.3.1 การเตรียม Subculture เห็ดถั่งเช่าสีทอง

เตรียมอาหาร PDA (Potato Dextrose Agar) นำไปฆ่าเชื้อด้วย Autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นเทอาหาร PDA ลงเพลท จากนั้นรอให้อาหารแข็งตัว แล้วนำหัวเชื้อ *C. militaris* ที่ได้จากโครงการลูกพระดาบส จังหวัดสมุทรปราการตามพระราชดำริ ทำการ Subculture ลงใน Plate ที่มีอาหาร PDA แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน

3.3.2 การเตรียม Seed culture เห็ดถั่งเช่าสีทอง

เตรียมอาหาร PDB (Potato Dextrose Broth) และเติมน้ำตาลทรายแดง 10 กรัม, ยีสต์สกัด 10 กรัม, เปปโตน 10 กรัม แล้วใส่ลงในฟลาสก์ปริมาตร 150 มิลลิลิตร นำไปฆ่าเชื้อด้วย Autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที ตั้งทิ้งให้เย็น จากนั้นตัดเส้นใยเห็ดถั่งเช่าสีทองที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร PDA ในหัวข้อที่ 3.3.1 ขนาด 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในอาหาร PDB ที่เตรียมไว้ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส เขย่าที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที ด้วยเขย่าเป็นเวลา 14 วัน

3.3.3 ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อ *C. militaris*

นำ Seed culture ของเชื้อ *C. militaris* มาตรวจลักษณะเส้นใยจากกล้องจุลทรรศน์ โดยใช้ dropper ดูดเชื้อมา 1 หยด ลงบนสไลด์ จากนั้นทำการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ ที่กำลังขยาย 4x 10x 40x และ 100x ตามลำดับ

3.3.4 การหาความเข้มข้นของเชื้อเริ่มต้น โดยวิธี Standard plate count

นำ Seed culture ของเชื้อ *C. militaris* มาทำ Standard plate count โดยการดูดเชื้อปริมาตร 2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง จากนั้นทำการเจือจางเชื้อ *C. militaris* ที่ความเจือจาง 10^{-1} ถึง 10^{-7} ซึ่งจะใช้น้ำมันฝรั่ง หรือ PDB เป็น diluent จากนั้นทำ plate count โดยวิธี spread plate technique ซึ่งจะทำการปิเปตเชื้อ *C. militaris* ที่ความเจือจางต่างๆ ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ลงบนอาหาร PDA โดยจะใช้ spreader ในการเกลี่ยตัวอย่างเชื้อให้กระจายทั่วพื้นผิวของอาหาร

3.3.5 การเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองด้วยวัตถุดิบอาหารข้าวชนิดต่างๆ

3.3.5.1 การเตรียมสูตรอาหารข้าวปกติ (Rice media pupa added)

- สูตรอาหารข้าวสังข์หยด ชั่งข้าวสังข์หยด 100 กรัม ใส่ลงในขวดโหลแก้วขนาด 200 มิลลิลิตร เติม PDB ปริมาตร 80 มิลลิลิตร และเติมดักแด้ไหม (บดหยาบ) 10 กรัม
- สูตรอาหารข้าวหอมมะลิ ชั่งข้าวหอมมะลิ 100 กรัม ใส่ลงในขวดโหลแก้วขนาด 200 มิลลิลิตร เติม PDB ปริมาตร 80 มิลลิลิตร และดักแด้ไหม (บดหยาบ) 10 กรัม
- สูตรอาหารข้าวไรซ์เบอรี่รี่ ชั่งข้าวไรซ์เบอร์รี่ 100 กรัม ใส่ลงในขวดโหลแก้วขนาด 200 มิลลิลิตร เติม PDB ปริมาตร 80 มิลลิลิตร และดักแด้ไหม (บดหยาบ) 10 กรัม
- สูตรอาหารข้าวหอมมันปู ชั่งข้าวหอมมันปู 100 กรัม ใส่ลงในขวดโหลแก้วขนาด 200 มิลลิลิตร เติม PDB ปริมาตร 80 มิลลิลิตร และเติมดักแด้ไหม (บดหยาบ) 10 กรัม
- สูตรอาหารข้าวเหนียวขาวเชียงราย (เขี้ยวงู) ชั่งข้าวเหนียว 100 กรัม ใส่ลงในขวดโหลแก้วขนาด 200 มิลลิลิตร เติม PDB ปริมาตร 80 มิลลิลิตร และเติมดักแด้ไหม (บดหยาบ) 10 กรัม
- สูตรอาหารข้าวกล้องหอมมะลิ ชั่งข้าวกล้องหอมมะลิ 100 กรัม ใส่ลงในขวดโหลแก้วขนาด 200 มิลลิลิตร เติม PDB ปริมาตร 80 มิลลิลิตร และเติมดักแด้ไหม (บดหยาบ) 10 กรัม

3.3.5.2 การเตรียมสูตรอาหารข้าว่ควบคุม (Rice media control without pupa)

- สูตรอาหารข้าวสังข์หยด ชั่งข้าวสังข์หยด 100 กรัม ใส่ลงในขวดโหลแก้วขนาด 200 มิลลิลิตร เติม PDB ปริมาตร 80 มิลลิลิตร
- สูตรอาหารข้าวหอมมะลิ ชั่งข้าวหอมมะลิ 100 กรัม ใส่ลงในขวดโหลแก้วขนาด 200 มิลลิลิตร เติม PDB ปริมาตร 80 มิลลิลิตร
- สูตรอาหารข้าวไรซ์เบอรี่รี่ ชั่งข้าวไรซ์เบอร์รี่ 100 กรัม ใส่ลงในขวดโหลแก้วขนาด 200 มิลลิลิตร เติม PDB ปริมาตร 80 มิลลิลิตร
- สูตรอาหารข้าวหอมมันปู ชั่งข้าวหอมมันปู 100 กรัม ใส่ลงในขวดโหลแก้วขนาด 200 มิลลิลิตร เติม PDB ปริมาตร 80 มิลลิลิตร

- สูตรอาหารข้าวเหนียวขาวเชียงราย (เขี้ยวงู) ชั่งข้าวเหนียว 100 กรัม ใส่ลงในขวดโหลแก้วขนาด 200 มิลลิลิตร เติม PDB ปริมาตร 80 มิลลิลิตร

- สูตรอาหารข้าวกล้องหอมมะลิ ชั่งข้าวกล้องหอมมะลิ 100 กรัม ใส่ลงในขวดโหลแก้วขนาด 200 มิลลิลิตร เติม PDB ปริมาตร 80 มิลลิลิตร

หมายเหตุ : 1. ทำการแบ่งสูตรอาหารปกติ โดยแต่ละสูตรอาหารปกติ แบ่งออกเป็น 8 ซ้ำ

2. ทำการแบ่งสูตรอาหารควบคุม โดยแต่ละสูตรอาหารควบคุม แบ่งออกเป็น 8 ซ้ำ

3. โดยสูตรอาหารปกติแต่ละสูตร + สูตรอาหารควบคุมแต่ละสูตร รวมทั้งหมดเป็น 16 ซ้ำ

- จากนั้นนำไปนึ่งฆ่าเชื้อโดยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อความดันไอน้ำสูง (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น ที่อุณหภูมิห้อง

3.3.6 การลงเชื้อ *C. militaris* ในอาหารข้าวชนิดต่างๆ

ทำการลงเชื้อ *C. militaris* จาก Seed culture ในข้อที่ 3.3.2 โดยนำ Syringe ขนาด 10 มิลลิลิตร ดูดเชื้อเห็ดถังเช่ามา 8 มิลลิลิตร โดยมีความเข้มข้นอยู่ที่ 6.48×10^7 cell หยดลงขวดโหลแก้วที่มีสูตรอาหารแต่ละชนิด ในข้อที่ 3.3.6.1 และ 3.3.6.2 โดยหยดให้ทั่วๆผิวของอาหารข้าว เชื้อจะได้ขึ้นสม่ำเสมอ

3.3.7 การให้แสงไฟและระยะเวลาในการบ่ม

นำไปบ่มในตู้บ่มเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ด ที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์ ในที่มืด จนเส้นใยของเชื้อ *C. militaris* ปกคลุมทั่วผิวข้าว เป็นเวลา 7 วัน และ จากนั้นให้แสงไฟ โดยการให้แสงไฟจะแบ่งออกเป็นแสงไฟ 2 ชนิด ได้แก่ หลอดไฟ LED สีขาว และหลอดไฟ LED สีม่วง ทำการบ่มให้แสงไฟ เป็นระยะเวลา 45 – 60 วัน

หมายเหตุ : 1. สูตรอาหารปกติแต่ละสูตร จะมีทั้งหมด 8 ซ้ำ + สูตรอาหารควบคุมแต่ละสูตรจะมีทั้งหมด 8 ซ้ำ

2. ทำการแบ่งสูตรอาหารปกติแต่ละสูตร 4 ซ้ำ + สูตรอาหารควบคุมแต่ละสูตร 4 ซ้ำ ไปให้แสงหลอดไฟ LED สีม่วง

3. ทำการแบ่งสูตรอาหารปกติแต่ละสูตร 4 ซ้ำ + สูตรอาหารควบคุมแต่ละสูตร 4 ซ้ำ ไปให้แสงหลอดไฟ LED สีขาว

3.3.8 การเก็บเกี่ยวฟรุตติ้งบอดี้ ชั่งน้ำหนักสด – แห้ง วัดความสูง และปริมาณความชื้นของเห็ดถังเช่าสีทอง

ทำการเก็บเกี่ยว โดยสวมถุงมือแล้วดึงฟรุตติงบอดี้เบาๆ ให้หลุดออกจากฐานข้าว จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักสด โดยใช้เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง

ทำการวัดความสูงฟรุตติงบอดี้ของเห็ดถังเช่าสีทอง โดยใช้เส้นด้ายทาบกับฟรุตติ้งบอดี้ แล้วนำไปอ่านค่าการวัดกับไม้บรรทัด โดยจะแบ่งความสูงของฟรุตติ้งบอดี้เป็น 3 แบบ ได้แก่ 1 – 3 เซนติเมตร , 4 – 6 เซนติเมตร , 7 - 9 เซนติเมตร (ณัฐพงษ์ และคณะ, 2559)

ทำการอบแห้งฟรุตติ้งบอดี้ของเห็ดถังเช่าสีทอง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นมาทำการชั่งน้ำหนักแห้ง และคำนวณหาปริมาณความชื้น (Bor *et al.*, 2012)

3.3.9 ขั้นตอนการสกัดเห็ดถังเช่าสีทอง

นำส่วนของฟรุตติงบอดี้มาบดให้ละเอียดด้วยโกร่ง จากนั้นนำตัวอย่างมา 1 กรัม แช่ในเอทานอล 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2 วัน จากนั้นทำการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1 แล้วนำสารละลายส่วนใสไปแยกเอทานอลออก โดยใช้เครื่องระเหยสุญญากาศภายใต้ความดัน อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส แล้วเก็บไว้ในขวดพลาสติกที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ไว้ใช้ในการวิเคราะห์สาร Phenolic compound และ สาร Antioxidant (สุกัลญา และคณะ, 2558)

3.3.10 การวิเคราะห์สาร Total Phenolic compound (สุกัลญา และคณะ, 2558)

การหาปริมาณสาร Total Phenolic compound โดยวิธี Folin-ciocalteu colorimetric method โดยนำสารสกัดตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 10 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในน้ำกลั่น ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย 2 N Folin-Ciocalteu reagent (10% v/v) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร และ Na_2CO_3 (20% w/v) ปริมาตร 80 ไมโครลิตร ตามลำดับ วางทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วย 96-well microplate reader จากนั้นคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมจากกราฟมาตรฐานของสารมาตรฐาน gallic acid และคำนวณให้อยู่ในหน่วยของ µg gallic acid equivalent (GAE)/mg extract

3.3.11 การวิเคราะห์สาร Antioxidant (สุกัลญา และคณะ, 2558)

ใช้วิธี DPPH radical scavenging assay เตรียมสารสกัดจากเห็ดถังเช่าสีทอง ที่ความเข้มข้น 1000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ใน absolute ethanol จากนั้นเจือจางตัวอย่างแต่ละชนิดให้มีความเข้มข้นที่ 800, 400, 200, 100, 50 และ 25 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยวิธี two-fold dilutions method ใน 96-

well plate ให้มีปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ 100 ไมโครลิตร ในแต่ละ well เติม 6×10^{-5} M DPPH ใน absolute ethanol 100 ไมโครลิตร จากนั้นนำไปบ่มในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที แล้วตรวจวัดการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วย microplate reader โดยใช้ ascorbic acid เป็น positive control นำค่าการดูดกลืนแสงมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระ (% Inhibition) ดังสมการที่แสดง

$$\% \text{ การยับยั้ง} = [(A_{ctr} - A_{sample})/A_{ctr}]\times 100$$

โดยที่ A_{ctr} = ค่าการดูดกลืนแสงของ Blank

A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของชุดทดสอบ

จากนั้นสร้างตารางเปรียบเทียบ (%) Inhibition เปอร์เซ็นต์การยับยั้งสารอนุมูลอิสระ แต่ละความเข้มข้นของตัวอย่างสารสกัดจากเห็ดถังเช่าสีทอง

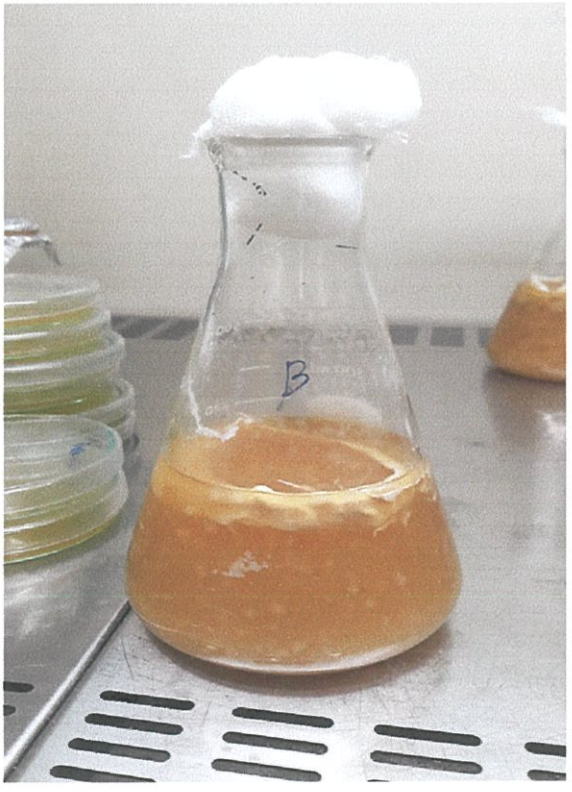
3.3.12 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลแบบ Factorial Experiments in Completely Randomized Design (CRD) และ ANOVA วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Tukey's Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้โปรแกรม Minitab ในการวิเคราะห์

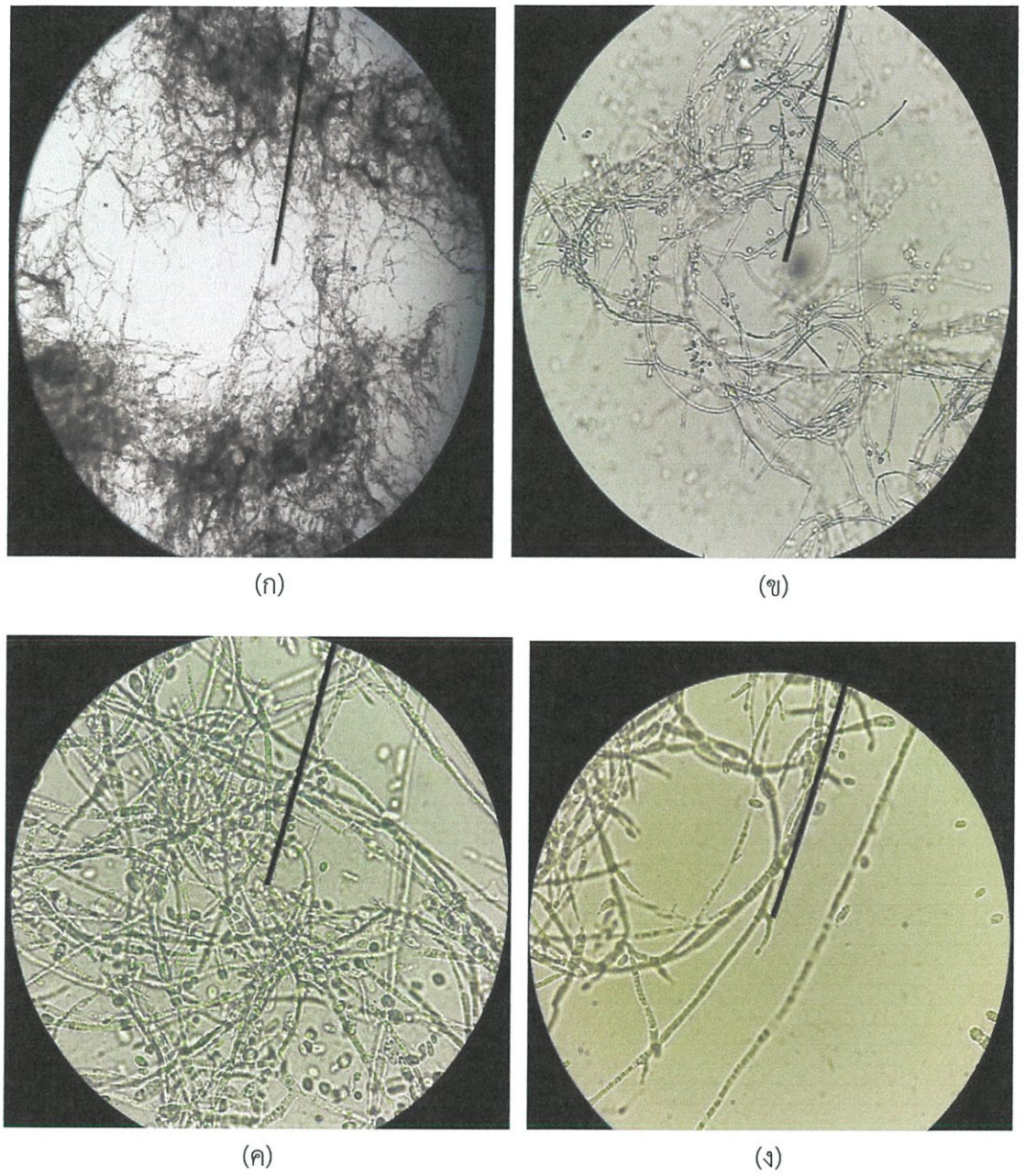
บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 การศึกษาลักษณะของเส้นใยทางสัณฐานวิทยา

นำ Seed culture ของเชื้อ *C. militaris* ที่บ่มในตู้เพาะเลี้ยงเชื้ออุณหภูมิต่ำ ที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน มาตรวจลักษณะเส้นใยจากกล้องจุลทรรศน์ โดยใช้กำลังขยาย 4x 10x 40x และ 100x ตามลำดับ



รูปที่ 4.1.1 Seed culture ของเชื้อ *C. militaris* ที่บ่มในตู้เพาะเลี้ยงเชื้ออุณหภูมิต่ำ ที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน



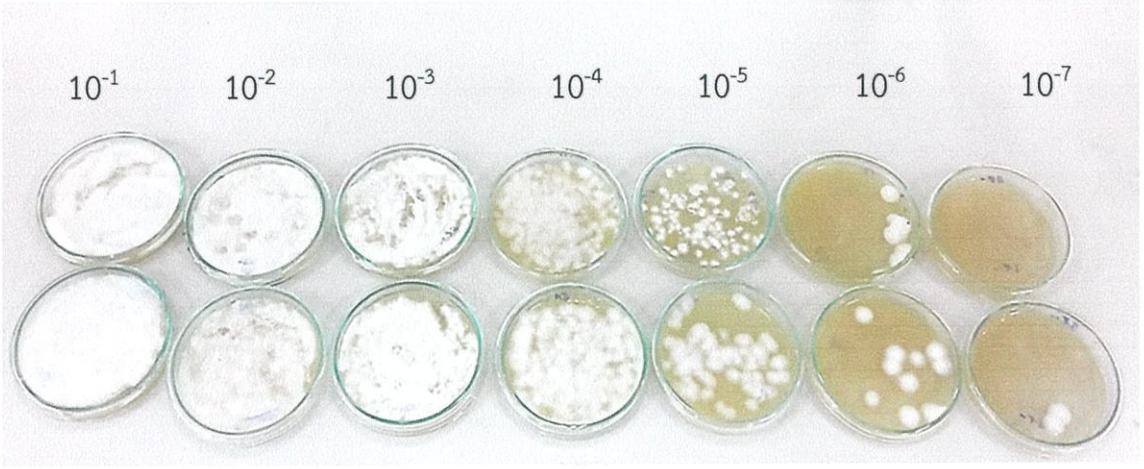
(ก) (ข)

(ค) (ง)

รูปที่ 4.1.2 (ก) ลักษณะเส้นใยของเชื้อ *C. militaris* ที่กำลังขยาย 4X
(ข) ลักษณะเส้นใยของเชื้อ *C. militaris* ที่กำลังขยาย 10X
(ค) ลักษณะเส้นใยของเชื้อ *C. militaris* ที่กำลังขยาย 40X
(ง) ลักษณะเส้นใยของเชื้อ *C. militaris* ที่กำลังขยาย 100X

4.2 ความเข้มข้นของเชื้อเริ่มต้น โดยวิธี Standard plate count

4.2.1 การหาความเข้มข้นของเชื้อ *C. militaris* เริ่มต้น โดยใช้วิธี Standard plate count ซึ่งจะพบเซลล์ที่มีชีวิตเท่านั้น



รูปที่ 4.2.1 การเจือจางเชื้อ *C. militaris* ที่ความเจือจาง 10^{-1} ถึง 10^{-7} ซึ่งจะใช้น้ำมันฝรั่ง หรือ PDB เป็น diluent หลังจากนั้นทำ plate count โดยวิธี spread plate technique

ตารางที่ 4.2.1 ความเข้มของเชื้อ *C. militaris* เริ่มต้น โดยวิธี Standard plate count

Plate (ซ้ำ)	ระดับความเจือจาง	จำนวนเซลล์ที่นับได้ / 2	ความเข้มข้นของเชื้อเริ่มต้น (เซลล์/มิลลิลิตร)	ความเข้มข้นของเชื้อปริมาตร 8 มิลลิลิตร
1	10^{-5}	88	8.1×10^{6}	6.48×10^{7}
2		74		

4.3 ปริมาณน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของเห็ดถังเช่าสีทอง ที่แสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง

รูปที่ 4.3.1 ลักษณะฟรุตติงบอดี้ของเห็ดถังเช่าสีทอง โดยฟรุตติงบอดี้เป็นส่วนที่นำมาวิเคราะห์ทางกายภาพและทางชีวภาพ

ตารางที่ 4.3.1 แสดงปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของเห็ดถังเช่าสีทอง ที่แสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง

แสงไฟ	ชนิดอาหารข้าว	น้ำหนักสด (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
W	ข้าวหอมมะลิ	$12.12^{cd} \pm 1.52$	$9.82^{def} \pm 0.770$
	ข้าวหอมมะลิ+ดักแด้	$15.85^{cd} \pm 0.29$	$13.62^{def} \pm 0.42$
P	ข้าวหอมมะลิ	$17.11^{b} \pm 0.34$	$14.86^{c} \pm 0.11$
	ข้าวหอมมะลิ+ดักแด้	$19.56^{b} \pm 0.26$	$17.34^{c} \pm 0.28$
W	ข้าวเหนียว	$22.01^{ab} \pm 3.34$	$22.17^{b} \pm 2.66$
	ข้าวเหนียว+ดักแด้	$24.84^{ab} \pm 0.16$	$27.00^{b} \pm 0.22$
P	ข้าวเหนียว	$27.79^{a} \pm 0.41$	$25.55^{a} \pm 0.78$
	ข้าวเหนียว+ดักแด้	$31.12^{a} \pm 0.50$	$29.43^{a} \pm 0.38$
W	ข้าวหอมมันปู	$9.41^{def} \pm 1.41$	$8.03^{fg} \pm 0.19$
	ข้าวหอมมันปู+ดักแด้	$14.66^{def} \pm 0.39$	$12.59^{fg} \pm 0.23$
P	ข้าวหอมมันปู	$12.57^{c} \pm 0.45$	$9.45^{d} \pm 0.35$
	ข้าวหอมมันปู+ดักแด้	$16.53^{c} \pm 0.19$	$14.49^{d} \pm 0.15$
W	ข้าวกล้อง	$10.56^{de} \pm 0.33$	$8.76^{efg} \pm 0.16$
	ข้าวกล้อง+ดักแด้	$14.04^{de} \pm 0.06$	$12.06^{efg} \pm 0.17$
P	ข้าวกล้อง	$12.99^{c} \pm 0.15$	$10.09^{de} \pm 0.11$
	ข้าวกล้อง+ดักแด้	$15.77^{c} \pm 0.29$	$13.54^{de} \pm 0.29$
W	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	$8.03^{g} \pm 0.17$	$7.25^{h} \pm 0.50$
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่+ดักแด้	$11.44^{g} \pm 0.43$	$9.56^{h} \pm 0.35$
P	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	$10.56^{de} \pm 0.40$	$8.19^{gh} \pm 0.12$
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่+ดักแด้	$13.73^{de} \pm 0.20$	$11.13^{gh} \pm 1.61$
W	ข้าวสังข์หยด	$8.62^{fg} \pm 0.15$	$7.78^{h} \pm 0.06$
	ข้าวสังข์หยด+ดักแด้	$11.69^{fg} \pm 0.16$	$9.74^{h} \pm 0.09$
P	ข้าวสังข์หยด	$10.02^{efg} \pm 0.21$	$8.29^{gh} \pm 0.30$
	ข้าวสังข์หยด+ดักแด้	$12.79^{efg} \pm 0.18$	$9.99^{gh} \pm 0.09$

หมายเหตุ W = ไฟสีขาว , P = ไฟสีม่วง , (N = 3) a,b,c,d,e,f,g,h แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดย ANOVA และ Tukey's test

จากตารางที่ 4.3.1 พบว่าสูตรอาหารข้าวเหนียวที่ใส่ดักแด้ มีน้ำหนักสดมากที่สุด เท่ากับ 31.12 ±0.50 กรัม เมื่อให้แสง (P) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) รองลงมาคือ อาหารข้าวเหนียว (W) ที่ใส่ดักแด้ เท่ากับ 24.84 ±0.16 กรัม ,อาหารข้าวหอมมะลิ (P) ที่ใส่ดักแด้ เท่ากับ 19.56^{b} ±0.26 กรัม และมีน้ำหนักสดน้อยที่สุดคือ อาหารข้าวไรซ์เบอรี่ (W) ที่ไม่ใส่ดักแด้ เท่ากับ 8.03 ±0.17 กรัม

ส่วนน้ำหนักแห้งพบว่าสูตรอาหารข้าวเหนียวที่ใส่ดักแด้ มีน้ำหนักแห้งมากที่สุด เท่ากับ 29.43 ±0.38 กรัม เมื่อให้แสง (P) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) รองลงมาคือ อาหารข้าวเหนียว (W) ที่ใส่ดักแด้ เท่ากับ 27.00 ±0.22 กรัม ,ข้าวหอมมะลิ (P) ที่ใส่ดักแด้ เท่ากับ 17.34 ±0.28 กรัม และมีน้ำหนักสดน้อยที่สุดคือ อาหารข้าวไรซ์เบอรี่ (W) ที่ไม่ใส่ดักแด้ และอาหารข้าวสังห์หยด (W) ที่ไม่ใส่ดักแด้ เท่ากับ 7.25 ±0.50 และ 7.78 ±0.06 กรัม ตามลำดับ

4.4 จำนวนฟรุตติงบอดี้ที่ระดับความสูงต่างๆ ของเห็ดถังเช่าสีทอง ที่แสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง

ตารางที่ 4.4.1 แสดงจำนวนฟรุตติงบอดี้ที่ระดับความสูงต่างๆ ของเห็ดถังเช่าสีทองที่แสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง

แสงไฟ	ชนิดอาหารข้าว	จำนวนฟรุตติงบอดี้ที่ระดับความสูงต่างๆ		
		1-3 เซนติเมตร.	4-6 เซนติเมตร.	7-9 เซนติเมตร.
W	ข้าวหอมมะลิ	78.67^{bcd} ±4.73	3.33^{de} ±2.52	0.00^{c}±0.00
	ข้าวหอมมะลิ+ดักแด้	107.00^{bcd}±26.50	10.67^{de}±1.53	0.00^{c}±0.00
P	ข้าวหอมมะลิ	115.67^{a} ±15.37	15.00^{b} ±1.00	0.00^{c}±0.00
	ข้าวหอมมะลิ+ดักแด้	117.67^{a} ±5.51	26.33^{b} ±2.08	0.00^{c}±0.00
W	ข้าวเหนียว	97.67^{bc} ±7.37	23.00^{b} ±16.77	1.00^{b}±1.00
	ข้าวเหนียว+ดักแด้	98.67^{bc} ±7.57	27.33^{b} ±2.00	1.33^{b}±0.58
P	ข้าวเหนียว	101.67^{ab} ±1.53	38.67^{a} ±11.85	0.67^{a}±0.58
	ข้าวเหนียว+ดักแด้	106.67^{ab} ±3.51	49.67^{a} ±2.52	2.33^{a}±0.58
W	ข้าวหอมมันปู	76.67^{d} ±4.73	5.00^{cde} ±1.00	0.00^{c}±0.00
	ข้าวหอมมันปู+ดักแด้	85.67^{d} ±1.16	11.67^{cde}±1.16	0.00^{c}±0.00
P	ข้าวหอมมันปู	83.67^{cd} ±3.21	16.00^{bc} ±2.00	0.00^{c}±0.00
	ข้าวหอมมันปู+ดักแด้	95.00^{cd} ±2.00	18.00^{bc} ±2.00	0.00^{c}±0.00
W	ข้าวกล้อง	85.33^{cd} ±2.52	2.00^{de} ±1.00	0.00^{c}±0.00
	ข้าวกล้อง+ดักแด้	90.67^{cd} ±4.04	5.67^{de} ±0.58	0.00^{c}±0.00
P	ข้าวกล้อง	94.00^{bcd} ±2.00	9.00^{cd} ±1.00	0.00^{c}±0.00
	ข้าวกล้อง+ดักแด้	94.33^{bcd} ±3.06	12.33^{cd}±2.08	0.00^{c}±0.00
W	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	78.67^{d} ±4.04	1.00^{e} ±1.00	0.00^{c}±0.00
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่+ดักแด้	88.67^{d} ±0.58	1.33^{e} ±1.53	0.00^{c}±0.00
P	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	82.33^{cd} ±2.08	5.67^{de} ±2.08	0.00^{c}±0.00
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่+ดักแด้	91.33^{cd} ±2.52	9.67^{de} ±1.53	0.00^{c}±0.00
W	ข้าวสังข์หยด	81.67^{d} ±2.08	1.33^{de} ±1.53	0.00^{c}±0.00
	ข้าวสังข์หยด+ดักแด้	86.00^{d} ±1.00	2.67^{de} ±0.58	0.00^{c}±0.00

P	ข้าวสังข์หยด	86.33^{cd} ±1.53	7.33^{cde} ±2.08	0.00^{c}±0.00
	ข้าวสังข์หยด+ดักแด้	89.67^{cd} ±2.52	9.33^{cde} ±0.58	0.00^{c}±0.00

หมายเหตุ W = ไฟสีขาว , P = ไฟสีม่วง , (N = 3) a,b,c,d,e แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดย ANOVA และ Tukey's test

จากตารางที่ 4.4.1 จำนวนฟรุตติงบอดี้ที่ความสูง 1-3 เซนติเมตร พบว่าสูตรอาหารข้าวหอมมะลิที่ใส่ดักแด้ (P) มีจำนวนฟรุตติงบอดี้มากที่สุด เท่ากับ 117.67 ±5.51 ดอก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) รองลงมาคือ อาหารข้าวเหนียว (P) ที่ใส่ดักแด้ เท่ากับ 106.67 ±3.51 ดอก และน้อยที่สุดคือ อาหารข้าวไรซ์เบอรี่ (W) ที่ไม่ใส่ดักแด้ และอาหารข้าวสังข์หยด (W) ที่ไม่ใส่ดักแด้ เท่ากับ 78.67 ±4.04 และ 81.67 ±2.08 ดอก ตามลำดับ

ส่วนจำนวนฟรุตติงบอดี้ที่ความสูง 4-6 เซนติเมตร พบว่าสูตรอาหารข้าวเหนียวที่ใส่ดักแด้ (P) มีจำนวนฟรุตติงบอดี้มากที่สุด เท่ากับ 49.67 ±2.52 ดอก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือ อาหารข้าวเหนียว (W) ที่ใส่ดักแด้ และ ข้าวหอมมะลิ (P) ที่ใส่ดักแด้ เท่ากับ 27.33 ±2.00 และ 26.33 ±2.08 ดอก ตามลำดับ และน้อยที่สุดคือ อาหารข้าวไรซ์เบอรี่ (W) ที่ไม่ใส่ดักแด้เท่ากับ 1.00 ±1.00 ดอก

สำหรับจำนวนฟรุตติงบอดี้ที่ความสูง 7-9 เซนติเมตร พบว่าสูตรอาหารข้าวเหนียวที่ใส่ดักแด้ (P) มีจำนวนฟรุตติงบอดี้มากที่สุด เท่ากับ 2.33 ±0.58 ดอก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติรองลงมาคือ อาหารข้าวเหนียว (W) ที่ใส่ดักแด้ เท่ากับ 1.33 ±0.58 ดอก ส่วนสูตรอาหารข้าวอื่นๆ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

4.5 ปริมาณความชื้นของเห็ดถังเช่าสีทอง ที่แสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง

ตารางที่ 4.5.1 แสดงปริมาณความชื้นของเห็ดถังเช่า สีทองแสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง

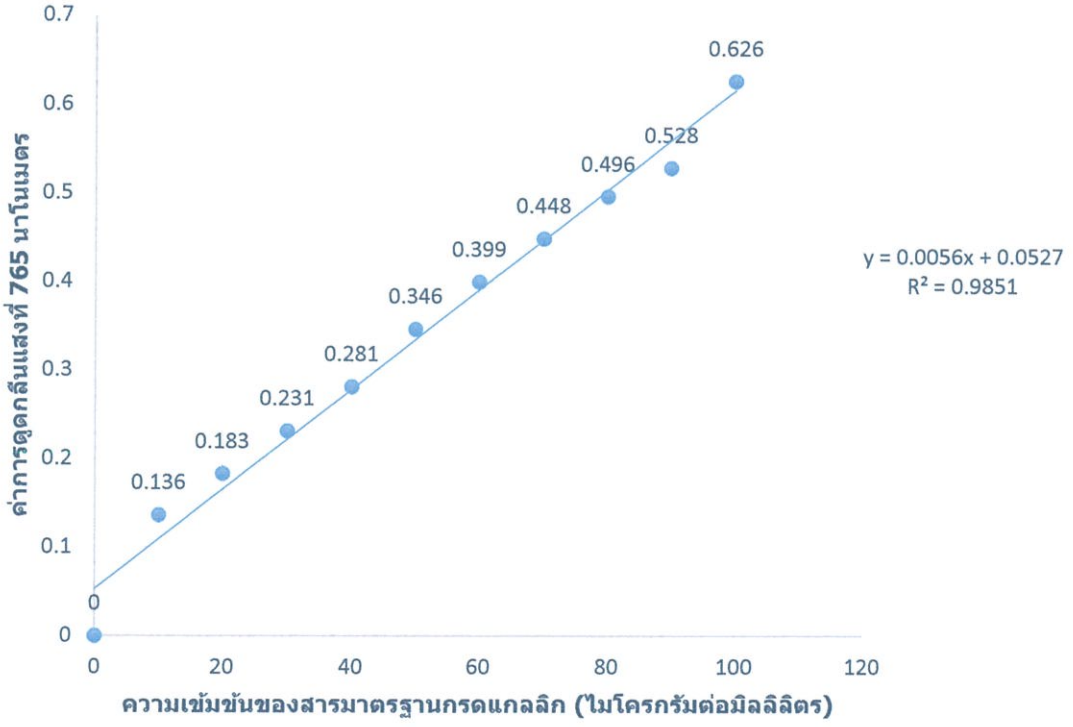
แสงไฟ	ชนิดอาหารข้าว	(%) เปอร์เซ็นต์ความชื้น
W	ข้าวหอมมะลิ	$80.64^{a}\pm0.01$
	ข้าวหอมมะลิ+ดักแด้	$80.10^{a}\pm0.05$
P	ข้าวหอมมะลิ	$79.99^{a}\pm0.03$
	ข้าวหอมมะลิ+ดักแด้	$80.00^{a}\pm0.01$
W	ข้าวหอมมันปู	$80.10^{a}\pm0.05$
	ข้าวหอมมันปู+ดักแด้	$79.98^{a}\pm0.01$
P	ข้าวหอมมันปู	$80.16^{a}\pm0.04$
	ข้าวหอมมันปู+ดักแด้	$80.50^{a}\pm0.05$
W	ข้าวเหนียว	$79.83^{a}\pm0.02$
	ข้าวเหนียว+ดักแด้	$79.95^{a}\pm0.04$
P	ข้าวเหนียว	$80.33^{a}\pm0.03$
	ข้าวเหนียว+ดักแด้	$80.65^{a}\pm0.06$
W	ข้าวสังข์หยด	$80.67^{a}\pm0.11$
	ข้าวสังข์หยด+ดักแด้	$79.90^{a}\pm0.05$
P	ข้าวสังข์หยด	$80.10^{a}\pm0.01$
	ข้าวสังข์หยด+ดักแด้	$79.98^{a}\pm0.01$
W	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	$80.43^{a}\pm0.01$
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่+ดักแด้	$79.96^{a}\pm0.04$
P	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	$80.50^{a}\pm0.01$
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่+ดักแด้	$80.83^{a}\pm0.48$
W	ข้าวกล้อง	$80.34^{a}\pm0.02$
	ข้าวกล้อง+ดักแด้	$79.96^{a}\pm0.01$
P	ข้าวกล้อง	$80.16^{a}\pm0.03$
	ข้าวกล้อง+ดักแด้	$80.55^{a}\pm0.01$

หมายเหตุ W = ไฟสีขาว , P = ไฟสีม่วง , (N = 3) a แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดย ANOVA และ Tukey's test

จากตารางที่ 4.5.1 ปริมาณความชื้นของเห็ดถังเช่าสีทองแต่ละสูตรอาหารข้าว และชนิดของสีไฟ LED พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากในการทดลองใช้ความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์เท่ากันหมด ทำให้เห็ดถังเช่าสีทองแต่ละสูตรอาหารข้าวมีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ

4.6 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

รูปที่ 4.6.1 แสดงกราฟมาตรฐาน Gallic acid ใช้เทียบกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิก



ตารางที่ 4.6.1 แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของเห็ดถังเช่าสีทอง ที่แสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง

แสงไฟ	ชนิดอาหารข้าว	ฟีนอลิกรวม µg (GAE)/ mg extract
W	ข้าวหอมมะลิ	48.98^{c} ±0.42
	ข้าวหอมมะลิ+ดักแด้	59.70^{c} ±0.21
P	ข้าวหอมมะลิ	86.13^{a} ±0.53
	ข้าวหอมมะลิ+ดักแด้	87.73^{a} ±0.51
W	ข้าวหอมมันปู	42.73^{d} ±0.17
	ข้าวหอมมันปู+ดักแด้	46.84^{d} ±0.24
P	ข้าวหอมมันปู	66.48^{b} ±0.21
	ข้าวหอมมันปู+ดักแด้	72.36^{b} ±0.43
W	ข้าวเหนียว	18.09^{g} ±0.11
	ข้าวเหนียว+ดักแด้	37.55^{g} ±0.24
P	ข้าวเหนียว	55.95^{c} ±0.32
	ข้าวเหนียว+ดักแด้	60.95^{c} ±0.22
W	ข้าวสังข์หยด	16.30^{h} ±0.13
	ข้าวสังข์หยด+ดักแด้	34.70^{h} ±0.41
P	ข้าวสังข์หยด	37.38^{de} ±0.23
	ข้าวสังข์หยด+ดักแด้	41.66^{de} ±0.20
W	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	15.77^{h} ±0.12
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่+ดักแด้	19.88^{h} ±0.18
P	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	30.77^{ef} ±0.42
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่+ดักแด้	35.59^{ef} ±0.21
W	ข้าวกล้อง	10.23^{i} ±0.11
	ข้าวกล้อง+ดักแด้	11.30^{i} ±0.13
P	ข้าวกล้อง	20.77^{fg} ±0.23
	ข้าวกล้อง+ดักแด้	29.88^{fg} ±0.35

หมายเหตุ W = ไฟสีขาว , P = ไฟสีม่วง , (N = 3) a,b,c,d,e,f,g,h,i ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดย ANOVA และ Tukey's test

จากตารางที่ 4.6.1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากที่สุด พบในสูตรอาหารข้าวหอมมะลิที่ใส่ดักแด้ เท่ากับ 87.73 ±0.51 µg (GAE)/mg extract เมื่อให้แสง (P) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) รองลงมาคือ อาหารข้าวหอมมันปู (P) ที่ใส่ดักแด้ เท่ากับ 72.36 ±0.43 µg (GAE)/mg extract และน้อยที่สุดคือ อาหารข้าวกล้อง (W) ที่ไม่ใส่ดักแด้ เท่ากับ 10.23 ±0.11 µg (GAE)/mg extract

4.7 ปริมาณสารแอนตี้ออกซิแดนท์

ตารางที่ 4.7.1 แสดงปริมาณสารแอนตี้ออกซิแดนซ์ของเห็ดถังเช่าสีทอง ที่แสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง

แสงไฟ	ชนิดข้าว	% Inhibition (เปอร์เซ็นต์การยับยั้งสารอนุมูลอิสระ)					
		25 µg/ml	50 µg/ml	100 µg/ml	200 µg/ml	400 µg/ml	800 µg/ml
W	ข้าวหอมมะลิ	46.39^{b}±0.92	56.15^{b}±0.32	61.31^{b}±0.32	64.54^{b}±0.21	66.26^{b}±0.32	68.59^{ab}±0.52
	ข้าวหอมมะลิ+ดักแด้	46.67^{b}±0.43	58.21^{b}±0.32	61.99^{b}±0.32	64.81^{b}±0.31	66.81^{b}±0.36	68.61^{ab}±0.23
P	ข้าวหอมมะลิ	49.10^{a}±0.41	59.66^{a}±0.43	63.92^{a}±0.55	66.32^{a}±0.32	68.19^{a}±0.49	70.14^{a}±0.48
	ข้าวหอมมะลิ+ดักแด้	49.55^{a}±0.32	59.25^{a}±0.12	64.12^{a}±0.21	66.39^{a}±0.21	68.39^{a}±0.43	70.38^{a}±0.24
W	ข้าวหอมมันปู	43.33^{d}±0.21	45.52^{d}±0.24	56.13^{e}±0.32	61.40^{d}±0.54	64.14^{c}±0.32	66.39^{c}±0.32
	ข้าวหอมมันปู+ดักแด้	43.74^{d}±0.21	45.66^{d}±0.12	55.99^{e}±0.21	62.29^{d}±0.32	64.41^{c}±0.12	66.60^{c}±0.12
P	ข้าวหอมมันปู	44.76^{c}±0.21	46.34^{c}±0.12	58.80^{c}±0.51	63.79^{b}±0.32	65.64^{b}±0.31	67.42^{bc}±0.12
	ข้าวหอมมันปู+ดักแด้	45.73^{c}±0.12	46.72^{c}±0.21	59.75^{c}±0.21	64.89^{b}±0.21	65.84^{b}±0.32	67.69^{bc}±0.12
W	ข้าวเหนียว	41.67^{e}±0.44	44.45^{d}±0.31	52.41^{f}±0.72	56.35^{e}±1.28	59.91^{d}±0.72	62.57^{d}±0.66
	ข้าวเหนียว+ดักแด้	42.28^{e}±0.31	45.90^{d}±0.21	54.37^{f}±0.49	59.36^{e}±0.31	61.20^{d}±0.32	64.62^{d}±0.32

P	ข้าวเหนียว	43.92^{d}±0.24	47.20^{c}±0.41	57.86^{d}±0.43	62.09^{c}±0.21	64.41^{c}±0.31	66.80^{c}±0.21
	ข้าวเหนียว+ ดักแด้	44.19^{d}±0.32	46.45^{c}±0.31	56.68^{d}±0.24	62.43^{c}±0.31	64.55^{c}±0.31	66.73^{c}±0.012
W	ข้าวสังข์หยด	38.35^{f}±0.32	40.79^{f}±0.17	46.30^{h}±0.24	54.60^{f}±0.21	57.46^{f}±0.44	59.55^{f}±0.12
	ข้าวสังข์หยด+ ดักแด้	38.70^{f}±0.42	40.93^{f}±0.24	49.86^{h}±0.32	55.51^{f}±0.32	58.37^{f}±0.21	60.04^{f}±0.21
P	ข้าวสังข์หยด	41.00^{e}±0.17	42.68^{e}±0.21	51.81^{g}±0.32	58.16^{e}±0.21	59.41^{e}±0.21	61.51^{e}±0.55
	ข้าวสังข์หยด+ ดักแด้	41.84^{e}±0.21	43.79^{e}±0.52	52.93^{g}±0.21	58.58^{e}±0.21	59.28^{e}±0.15	61.78^{e}±0.24
W	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	34.55^{h}±0.41	37.94^{g}±5.04	40.18^{j}±0.42	42.75^{h}±0.24	46.20^{h}±0.31	50.41^{h}±0.21
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่+ ดักแด้	36.45^{h}±0.31	39.57^{g}±0.24	41.67^{j}±0.20	43.90^{h}±0.31	47.15^{h}±0.31	51.02^{h}±0.31
P	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	36.86^{g}±0.31	40.04^{f}±0.20	42.48^{j}±0.20	44.45^{g}±0.31	47.90^{g}±0.31	53.53^{g}±0.12
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่+ ดักแด้	38.27^{g}±0.23	41.16^{f}±0.31	43.90^{j}±0.41	46.27^{g}±0.31	50.20^{g}±0.21	53.93^{g}±0.12
W	ข้าวกล้อง	28.08^{j}±0.32	32.78^{i}±0.21	36.93^{j}±0.36	38.52^{i}±0.32	42.53^{i}±0.21	49.48^{i}±3.95
	ข้าวกล้อง+ดักแด้	30.08^{j}±0.42	33.54^{i}±0.32	37.34^{j}±0.21	38.80^{i}±0.21	44.88^{i}±0.24	48.76^{i}±0.21
P	ข้าวกล้อง	30.91^{i}±0.21	36.31^{h}±0.21	38.93^{k}±0.32	42.81^{h}±0.32	47.17^{h}±0.32	50.35^{hi}±0.86
	ข้าวกล้อง+ดักแด้	33.17^{i}±0.21	37.66^{h}±1.57	40.33^{k}±0.42	43.02^{h}±0.32	47.30^{h}±0.21	49.59^{hi}±0.12

หมายเหตุ W = ไฟสีขาว , P = ไฟสีม่วง , (N = 3) a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดย ANOVA และ Tukey's test

จากตารางที่ 4.7.1 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งสารอนุมูลอิสระสูงที่สุด พบว่าสูตรอาหารข้าวหอมมะลิที่ใส่ดักแด้ เท่ากับ 70.38 ±0.24 เปอร์เซ็นต์ เมื่อให้แสง (P) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) รองลงมาคือ อาหารข้าวหอมมะลิ (W) ที่ใส่ดักแด้ เท่ากับ 68.61 ±0.23 เปอร์เซ็นต์ ,อาหารข้าวหอมมันปู (P) ที่ใส่ดักแด้ เท่ากับ 67.69 ±0.12 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งสารอนุมูลอิสระน้อยที่สุด คือ อาหารข้าวกล้อง (W) ที่ไม่ใส่ดักแด้ เท่ากับ 48.76 ±0.21 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเข้มข้น 800 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปและอภิปรายผลวิจัย

จากผลการทดลองเพาะเลี้ยงเห็ดถังเช่าสีทองด้วยสูตรอาหารข้าวชนิดต่างๆ พบว่าสูตรอาหารข้าวที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และจำนวนฟรุตติงบอดี้ที่ระดับความสูงต่างๆ มากที่สุด คือสูตรอาหารข้าวเหนียวที่ใส่ดักแด้ ส่วนลำดับสุดท้ายคือสูตรอาหารข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ไม่ใส่ดักแด้ มีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และจำนวนฟรุตติงบอดี้ที่ระดับความสูงต่างๆของเห็ดถังเช่าสีทองน้อยที่สุด ส่วนสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ คือปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและสารต้านอนุมูลอิสระ จากสารสกัดของเห็ดถังเช่าสีทอง พบมากที่สุดในสูตรอาหารข้าวหอมมะลิที่ใส่ดักแด้ พบน้อยที่สุดคือสูตรอาหารข้าวกล้องที่ไม่ใส่ดักแด้ จากผลการทดลองพบว่าการให้แสงที่เหมาะสำหรับการเพาะเลี้ยงฟรุตติงบอดี้ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และสารต้านอนุมูลอิสระ ของเห็ดถังเช่าสีทองคือ แสงไฟสีม่วง แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าสูตรอาหารข้าวที่ใส่ดักแด้ และสูตรอาหารข้าวควบคุมที่ไม่ใส่ดักแด้ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhi *et al.*, 2014 ที่ศึกษาแสงไฟ LED ช่วยเพิ่มสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพด้วยต้นทุนพลังงานต่ำ ในการเพาะเลี้ยงฟรุตติงบอดี้ของ *Cordyceps militaris* พบว่าอัตราส่วนระหว่างสีแดง : สีน้ำเงิน ที่ 2 : 1 กับ 10% far-red คือคุณภาพแสงที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเพาะเลี้ยงฟรุตติงบอดี้ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุกัลญา และคณะ, 2558 ที่ศึกษาสารสกัดเห็ดถั่งเช่าสีทองที่เพาะเลี้ยงบนข้าวหอมมะลิมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสารสกัดเห็ดถั่งเช่าสีทองที่เพาะเลี้ยงบนข้าวไรซ์เบอรี่ (IC_{50} ประมาณ 227.1 - 560.5 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และ 580.0 - 671.8 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ) โดยสารสกัดจากดอกเห็ดที่เพาะเลี้ยงบนข้าวหอมมะลิมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

งานวิจัยนี้สามารถนำไปเป็นทางเลือกสำหรับผู้ที่สนใจในการทำธุรกิจเพาะเลี้ยงเห็ดถังเช่าสีทอง เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้วัตถุดิบข้าว และการให้แสงไฟสีต่างๆ โดยคำนึงถึงต้นทุนที่ประหยัด และสามารถให้ผลผลิตของเห็ดถังเช่าสีทองได้ปริมาณมาก

เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ ลือดารา , จิราพร กุลสาริน , ไสว บูรณพานิชพันธุ์ และธัญญา ทะพิงค์แก. 2559. "การเจริญของเห็ดถั่งเช่าสีทอง *(Cordyceps militaris)* บนดักแด้ไหมไทยพื้นบ้านพันธุ์นางลายและไหมป่าอีรี่." ***วารสารเกษตร.*** 32(1): 95 – 102.

กมลวรรณ เรียบร้อย , ศรีสวัสดิ์ ขันทอง , ธีรยุทธ ตู้จินดา และสุรีพร เกตุงาม. 2556. "ยีนความหอมและลักษณะพื้นฐานทางอณูพันธุศาสตร์ของข้าวหอม." ***Thai Journal Genetic.*** 6(2): 93-114.

จารุวรรณ ฤทธิ์เดช , ไอยรดา จันทร์โสม , ถาวร วินิจสานันท์ , หนึ่งฤทัย ธาราวัชรศาสตร์ และประภาพรรณ ซอหะซัน. 2558. "การศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดถั่งเช่าสีทอง." ***Agricultural Science Journal.*** 46(3) : 701-704.

ณัฐพงษ์ สิงห์ภูงา , พีระศักดิ์ ฉายประสาท และบุญส่ง แสงอ่อน. 2559. "ผลของสูตรอาหารเทียมต่อการเกิดดอกและการผลิตสาระสำคัญทางยาของเห็ดถั่งเช่าสีทอง." ***วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์.*** ปีที่ 3 : 34-46.

นภัทร วัจนเทพินทร์ และไชยยันต์ บุญมี. 2560. "ไดโอดเปล่งแสงสีอะไรเหมาะสมกับการปลูกพืช." ***วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.*** ปีที่ 25(1).

รวินิภา ศรีมูล และศิริจันทร์ ตาใจ. 2556. "ปริมาณฟีนอลรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำผลไม้แปรรูปในจังหวัดจันทบุรี." คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี.

วราภรณ์ สุทธิสา. 2556. "การพัฒนาสูตรอาหารที่ชักนำการสร้างสโตรมาของเชื้อรา *Cordyceps* sp." ***แก่นเกษตร.*** ปีที่ 41 493-497.

สุกัลญา หลีแจ้ , นาซนีน บากาสะแต , วริยา อินตะมนต์ , ชณิสา ก่อกิจไพศาล , ธีรทัศน์สุดสาย และอัมพรรัตน์ ประไพวงศ์. 2558. "ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเห็ดถั่งเช่าสีทองที่เพาะเลี้ยงบนข้าวไรซ์เบอรี่และข้าวหอมมะลิ." ***ในการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี ๒๕๕๘.*** 210-217.

อุไรวรรณ วัฒนกุล , ชูไหวนิ๊ะ สะอิ และวิภาวัลย์ เขาบาท. 2553. "ผลของอุณหภูมิในการคั่วข้าวตอกสังข์หยดพัทลุงต่อคุณค่าทางโภชนาการ." ***วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร.*** 5: 339 - 343.

Adnan, M., Ashraf, S. A., Khan, S., Alshammari, E. and Awadelkareem, A. M. 2017. "Effect of pH, temperature and incubation time on cordycepin production from *Cordyceps militaris* using solid-state fermentation on various substrates." ***Journal of Food.*** 15: 617–621.

Bor, S. W., Chia, P. L., Zong, T. C., Hui, M. Y., Pin, D. D. 2012. "Comparison of the hepatoprotective activity between cultured *Cordyceps militaris* and natural *Cordyceps sinensis."* ***Journal functional food.*** 4: 489 – 495.

Ching, P. C., Tsong, L. H., You, C., Mohamed, E. S., Tung, Y. W., Wen, L., Yu, M. H., Kuei, H. L., Ming, F. H., Shyng, S. Y., Fang, R. C., Yang, C. W. 2016. "Research and development of *Cordyceps* in Taiwan." ***Food Science and Human Wellness.*** 5: 177–185.

Dong, J. Z., Liu, M. R., Lei C., Zheng X. J. and Wang Y. 2012. "Effects of Selenium and Light Wavelengths on Liquid Culture of *Cordyceps militaris* Link." ***Appl Biochem Biotechnol***. 166: 2030–2036.

Muthunagai, M. 2016. "Comparative Study on the Feeding Activity of Bombyx Mori with Host Plant Morus Nigra (Mulberry) and Alternative Plant Ricinus Communis (Castor Plant)." ***Journal of Agriculture and Veterinary Science.*** 9(12): 29-33.

Shen, S. C., Zeng, C. Li., Yu, C. W. and Chih, H. L. 2017. "Effect of light-emitting diodes on the production of cordycepin, mannitol and adenosine in solid-state fermented rice by *Cordyceps militaris*." ***Journal of Food Composition and Analysis.*** 60: 51–56.5.

Shrestha, B., Lee W. O., Han, S. K. and Sung, J. M. 2006. "Observations on Some of the Mycelial Growth and Pigmentation Characteristics of *Cordyceps militaris* Isolates." ***Mycobiology Journal.*** 34(2): 83-91.

Xiao, J. H., Xiao D. M., Chen, D. X., Xiao, Y., Liang, Z. Q. and Zhong, J. J. 2012. "Polysaccharides from the Medicinal Mushroom *Cordyceps taii* Show Antioxidant and Immunoenhancing Activities in a D-Galactose-Induced Aging Mouse Model." ***Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine.***

Zhan, Y., Dong, C. H. and Yao, Y. J. 2006. " Antioxidant Activities of Aqueous Extract from Cultivated Fruit-bodies of Cordyceps militaris (L.) Link In Vitro" ***Journal of Integrative Plant Biology***. 48 (11): 1365–1370.

Zhang, O., Yi, L., Zhibiao, D., Chun, C. H. and Zhenquan, L. 2016. "The Strategies for Increasing Cordycepin Production of *Cordyceps militaris* by Liquid Fermentation." ***Fungal Genomics & Biology.*** 6: 1.

Zhi, L. Y., Wen, F. H., Yan, R., Eugen, O., Guo, F. Z., Sheng, P., Xiao, J. W., and Hai, H. L. 2014. "LED lights increase bioactive substances at low energy costs in culturing fruiting bodies of *Cordyceps militaris*." ***Scientia Horticulturae.*** 175: 139–143.

แหล่งที่มาของรูปภาพ

ข้าวแสนดี. 2556 **ผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมันปู.** [Online]. Available :
http://www.sandeerice.com/th/home

ไทยรัฐออนไลน์. 2560. **ดักแด้ไหมเหลืองสุรินทร์ ช่วยป้องกันมะเร็งตับ.** [Online]. Available :
https://www.thairath.co.th/content/1009752

ธรรมคัลเจอร์. 2554. **ผลิตภัณฑ์ข้าวธรรม.** [Online]. Available :
http://www.thammculture.com

แหล่งความรู้เคมี. 2560. **สารประกอบฟีนอล.** [Online]. Available :
https://touchzy-sci.blogspot.com/2017/01/blog-post_18.html

ศูนย์วิจัยกีฏวิทยาป่าไม้ที่ 2. 2554. **การเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์แมลง.** [Online]. Available :
http://www.dnp.go.th/FOREMIC/WEB%20SITE2/honhai_insect.php

Delightpharm. 2011. **Dpdelightpharm.** [Online]. Available :
http://www.delightpharm.com/article/24/

HONGTHONGLIFE. 2015. **ผลิตภัณฑ์ข้าวหงษ์ทองไลฟ์.** [Online]. Available :
http://www.hongthongrice.com/life/

PHELIC. 2017. **สารประกอบฟีนอลิก คือ อะไร.** [Online]. Available :
http://www.phelic.co.th/2017/02/02

siamchemi.com. 2014. **เบต้าแคโรทีน และแคโรทีนอยด์.** [Online]. Available :
http://www.siamchemi.com/เบต้าแคโรทีน

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

1.การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Potato Dextrose Agar) ปริมาตร 1 ลิตร

1.1 ทำการชั่ง PDA มา 39 กรัม ผสมลงในน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร จากนั้นนำไป melt แล้วใส่ลงในขวดแก้วแล้วทำการปิดปากขวดด้วยจุกสำลี แล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อความดันไอน้ำสูง (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

1.2 เมื่อทำการฆ่าเชื้อเสร็จแล้ว ให้ทำการเทอาหาร PDA ลงเพลท ทำภายในตู้ปลอดเชื้อ (laminar air flow) จากนั้นรอให้อาหารแข็งตัว

2.การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ PDB (Potato Dextrose Broth) ปริมาตร 1 ลิตร

2.1 ทำการหั่นมันฝรั่งเป็นลูกเต๋า ขนาด 1 x 1 เซนติเมตร จากนั้นชั่งมันฝรั่ง 200 กรัม ผสมลงในน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร จากนั้นนำไปต้มจนเดือด เป็นเวลา 20 นาที แล้วทำการกรองเอาแต่น้ำมันฝรั่ง จากนั้นเติมน้ำตาลทรายแดง 10 กรัม , ยีสต์สกัด 10 กรัม , เปปโตน 10 กรัม ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน จากนั้นเทลงฟลาสก์ ขนาด 250 มิลลิลิตร ปริมาตร 150 มิลลิลิตร และปิดด้วยจุกสำลี

2.2 นำไปฆ่าเชื้อโดยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อความดันไอน้ำสูง (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นตั้งทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

3.การเตรียมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 6 x 10^{-5} โมลาร์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ละลายใน Absolute ethanol

3.1 ชั่งผง DPPH 0.0012 กรัม ละลายด้วย Absolute ethanol

3.2 เตรียมปริมาตร 50 มิลลิลิตร โดยใช้ Volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร ในการปรับปริมาตร ทำการหุ้มขวดปรับปริมาตรด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ เพื่อไม่ให้สาร DPPH สัมผัสแสง

3.3 จากนั้นนำไปเข้าเครื่อง Sonicator bath ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เพื่อละลายตะกอนของ DPPH

ภาคผนวก ก (ต่อ)

4.การเตรียมสาร 2 N Folin-Ciocalteu reagent ความเข้มข้น (10% v/v) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร

4.1 ใช้ปิเปตดูดสาร 2 N Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

4.2 จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น โดยใช้ Volumetric flask ขนาด 10 มิลลิลิตร ทำการหุ้มขวดปรับปริมาตรด้วยอลูมิเนียมฟอยล์เพื่อไม่ให้สาร 2 N Folin-Ciocalteu reagent สัมผัสแสง

5.การเตรียมโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น (20% w/v) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร

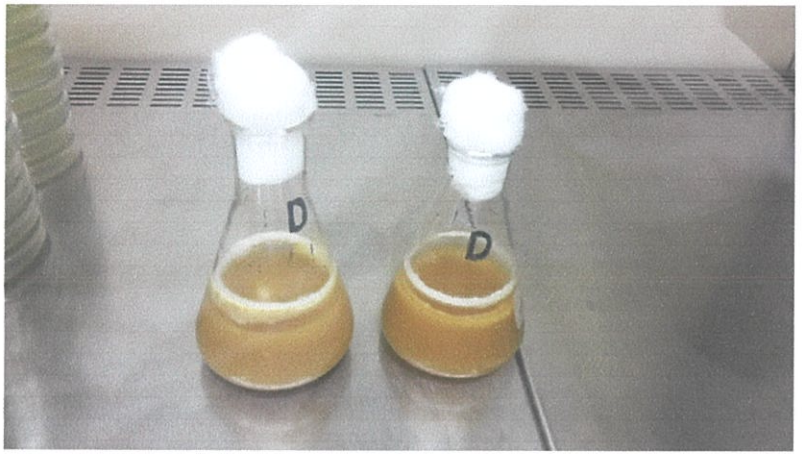
5.1 ชั่งผงโซเดียมคาร์บอเนต 2 กรัม

5.2 ละลายด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น โดยใช้ Volumetric flask ขนาด 10 มิลลิลิตร

ภาคผนวก ข

1.ขั้นตอนการลงเชื้อ *C. militaris* ในสูตรอาหารข้าวชนิดต่างๆ

1.1 Seed culture ของเชื้อ *C. militaris* จากการบ่มเป็นเวลา 14 วัน ที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ซึ่งมีความเข้มข้นของเชื้อ เท่ากับ 6.48×10^7 cell / 8 มิลลิลิตร



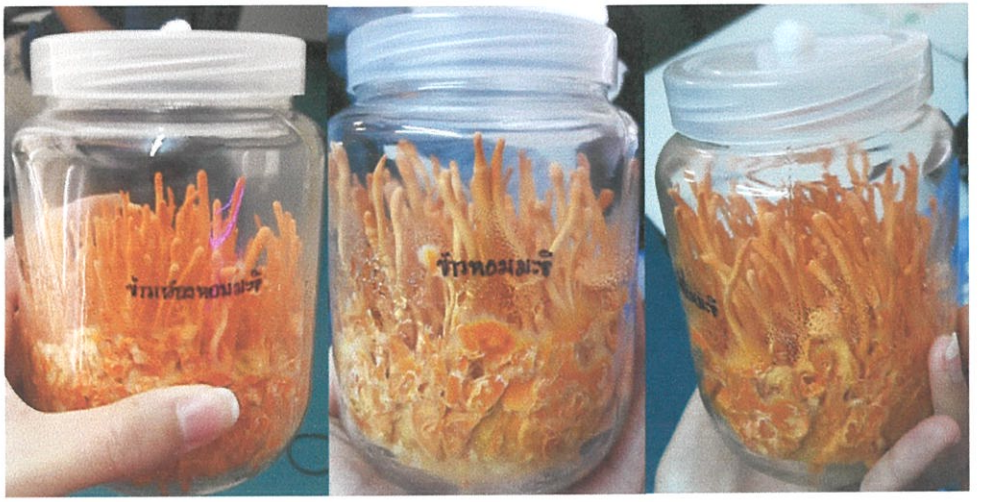
1.2 ใช้ Syringe ขนาด 10 มิลลิลิตร ดูดเชื้อมาปริมาตร 8 มิลลิลิตร

ภาคผนวก ข (ต่อ)

1.3 จากนั้นหยดเชื้อให้ทั่วๆ บริเวณผิวของอาหารข้าว เชื้อจะได้ขึ้นอย่างสม่ำเสมอ

2.การเจริญเส้นใยของ *C. militaris* บริเวณผิวหน้าอาหารข้าว

3.เห็ดถังเช่าสีทองที่เพาะเลี้ยงบนอาหารข้าวชนิดต่างๆ



ภาคผนวก ค

1.ตารางที่ 1 ข้อมูลน้ำหนักสดของเห็ดถังเช่าสีทอง ที่แสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง

แสงไฟ	ชนิดอาหารข้าว	น้ำหนักสด (กรัม)			เฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	
W	ข้าวหอมมะลิ	13.87	11.28	11.20	12.12^{cd}
	ข้าวหอมมะลิ+ดัก+แด้	15.55	15.87	16.13	15.85^{cd}
P	ข้าวหอมมะลิ	16.95	16.89	17.50	17.11^{b}
	ข้าวหอมมะลิ+ดักแด้	19.30	19.56	19.82	19.56^{b}
W	ข้าวเหนียว	20.20	25.36	26.46	22.01^{ab}
	ข้าวเหนียว+ดักแด้	28.74	29.02	28.76	24.84^{ab}
P	ข้าวเหนียว	27.34	27.87	28.15	27.79^{a}
	ข้าวเหนียว+ดักแด้	31.05	30.66	31.66	31.12^{a}
W	ข้าวหอมมันปู	8.04	10.85	9.33	9.41^{def}
	ข้าวหอมมันปู+ดักแด้	14.22	14.84	14.93	14.66^{def}
P	ข้าวหอมมันปู	12.68	12.08	12.95	12.57^{c}
	ข้าวหอมมันปู+ดักแด้	16.36	16.74	16.48	16.53^{c}
W	ข้าวกล้อง	10.70	10.80	10.19	10.56^{de}
	ข้าวกล้อง+ดักแด้	14.02	14.11	13.99	14.04^{de}
P	ข้าวกล้อง	13.14	12.97	12.85	12.99^{c}
	ข้าวกล้อง+ดักแด้	15.78	15.47	16.05	15.77^{c}
W	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	7.86	8.05	8.20	8.03^{g}
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่+ดักแด้	11.04	11.38	11.89	11.44^{g}
P	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	10.11	10.85	10.72	10.56^{de}
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่+ดักแด้	13.66	13.58	13.95	13.73^{de}
W	ข้าวสังข์หยด	8.47	8.61	8.77	8.62^{fg}
	ข้าวสังข์หยด+ดักแด้	11.83	11.52	11.72	11.69^{fg}
P	ข้าวสังข์หยด	10.25	9.97	9.85	10.02^{efg}
	ข้าวสังข์หยด+ดักแด้	12.98	12.62	12.78	12.79^{efg}

2.ตารางที่ 2 ข้อมูลน้ำหนักแห้งของเห็ดถังเช่าสีทอง ที่แสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง

แสงไฟ	ชนิดอาหารข้าว	น้ำหนักสด (กรัม)			เฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	
W	ข้าวหอมมะลิ	10.65	9.68	9.13	9.82^{def}
	ข้าวหอมมะลิ+ดัก+แด้	13.22	13.57	14.06	13.62^{def}
P	ข้าวหอมมะลิ	14.88	14.74	14.96	14.86^{c}
	ข้าวหอมมะลิ+ดักแด้	17.12	17.25	17.66	17.34^{c}
W	ข้าวเหนียว	19.18	23.06	24.27	22.17^{b}
	ข้าวเหนียว+ดักแด้	26.87	27.26	26.88	27.00^{b}
P	ข้าวเหนียว	24.66	25.95	26.05	25.55^{a}
	ข้าวเหนียว+ดักแด้	29.50	29.02	29.76	29.43^{a}
W	ข้าวหอมมันปู	7.85	8.22	8.01	8.03^{fg}
	ข้าวหอมมันปู+ดักแด้	12.40	12.53	12.84	12.59^{fg}
P	ข้าวหอมมันปู	9.58	9.06	9.72	9.45^{d}
	ข้าวหอมมันปู+ดักแด้	14.33	14.63	14.51	14.49^{d}
W	ข้าวกล้อง	8.73	8.93	8.62	8.76^{efg}
	ข้าวกล้อง+ดักแด้	11.95	11.98	12.25	12.06^{efg}
P	ข้าวกล้อง	10.19	10.09	9.98	10.09^{de}
	ข้าวกล้อง+ดักแด้	13.44	13.32	13.87	13.54^{de}
W	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	6.67	7.50	7.58	7.25^{h}
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่+ดักแด้	9.20	9.59	9.90	9.56^{h}
P	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	8.17	8.32	8.09	8.19^{gh}
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่+ดักแด้	10.09	10.32	12.99	11.13^{gh}
W	ข้าวสังข์หยด	7.72	7.79	7.84	7.78^{h}
	ข้าวสังข์หยด+ดักแด้	9.82	9.65	9.76	9.74^{h}
P	ข้าวสังข์หยด	8.02	8.23	8.61	8.29^{gh}
	ข้าวสังข์หยด+ดักแด้	10.09	9.91	9.96	9.99^{gh}

3.ตารางที่ 3 ข้อมูลจำนวนฟรุตติงบอดี้ของเห็ดถังเช่าสีทองที่ความสูง 1 – 3 เซนติเมตร ที่แสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง

แสงไฟ	ชนิดอาหารข้าว	จำนวนฟรุตติงบอดี้ (ดอก)			เฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	
W	ข้าวหอมมะลิ	84.00	77.00	75.00	78.67^{bcd}
	ข้าวหอมมะลิ+ดักแด้	77.00	117.00	127.00	107.00^{bcd}
P	ข้าวหอมมะลิ	126.00	98.00	123.00	115.67^{a}
	ข้าวหอมมะลิ+ดักแด้	112.00	118.00	123.00	117.67^{a}
W	ข้าวเหนียว	92.00	95.00	106.00	97.67^{bc}
	ข้าวเหนียว+ดักแด้	90.00	102.00	104.00	98.67^{bc}
P	ข้าวเหนียว	100.00	102.00	103.00	101.67^{ab}
	ข้าวเหนียว+ดักแด้	103.00	107.00	110.00	106.67^{ab}
W	ข้าวหอมมันปู	73.00	75.00	82.00	76.67^{d}
	ข้าวหอมมันปู+ดักแด้	85.00	87.00	85.00	85.67^{d}
P	ข้าวหอมมันปู	80.00	86.00	85.00	83.67^{cd}
	ข้าวหอมมันปู+ดักแด้	95.00	93.00	97.00	95.00^{cd}
W	ข้าวกล้อง	85.00	88.00	83.00	85.33^{cd}
	ข้าวกล้อง+ดักแด้	93.00	86.00	93.00	90.67^{cd}
P	ข้าวกล้อง	92.00	94.00	96.00	94.00^{bcd}
	ข้าวกล้อง+ดักแด้	91.00	97.00	95.00	94.33^{bcd}
W	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	75.00	78.00	83.00	78.67^{d}
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่+ดักแด้	89.00	88.00	89.00	88.67^{d}
P	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	83.00	80.00	84.00	82.33^{cd}
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่+ดักแด้	91.00	89.00	94.00	91.33^{cd}
W	ข้าวสังข์หยด	81.00	84.00	80.00	81.67^{d}
	ข้าวสังข์หยด+ดักแด้	86.00	85.00	87.00	86.00^{d}
P	ข้าวสังข์หยด	86.00	88.00	85.00	86.33^{cd}
	ข้าวสังข์หยด+ดักแด้	92.00	90.00	87.00	89.67^{cd}

4.ตารางที่ 4 ข้อมูลจำนวนฟรุตติงบอดี้ของเห็ดถังเช่าสีทองที่ความสูง 4 – 6 เซนติเมตร ที่แสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง

แสงไฟ	ชนิดอาหารข้าว	จำนวนฟรุตติงบอดี้ (ดอก)			เฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	
W	ข้าวหอมมะลิ	6.00	1.00	3.00	3.33^{de}
	ข้าวหอมมะลิ+ดักแด้	11.00	9.00	12.00	10.67^{de}
P	ข้าวหอมมะลิ	15.00	14.00	16.00	15.00^{b}
	ข้าวหอมมะลิ+ดักแด้	29.00	28.00	25.00	26.33^{b}
W	ข้าวเหนียว	21.00	25.00	23.00	23.00^{b}
	ข้าวเหนียว+ดักแด้	8.00	36.00	38.00	27.33^{b}
P	ข้าวเหนียว	25.00	45.00	46.00	38.67^{a}
	ข้าวเหนียว+ดักแด้	47.00	50.00	52.00	49.67^{a}
W	ข้าวหอมมันปู	6.00	4.00	5.00	5.00^{cde}
	ข้าวหอมมันปู+ดักแด้	11.00	13.00	11.00	11.67^{cde}
P	ข้าวหอมมันปู	16.00	18.00	14.00	16.00^{bc}
	ข้าวหอมมันปู+ดักแด้	18.00	16.00	20.00	18.00^{bc}
W	ข้าวกล้อง	2.00	3.00	1.00	2.00^{de}
	ข้าวกล้อง+ดักแด้	6.00	5.00	6.00	5.67^{de}
P	ข้าวกล้อง	9.00	10.00	8.00	9.00^{cd}
	ข้าวกล้อง+ดักแด้	10.00	14.00	13.00	12.33^{cd}
W	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	0.00	1.00	2.00	1.00^{e}
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่+ดักแด้	0.00	1.00	3.00	1.33^{e}
P	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	5.00	8.00	4.00	5.67^{de}
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่+ดักแด้	8.00	10.00	11.00	9.67^{de}
W	ข้าวสังข์หยด	1.00	0.00	3.00	1.33^{de}
	ข้าวสังข์หยด+ดักแด้	3.00	3.00	2.00	2.67^{de}
P	ข้าวสังข์หยด	9.00	5.00	8.00	7.33^{cde}
	ข้าวสังข์หยด+ดักแด้	10.00	9.00	9.00	9.33^{cde}

5.ตารางที่ 5 ข้อมูลจำนวนฟรุตติงบอดี้ของเห็ดถังเช่าสีทองที่ความสูง 7 – 9 เซนติ.เมตร ที่แสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง

แสงไฟ	ชนิดอาหารข้าว	จำนวนฟรุตติงบอดี้ (ดอก)			เฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	
W	ข้าวหอมมะลิ	0.00	0.00	0.00	0.00[c]
	ข้าวหอมมะลิ+ดัก+แด้	0.00	0.00	0.00	0.00[c]
P	ข้าวหอมมะลิ	0.00	0.00	0.00	0.00[c]
	ข้าวหอมมะลิ+ดักแด้	0.00	0.00	0.00	0.00[c]
W	ข้าวเหนียว	0.00	1.00	2.00	1.00[b]
	ข้าวเหนียว+ดักแด้	1.00	1.00	2.00	1.33[b]
P	ข้าวเหนียว	1.00	1.00	0.00	0.67[a]
	ข้าวเหนียว+ดักแด้	2.00	3.00	2.00	2.33[a]
W	ข้าวหอมมันปู	0.00	0.00	0.00	0.00[c]
	ข้าวหอมมันปู+ดักแด้	0.00	0.00	0.00	0.00[c]
P	ข้าวหอมมันปู	0.00	0.00	0.00	0.00[c]
	ข้าวหอมมันปู+ดักแด้	0.00	0.00	0.00	0.00[c]
W	ข้าวกล้อง	0.00	0.00	0.00	0.00[c]
	ข้าวกล้อง+ดักแด้	0.00	0.00	0.00	0.00[c]
P	ข้าวกล้อง	0.00	0.00	0.00	0.00[c]
	ข้าวกล้อง+ดักแด้	0.00	0.00	0.00	0.00[c]
W	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	0.00	0.00	0.00	0.00[c]
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่+ดักแด้	0.00	0.00	0.00	0.00[c]
P	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	0.00	0.00	0.00	0.00[c]
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่+ดักแด้	0.00	0.00	0.00	0.00[c]
W	ข้าวสังข์หยด	0.00	0.00	0.00	0.00[c]
	ข้าวสังข์หยด+ดักแด้	0.00	0.00	0.00	0.00[c]
P	ข้าวสังข์หยด	0.00	0.00	0.00	0.00[c]
	ข้าวสังข์หยด+ดักแด้	0.00	0.00	0.00	0.00[c]

6.ตารางที่ 6 ข้อมูลปริมาณความชื้นของเห็ดถังเช่าสีทอง ที่แสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง

แสงไฟ	ชนิดอาหารข้าว	ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)			เฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	
W	ข้าวหอมมะลิ	80.64	80.63	80.65	80.64[a]
	ข้าวหอมมะลิ+ดักแด้	80.05	80.10	80.15	80.10[a]
P	ข้าวหอมมะลิ	79.97	79.99	80.02	79.99[a]
	ข้าวหอมมะลิ+ดักแด้	79.99	80.00	80.01	80.00[a]
W	ข้าวหอมมันปู	80.15	80.05	80.10	80.10[a]
	ข้าวหอมมันปู+ดักแด้	79.99	79.97	79.98	79.98[a]
P	ข้าวหอมมันปู	80.12	80.20	80.16	80.16[a]
	ข้าวหอมมันปู+ดักแด้	80.55	80.50	80.45	80.50[a]
W	ข้าวเหนียว	79.83	79.81	79.85	79.83[a]
	ข้าวเหนียว+ดักแด้	79.91	79.95	79.99	79.95[a]
P	ข้าวเหนียว	80.30	80.36	80.33	80.33[a]
	ข้าวเหนียว+ดักแด้	80.71	80.65	80.59	80.65[a]
W	ข้าวสังข์หยด	80.56	80.67	80.78	80.67[a]
	ข้าวสังข์หยด+ดักแด้	79.90	79.85	79.95	79.90[a]
P	ข้าวสังข์หยด	80.11	80.09	80.10	80.10[a]
	ข้าวสังข์หยด+ดักแด้	79.98	79.97	79.99	79.98[a]
W	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	80.43	80.42	80.44	80.43[a]
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่+ดักแด้	80.00	79.96	79.92	79.96[a]
P	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	80.49	80.50	80.51	80.50[a]
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่+ดักแด้	80.00	80.83	80.86	80.83[a]
W	ข้าวกล้อง	80.34	80.32	80.36	80.34[a]
	ข้าวกล้อง+ดักแด้	79.96	79.95	79.97	79.96[a]
P	ข้าวกล้อง	80.16	80.13	80.19	80.16[a]
	ข้าวกล้อง+ดักแด้	80.56	80.55	80.54	80.55[a]

7.ตารางที่ 7 ข้อมูลปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของเห็ดถังเช่าสีทอง ที่แสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง

แสงไฟ	ชนิดอาหารข้าว	ค่า OD ที่ความยาวคลื่น 765 nm			เฉลี่ย	ปริมาณฟีนอลิกรวม
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
W	ข้าวหอมมะลิ	0.328	0.324	0.328	0.327	48.98^{c}
	ข้าวหอมมะลิ+ดักแด้	0.381	0.390	0.389	0.387	59.70^{c}
P	ข้าวหอมมะลิ	0.534	0.514	0.556	0.535	86.13^{a}
	ข้าวหอมมะลิ+ดักแด้	0.545	0.542	0.546	0.544	87.73^{a}
W	ข้าวหอมมันปู	0.261	0.305	0.311	0.292	42.73^{d}
	ข้าวหอมมันปู+ดักแด้	0.273	0.328	0.345	0.315	46.84^{d}
P	ข้าวหอมมันปู	0.422	0.406	0.448	0.425	66.48^{b}
	ข้าวหอมมันปู+ดักแด้	0.458	0.436	0.479	0.458	72.36^{b}
W	ข้าวเหนียว	0.214	0.127	0.122	0.154	18.09^{g}
	ข้าวเหนียว+ดักแด้	0.280	0.286	0.223	0.263	37.55^{g}
P	ข้าวเหนียว	0.355	0.368	0.375	0.366	55.95^{c}
	ข้าวเหนียว+ดักแด้	0.387	0.396	0.398	0.394	60.95^{c}
W	ข้าวสังข์หยด	0.143	0.142	0.146	0.144	16.30^{h}
	ข้าวสังข์หยด+ดักแด้	0.163	0.162	0.166	0.164	34.70^{h}
P	ข้าวสังข์หยด	0.252	0.262	0.242	0.252	37.38^{de}
	ข้าวสังข์หยด+ดักแด้	0.279	0.287	0.291	0.286	41.66^{de}
W	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	0.139	0.142	0.142	0.141	15.77^{h}
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่+ดักแด้	0.166	0.168	0.172	0.169	19.88^{h}
P	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	0.216	0.219	0.225	0.220	30.77^{ef}
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่+ดักแด้	0.220	0.229	0.227	0.225	35.59^{ef}
W	ข้าวกล้อง	0.121	0.102	0.107	0.110	10.23^{i}
	ข้าวกล้อง+ดักแด้	0.121	0.116	0.112	0.116	11.30^{i}
P	ข้าวกล้อง	0.222	0.253	0.266	0.247	20.77^{fg}
	ข้าวกล้อง+ดักแด้	0.239	0.268	0.278	0.262	29.88^{fg}

8.ตารางที่ 8 ข้อมูลปริมาณสารแอนตี้ออกซิแดนท์ของเห็ดถังเช่าสีทอง ที่แสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง

แสงไฟ	ชนิดอาหารข้าว	ความเข้มข้น (µg/ml)	% Inhibition (เปอร์เซ็นต์การยับยั้งสารอนุมูลอิสระ)			เฉลี่ย
			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	
W	ข้าวหอมมะลิ	25	45.57	47.42	46.19	46.39^{b}
		50	56.50	55.88	56.08	56.15^{b}
		100	61.03	61.65	61.24	61.31^{b}
		200	64.33	64.74	64.54	64.54^{b}
		400	66.60	65.98	66.19	66.26^{b}
		800	68.04	68.66	69.07	68.59^{ab}
	ข้าวหอมมะลิ+ดักแด้	25	47.01	46.80	46.19	46.67^{b}
		50	58.56	57.94	58.14	58.21^{b}
		100	62.27	62.06	61.65	61.99^{b}
		200	64.74	65.15	64.54	64.81^{b}
		400	66.60	67.22	66.60	66.81^{b}
		800	68.87	68.50	68.45	68.61^{ab}
P	ข้าวหอมมะลิ	25	48.66	49.07	49.48	49.10^{a}
		50	59.18	60.00	59.79	59.66^{a}
		100	63.51	63.71	64.54	63.92^{a}
		200	65.98	66.39	66.60	66.32^{a}
		400	67.63	68.45	68.50	68.19^{a}
		800	69.60	70.31	70.52	70.14^{a}
	ข้าวหอมมะลิ+ดักแด้	25	49.28	49.48	49.90	49.55^{a}
		50	59.38	59.18	59.18	59.25^{a}
		100	63.92	64.12	64.30	64.12^{a}
		200	66.19	66.60	66.39	66.39^{a}
		400	68.04	68.25	68.87	68.39^{a}
		800	70.10	70.52	70.52	70.38^{a}

W	ข้าวหอมมันปู	25	43.33	43.53	43.12	43.33^{d}
		50	45.38	45.79	45.38	45.52^{d}
		100	55.85	56.06	56.47	56.13^{e}
		200	61.19	60.99	62.01	61.40^{d}
		400	63.86	64.07	64.48	64.14^{c}
		800	66.12	66.32	66.74	66.39^{c}
	ข้าวหอมมันปู+ดักแด้	25	43.94	43.74	43.53	43.74^{d}
		50	45.79	45.59	45.59	45.66^{d}
		100	56.26	56.06	55.65	55.99^{e}
		200	62.01	62.63	62.22	62.29^{d}
		400	64.27	64.48	64.48	64.41^{c}
		800	66.53	66.53	66.74	66.60^{c}
P	ข้าวหอมมันปู	25	44.97	44.76	44.56	44.76^{c}
		50	46.41	46.20	46.41	46.34^{c}
		100	59.34	58.73	58.32	58.80^{c}
		200	64.07	63.45	63.86	63.79^{b}
		400	65.30	65.91	65.71	65.64^{b}
		800	67.56	67.35	67.35	67.42^{bc}
	ข้าวหอมมันปู+ดักแด้	25	45.59	45.79	45.79	45.73^{c}
		50	47.02	46.82	46.61	46.72^{c}
		100	59.96	59.75	59.55	59.75^{c}
		200	64.89	64.68	65.09	64.89^{b}
		400	65.50	66.12	65.91	65.84^{b}
		800	67.76	67.56	67.76	67.69^{bc}
W	ข้าวเหนียว	25	41.40	41.60	42.01	41.67^{e}
		50	44.67	44.26	44.06	44.45^{d}
		100	53.28	51.84	52.46	52.41^{f}
		200	57.79	55.33	55.94	56.35^{e}
		400	60.66	59.22	59.84	59.91^{d}
		800	63.32	62.30	62.09	62.57^{d}

	ข้าวเหนียว+ดักแด้	25	42.21	42.01	42.62	42.28^{e}
		50	45.90	45.70	46.11	45.90^{d}
		100	54.71	53.89	54.51	54.37^{f}
		200	59.63	59.02	59.43	59.36^{e}
		400	61.48	60.86	61.27	61.20^{d}
		800	64.55	64.34	64.96	64.62^{d}
P	ข้าวเหนียว	25	43.65	44.06	44.06	43.92^{d}
		50	46.72	47.54	47.34	47.20^{c}
		100	57.38	57.99	58.20	57.86^{d}
		200	61.89	62.30	62.09	62.09^{c}
		400	64.34	64.14	64.75	64.41^{c}
		800	66.60	67.01	66.80	66.80^{c}
	ข้าวเหนียว+ดักแด้	25	43.85	44.47	44.26	44.19^{d}
		50	46.52	46.72	46.11	46.45^{c}
		100	56.97	56.56	56.97	56.68^{d}
		200	62.09	62.50	62.70	62.43^{c}
		400	64.75	64.55	64.34	64.55^{c}
		800	66.60	66.80	66.80	66.73^{c}
W	ข้าวสังข์หยด	25	38.28	38.70	38.08	38.35^{f}
		50	41.00	40.59	40.79	40.79^{f}
		100	46.44	46.03	46.44	46.30^{h}
		200	54.81	54.39	54.60	54.60^{f}
		400	57.95	57.11	57.32	57.46^{f}
		800	59.62	59.41	59.62	59.55^{f}
	ข้าวสังข์หยด+ดักแด้	25	39.12	39.70	38.28	38.70^{f}
		50	40.79	41.21	40.79	40.93^{f}
		100	50.21	49.58	49.79	49.86^{h}
		200	55.86	55.44	55.23	55.51^{f}
		400	58.16	58.37	58.58	58.37^{f}
		800	60.25	59.83	60.04	60.04^{f}

P	ข้าวสังข์หยด	25	41.00	41.21	40.79	41.00^{e}
		50	42.68	42.47	42.89	42.68^{e}
		100	52.09	51.88	51.46	51.81^{g}
		200	57.95	58.16	58.37	58.16^{e}
		400	59.21	59.41	59.62	59.41^{e}
		800	61.72	61.92	60.88	61.51^{e}
	ข้าวสังข์หยด+ดักแด้	25	41.63	41.84	42.05	41.84^{e}
		50	43.31	43.72	44.35	43.79^{e}
		100	52.93	53.14	52.72	52.93^{g}
		200	58.37	58.79	58.58	58.58^{e}
		400	59.41	59.21	59.21	59.28^{e}
		800	61.92	61.92	61.51	61.78^{e}
W	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	25	34.55	34.96	34.15	34.55^{h}
		50	38.82	38.01	36.99	37.94^{g}
		100	40.65	39.84	40.04	40.18^{j}
		200	42.89	42.48	42.89	42.75^{h}
		400	46.54	46.14	45.93	46.20^{h}
		800	50.20	50.61	50.41	50.41^{h}
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่+ดักแด้	25	36.38	36.79	36.18	36.45^{h}
		50	39.43	39.43	39.84	39.57^{g}
		100	41.67	42.07	41.87	41.67^{j}
		200	43.90	44.31	43.70	43.90^{h}
		400	47.15	47.56	46.95	47.15^{h}
		800	51.02	51.22	50.61	51.02^{h}
P	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	25	36.79	36.59	37.20	36.86^{g}
		50	39.84	40.24	40.04	40.04^{f}
		100	42.28	42.68	42.48	42.48^{i}
		200	44.11	44.72	44.51	44.45^{g}
		400	47.56	48.17	47.97	47.90^{g}
		800	53.46	53.46	53.06	53.53^{g}

	ข้าวไรซ์เบอร์รี่+ดักแด้	25	38.01	38.41	38.41	38.27^{g}
		50	40.85	41.46	41.06	41.16^{f}
		100	43.50	44.31	43.90	43.90^{i}
		200	45.93	46.54	46.34	46.27^{g}
		400	50.00	50.41	50.20	50.20^{g}
		800	53.86	54.07	53.86	53.93^{g}
W	ข้าวกล้อง	25	27.80	28.01	28.42	28.08^{j}
		50	32.99	32.57	32.78	32.78^{i}
		100	36.72	37.34	36.72	36.93^{j}
		200	38.59	38.17	38.80	38.52^{i}
		400	42.32	42.74	42.53	42.53^{i}
		800	47.30	47.10	54.04	49.48^{i}
	ข้าวกล้อง+ดักแด้	25	30.08	29.67	30.50	30.08^{j}
		50	33.82	33.61	33.20	33.54^{i}
		100	37.55	37.14	37.34	37.34^{j}
		200	39.00	38.59	38.80	38.80^{i}
		400	44.61	45.02	45.02	44.88^{i}
		800	48.96	48.55	48.76	48.76^{i}
P	ข้าวกล้อง	25	31.12	30.91	30.71	30.91^{i}
		50	36.10	36.31	36.51	36.31^{h}
		100	38.59	39.21	39.00	38.93^{k}
		200	42.53	43.15	42.74	42.81^{h}
		400	46.89	47.10	47.51	47.17^{h}
		800	50.62	51.04	49.38	50.35^{hi}
	ข้าวกล้อง+ดักแด้	25	38.38	37.97	38.17	33.17^{i}
		50	36.72	36.93	39.15	37.66^{h}
		100	39.00	39.83	39.34	40.33^{k}
		200	42.95	42.74	43.36	43.02^{h}
		400	47.30	47.72	47.51	47.30^{h}
		800	49.59	49.38	49.59	49.59^{hi}

ภาคผนวก ง

1.การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลแบบ Factorial Experiments in Completely Randomized Design (CRD) และ ANOVA วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Tukey's Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้โปรแกรม Minitab ในการวิเคราะห์

1.1 การวิเคราะห์ข้อมูล ปริมาณน้ำหนักแห้งของเห็ดถังเช่าสีทอง ที่แสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง

Comparisons for C4

Tukey Pairwise Comparisons: C1

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C1	N	Mean	Grouping
2	12	26.0383	A
1	12	13.9100	B
3	12	11.1400	C
4	12	11.1125	C
5	12	9.0350	D
6	12	8.9500	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: C2

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C2	N	Mean	Grouping
2	36	15.0417	A
1	36	11.6869	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: C3

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C3	N	Mean	Grouping
2	36	14.3631	A
1	36	12.3656	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: C1*C3

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C1*C3	N	Mean	Grouping					
2 2	6	27.4900	A					
2 1	6	24.5867		B				
1 2	6	16.1017			C			
3 2	6	11.9717				D		
4 2	6	11.8150				D	E	
1 1	6	11.7183				D	E	F
4 1	6	10.4100					E	F	G	
3 1	6	10.3083						F	G	
5 2	6	9.6633							G	H
6 2	6	9.1367							G	H
6 1	6	8.7633								H
5 1	6	8.4067								H

Means that do not share a letter are significantly different.

1.2 การวิเคราะห์ข้อมูล ปริมาณน้ำหนักสดของเห็ดถังเช่าสีทอง ที่แสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง

Comparisons for C4

Tukey Pairwise Comparisons: C1

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C1	N	Mean	Grouping
2	12	27.6117	A
1	12	16.1600	B
4	12	13.3392	C
3	12	13.2917	C
5	12	10.9408	D
6	12	10.7808	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: C2

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C2	N	Mean	Grouping
2	36	17.1683	A
1	36	13.5397	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: C3

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C3	N	Mean	Grouping
2	36	16.5228	A
1	36	14.1853	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: C1*C3

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C1*C3	N	Mean	Grouping					
2 2	6	28.3217	A					
2 1	6	26.9017	A					
1 2	6	18.3367		B				
3 2	6	14.5483			C			
4 2	6	14.3767			C			
1 1	6	13.9833			C	D		
4 1	6	12.3017				D	E	
5 2	6	12.1450				D	E	
3 1	6	12.0350				D	E	F
6 2	6	11.4083					E	F G
6 1	6	10.1533						F G
5 1	6	9.7367						G

Means that do not share a letter are significantly different.

1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนฟรุตติงบอดี้ที่ระดับความสูง 1 – 3 เซนติเมตร ของเห็ดถังเช่าสีทอง ที่แสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง

Comparisons for C4

Tukey Pairwise Comparisons: C1

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C1	N	Mean	Grouping	
1	12	104.750	A	
2	12	101.167	A	
4	12	91.083		B
6	12	85.917		B
3	12	85.250		B
5	12	85.250		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: C2

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C2	N	Mean	Grouping
2	36	95.9444	A
1	36	88.5278	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: C3

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C3	N	Mean	Grouping
2	36	96.5278	A
1	36	87.9444	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: C1*C3

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C1*C3	N	Mean	Grouping			
1 2	6	116.667	A			
2 2	6	104.167	A	B		
2 1	6	98.167		B	C	
4 2	6	94.167		B	C	D
1 1	6	92.833		B	C	D
3 2	6	89.333			C	D
4 1	6	88.000			C	D
6 2	6	88.000			C	D
5 2	6	86.833			C	D
6 1	6	83.833				D
5 1	6	83.667				D
3 1	6	81.167				D

Means that do not share a letter are significantly different.

1.4 การวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนฟรุตติงบอดี้ที่ระดับความสูง 4 – 6 เซนติเมตร ของเห็ดถังเช่าสีทอง ที่แสไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง

Comparisons for C4

Tukey Pairwise Comparisons: C1

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C1	N	Mean	Grouping			
2	12	34.6667	A			
1	12	14.0833		B		
3	12	12.6667		B	C	
4	12	7.2500			C	D
6	12	5.1667				D
5	12	4.4167				D

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: C2

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C2	N	Mean	Grouping	
2	36	15.1111	A	
1	36	10.9722		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: C3

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C3	N	Mean	Grouping	
2	36	18.1667	A	
1	36	7.9167		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: C1*C3

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C1*C3	N	Mean	Grouping			
2 2	6	44.1667	A			
2 1	6	25.1667		B		
1 2	6	21.1667		B		
3 2	6	17.0000		B	C	
4 2	6	10.6667			C	D
3 1	6	8.3333			C	D E
6 2	6	8.3333			C	D E
5 2	6	7.6667				D E
1 1	6	7.0000				D E
4 1	6	3.8333				D E
6 1	6	2.0000				D E
5 1	6	1.1667				E

Means that do not share a letter are significantly different.

1.5 การวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนฟรุตติงบอดี้ที่ระดับความสูง 7 – 9 เซนติเมตร ของเห็ดถังเช่าสีทอง ที่แสไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง

Comparisons for C4

Tukey Pairwise Comparisons: C1

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C1	N	Mean	Grouping	
2	12	1.33333	A	
1	12	0.00000		B
6	12	0.00000		B
4	12	0.00000		B
3	12	-0.00000		B
5	12	-0.00000		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: C2

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C2	N	Mean	Grouping
2	36	0.305556	A
1	36	0.138889	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: C1*C2

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C1*C2	N	Mean	Grouping
2 2	6	1.83333	A
2 1	6	0.83333	B
1 1	6	0.00000	C
6 2	6	0.00000	C
1 2	6	0.00000	C
4 2	6	0.00000	C
6 1	6	0.00000	C
4 1	6	0.00000	C
3 1	6	0.00000	C
3 2	6	-0.00000	C
5 1	6	-0.00000	C
5 2	6	-0.00000	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: C1*C2*C3

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C1*C2*C3	N	Mean	Grouping		
2 2 2	3	2.33333	A		
2 2 1	3	1.33333		B	
2 1 1	3	1.00000		B	
2 1 2	3	0.66667		B	C
1 1 1	3	0.00000			C
1 1 2	3	0.00000			C
6 2 1	3	0.00000			C
1 2 2	3	0.00000			C
6 1 1	3	0.00000			C
6 2 2	3	0.00000			C
1 2 1	3	0.00000			C
4 2 2	3	0.00000			C
4 1 1	3	0.00000			C
3 1 1	3	0.00000			C
4 2 1	3	0.00000			C
6 1 2	3	0.00000			C
4 1 2	3	0.00000			C
3 2 2	3	0.00000			C
5 1 1	3	-0.00000			C
5 2 2	3	-0.00000			C
5 2 1	3	-0.00000			C
3 1 2	3	-0.00000			C
5 1 2	3	-0.00000			C
3 2 1	3	-0.00000			C

Means that do not share a letter are significantly different.

1.6 การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของเห็ดถังเช่าสีทอง ที่แสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง

Comparisons for C4

Tukey Pairwise Comparisons: C1

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C1	N	Mean	Grouping			
1	12	0.455750	A			
5	12	0.372667		B		
2	12	0.294250			C	
3	12	0.211250				D
6	12	0.188750				D	E
4	12	0.183750					E

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: C2

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C2	N	Mean	Grouping	
2	36	0.301056	A	
1	36	0.267750		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: C3

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C3	N	Mean	Grouping	
2	36	0.353667	A	
1	36	0.215139		B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: C1*C2

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C1*C2	N	Mean	Grouping						
1 2	6	0.480833	A						
1 1	6	0.430667		B					
5 2	6	0.386500			C				
5 1	6	0.358833			C	D			
2 2	6	0.328333				D			
2 1	6	0.260167					E		
3 2	6	0.224667					E	F	
3 1	6	0.197833						F	G
6 2	6	0.197000						F	G
4 2	6	0.189000						F	G
6 1	6	0.180500							G
4 1	6	0.178500							G

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: C1*C3

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C1*C3	N	Mean	Grouping								
1 2	6	0.554833	A								
5 2	6	0.441500		B							
2 2	6	0.379833			C						
1 1	6	0.356667			C						
5 1	6	0.303833				D					
3 2	6	0.268833				D	E				
4 2	6	0.254333					E	F			
6 2	6	0.222667						F	G		
2 1	6	0.208667							G		
6 1	6	0.154833								H	
3 1	6	0.153667								H	
4 1	6	0.113167									I

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: C1*C2*C3

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C1*C2*C3	N	Mean	Grouping
1 2 2	3	0.575000	A
1 1 2	3	0.534667	A
5 2 2	3	0.457667	B
5 1 2	3	0.425333	B C
2 2 2	3	0.393667	C
1 2 1	3	0.386667	C D
2 1 2	3	0.366000	C D E
1 1 1	3	0.326667	D E F
5 2 1	3	0.315333	E F G
5 1 1	3	0.292333	F G H
3 2 2	3	0.285667	F G H I
2 2 1	3	0.263000	G H I J
4 2 2	3	0.261667	G H I J
3 1 2	3	0.252000	H I J
4 1 2	3	0.247000	H I J
6 2 2	3	0.225333	I J K
6 1 2	3	0.220000	J K L
6 2 1	3	0.168667	K L M
3 2 1	3	0.163667	L M
2 1 1	3	0.154333	M
3 1 1	3	0.143667	M
6 1 1	3	0.141000	M
4 2 1	3	0.116333	M
4 1 1	3	0.110000	M

Means that do not share a letter are significantly different.

1.7 การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณสารแอนตี้ออกซิแดนซ์ของเห็ดถังเช่าสีทอง ที่แสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง

Comparisons for C9

Tukey Pairwise Comparisons: C1

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C1	N	Mean	Grouping
1	12	69.4300	A
3	12	67.0267	B
2	12	65.1808	C
4	12	60.7200	D
5	12	52.3392	E
6	12	49.5258	F

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: C3

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C3	N	Mean	Grouping
2	36	61.6489	A
1	36	59.7586	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Pairwise Comparisons: C1*C3

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C1*C3	N	Mean	Grouping							
1 2	6	70.2617	A							
1 1	6	68.5983	A	B						
3 2	6	67.5567		B	C					
2 2	6	66.7683			C					
3 1	6	66.4967			C					
2 1	6	63.5933				D				
4 2	6	61.6450					E			
4 1	6	59.7950						F		
5 2	6	53.7283							G	
5 1	6	50.9500								H
6 2	6	49.9333								H I
6 1	6	49.1183								I

Means that do not share a letter are significantly different.

1.8 การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณความชื้นของเห็ดถังเช่าสีทอง ที่แสงไฟ LED สีขาว และ LED สีม่วง

Tukey Pairwise Comparisons: C1*C2*C3

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

C1*C2*C3	N	Mean	Grouping
2 2 2	3	80.4975	A
2 2 1	3	80.4300	A
2 1 1	3	80.3825	A
2 1 2	3	80.3592	A
1 1 1	3	80.2717	A
1 1 2	3	80.4218	A
6 2 1	3	80.3625	A
1 2 2	3	80.4145	A
6 1 1	3	80.6512	A
6 2 2	3	80.3531	A
1 2 1	3	80.4745	A
4 2 2	3	80.1215	A
4 1 1	3	80.0516	A
3 1 1	3	80.2529	A
4 2 1	3	80.1536	A
6 1 2	3	80.4132	A
4 1 2	3	80.4423	A
3 2 2	3	80.1466	A
5 1 1	3	80.5200	A
5 2 2	3	80.6921	A
5 2 1	3	80.6615	A
3 1 2	3	80.1475	A
5 1 2	3	80.2619	A
3 2 1	3	80.2516	A

Means that do not share a letter are significantly different.

งานทะเบียนคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คำรับรองเล่มโครงงานพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษา

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า นาย/นาง/นางสาว จินดารัตน์ ชาวไทย รหัสประจำตัว 57050309

นาย/นาง/นางสาว ศิรายุทธ์ โสดาพันธ์ รหัสประจำตัว 57050310

นาย/นาง/นางสาว..... รหัสประจำตัว.....

นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม ภาควิชา ชีววิทยา

ขอรับรองว่าโครงงานพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษา เรื่อง

ชื่อภาษาไทย ผลของแสงช่วยเพิ่มสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในการเพาะเลี้ยงเส้นใยดอกเห็ดบนอาหารข้าวโพด Cordyceps militaris

ชื่อภาษาอังกฤษ EFFECT OF LIGHTS ENHANCE BIOACTIVE SUBSTANCES IN CULTURING FRUITING BODIES ON RICE MEDIA BY Cordyceps militaris

ปีการศึกษา.....

เป็นผลงานวิจัยที่มิได้คัดลอกหรือละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้อื่นและได้ผ่านการตรวจสอบความซ้ำซ้อนเรียบร้อยแล้ว และได้แนบเอกสารการตรวจสอบการลอกเลียนงานวรรณกรรมที่ตรวจสอบจากเล่มโครงงานพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์แล้ว

โปรแกรมอักขราวิสุทธิ์ 0.00 % หรือโปรแกรม Turnitin.....%

ลงชื่อ จินดารัตน์ ชาวไทย	ลงชื่อ.....	ลงชื่อ.....
(จินดารัตน์ ชาวไทย)	( )	( )
นักศึกษา	นักศึกษา	นักศึกษา

ข้าพเจ้า ศ. / รศ. / (ผศ.) / ดร. / อ. มงคล เพ็ญสายใจ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษา ได้ตรวจสอบโครงงานพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษาของนักศึกษาข้างต้น แล้ว ขอรับรองว่าเป็นผลงานวิจัยของนักศึกษาจริงและมีเนื้อหาสมบูรณ์ จึงลงชื่อไว้เป็นหลักฐาน

ลงชื่อ..... ลงชื่อ..... ลงชื่อ.....

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม