ต้นแบบกระถางจากวัสดุเหลือใช้ และเส้นใยเห็ด

PROTOTYPE OF POT FROM WASTE MATERIAL AND MUSHROOM MYCELIUM

ญาดา เดวีเลาะ
ณัติฐมล สันติสุขวัฒน

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROTOTYPE OF POT FROM WASTE MATERIAL AND MUSHROOM MYCELIUM

YADA DEWEELOH

NATTAMON SANTISUKWATTANA

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENT FOR

THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

(INDUSTRIAL MICROBIOLOGY)

DEPARTMENT OF BIOLOGY, SCHOOL OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	ต้นแบบกระถางจากวัสดุเหลือใช้ และเส้นใยเห็ด Prototype of pot from waste material and mushroom mycelium
ชื่อนักศึกษา	นางสาวญาดา เดวีเลาะ รหัสนักศึกษา 62050591 นางสาวณัติฐมล สันติสุขวัฒน รหัสนักศึกษา 62050595
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)
ภาควิชา	ชีววิทยา
ปีการศึกษา	2565
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.นฤมล ตั้งธีระสุนันท์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม) ประจำปีการศึกษา 2565

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.อนุรักษ์ โพธิ์เอี่ยม ประธานกรรมการ	
รศ.ดร.สุพัตรา โพธิ์เอี่ยม กรรมการ	
ดร.นฤมล ตั้งธีระสุนันท์ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ ต้นแบบกระถางจากวัสดุเหลือใช้ และเส้นใยเห็ด
Prototype of pot from waste material and mushroom mycelium

ชื่อนักศึกษา นางสาวญาดา เดวีเลาะ รหัสนักศึกษา 62050591
นางสาวณัติฐมล สันติสุขวัฒน รหัสนักศึกษา 62050595

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม)

ภาควิชา ชีววิทยา

คณะ วิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)

ปีการศึกษา 2565

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.นฤมล ตั้งธีระสุนันท์

บทคัดย่อ

ต้นแบบกระถางจากวัสดุเหลือใช้ และเส้นใยเห็ด คือ การผสมรวมกันของเปลือกกระเทียม ผักตบชวา และก้อนเห็ดหมดอายุหรือก้อนเชื้อเห็ดเก่า ซึ่งก้อนเชื้อเห็ดเก่านั้นเลือกใช้เปรียบเทียบระหว่างเห็ดนายางิ (*Agrocybe cylindracea*) และเห็ดนางรมฮังการี (*Pleurotus osttreatus*) ร่วมกับเส้นใยเห็ด (Mushroom mycelium) ที่นำมาเป็นตัวช่วยในการยึดเกาะตัวของต้นแบบกระถาง โดยมีทั้งหมด 3 สายพันธุ์ (Species) คือ เห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulas* Mont.) เห็ดนางฟ้า (*P. sajor-caju*) และเห็ดหลินจือ (*Ganoderma lucidum*) ผลจากการคัดเลือกเบื้องต้นพบว่ามีเพียงเห็ดขอนขาว และเห็ดนางฟ้าที่สามารถขึ้นรูปได้ แต่เมื่อนำไปขึ้นรูปต้นแบบกระถางพบว่ามีเพียงเส้นใยจากเห็ดขอนขาวที่ขึ้นรูปได้เท่านั้น ซึ่งเส้นใยเห็ดขอนขาวสามารถยึดเกาะวัสดุเหลือใช้ได้ดี คงรูป และไม่แตกหัก โดยต้นแบบกระถางไม่ว่าจากก้อนเชื้อเห็ดเก่าของเห็ดนายางิ หรือเห็ดนางรมฮังการีนั้นมีค่าน้ำหนักแห้ง (Dry weight) อยู่ในช่วง 17.54-19.54 กรัม ค่าความหนาแน่น (Density) อยู่ในช่วง 0.20-0.22 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และความทนแรงอัดแกนเดียว (Unconfined compression test) อยู่ในช่วง 166.9-439.3 กิโลปาสคาล แต่ต้นแบบกระถางที่ใช้ก้อนเชื้อเห็ดนางรมฮังการีเก่าเป็นส่วนผสมนั้นสามารถทนแรงอัดแกนเดียวได้มากกว่าต้นแบบกระถางที่มีส่วนผสมของก้อนเชื้อเห็ดนายางิเก่า

คำสำคัญ : ก้อนเชื้อเห็ด, กระถาง, เปลือกกระเทียม, ผักตบ, วัสดุเหลือใช้, เห็ดขอนขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Prototype Of Pot From Waste Material And Mushroom Mycelium
Students	Miss.Yada Deweeloh Student ID 62050591
	Miss.Nattamon Santisukwattana Student ID 62050595
Degree	Bachelor of Science (Industrial Microbiology)
Department	Biology
School	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2022
Advisor	Dr. Narumon Tangthirasunun

Abstract

Prototype of pot from waste material and mushroom mycelium is a combination of garlic peel, water hyacinth and expired mushrooms used to compare *Agrocybe cylindracea* and *Pleurotus osttreatus*. Together with mushroom fungi which helps the adhesion of tree pots. There are three species: *Lentinus squarrosulas* Mont., *P. sajor-caju* and *Ganoderma lucidum.* As a result of the preliminary selection, it was found that only 2 species (*L. squarrosulas* and *P. sajor-caju*) were able to form or adhere to the waste materials as prototypes for seedling pots. But when it was made into a prototype. it is found that only *L. squarosulas* is well formed. The mycelium and waste have good adhesion. Prototype of pot from *A. cylindracea* and *P. osttreatus* have dry weight is in the range of 17.54-19.54 grams, density is in the range of 0.20-0.22 g/cm^3 and unconfined compression test is in the range of 138.82-468.45 kPa. The results showed that the prototype of pot is *P. osttreatus* better than *A. cylindracea*.

Keywords : *Agrocybe cylindracea*, Expired mushrooms, Garlic peel, *Lentinus squarrosulas* Mont., Pot, Waste materials, Water hyacinth.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษฉบับนี้ได้จัดขึ้นตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.นฤมล ตั้งธีระสุนันท์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะแนวการทดลอง การแก้ไขปัญหาในด้านต่าง ๆ ความเข้าใจในตัวผู้วิจัย สนับสนุนงบประมาณเพิ่มเติม ตลอดระยะเวลาทำโครงงานพิเศษด้วยความเต็มใจ ทั้งนี้ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ผศ.ดร.เมตยา กิติวรรณ ที่คอยให้คำปรึกษา เสริมความรู้ความสามารถ คำปรึกษา แนะแนวการทดลอง การแก้ไขปัญหาในด้านต่างๆ ตลอดระยะเวลาทำโครงงานพิเศษด้วยความเต็มใจ ทั้งนี้ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.อนุรักษ์ โพธิ์เอี่ยม และรศ.ดร.สุพัตรา โพธิ์เอี่ยม ที่กรุณาเป็นประธาน และกรรมการในโครงงานพิเศษนี้ ในการให้คำปรึกษา แนะนำ ข้อเสนอแนะในการพัฒนาและปรับปรุงแก้ไขในอนาคต

โครงงานพิเศษในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนทุนดำเนินงานจากภาควิชา ชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ขอกราบขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาชีววิทยา ภาควิชาเคมีทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกในการเบิกอุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือในการทำโครงงานพิเศษนี้

ขอกราบขอบพระคุณบริษัท เอื้ออารี ฟู้ด โปรดักท์ จำกัด ที่กรุณาให้เปลือกกระเทียมมาใช้เป็นวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม และฟาร์มรักรวย จังหวัดเพชรบูรณ์ ที่กรุณาให้ก้อนเชื้อเห็ดเก่าฮังการี มาใช้เป็นวัสดุเหลือใช้จากเกษตร และสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่กรุณาให้ก้อนเชื้อเห็ดเก่ายานางิ มาใช้เป็นวัสดุเหลือใช้จากเกษตร และขอกราบขอบพระคุณชุมชนหัวตะเข้ทุกท่าน และแม่บ้าน พ่อบ้าน คณะเกษตร สจล. ที่กรุณาคอยให้ความช่วยเหลือในการเก็บผักตบมาใช้ในการทำโครงงานพิเศษในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณครอบครัว และเพื่อนทุกท่านที่คอยให้กำลังใจ คอยสนับสนุน และช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน ความเข้าใจในตัวผู้วิจัย ตลอดระยะเวลาทำโครงงานพิเศษด้วยความเต็มใจ ในการทำโครงงานพิเศษในครั้งนี้ ทั้งนี้ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้

ญาดา เดวีเลาะ

ณัติฐมล สันติสุขวัฒน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูป ..... ช
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 ไฟลัมเบสิดิโอไมโคตา (Phylum basidiomycota) 3
2.2 วัฏจักรไฟลัมเบสิดิโอไมโคตา 10
2.3 ลักษณะสัณฐานวิทยาของโคโลนี (Colony morphology) 10
2.4 วัสดุเหลือใช้ 12
2.5 เปลือกกระเทียม 13
2.6 ก้อนเชื้อเห็ดหมดอายุ หรือก้อนเชื้อเห็ดเก่า 15
2.7 ผักตบชวา 16
2.8 โมเดลเศรษฐกิจสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน 17
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 19
3.1 เชื้อเห็ด 19
3.2 วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมี 19
3.3 การวัดการเจริญเติบโต และการสังเกตลักษณะโคโลนี 20
3.4 การเตรียมวัสดุเหลือใช้ 20
3.5 การเพาะเลี้ยง และเตรียมหัวเชื้อเมล็ดข้าวฟ่าง 20
3.6 การคัดเลือกเชื้อเบื้องต้น 21
3.7 กระบวนการขึ้นรูปต้นแบบกระถางในแม่พิมพ์ซิลิโคน 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 4 ผลการวิจัย และการอภิปรายผล 23
4.1 การวัดการเจริญเติบโต และสังเกตลักษณะโคโลนี 23
4.2 การคัดเลือกเชื้อเห็ดเบื้องต้น 25
4.3 การขึ้นรูปต้นแบบกระถาง 28
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 32
5.1 สรุปผลการวิจัย 32
5.2 ข้อเสนอแนะ 32
เอกสารอ้างอิง 33
ภาคผนวก 37
ภาคผนวก ก 38
ภาคผนวก ข 40
ภาคผนวก ค 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 อัตราส่วนของวัสดุเหลือใช้ในแต่ละสูตร 21
4.1 อัตราการเจริญของเชื้อเห็ดบนอาหาร Potato dextrose agar (PDA) ในวันที่ 3..... 23
4.2 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักก่อนอบ น้ำหนักแห้ง ปริมาตร ความหนาแน่น และความทนแรงอัดของต้นแบบกระถางจากเชื้อเห็ด *Lentinus squarrosula* Mont. 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 ไฟลัมเบสิดิโอไมโคตา 4
2.2 เห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulus* Mont.) 5
2.3 เห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulus* Mont.) บนอาหาร Potato dextrose agar 5
2.4 เส้นใยคอมโพสิตชีวภาพจากเห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulus* Mont.) 6
2.5 เห็ดนางฟ้า (*Pleurotus sajor-caju*) 8
2.6 เห็ดนางฟ้า (*Pleurotus sajor-caju*) บนอาหาร Potato dextrose agar 8
2.7 เห็ดหลินจือ (*Ganoderma lucidum*) 9
2.8 เห็ดหลินจือ (*Ganoderma lucidum*) บนอาหาร Potato dextrose agar 9
2.9 วัฏจักรไฟลัมเบสิดิโอไมโคตา 10
2.10 สัณฐานวิทยาของโคโลนี (Colony morphology) 11
2.11 แนวคิดการจัดการขยะ 5R สามเหลี่ยมกลับด้าน ลำดับชั้นการจัดการขยะ 12
2.12 เปลือกกระเทียม 13
2.13 กระดาษจากเปลือกกระเทียม 14
2.14 กระเป๋าที่ทำมาจากวัสดุชีวภาพเปลือกกระเทียม 15
2.15 ก้อนเชื้อเห็ดหมดอายุ หรือก้อนเชื้อเห็ดเก่า 15
2.16 ผักตบชวา 17
2.17 Bio-circular-green economic 18
4.1 กราฟค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดโคโลนีในวันที่ 3 ของเชื้อเห็ดทั้ง 3 สายพันธุ์ 24
4.2 ลักษณะของโคโลนีบนอาหาร Potato dextrose agar (PDA) เป็นเวลา 3 วัน 25
4.3 เชื้อเห็ดทั้ง 3 สายพันธุ์ในวัสดุเหลือใช้ต่าง ๆ จากก้อนเชื้อเห็ดยานางิเก่า 26
4.4 เชื้อเห็ดทั้ง 3 สายพันธุ์ในวัสดุเหลือใช้ต่าง ๆ จากก้อนเชื้อเห็ดนางรมฮังการีเก่า 27
4.5 ต้นแบบกระถางหลังอบ จากวัสดุเหลือใช้ต่าง ๆ ร่วมกับเชื้อเห็ด 2 สายพันธุ์ 29
4.6 การทดสอบแรงอัดแกนเดียวของต้นแบบกระถางจากเชื้อเห็ดขอนขาว 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

Eco friendly material คือวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม สำหรับยุคปัจจุบัน คือ วัสดุที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อมนุษย์ และสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ไม่ว่าจะเป็นการผลิต การใช้งาน จนถึงการจำกัด โดยมีคุณสมบัติดังนี้ สามารถใช้ซ้ำ หรือรีไซเคิลได้ มีความคงทน สามารถใช้งานได้อย่างคุ้มค่า เป็นวัสดุที่ไม่ได้ใช้แล้วหมดไป สามารถผลิตเพิ่มได้ ช่วยลดมลพิษในสิ่งแวดล้อม สามารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติ หรือมีการใช้พลังงานการผลิตต่ำ (Expresso, 2019) ซึ่งจะสอดคล้องกับ Eco product คือ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยเป็นผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบมาเพื่อสิ่งแวดล้อม ไม่สิ้นเปลืองพลังงาน ไม่ก่อขยะหรือมลพิษให้กับโลก (Fillgoods, 2021) ซึ่งในยุคที่ผู้คนเริ่มหันมาใส่ใจสิ่งแวดล้อมทั่วโลกมองว่า พลาสติก เป็นตัวการทำให้โลกร้อน เนื่องจากพลาสติกอาจใช้เวลาหลายพันปีหรืออาจนานกว่านั้นในการย่อยสลายทางชีวภาพ ทำให้ผู้คนนับล้านเริ่มมองหาวัสดุทางเลือกที่สามารถย่อยสลาย หรือนำกลับมาใช้ใหม่ โดยกลุ่มคนกลุ่มนี้เรียกว่า Eco-actives คือผู้ที่มีความกังวลด้านสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก และลงมือปฏิบัติ หรือกลุ่มรักษ์โลก ซึ่งมีรายงาน Who cares, Who dose 2021 รายงานระดับโลกฉบับที่ 3 ซึ่งเป็นความร่วมมือกันระหว่าง Kantar, Europanel และ GfK ได้ทำการสำรวจผู้บริโภค 88,000 คนใน 26 ประเทศทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทย พบว่าการเกิด Covid-19 และภัยพิบัติทั่วโลก ทำให้ผู้บริโภคเริ่มมองเห็นว่าความยั่งยืนมีความสำคัญมากที่สุด ซึ่งกลุ่ม Eco-actives นั้นอัตราเพิ่มขึ้นทั่วโลก ได้เติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Brandbuffet, 2022) เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งแก่อุตสาหกรรม และผู้บริโภค ดังนั้นวัสดุจากธรรมชาติจึงเป็นตัวเลือกที่ดีสำหรับการใช้วัสดุที่มีความปลอดภัยต่อมนุษย์ หรือแม้แต่ของเสียที่ไม่มีมูลค่าก็เป็นสิ่งที่น่าสนใจในการมาทำวัสดุทางเลือก เพื่อนำมาขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ (Sawyer, 2020) และเนื่องจากปัจจุบันมีปัญหาด้านการการกำจัดของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจำนวนมากที่ต้องได้รับการแก้ไข โดยเฉพาะโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร บริษัท เอื้ออารี ฟู้ด โปรดักท์ จำกัด มีจำนวนเปลือกกระเทียมจำนวนมากที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตอาหารที่ต้องจำกัดทิ้ง และมีวัสดุเหลือใช้ที่สามารถเพิ่มทางเลือกในการเพิ่มมูลค่ามากกว่าทางเลือกเดิม คือ ก้อนเชื้อเห็ดหมดอายุ หรือก้อนเชื้อเห็ดเก่าจากโรงเพาะเห็ดที่ฟาร์มรักรวย จังหวัดเพชรบูรณ์ และศูนย์รวบรวมเชื้อพันธุ์เห็ดแห่งประเทศไทย วัสดุเหลือใช้จากการเกษตร โดยทั่วไปแล้วการเกษตรจะนำก้อนเชื้อเห็ดเก่านั้นไปทิ้งโดยไม่มีการทำให้เกิดประโยชน์หรือนำไปเป็นปุ๋ยต่อ นอกเหนือจากนั้นยังมีวัชพืชต่างถิ่น คือ ผักตบที่เป็นศัตรูพืชที่ทำลายระบบนิเวศของแม่น้ำ ซึ่งสร้างปัญหาให้กับคูคลองที่ยังไม่ได้รับการแก้ปัญหาอย่างจริงจัง โดยปกติแล้วมีการนำผักตบไปสานตะกร้า หรือที่รองกันกระแทก ซึ่งสามารถสร้างมูลค่าได้จริง แต่ต้องใช้ความสามารถ ความถนัดในการผลิต หรือสร้างขึ้นมา จึงเป็นสิ่งหนึ่งที่น่าสนใจที่จะคิดค้นหาวิธีในการเพิ่มทางเลือกในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้างมูลค่ามากกว่าเดิมที่มีอยู่ ซึ่งทั้งหมดนั้นเป็นวัสดุที่ได้จากธรรมชาติ และเป็นของเหลือใช้ที่ต้องการกำจัด แปรรูป ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดการนำของเสียต่าง ๆ มาพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น (Upcycle) โดยใช้เห็ด (Mushroom) ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มเชื้อรา (Fungi) โดยนำเชื้อเห็ด เห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulas* Mont.) เห็ดนางฟ้า (*Pleurotus sajor-caju*) และเห็ดหลินจือ (*Ganoderma lucidum*) ร่วมด้วยวัสดุทั้ง 3 ชนิดให้เป็นต้นแบบกระถาง โดยวัสดุทั้ง 3 ชนิดนี้เหมาะสำหรับการสร้างชิ้นงานต้นแบบกระถางจากเส้นใยเห็ด เนื่องจากมีคุณสมบัติแร่ธาตุที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ด และโครงงานพิเศษนี้สอดคล้องกับ BCG Model หรือ โมเดลเศรษฐกิจสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน คือ การมุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า การนำวัสดุต่าง ๆ กลับมาใช้ประโยชน์มากที่สุด รวมถึงแก้ไขปัญหาลดมลพิษที่มีผลกระทบต่อโลกมากที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 การสร้างต้นแบบกระถางที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถนำไปต่อยอดในเชิงธุรกิจได้

1.2.2 การนำวัสดุเหลือใช้มาใช้ประโยชน์ และให้เกิดมูลค่าเพิ่ม

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ทำโครงงานพิเศษเกี่ยวกับการสร้างต้นแบบกระถางทางเลือก โดยประยุกต์ใช้วัสดุเหลือใช้ (เปลือกกระเทียม ก้อนเชื้อเห็ด และผักตบชวา) ร่วมกับเชื้อเห็ดขอนขาว เห็ดนางฟ้า และเห็ดหลินจือ โดยทำการทดลองหาส่วนผสมที่สามารถทำให้ขึ้นรูปต้นแบบกระถางได้ จากนั้นทดสอบประสิทธิภาพของต้นแบบกระถาง ดังนี้การวิเคราะห์ชิ้นงานโดยหาค่าน้ำหนักแห้ง (Dry weight) ความหนาแน่น (Density) และการทดลองแรงอัดแกนเดียว (Unconfined compression test)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถลดปริมาณของวัสดุเหลือใช้ได้ นำมาสร้างประโยชน์ โดยสร้างต้นแบบกระถางที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดในเชิงธุรกิจได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

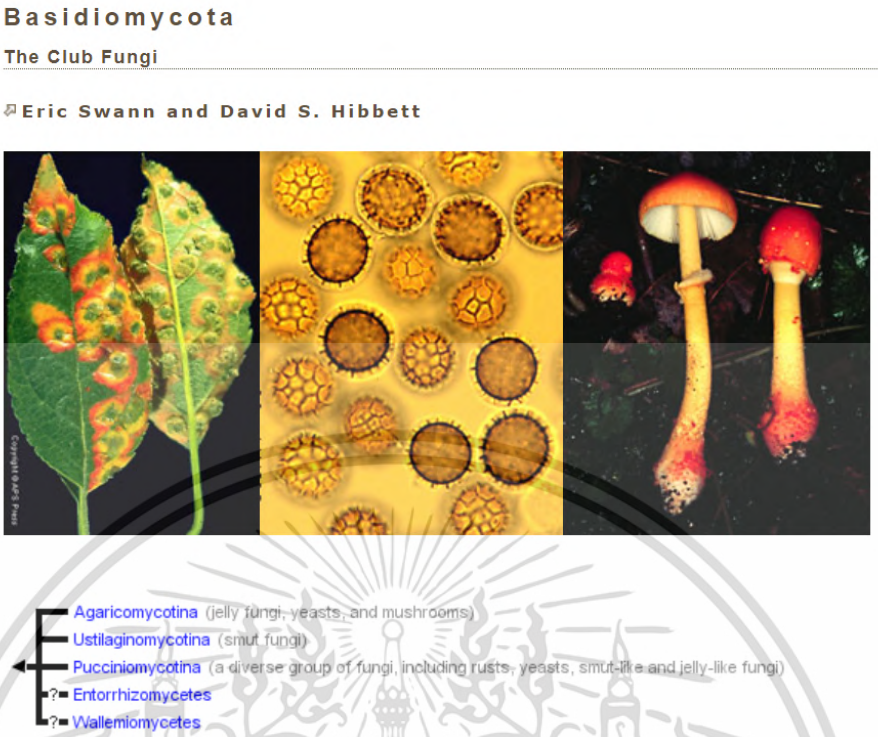
บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไฟลัมเบสิดิโอไมโคตา (Basidiomycota)

เชื้อราเป็นสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ (Multicellular) จัดอยู่ในสิ่งมีชีวิตยูคาริโอต (Eukaryote) ซึ่งรวมถึงยีสต์ รา และเห็ด หลักฐานระดับโมเลกุล (Molecular level) บ่งชี้ว่าเชื้อรามีความเกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิดกับสัตว์มากกว่าที่จะเป็นพืช เชื้อราเป็นหนึ่งในสิ่งมีชีวิตที่สำคัญที่สุดในสิ่งแวดล้อม ทั้งในทางเศรษฐกิจ และระบบนิเวศ และมีการรายงานเชื้อรามากกว่า 70,000 สายพันธุ์ และคาดว่ามีมากกว่า 1.5 ล้านสายพันธุ์ที่ยังไม่ได้รายงาน (Asiegbu and Kovalchuk, 2021) ราหลายชนิดก่อให้เกิดโรคในคน พืช และสัตว์ แต่ราบางชนิดสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในอุตสาหกรรม (ปภัสรา, 2563) เชื้อราสามารถแบ่งตามไฟลัม (Phylum) ได้ 7 ไฟลัม ได้แก่ เบสิดิโอไมโคตา (Basidiomycota) แอสโคไมโคตา (Ascomycota) โกลเมอโรไมโคตา (Glomeromycota) นีโอคาไลแมสติโกไมโคตา (Neocallimastigomycota) บลาสโตคาดิโอไมโคตา (Blastocladiomycota) ไคทริดิโอไมโคตา (Chytridiomycota) และไมโครสปอริเดีย (Microsporidia) (Asiegbu and Kovalchuk, 2021)

ไฟลัมเบสิดิโอไมโคตา หรือเชื้อราที่ลักษณะคล้ายถ้วย (Club fungi) (รูปที่ 2.1) จากฐานข้อมูลออนไลน์ The Tree of Life Web Project (ToL) (http://tolweb.org/Basidiomycota/20520, สืบค้น 25 พ.ค. 2566) พบว่าประกอบไปด้วยคลาส (Class) อะการิโคไมโคติน่า (Agaricomycotina), ยูสติลาจิโนไมโคติน่า (Ustilaginomycotina), ปุชชินิโอไมโคติน่า (Pucciniomycotina), เอนโทไรโซไมซีท(Entorrhizomycetes) และวอลเลมิโอไมซิท (Wallemiomycetes) ซึ่งเป็นกลุ่มเชื้อราที่สร้างฟรุตติ้งบอดี (Fruiting body) หรือเบสิดิโอคาร์ป (Basidiocarp) หรือเบสิดิโอมาตา (Basidiomata) หรือขนาดใหญ่ที่มีรูปร่าง และสีสันค่อนข้างหลากหลาย ซึ่งสายพันธุ์ (Species) ที่สามารถพบได้ในไฟลัมนี้ คือ เห็ด (Mushroom) โดยเห็ดมีลักษณะโครงสร้างที่เด่น มีหมวกดอกเห็ด (Cap) ก้านเห็ด (Stalk) หรือลำต้น ครีบ (Gill) แผ่นวงแหวน (Annulus) และเกล็ด (Scale) ซึ่งเห็ดแต่ละชนิดมีลักษณะที่แตกต่างกันไป และมีทั้งเห็ดที่สามารถรับประทานได้ (Edible mushroom) เช่น เห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus*) (Watson, 2023) และรับประทานไม่ได้ (Inedible mushroom) ที่มีความเป็นพิษ เช่น เห็ดระโงกหิน (*Amanita phalloides*) (Hodgson, 2012) แต่ก็มีเชื้อราบางชนิดในไฟลัมนี้ที่ไม่สร้างฟรุตติ้งบอดี และเป็นปรสิตพืช เช่น ราสนิม (Rust) และราเขม่าดำ (Smut) (Taylor and Krings, 2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ไฟลัมเบสิดิโอไมโคตา (Basidiomycota)
ที่มา: http://tolweb.org/Basidiomycota/20520

โดยเชื้อเห็ดที่ในการศึกษานี้ คือ เห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulas* Mont.) เห็ดนางฟ้า (*Pleurotus sajor-caju*) และเห็ดหลินจือ (*Ganoderma lucidum*) ซึ่งทั้งหมดจัดอยู่ในไฟลัมเบสิดิโอไมโคตา

2.1.1 เห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulas* Mont.)

อาณาจักร Fungi Dikarya
ไฟลัม Basidiomycota
คลาส Agaricomycetes
อันดับ Polyporales
วงศ์ Polyporaceae
สกุล *Lentinus*

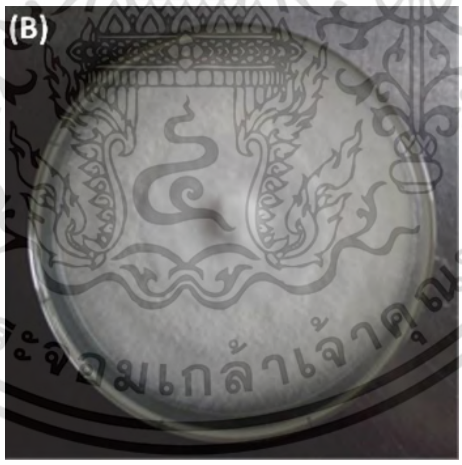
(MycoBank, สืบค้น 8 พ.ค. 2566)

เห็ดขอนขาว (รูปที่ 2.2) เป็นเห็ดป่าที่กินได้ซึ่งพบได้ทั่วไปในเอเชีย สามารถเกิดกับไม้เนื้ออ่อนที่ตายแล้ว เช่น ต้นมะม่วง ตอมะพร้าวที่ตายแล้ว ในประเทศไทยเห็ดขอนขาวเป็นที่นิยมของตลาดทางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงฤดูฝนเริ่มตั้งแต่เดือนมิถุนายนจนถึงตุลาคม เห็ดชนิดนี้จะออกดอกมากมาย และหาซื้อกันได้ในราคาที่ไม่สูงมาก โดยมักจะถูกเก็บมาขายรวมกับเห็ดป่าชนิดอื่น แต่ในช่วงที่เห็ดป่ามีน้อยลงราคาของเห็ดขอนขาวจะสูงขึ้น (Mommai, 2013) เชื้อเห็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอนขาว (รูปที่ 2.3) เป็นเชื้อเห็ดที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายลิกโนเซลลูโลส (Lignocellulose) ที่มีโครงสร้างหลักประกอบด้วยโพลีเมอร์ที่ซับซ้อนของลิกนิน (Lignin) เซลลูโลส (Cellulose) และเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) (จิรนันท์ และคณะ, 2557) มีคุณสมบัติที่น่าสนใจหลายประการ เช่น การเจริญเติบโตของเส้นใยอย่างรวดเร็ว และมีคุณค่าทางโภชการในด้านสารอาหาร และอาหารที่มีประโยชน์ (Omar et al., 2015)

รูปที่ 2.2 เห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulus* Mont.)
ที่มา: http://www.monmai.com/media/2013/08/hedkonkawmai-533x400.jpg

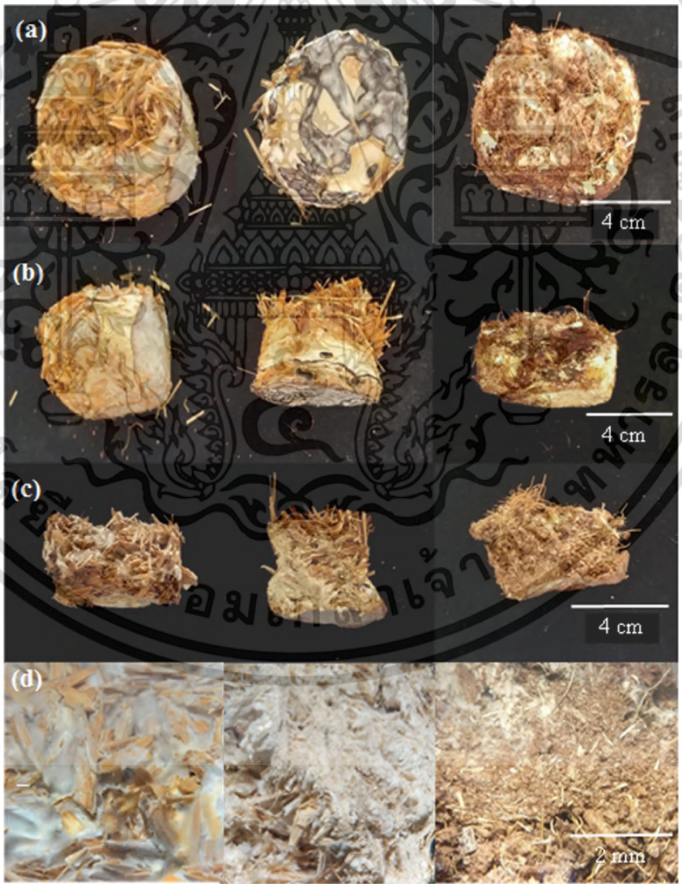


รูปที่ 2.3 เชื้อเห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulus* Mont.) บนอาหาร Potato dextrose agar
ที่มา: https://www.researchgate.net/publication/359024919_Molecular_characterzation_and_cultivation_of_edible_wild_mushrooms_Lentinus_sajorcaju_L_squarrosulus_and_Pleurotus_tuber-regium_from_Sri_Lanka

จากงานวิจัยของ Lina Ly และ Wuttiwat Jitjak ได้ทำคอมโพสิตชีวภาพ (Biocomposites) จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และเส้นใยของเห็ดขอนขาว (รูปที่ 2.4) นำมาใช้เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาส่วนประกอบเส้นใยจากเห็ดพื้นบ้าน 4 ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้แก่ เห็ดเป๋าฮื้อ (*P. ostreatus)*, เห็ดหูหนู (*Auricularia auricula-judae*), เห็ดขอนขาว (*L. squarrosulus*) และเห็ดกระด้าง (*L. polychrous*) และวัสดุ 3 ชนิดที่ได้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร คือ กาบมะพร้าว แกลบ และฟางข้าว โดยเลี้ยงเชื้อเห็ด 4 ชนิดบนอาหารเลี้ยงวุ้น และวัดการเจริญเติบโตเป็นเวลา 9 วัน แสดงให้เห็นว่าเห็ดขอนขาวมีขนาดโคโลนีที่ขนาดใหญ่มากกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ. จากนั้นจึงเลือกเห็ดขอนขาวไปสร้างคอมโพสิตชีวภาพ และทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ คือ สัณฐานวิทยา (Morphology) แรงกดอัด (Compression testing) การดูดซึมความชื้น (Water absorption) และความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพ (Biodegradation) เมื่อมองด้วยกล้องจุลทรรศน์เส้นใยจะเกาะยึดแกลบเกือบทั้งหมด ในขณะที่ในฟางข้าว และกาบมะพร้าวมีการยึดเกาะน้อยกว่า อย่างไรก็ตามฟางข้าวดูดซับความชื้นได้มากกว่าแกลบ และกาบมะพร้าว แต่กาบมะพร้าวจะดูดซับน้ำได้มากกว่าแกลบ และฟางข้าวอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้คอมโพสิตฟางข้าวมีค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุด และความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพสูงสุด งานวิจัยนี้จัดให้ผลการผลิตเส้นใยคอมโพสิทชีวภาพ และการทดสอบทางกลสำหรับวัสดุชีวภาพในอนาคต (Ly and Jitjak, 2022)



รูปที่ 2.4 เส้นใยคอมโพสิตชีวภาพจากเห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulus* Mont.) โดยใช้แกลบ (ซ้าย) ฟางข้าว (กลาง) และขุยมะพร้าว (ขวา) ที่แตกต่างกัน และขนาด (a) มุมมองด้านบน (b) มุมมองด้านข้าง (c) มุมมองด้านใน และ (d) ภาพสามมิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ที่มา: https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/opag-2022-0128/html

2.1.2 เห็ดนางฟ้า (*Pleurotus sajor-caju*)

อาณาจักร Fungi Dikarya

ไฟลัม Basidiomycota

คลาส Agaricomycetes

อันดับ Agaricales

วงศ์ Pleurotaceae

สกุล *Pleurotus*

(MycoBank, สืบค้น 8 พ.ค. 2566)

เห็ดนางฟ้า (รูปที่ 2.5) เป็นเห็ดเศรษฐกิจ ดอกมีสีขาวนวลถึงน้ำตาลอ่อน หมวกดอกหนา และเนื้อแน่น มีถิ่นกำเนิดแถบภูเขาหิมาลัย ประเทศอินเดีย ในสภาพธรรมชาติชอบเจริญอยู่ตามตอไม้ผุ ในบริเวณที่มีอากาศชื้น และเย็น สามารถเจริญเติบโตได้ดีในขี้เลื่อยไม้เนื้ออ่อน ฟางข้าวสับละเอียด ซังข้าวโพดละเอียด ไส้นุ่น ไส้ฝ้าย ปุ๋ยหมัก หรือแม้แต่เศษฟางที่ใช้เพาะเห็ดฟางไปแล้ว ยังสามารถนำมาตากให้แห้ง และทำให้ละเอียดแล้วนำไปใช้เพาะเห็ดชนิดนี้ได้ เห็ดนางฟ้าถูกนำมาเลี้ยงในอาหารวุ้น (รูปที่ 2.6) เป็นครั้งแรกโดย Jandaik ในปี ค.ศ. 1974 ต่อมา Rangaswami และ Nadu แห่ง Agricultural university, Coimbator India เป็นผู้นำเชื้อบริสุทธิ์ของเห็ดนางฟ้าเข้ามาฝากไว้ที่ American type culture collection (ATCC) USA. ในปี ค.ศ. 1975 เห็ดนางฟ้าได้ถูกนำเข้ามาทดลองเพาะในประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2518 โดย ดร.ศิริพงศ์ บุญหลง ได้ทำการทดลองเพาะเห็ดนางฟ้าที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย ปรากฏว่าสามารถเจริญได้ดีในสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ต่อมามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้นำมาทดลองเพาะเลี้ยงในอาหารชนิดต่าง ๆ จนกระทั่งเมื่อปี พ.ศ. 2520 กองวิจัยโรคพืช กรมวิชาการเกษตร ได้นำเห็ดนางฟ้ามาทดลองเพาะ พบว่าเจริญเติบได้ดีสามารถเพาะได้ง่าย และให้ผลผลิตเร็ว ประกอบกับมีขนาดของดอกปานกลาง เนื้อแน่น รสชาติดี อร่อย มีคุณค่าทางอาหารสูง มีไขมันต่ำ ปลอดภัยจาก สารพิษ สามารถเก็บไว้ในตู้เย็นได้หลายวัน และสามารถปรุงอาหารได้หลายอย่างเช่นเดียวกับเห็ดชนิดอื่น จึงนิยมบริโภคกันมาก ทำให้ในปัจจุบันมีการเพาะเห็ดชนิดนี้กันอย่างแพร่หลาย และมากขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากตลาดมีความต้องการมากประกอบกับประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ด อีกทั้งกรรมวิธีการเพาะก็สามารถทำได้ง่าย ไม่ยุ่งยากต่อการปฏิบัติใช้ระยะเวลาสั้น และสามารถเพาะได้ตลอดทั้งปี (เติมพงศ์, 2556)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.5 เห็ดนางฟ้า (*Pleurotus sajor-caju*)

ที่มา: https://sites.google.com/site/karpheaahednangfa59/_/rsrc/1468141068616/home/indian-oyster-mushroom-content1.jpg?height=282&width=400

รูปที่ 2.6 เห็ดนางฟ้า (*Pleurotus sajor-caju*) บนอาหาร Potato dextrose agar

ที่มา: https://www.researchgate.net/publication/332016673_Variations_and_HybridiZation_Compatibility_of_Single_Basidiospore_Isolates_of_Pleurotus_sajorcaju_Fr_Sings

2.1.3 เห็ดหลินจือ (*Ganoderma lucidum*)

อาณาจักร Fungi Dikarya

ไฟลัม Basidiomycota

คลาส Agaricomycetes

อันดับ Polyporales

วงศ์ Ganodermataceae

สกุล *Ganoderma*

(MycoBank, , สืบค้น 8 พ.ค. 2566)

เห็ดหลินจือ (รูปที่ 2.7) จัดอยู่ในวงศ์ Ganodermataceae ขึ้นอยู่ตามธรรมชาติมีมากกว่า 100 สายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ที่นิยม และมีสรรพคุณทางยาที่ดีที่สุด คือ เห็ดหลินจือสายพันธุ์สีแดง โดยมีสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) ซึ่งจะช่วยยับยั้ง และรักษาอาการต่าง ๆ โดยแต่ละชนิดจะมีปริมาณสารพอลิแซ็กคาไรด์ในปริมาณที่แตกต่างกันออกไป เห็ดชนิดนี้จัดว่าเป็นของหายากที่มีคุณค่าสูงในทางสมุนไพรจีน โดยมีการยกย่องว่าเป็นยอดเห็ด เป็นเห็ดที่ดีที่สุดในหมู่สมุนไพรจีน มีสารต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายมากกว่า 250 ชนิด เป็นยาบำรุงร่างกาย และใช้เป็นยาอายุวัฒนะในการยืดอายุ นอกจากนี้ยังช่วยทำให้ผิวพรรณเปล่งปลั่ง รักษาโรคต่าง ๆ ได้หลายโรค และยังปลอดภัยไม่มีสารพิษใด ๆ ต่อร่างกาย (Medthai, ม.ป.ป) มีรายงานพบว่าเห็ดหลินจือเป็นเชื้อราที่พบมากที่สุดในการทำวัสดุ Mycelium-based bio-composite เนื่องจากเชื้อราเหล่านี้มีเส้นใยแบบ Trimitic และ Monomitic (Attias et al., 2020) (รูปที่ 2.8)

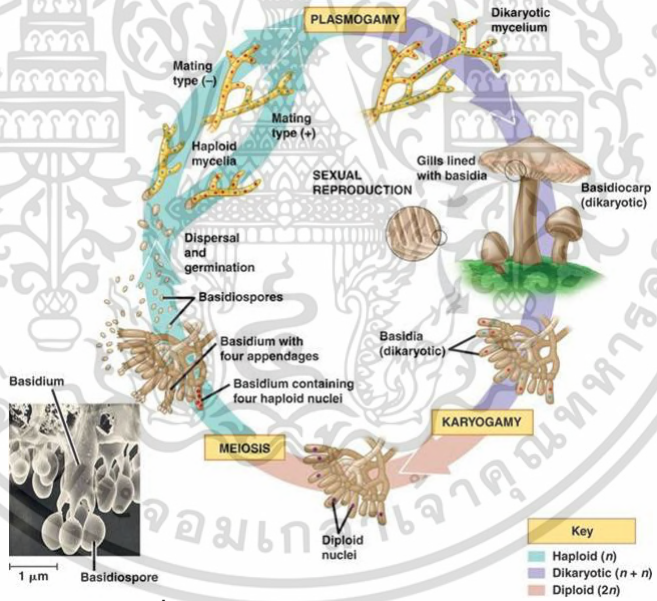
รูปที่ 2.7 เห็ดหลินจือ (*Ganoderma lucidum*)
ที่มา: https://healthproductsonline.net/wp-content/uploads/2019/04/เห็ดหลินจือ-2.jpg

รูปที่ 2.8 เห็ดหลินจือ (*Ganoderma lucidum*) บนอาหาร Potato dextrose agar
ที่มา: https://www.researchgate.net/figure/Microscopic-and-Morphological-characteristics-of-G-lucidum_fig3_337533551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 วัฏจักรไฟลัมเบสิดิโอไมโคตา

เชื้อราในไฟลัมเบสิดิโอไมโคตาในการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (Sexual reproduction) (รูปที่ 2.9) นั้นมีการสร้างสปอร์ (Spore) ที่เรียกว่า เบสิดิโอสปอร์ (Basidiospore) ชนิดแฮพลอยด์ (Haploid, n) อยู่บนโครงสร้างเบสิเดียม (Basidium) เมื่อเบสิดิโอสปอร์เกิดการแพร่กระจาย และงอกเป็นเส้นใย (Haploid mycelia) ที่มี Mating type ที่หลากหลายแตกต่างกัน (เพศผู้ หรือเพศเมีย) จากนั้นเส้นใยที่มี Mating types ต่างกันเกิดการรวมตัวของไซโทพลาซึม หรือการเข้าคู่กันของนิวเคลียสจากเพศผู้ และเพศเมีย (n+n) ที่เรียกว่าระยะพลาสโมแกรมมี่ (Plasmogamy) ได้เป็นระยะที่เส้นใยหรือเซลล์มีสองนิวเคลียส (Dikaryotic mycelium) ต่อมาเกิดการแบ่งเซลล์แบบไมโตซิส (Mitosis) พัฒนาจนกลายเป็นดอกเห็ด หรือฟรุตติ้งบอดี้ หรือเบสิดิโอคาร์ป โดยมีครีบที่อยู่ภายในโครงสร้างของเบสิดิโอคาร์ปนั้นสามารถสร้างเบซิเดีย (Basidia) และพัฒนาเข้าสู่ระยะแคริโอแกมมี่ (Karyogamy) ซึ่งเป็นการผสมกันระหว่างนิวเคลียสทั้งสองได้เป็นไซโกต (Zygote, 2n) จากนั้นเกิดการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (Meiosis) ทำให้ได้ 1 เบสิเดียมประกอบด้วย 4 เบสิดิโอสปอร์วนเป็นวัฏจักรต่อไป



รูปที่ 2.9 วัฏจักรไฟลัมเบสิดิโอไมโคตา

ที่มา: http://eweb.furman.edu/~wworthen/bio111/fungi.htm

2.3 ลักษณะสัณฐานวิทยาของโคโลนี (Colony morphology)

2.3.1 ลักษณะรูปร่างโคโลนี (Colony form)

แบ่งออกเป็น 6 แบบ คือ รูปร่างกลมที่มีลักษณะเป็นจุดเล็ก ๆ (Punctiform) รูปร่างกลม (Circular) รูปร่างเส้นสาย (Filamentous) รูปร่างไม่แน่นอน (Irregular) รูปร่างคล้ายราก (Rhizoid) และรูปร่างกระสวย (Spindle) (รูปที่ 2.10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ลักษณะการยกตัวของโคโลนี (Colony elevation)

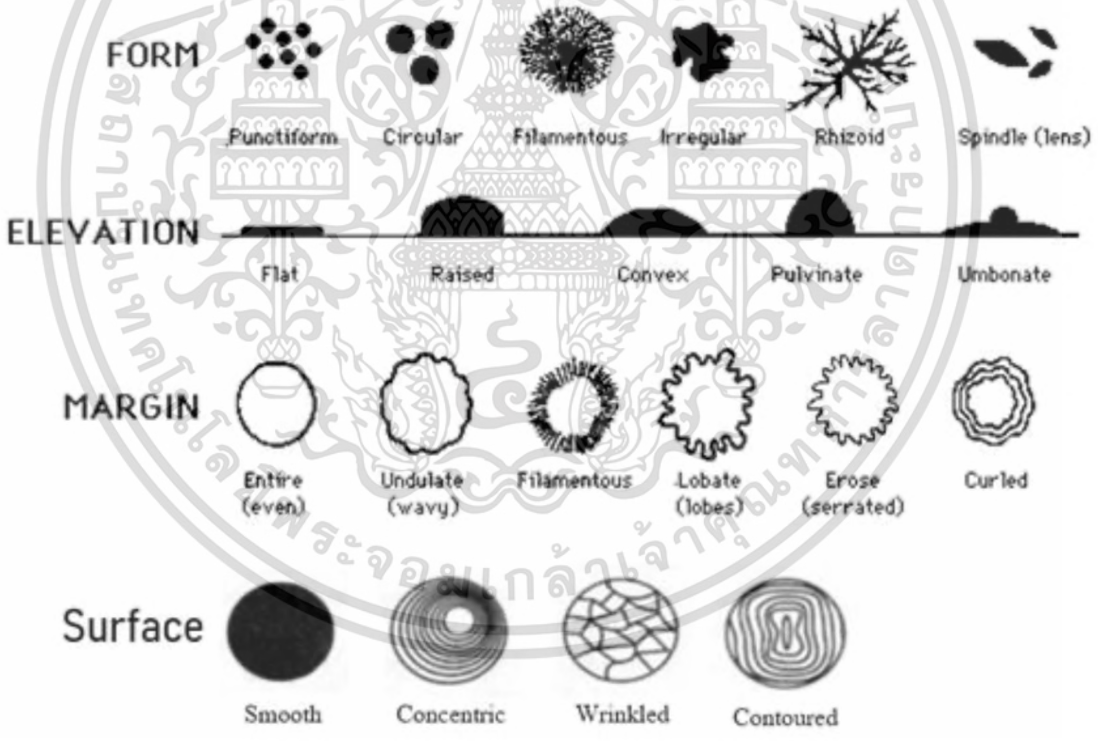
แบ่งออกเป็น 5 แบบ คือ แบนราบ (Flat) ยกขึ้นจากผิวหน้าอาหาร (Raised) โค้งนูนขึ้นจากผิวหน้าอาหารเล็กน้อย (Convex) โค้งนูนสูงขึ้นจากผิวหน้าอาหาร (Pulvinate) และโค้งนูนขึ้นจากผิวหน้าอาหาร และมีปุ่มตรงกลาง (Umbonate) (รูปที่ 2.10)

2.3.3 ลักษณะขอบโคโลนี (Colony margin)

แบ่งออกเป็น 6 แบบ คือ ขอบเรียบ (Entire) ขอบหยัก และโค้งเว้าเล็กน้อย (Undulate) ขอบเป็นเส้นสาย (Filiform) ขอบโค้งเว้ามาก (Lobate) ขอบหยักเป็นซี่ไม่สม่ำเสมอ (Erose) และขอบหยักขนานกัน (Curled) (รูปที่ 2.10)

2.3.4 ลักษณะผิวหน้าโคโลนี (Colony surface)

แบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ ผิวหน้าเรียบ (Smooth) ผิวเป็นวงแหวนซ้อนกันเป็นชั้น (Concentric) ผิวหน้าเหี่ยวย่น (Wrinkled) และผิวหน้าเกลี้ยงแต่เป็นลูกคลื่น (Contoured) (รูปที่ 2.10)



รูปที่ 2.10 สัณฐานวิทยาของโคโลนี (Colony morphology)

ที่มา: ดัดแปลงจาก Primec และ Langerholc, 2017 และ https://www.scienceprofonline.com /microbiology/bacterial-colony-morphology-identification-unknown-bacteria-2.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 วัสดุเหลือใช้

วัสดุเหลือใช้หมายถึงวัสดุต่าง ๆ ที่เหลือจากการอุปโภค บริโภคในชีวิตประจำวัน ซึ่งมีมากมายหลายชนิด (CMU, 2014) โดยสามารถแบ่งจำแนกออกได้หลายแบบ เช่น วัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม วัสดุที่เกิดจากกระบวนการผลิตที่ไม่ได้นำไปใช้งานต่อ และวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร วัสดุทางการเกษตรที่ไม่ได้ใช้งานแล้ว หรือหมดอายุในการใช้งานในการทำเกษตร ซึ่งวัสดุเหลือใช้นี้สามารถนำไปสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจได้โดยการพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น หรือสามารถนำไปเพิ่มทางเลือกในการสร้างมูลค่า โดยมีพื้นฐานแนวคิด 3R (Reduce-reuse-recycle) คือ ลำดับขั้นตอนในการจัดการขยะอย่างถูกวิธี คือ การลดการสร้างของเสีย (Reduce) การนำวัสดุที่ใช้ได้นำมาใช้ซ้ำ (Reuse) เพื่อใช้วัสดุเหลือใช้ให้คุ้มค่าที่สุดก่อนที่จะนำไปกำจัดที่หลุมฝังกลบ และการนำวัสดุที่ไม่ได้ใช้งานแล้วมาผ่านกระบวนการเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) เมื่อเวลาผ่านไป แนวคิด 5R (รูปที่ 2.11) ได้รับการแนะนำหลังจากแนวคิด 3R มีการเพิ่มขั้นตอนการจัดการของเสียอีก 2 ขั้นตอนในแนวคิด 5R: ขั้นแรก คือ การนำวัสดุที่ไม่สามารถนำมาใช้งานได้ กลับมาใช้ใหม่เป็นแหล่งพลังงานได้อีกต่อไป (Recover) วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อหลีกเลี่ยงการฝังกลบ ขั้นตอนสุดท้ายคือการกำจัด ซึ่งเป็นการจัดสรรขยะที่ไม่สามารถนำมาใช้งานได้ แนวคิดสามเหลี่ยมกลับด้าน 3R แสดงปริมาณของเสียที่ควรจัดการในแต่ละลำดับ ซึ่งหมายความว่า โดยพื้นฐานแล้วการผลิตของเสียส่วนใหญ่ควรลดลงตั้งแต่ต้นเมื่อไม่สามารถหลีกเลี่ยงการผลิตของเสียได้อีกต่อไป สิ่งของเหล่านั้นจะถูกนำกลับมาใช้ใหม่ หนึ่งในวิธีการนำกลับมาใช้ใหม่ คือ ผ่านกระบวนการพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น เมื่อวัสดุไม่สามารถนำมาใช้ได้อีก ขยะจะถูกรีนำมาใช้ใหม่ ซึ่งจะถูกหลอม สับ เพื่อขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่อาจมีคุณภาพลดลง การลดลงของคุณภาพในวัสดุตลอดจนพลังงาน และทรัพยากรที่จำเป็นในการนำมาใช้งานใหม่ เป็นสาเหตุสองประการที่ทำให้การนำมาใช้งานใหม่ไม่ใช่สิ่งสำคัญอันดับแรกของการจัดการขยะอย่างถูกวิธี สิ่งสำคัญอันดับแรก คือ การลด หรือป้องกันการเกิดของเสียตั้งแต่ต้นเสมอ (Waste 4 change, 2019)

รูปที่ 2.11 แนวคิดการจัดการขยะ 5R สามเหลี่ยมกลับด้าน ลำดับชั้นการจัดการขยะ

ที่มา: https://waste4change.com/blog/waste4change-supports-3r-reduce-reuse-recycle-green-concept/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 เปลือกกระเทียม (Reni และคณะ, 2021)

เปลือกกระเทียม (รูปที่ 2.12) คือ ขยะที่ย่อยสลายทางชีวภาพในครัวเรือนเป็นอันดับต้น ๆ โดยที่เปลือกกระเทียมประมาณ 2.3-2.9 ล้านตันถูกสร้างเป็นขยะทั่วโลก เปลือกกระเทียมประกอบด้วย เซลลูโลส (Cellulose) ร้อยละ 41-50 เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ร้อยละ 16-26% และลิกนิน (Lignin) ร้อยละ 26-30 ซึ่งทำให้มีคุณสมบัติเป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพ โดย Reni และคณะ ได้ทดลองสร้างบรรจุภัณฑ์จากเปลือกกระเทียมขึ้นมา และได้รับการทดสอบ พบว่าสามารถใช้เป็นทางเลือกที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อลดผลกระทบในการใช้พลาสติก และการใช้กระดาษที่มากเกินไปในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์

รูปที่ 2.12 เปลือกกระเทียม
(ถ่ายภาพโดย: ญาดา เดวีเลาะ, 2566)

รวมทั้ง Manya Harsha นักเรียนของ Vibgyor high BTM ในเบงกาลูรู ประเทศอินเดีย สามารถคิดค้นวิธีการทำกระดาษที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากเปลือกหัวหอม กระเทียม และมันฝรั่ง (รูปที่ 2.13) และได้รับการยกย่องจาก UN-Water สำหรับในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม โดยมีขั้นตอนการทำดังนี้ เก็บเปลือกของกระเทียม หัวหอมที่จะทิ้งลงในถังขยะ โดยแนะนำให้ใช้เปลือกเฉพาะเพื่อให้ได้กระดาษสีที่ต้องการตัวอย่าง เช่น เปลือกหัวหอมจะทำให้เป็นแผ่นสีม่วงในขณะที่เปลือกข้าวโพดจะทำให้เป็นสีเหลืองหยาบ จากนั้นนำเปลือกลงไปในหม้อพร้อมกับน้ำ และเบกกิ้งโซดาหนึ่งช้อน เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง โดยเบกกิ้งโซดาจะช่วยทำการสลายเยื่อกระดาษ เมื่อถึงเวลาแล้วนำเนื้อเยื่อที่ได้นำไปทำให้เหลว และบดเพื่อให้ได้เยื่อกระดาษ และนำเนื้อเยื่อนี้ให้ผสมกับน้ำ นำเยื่อกระดาษมาผสมแล้วเกลี่ยบนพื้นผิวเรียบ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ระบายน้ำส่วนเกินออกจากส่วนผสมนี้แล้ว ทำได้โดยใช้ตะแกรง หรือผ้าฝ้ายบาง ๆ ทิ้งไว้ข้ามคืนเพื่อให้กระดาษแห้ง หลังจากกระดาษแห้งสามารถเก็บได้ (https://www.thebetterindia.com/259163/bengaluru-viral-ecofriendly-paper-vegetable-peels-innovation-manya-harsha/, สืบค้น 20 มี.ค 2566)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.13 กระดาษจากเปลือกกระเทียม

ที่มา: https://www.thebetterindia.com/259163/bengaluru-viral-ecofriendly-paper-vegetable-peels-innovation-manya-harsha/

มีงานที่เกี่ยวข้องกับเปลือกกระเทียม คือ ศูนย์เรียนรู้โรงไฟฟ้าขนอมมาการออกแบบสิ่งทอชีวภาพ เพื่อมาเป็นวัสดุทำกระเป๋า โดยใช้ เปลือกกระเทียม (รูปที่ 2.14) เหลือทิ้ง ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ โดยมีแนวคิดกระตุ้นการออกแบบที่ยั่งยืน Gui Giantini นักออกแบบได้ดีไซน์ Sacalho กระเป๋าที่ทำมาจากวัสดุชีวภาพ อย่างเปลือกกระเทียม ซึ่งเหลือทิ้งจากการใช้ประโยชน์ ผลออกมาเป็นกระเป๋าที่มีความสวยงาม และวัสดุนี้ก็ถือเป็นวัสดุที่มีความยั่งยืนสามารถนำมาใช้ประโยชน์ทดแทนวัสดุที่ใช้ในปัจจุบันได้ โดยนักออกแบบหวังที่จะกระตุ้นการพัฒนาวัสดุชีวภาพ และสื่อสารถึงปัญหาขยะอาหารเหลือทิ้ง และปัญหาจากอุตสาหกรรมสิ่งทอที่ส่งผลกระทบอย่างมากต่อสิ่งแวดล้อมทั้งในแง่ของการใช้ทรัพยากร และในแง่ของมลพิษในการพัฒนาโครงการ สิ่งแรก คือ ความประณีตของสิ่งทอชีวภาพ โดยเริ่มจากการสำรวจองค์ประกอบของเศษอาหารต่าง ๆ เช่น กากกาแฟ ขี้เถ้าไม้ กระเทียม แครอท หัวหอม มันฝรั่ง ไข่ และเปลือกถั่วลิสง ในการพัฒนา วิเคราะห์ และประเมินผลไบโอเท็กซ์ไทล์ที่มีคุณสมบัติทางกายภาพใกล้เคียง จากผ้าจึงเลือกใช้เปลือกกระเทียม คุณสมบัติทางกลของสิ่งทอชีวภาพนี้มีลักษณะเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าอื่น ๆ อีกสองชนิดที่ใช้กันทั่วไปในถุงผ้า ได้แก่ ผ้าฝ้าย และทีเอ็นที เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นรูปธรรม และทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับความต้านทานของสิ่งทอชีวภาพ จากนั้นนำไปใช้กับโครงการกระเป๋าโท้ท ซึ่งมีขั้นตอนการออกแบบพารามิเตอร์ที่อนุญาตให้ปรับแต่งขนาดของผลิตภัณฑ์ สร้างตัวเลือกรูปแบบทางเรขาคณิต และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของการผลิตแม่พิมพ์แบบแยกส่วน ซึ่งใช้วัสดุชีวภาพผสม หลังจากผ่านไปสองวัน ส่วนผสมก็ถูกแกะออก และเย็บผ้าไบโอเท็กซ์ไทล์ของเปลือกกระเทียมให้เป็นรูปทรงกระเป๋าอย่างที่ต้องการ (https://www.facebook.com/2070435209696454/posts/pfbid02ceqyKujmPHpMemAgqbMk2sVKSnhD565GdTSN9EpJt1jPJz4RKFkp9FH2aAvbavarl/, สืบค้น 21 มี.ค. 2566)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.14 กระเป๋าที่ทำมาจากวัสดุชีวภาพเปลือกกระเทียม
ที่มา: https://www.facebook.com/2070435209696454/posts/pfbid02ceqyKujmPHpMemAgqbMk2sVKSnhD565GdTSN9EpJt1jPJz4RKFkp9FH2aAvbavarl/

2.6 ก้อนเชื้อเห็ดหมดอายุ หรือก้อนเชื้อเห็ดเก่า (สุธีรา และคณะ, 2564)

ปัจจุบันการเพาะเห็ดได้มีการพัฒนาจนกลายเป็นอาชีพหลักของเกษตรกรในแทบทุกภาค เนื่องจากเห็ดสามารถสร้างรายได้ให้กับผู้เพาะได้เป็นอย่างดีไม่น้อยกว่าพืชผักชนิดอื่น ๆ ทั้งนี้ภายหลังจากการทำการเก็บผลผลิตเห็ดแล้วสิ่งที่ตามมา คือ ก้อนเชื้อหมดอายุ หรือก้อนเชื้อเห็ดเก่า (รูปที่ 2.15) ที่ไม่สามารถให้ผลผลิตเห็ดได้อีกซึ่งเหลือกองทิ้งเป็นจำนวนมากทำให้ประสบปัญหาขยะจากก้อนเชื้อเห็ดเก่าที่หมดอายุ และยากต่อการกำจัด ส่วนใหญ่ผู้เพาะเห็ดจะกำจัดทำลายโดยการเผาหรือนำไปฝังกลบในดิน รวมถึงมีการนำไปกองทิ้ง เป็นขยะในชุมชนซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและทำให้เกิดมลพิษทำลายชั้นบรรยากาศอีกด้วย สำหรับการจัดการวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรนั้นมีหลากหลายรูปแบบที่น่าสนใจ แต่อีกหนึ่งแนวทางของการนำกลับมาใช้ประโยชน์ คือ การนำก้อนเชื้อเห็ดเก่าที่หมดอายุแล้วมาผลิตเป็นก้อนเชื้อเห็ดใหม่อีกครั้ง เนื่องด้วยในก้อนเห็ดเก่ายังมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ถึงร้อยละ 0.38 รวมทั้งมีปริมาณฟอสฟอรัสร้อยละ 0.54 และปริมาณโพแทสเซียมร้อยละ 0.64 ตลอดจนปริมาณแร่ธาตุอาหารเสริมอีกหลายชนิด (สุธีรา และคณะ, 2564)

รูปที่ 2.15 ก้อนเชื้อหมดอายุ หรือก้อนเชื้อเห็ดเก่า
(ถ่ายภาพโดย: ญาดา เดวีเลาะ, 2566)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ผักตบชวา (กิตติพล และ สาธิกา, 2554)

ผักตบมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Eichhornia crassipes* (Mart.) ผักตบชวา (รูปที่ 2.16) จัดเป็นพรรณไม้น้ำที่มีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมอยู่ในทวีปอเมริกาใต้ ได้มีการนำเข้ามาปลูกครั้งแรกไว้ที่วังสระปทุมในกรุงเทพมหานครเมื่อปี พ.ศ. 2444 แต่จากการขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว และเกิดน้ำท่วมจึงทำให้ผักตบชวาหลุดรอดออกมา และเกิดการแพร่กระจายไปทั่ว จนกลายเป็นวัชพืชน้ำที่รุนแรง โดยผักตบชวานั้นจัดเป็นพืชน้ำล้มลุกมีอายุหลายฤดู มีลำต้นสั้นแตกใบเป็นกอลอยไปตามน้ำ มีไหล ซึ่งเกิดตามซอกใบแล้วเจริญเป็นต้นอ่อนที่ปลายไหล ลำต้นมีลักษณะอวบน้ำ ผิวลำต้นเรียบเป็นสีเขียวอ่อนและเข้ม ลำต้นจะมีขนาดสั้น หรือยาวจะขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของแม่น้ำ ก้านใบจะพองออกตรงช่องกลาง ภายในมีลักษณะเป็นรูพรุน จึงช่วยพยุงลำต้นให้ลอยน้ำได้ ลำต้นสั้น มีความสูงได้ประมาณ 3-90 เซนติเมตร รากจะแตกออกจากลำต้น บริเวณข้อ รากมักมีสีม่วงดำ ซึ่งลำต้นลอยอยู่บนผิวน้ำบางต้นอาจจะขึ้นอยู่ตามโคลนในที่น้ำตื้น สามารถขึ้นบนบกก็ได้ มีความทนทานต่อความแห้งแล้งได้ดี แต่จะไม่ทนน้ำเค็ม ผักตบชวาเป็นพืชที่ขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว โดยการแยกกอหรือใช้ไหล พบได้ทั่วไปตามริมน้ำผักตบชวาเป็นปัญหาใหญ่ในปัจจุบันเนื่องจากการเจริญเติบโตที่รวดเร็วทำให้การพัฒนาแหล่งน้ำไม่ได้ผลตามเป้าหมายเนื่องจากผักตบชวาไปลดการไหลของน้ำลงประมาณร้อยละ 40 แพผักตบชวาที่ไหลมาตามน้ำจะเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของศัตรูพืชนานาชนิด ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน จึงไปลดที่อยู่อาศัยของปลา และปริมาณของผักตบชวาที่ลอยอยู่อย่างหนาแน่นบนผิวน้ำ ยังทำให้แสงสว่างในน้ำลดลง เป็นผลทำให้พืชอาหารปลาขนาดเล็กหรือไฟโตแพลงก์ตอนมีปริมาณลดลง ซึ่งไฟโตแพลงก์ตอนนี้เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดก๊าซออกซิเจนในน้ำ ซึ่งจำเป็นต่อการหายใจของปลา และสัตว์น้ำทุกชนิด และอื่น ๆ อีกมากมายแต่ถึงอย่างไรก็ตามเริ่มมีการจัดการปัญหาผักตบชวา จากการศึกษาพบว่าผักตบชวาสามารถนำมาใช้ทำปุ๋ยหมักสำหรับการปลูกพืชผักต่าง ๆ เนื่องจากผักตบชวามีโพแทสเซียมอยู่มากเป็นพิเศษ ส่วนฟอสฟอรัส และไนโตรเจนก็มีอยู่พอสมควร หรือนำมาใช้คลุมต้นไม้ที่ปลูกเอาไว้ให้เกิดความชุ่มชื้น เนื่องจากผักชนิดนี้มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำได้ดี ผักตบชวาสามารถนำมาแปรรูปทำเป็นผลิตภัณฑ์จักสานหรือสินค้าอื่น ๆ เช่นกล่อง กล่องใส่กระดาษทิชชู ตะกร้าผักตบชวา กระเป๋าผักตบชวา เก้าอี้ผักตบชวา เปลญวน รองเท้าแตะหรือรองเท้าผักตบชวา ถาดรองผลไม้ ถาดรองแก้วน้ำ แจกันสาน เสื่อผักตบชวา กระดาษจากผักตบชวา ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.16 ผักตบชวา
(ถ่ายภาพโดย: ณัติฐมล สันติสุขวัฒน ,2566)

จากที่ศึกษาข้อมูลมาเบื้องต้น เปลือกกระเทียมประกอบด้วยเซลลูโลส (ร้อยละ 41-50) เฮมิเซลลูโลส (ร้อยละ 16-26) และลิกนิน (ร้อยละ 26-30) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของเห็ด นอกจากนั้น ก้อนเชื้อเก่ายังประกอบไปด้วยปริมาณไนโตรเจนอยู่ถึงร้อยละ 0.38 รวมทั้งมีปริมาณฟอสฟอรัสร้อยละ 0.54 และปริมาณโพแทสเซียมร้อยละ 0.64 ตลอดจนปริมาณแร่ธาตุอาหารเสริมอีกหลายชนิด และผักตบมีโพแทสเซียมอยู่มากเป็นพิเศษ ส่วนฟอสฟอรัส และไนโตรเจนก็มีอยู่พอสมควร และมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำได้ดี

2.8 โมเดลเศรษฐกิจสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน (Bio-circular-green economic model, BCG)

Bio-circular-green economic model หรือ BCG โมเดลเศรษฐกิจสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน (รูปที่ 2.17) ประกอบด้วย 3 เศรษฐกิจหลัก คือ เศรษฐกิจทางชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียวโดย BCG ได้รับการแนะนำโดยชุมชนการวิจัย และได้รับการส่งเสริมจากรัฐบาลไทยให้เป็นแบบจำลองเศรษฐกิจใหม่เพื่อการเติบโตอย่างครอบคลุม และยั่งยืน แบบจำลอง BCG ใช้ประโยชน์จากจุดแข็งของประเทศในด้านความหลากหลายทางชีวภาพ และความรุ่มรวยทางวัฒนธรรม และใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อเปลี่ยนประเทศไทยให้เป็นเศรษฐกิจที่เน้นคุณค่า และขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมแบบจำลองยังสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนของสหประชาชาติ (SDGs) และมีวัตถุประสงค์เพื่อให้สอดคล้องกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง (SEP) ซึ่งเป็นหลักการสำคัญของการพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมของประเทศไทย จากจุดแข็งของประเทศไทยในด้านกิจกรรมการเกษตรที่แข็งแกร่ง ทรัพยากรธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ และความหลากหลายทั้งในด้านทรัพยากรชีวภาพ และภูมิศาสตร์กายภาพ แบบจำลอง BCG ถูกนำมาใช้เพื่อมุ่งเน้นการส่งเสริมอุตสาหกรรมสี่ประเภท ได้แก่ เกษตรกรรม และอาหาร การแพทย์ และสุขภาพ พลังงานชีวภาพ วัสดุชีวภาพ และเคมีชีวภาพ และการท่องเที่ยวและเศรษฐกิจสร้างสรรค์วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมจะถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำมาใช้เพื่อเพิ่มขีดความสามารถและความสามารถในการแข่งขันของผู้เล่นในห่วงโซ่คุณค่าทั้งต้นน้ำและปลายน้ำในทั้งสี่อุตสาหกรรม ควบคู่กับนโยบายนวัตกรรมและมาตรการทางกฎหมาย และการเงินที่สนับสนุน ปัจจุบันอุตสาหกรรมทั้ง 4 นี้มีมูลค่าทางเศรษฐกิจรวมกัน 3.4 ล้านล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 21 ของ GDP โดยคาดว่าโมเดล BCG จะสามารถเพิ่มตัวเลขดังกล่าวเป็น 4.4 ล้านล้านบาท (หรือร้อยละ 24 ของ GDP) ในอีก 5 ปีข้างหน้า (https://www.thaiembassy.org/, สืบค้น 23 มี.ค. 2566)

รูปที่ 2.17 Bio-circular-green economic model หรือ BCG
ที่มา: https://thaiembdc.org/bio-circular-green-bcg/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 เชื้อเห็ด

3.1.1 เห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulas* Mont.)

3.1.2 เห็ดนางฟ้า (*Pleurotus sajor-caju*)

3.1.3 เห็ดหลินจือ (*Ganoderma lucidum*)

จากศูนย์รวบรวมเชื้อเห็ดแห่งประเทศไทย กลุ่มวิจัยและพัฒนาเห็ด สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร

3.2 วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมี

3.2.1 วัตถุดิบ

3.2.1.1 เปลือกกระเทียม ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท เอื้ออารี ฟู้ด โปรดักท์

3.2.1.2 ก้อนเชื้อเห็ดยานางิเก่า (*Agrocybe cylindracea*) จากศูนย์รวบรวมเชื้อพันธุ์เห็ดแห่งประเทศไทย กลุ่มวิจัยและพัฒนาเห็ด สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร

3.2.1.3 ก้อนเชื้อเห็ดนางรมฮังการีเก่า (*P. osttreatus*) จากฟาร์มรักรวย จังหวัดเพชรบูรณ์

3.2.1.4 ผักตบชวา จากชุมชนหัวตะเข้ และคณะเกษตร สจล.

3.2.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ

3.2.2.1 Potato dextrose agar (PDA)

3.2.3 สารเคมี

3.2.3.1 เอทานอล ร้อยละ 70 (70% Ethanol)

3.2.3.2 เอทานอล ร้อยละ 95 (95% Ethanol)

3.2.4 อุปกรณ์

3.2.4.1 จานเพาะเชื้อ (Culture plate)

3.2.4.2 ตะเกียงแอลกอฮอล์ (Alcohol burner)

3.2.4.3 เข็มเขี่ยเชื้อ (Needle)

3.2.4.4 แท่งแก้วคนสาร (Glass rod)

3.2.4.5 บีกเกอร์ (Beaker)

3.2.4.6 ขวดแก้วใส่สาร (Duran bottle)

3.2.4.7 ช้อนตักสาร (Spatula)

3.2.4.8 แม่พิมพ์ซิลิโคน (Silicon mold)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4.9 แรปพลาสติก (Plastic wrap)

3.2.4.10 ดิจิตอลเวอร์เนียคาลิปเปอร์ (Digital vernier caliper)

3.2.5 เครื่องมือ

3.2.5.1 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

3.2.5.2 ตู้ปลอดเชื้อ (Biological safety cabinet)

3.2.5.3 เครื่องฆ่าเชื้อความดันไอ (Autoclave)

3.2.5.4 เครื่องชั่ง (Precision balance)

3.2.5.5 เครื่องบด (Bosco plastic crusher)

3.2.5.6 ตู้ดูดความชื้น (Desiccator)

3.2.5.7 เครื่องทดสอบแรงอัดคอนกรีต (Compression machines)

3.3 การวัดการเจริญเติบโต และการสังเกตลักษณะโคโลนี

ศึกษาการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ดทั้ง 3 สายพันธุ์ คือ เห็ดขอนขาว เห็ดนางฟ้า และเห็ดหลินจือ โดยนำเชื้อเห็ดเริ่มต้น (Starter) แต่ละสายพันธุ์ที่เจริญอยู่บนอาหาร PDA ในจานเพาะเชื้อมาเจาะด้วยที่เจาะจุกคอร์ก เบอร์ 2 (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร) จากนั้นย้ายชิ้นวุ้นลงบนจานเพาะเลี้ยงเชื้อใหม่ที่มีอาหาร PDA โดยวางชิ้นวุ้นจำนวน 1 ชิ้นวุ้นต่อจาน เพาะเลี้ยงเชื้อ ทำทั้งหมด 3 ซ้ำ นำไปเลี้ยงบ่มที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) ทำการบันทึกการเจริญเติบโตโดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี ในแนวแกน X และแกน Y โดยใช้ดิจิตอลเวอร์เนียคาลิปเปอร์ ทุก ๆ 1 วัน จนครบ 4 วัน พร้อมทั้งสังเกต และบันทึกลักษณะโคโลนี และเปรียบเทียบผลในวันที่ 3

3.4 การเตรียมวัสดุเหลือใช้

นำเปลือกกระเทียมไปบดในเครื่องบด Bosco plastic crusher (ขนาดตัวกรอง 5 มิลลิเมตร) ส่วนก้อนเชื้อเห็ดเก่าทั้ง 2 สายพันธุ์ คือยานางิ และ ฮังการี ไปอบที่ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาเวลา 24 ชั่วโมง และนำใบและลำต้นของผักตบมาหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ (ขนาด 1 นิ้ว) และนำไปอบที่ตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนแห้ง จากนั้นนำไปบดในเครื่องบด Bosco plastic crusher (ขนาดตัวกรอง 5 มิลลิเมตร)

3.5 การเพาะเลี้ยง และเตรียมหัวเชื้อเมล็ดข้าวฟ่าง

นำเชื้อเห็ดขอนขาว เห็ดนางฟ้า และ เห็ดหลินจือ มาถ่ายเชื้อลงบนอาหารใหม่ (Subculture) คือ อาหาร PDA ที่อยู่ในจานเพาะเชื้อ จากนั้นนำจานเพาะเชื้อบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน เตรียมเมล็ดข้าวฟ่างโดยนำไปล้างน้ำให้สะอาด และนำมาแช่น้ำเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดข้าวฟ่างที่แช่น้ำมาต้มเป็นเวลา 30 นาที หรือให้สังเกตให้เมล็ดข้าวฟ่างเริ่มแตกแต่ไม่ถึงกับและจึงหยุด

เอกสารนี้ [illegible] ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้ม แล้วทำการกรองด้วยตะแกรงทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นบรรจุลงขวดขนาด 4 ออนซ์ (125 มิลลิลิตร) ขวดละ 30 กรัม และนำขวดเมล็ดข้าวฟ่างไปเข้าเครื่องฆ่าเชื้อความดันไอ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น และทำการถ่ายเชื้อเห็ดที่เตรียมไว้ใส่ลงขวดเมล็ดข้าวฟ่าง โดยเทคนิคปลอดเชื้อ บ่มเส้นใยที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน เพื่อให้เชื้อเจริญได้เต็มเมล็ดข้าวฟ่าง

3.6 การคัดเลือกเชื้อเห็ดเบื้องต้น

ผสมวัตถุดิบในอัตราส่วนต่าง ๆ ตามตารางที่ 3.1 จากนั้นบรรจุลงขวดขนาด 8 ออนซ์ (236.59 มิลลิลิตร) ขวดละ 25 กรัม และนำขวดนี้เข้าเครื่องฆ่าเชื้อความดันไอ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นใส่หัวเชื้อเมล็ดข้าวฟ่างปริมาณ 5 กรัม บ่มทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน ตรวจผลทุก 3, 7 และ 14 วัน

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนของวัสดุเหลือใช้ในแต่ละสูตร

สูตร	เปลือกกระเทียม (กรัม)	ก้อนเชื้อเห็ดเก่า* (กรัม)	ผักตบ (กรัม)
1	500	250	250
2	250	500	250
3	250	250	500
รวม		1,000	

*หมายเหตุ แต่ละสูตรใส่น้ำ 2 ลิตร หัวเชื้อเมล็ดข้าวฟ่าง 200 กรัม และก้อนเชื้อเห็ดเก่า 2 ชนิด คือ เห็ดนางรมฮังการี และเห็ดยานาง

3.7 กระบวนการขึ้นรูปต้นแบบกระถางในแม่พิมพ์ซิลิโคน

นำวัสดุเหลือใช้ต่าง ๆ ตามอัตราส่วนดังตารางที่ 3.1 ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำใส่แม่พิมพ์ซิลิโคนกระถาง กระถางละ 30 กรัม กดให้แน่น ใช้แรปพลาสติกปิดผนึก และเจาะรู นำไปบ่มที่มืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน เมื่อครบกำหนดนำมาแกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ ชั่งน้ำหนักก่อนอบ และนำไปอบที่ตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง บันทึกและวิเคราะห์คุณภาพชิ้นงาน คือ วิเคราะห์หาค่าน้ำหนักแห้ง ความหนาแน่น และการทดลองแรงอัดแกนเดียว (Unconfined compression test) โดยใช้เครื่องทดสอบแรงอัดคอนกรีต และคำนวณจากสมการ

ความหนาแน่น

$$\rho = \frac{m}{v}$$

โดยที่ ρ = ความหนาแน่นแห้ง (g/cm^3), m = มวลของวัสดุ (g) และ v = ปริมาตรของวัสดุ (cm^3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงอัดแกนเดียว

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

โดยที่ σ = ความทนแรงอัด (kPa), P = โหลดที่ใช้ในการกดอัด (kN) และ A = พื้นที่หน้าตัด (mm^2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 อัตราการเจริญเติบโต และลักษณะโคโลนี

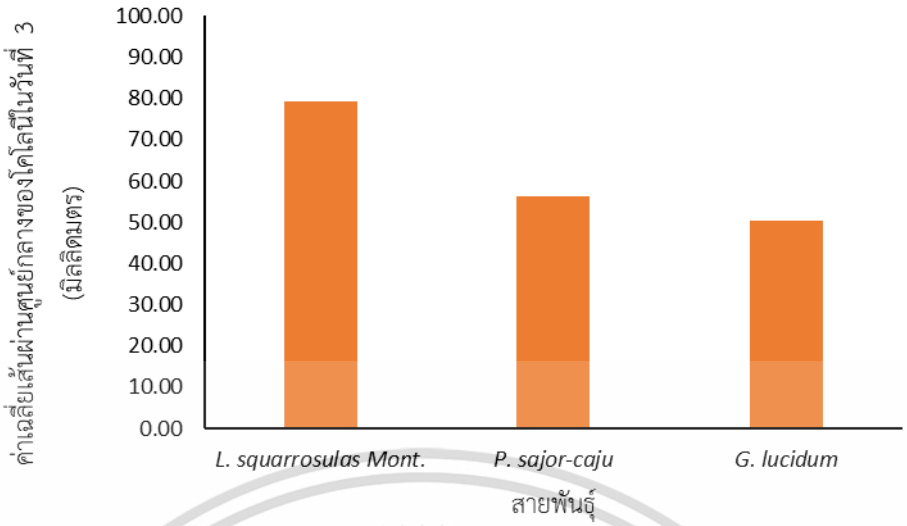
ผลการทดลองพบว่าอัตราการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ดทั้ง 3 สายพันธุ์ (Species) คือ เห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulas* Mont.) เห็ดนางฟ้า (*Pleurotus sajor-caju*) และเห็ดหลินจือ (*Ganoderma lucidum*) พบว่าเชื้อเห็ดทั้งหมดนั้นเติบโตค่อนข้างรวดเร็ว และในวันที่ 4 พบว่าเส้นใยของเชื้อเห็ดขอนขาวมีการเจริญเติบโตเต็มจานเพาะเชื้อ (90 เซนติเมตร) ดังนั้นจึงเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ดบนอาหาร Potato dextrose agar (PDA) ทั้ง 3 สายพันธุ์ ในวันที่ 3 โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 (ภาคผนวก ข, ตารางที่ 1) พบว่าเชื้อเห็ดขอนขาวมีอัตราการเจริญเติบโตเร็วที่สุด คือ มีค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีเท่ากับ 79.32±0.43 มิลลิเมตร และมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยเท่ากับ 8.16 มิลลิเมตร/วัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kupradit และคณะในปี 2020 ที่พบว่าในอุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส ในวันที่ 3 บนอาหาร PDA เชื้อเห็ดขอนขาวมีค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีเท่ากับ 79.8 มิลลิเมตร ลำดับถัดมา คือ เห็ดนางฟ้ามีค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีเท่ากับ 56.27±1.55 มิลลิเมตร และมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยเท่ากับ 5.24 มิลลิเมตร/วัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mazidi และคณะในปี 2019 ที่พบว่าในวันที่ 3 บนอาหาร PDA เชื้อเห็ดของเห็ดนางฟ้ามีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยเท่ากับ 5.95 มิลลิเมตร/วัน และเชื้อเห็ดที่มีอัตราการเจริญเติบโตที่ช้าที่สุด คือ เห็ดหลินจือ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีเท่ากับ 50.37±1.41 มิลลิเมตร และและมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยเท่ากับ 3.27 มิลลิเมตร/วัน สอดคล้องกับ Kausar และคณะ (2019) ที่พบว่าเห็ดหลินจือมีค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นเส้นผ่านศูนย์กลางบนอาหาร PDA เท่ากับ 50.30 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.1 อัตราการเจริญของเชื้อเห็ดบนอาหาร Potato dextrose agar (PDA) ในวันที่ 3

สายพันธุ์	**ค่าเฉลี่ยการเจริญ (มิลลิเมตร)**	**อัตราการเจริญเฉลี่ย (มิลลิเมตร/วัน)**
Lentinus squarrosulas Mont	79.32±0.43	8.16
Pleurotus sajor-caju	56.27±1.55	5.24
Ganoderma lucidum	50.37±1.41	3.27

หมายเหตุ : ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

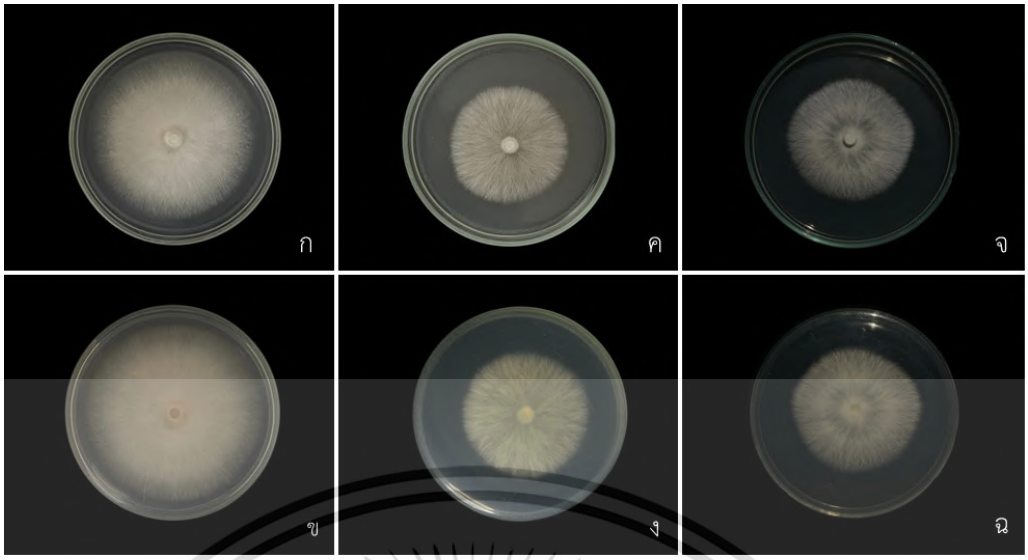
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 กราฟค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดโคโลนีในวันที่ 3 ของเชื้อเห็ดทั้ง 3 สายพันธุ์

ลักษณะโคโลนีของเชื้อเห็ดขอนขาวมีโคโลนีมีรูปร่าง (Colony from) มีลักษณะกลม (Circular) สีขาว มีลักษณะการยกตัวของโคโลนี (Colony elevation) คือ ยกขึ้นจากผิวหน้าอาหาร (Raised) ลักษณะของขอบ (Colony margin) เป็นเส้นสาย (Filiform) ผิวหน้าโคโลนี (Colony surface) มีลักษณะผิวหน้าเรียบ (Smooth) โคโลนีมีความหนาแน่น คล้ายปุยฝ้าย เมื่อเส้นใยแก่ พบว่ามีเส้นใยสีดำปนอยู่ด้วย (รูปที่ 4.2, ก-ข) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Miriyagalla และคณะ ในปี 2022 ส่วนลักษณะโคโลนีของเชื้อเห็ดนางฟ้าพบว่าโคโลนีมีรูปร่างกลม สีขาว ลักษณะโคโลนีแบนราบไม่มีการยกตัวของโคโลนี ลักษณะของขอบเป็นเส้นสาย ผิวหน้าโคโลนี เป็นวงแหวนซ้อนกันเป็นชั้น (Concentric) เมื่อเส้นใยแก่ พบว่าเส้นใยยังคงเป็นสีขาวเช่นเดิม และมีเส้นใยที่ฟู (รูปที่ 4.2, ค-ง) และลักษณะโคโลนีของเชื้อเห็ดหลินจือมีลักษณะโคโลนีรูปร่างกลม สีขาว ลักษณะโคโลนีแบนราบไม่มีการยกตัวของโคโลนี ลักษณะของขอบเป็นเส้นสาย ผิวหน้าโคโลนีเป็นวงแหวนซ้อนกันเป็นชั้น เส้นใยมีความหนา และเหนียว เมื่อเส้นใยแก่ พบว่ามีเส้นใยสีน้ำตาลอมเหลือง และมีกลิ่นชื้น (รูปที่ 4.2, จ.-ฉ) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Subedi และคณะ ในปี 2021

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

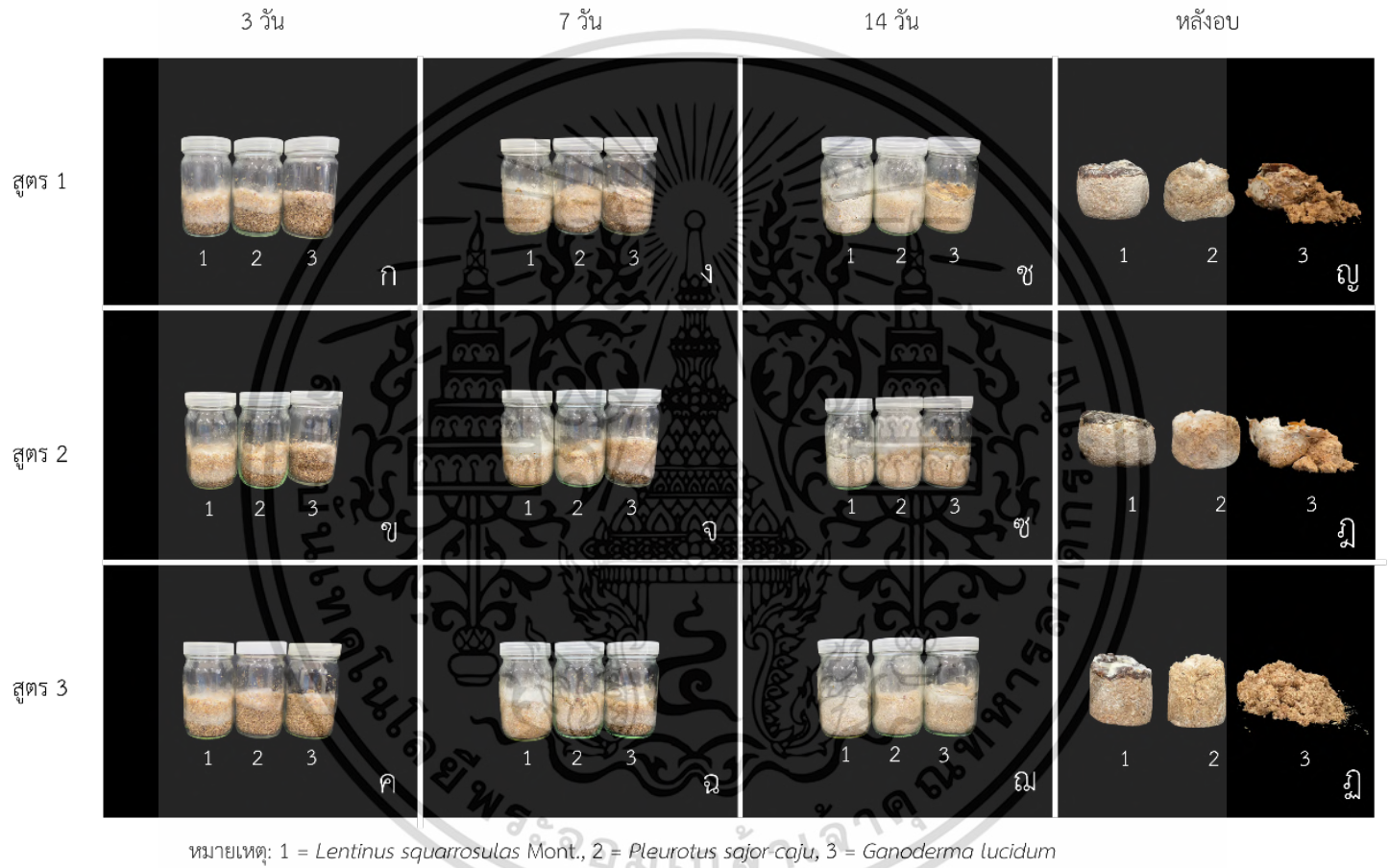


รูปที่ 4.2 ลักษณะของโคโลนีบนอาหาร Potato dextrose agar (PDA) เป็นเวลา 3 วัน (ก-ข) เห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulas* Mont.) (ค-ง) เห็ดนางฟ้า (*Pleurotus sajor-caju*) (จ-ฉ) เห็ดหลินจือ (*Ganoderma lucidum*)

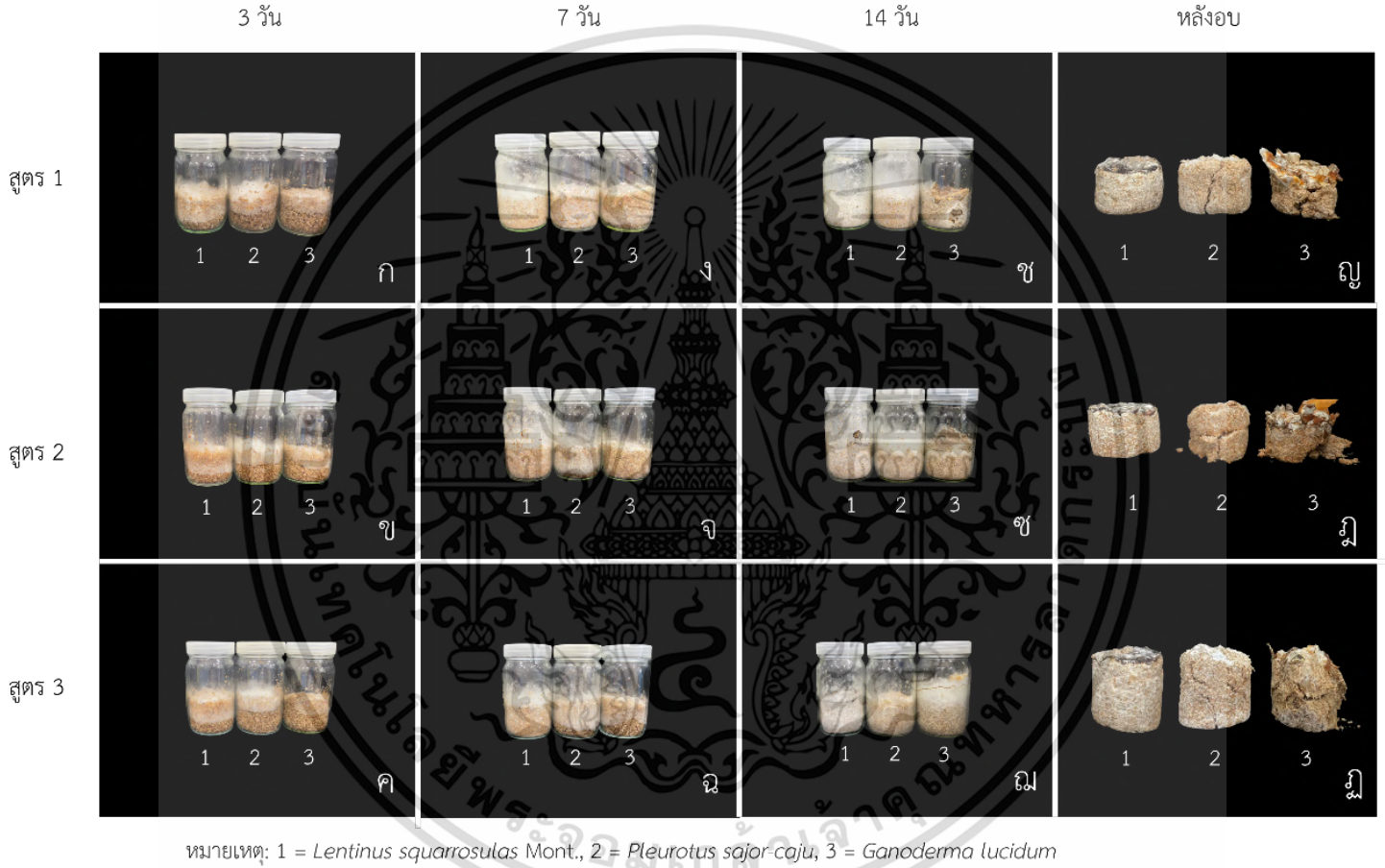
4.2 การคัดเลือกเชื้อเห็ดเบื้องต้น

จากการทดลองนำวัสดุเหลือใช้ในอัตราส่วนต่าง ๆ ทั้งหมด 3 สูตร ก้อนเชื้อเห็ดเก่าทั้ง 2 สายพันธุ์ในขวดใส พบว่าเชื้อเห็ดทั้ง 3 สายพันธุ์สามารถโตได้ในอัตราส่วนวัสดุเหลือใช้ที่ทดลองทั้งหมด โดยในวันที่ 3 พบว่าเห็ดขอนขาวมีการเจริญเติบโตของเส้นใยที่เร็วที่สุด รองลงมา คือ เห็ดนางฟ้า และเห็ดหลินจือตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ดทั้ง 3 สายพันธุ์บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (รูปที่ 4.3,ก-ค และ รูปที่ 4.4,ก-ค) ต่อมาในวันที่ 7 พบว่าเห็ดขอนขาวมีเส้นใยเจริญเต็มขวดใสทุกสูตร แต่เห็ดนางฟ้า (รูปที่ 4.3, ง-ฉ) และเห็ดหลินจือนั้นมีเส้นใยยังเจริญไม่เต็มขวด (รูปที่ 4.4, ง-ฉ) ต่อมาในวันที่ 14 เชื้อเห็ดทุกสายพันธุ์สามารถเจริญเติบโตได้เต็มขวดใส และเส้นใยของเห็ดบางสายพันธุ์เริ่มเปลี่ยนสี (รูปที่ 4.3 ,ช-ฌ และ รูปที่ 4.4 ,ช-ฌ) และสุดท้ายเมื่อนำก้อนวัสดุเหลือใช้นี้ออกจากขวดใส พบว่าเส้นใยของเชื้อเห็ดขอนขาวสามารถเกาะวัสดุเหลือใช้ให้คงอยู่เป็นก้อนได้ (รูปที่ 4.3, 1ญ-1ฏ และ รูปที่ 4.4, 1ญ-1ฏ) ส่วนเส้นใยของของเชื้อเห็ดนางฟ้านั้นมีการยึดเกาะขึ้นรูปได้เพียงเล็กน้อย (รูปที่ 4.3, 2ญ-2ฏ และ รูปที่ 4.4, 2ญ-2ฏ) แต่เส้นใยของเชื้อเห็ดหลินจือนั้นไม่สามารถเกาะวัสดุได้ (รูปที่4.3, 3ญ-3ฏ และ รูปที่ 4.4, 3ญ-3ฏ) รวมทั้งเมื่อนำก้อนวัสดุเหลือใช้ที่ยึดเกาะด้วยเส้นใยเห็ดนี้ไปอบที่ตู้อบลมร้อนพบว่าเชื้อเห็ดขอนขาวยังคงรูปเป็นก้อนได้ดีที่สุด รองลงมา คือ เชื้อเห็ดนางฟ้า และเชื้อเห็ดหลินจือ ตามลำดับ ซึ่งคุณสมบัติหรือลักษณะการยึดเกาะของเส้นใยเชื้อเห็ดแต่ละสายพันธุ์นั้นเหมือนลักษณะก่อนอบที่ได้กล่าวไว้ ดังนั้นมีเพียงเชื้อเห็ดขอนขาว และเชื้อเห็ดนางฟ้าที่นำไปขึ้นรูปต้นแบบกระถางในแม่พิมพ์ซิลิโคนต่อไป จากผลการทดลองสอดคล้องกับการทดลองของ Ly และ Jitjak ในปี 2022 ที่มีการใช้เชื้อเห็ดขอนขาว โดยมีฟางข้าวเป็นซับสเตรต (Substrate) และพบว่าเป็นสายพันธุ์เห็ดที่เหมาะสมที่สุดในการสร้าง Bio composite

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 เชื้อเห็ดทั้ง 3 สายพันธุ์ในวัสดุเหลือใช้ต่าง ๆ จากก้อนเชื้อเห็ดยานางิเก่า (*Agrocybe cylindracea*) (ก) สูตร 1 วันที่ 3 (ข) สูตร 2 วันที่ 3 (ค) สูตร 3 วันที่ 3 (ง) สูตร 1 วันที่ 7 (จ) สูตร 2 วันที่ 7 (ฉ) สูตร 3 วันที่ 7 (ช) สูตร 1 วันที่ 14 (ซ) สูตร 2 วันที่ 14 (ฌ) สูตร 3 วันที่ 14 (ญ) สูตร 1 หลังอบ (ฎ) สูตร 2 หลังอบ (ฏ) สูตร 3 หลังอบ

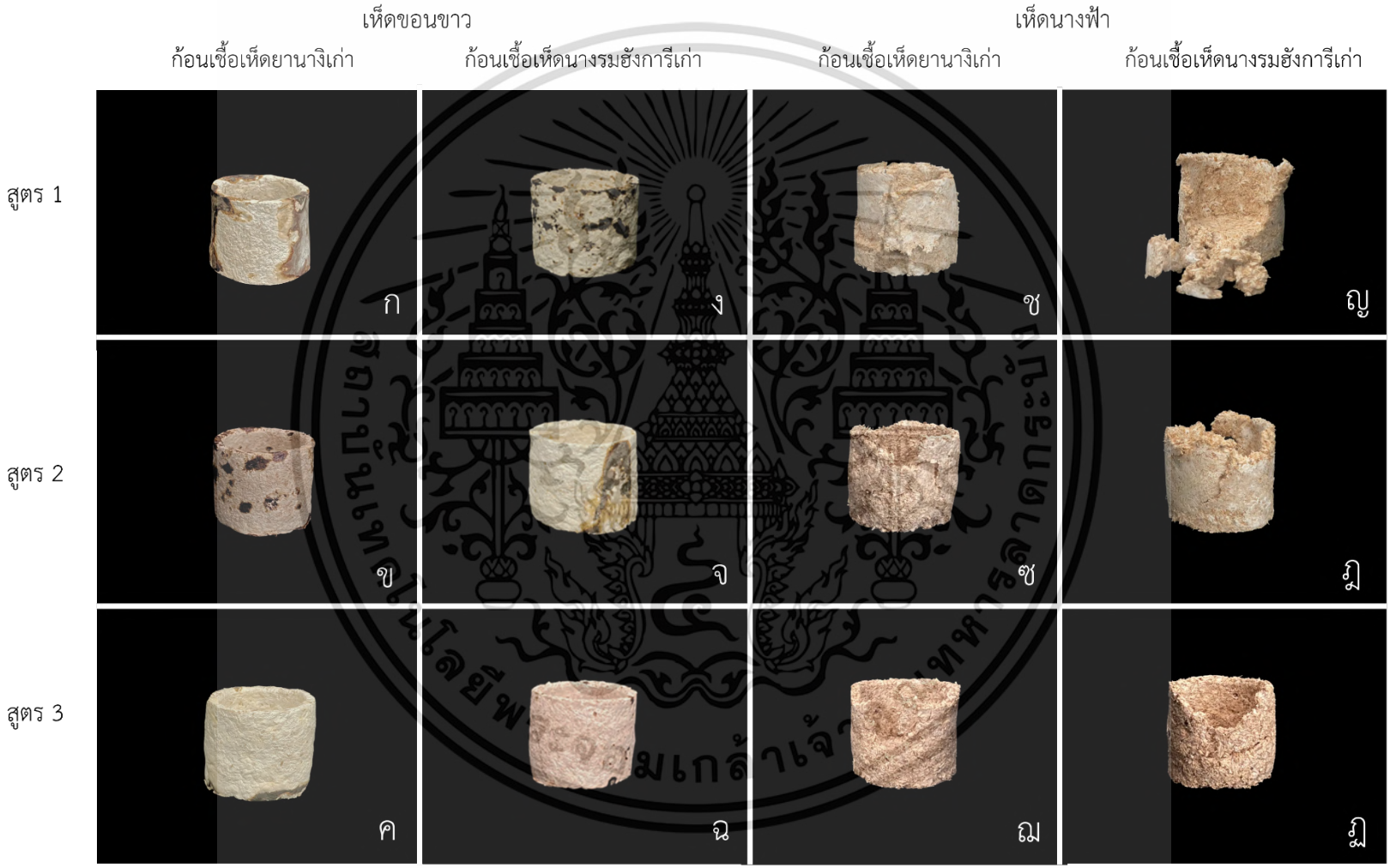


รูปที่ 4.4 เชื้อเห็ดทั้ง 3 สายพันธุ์ในวัสดุเหลือใช้ต่าง ๆ จากก้อนเชื้อเห็ดนางรมฮังการีเก่า (*Pleurotus osttreatus*) (ก) สูตร 1 วันที่ 3 (ข) สูตร 2 วันที่ 3 (ค) สูตร 3 วันที่ 3 (ง) สูตร 1 วันที่ 7 (จ) สูตร 2 วันที่ 7 (ฉ) สูตร 3 วันที่ 7 (ช) สูตร 1 วันที่ 14 (ซ) สูตร 2 วันที่ 14 (ฌ) สูตร 3 วันที่ 14 (ญ) สูตร 1 หลังอบ (ฎ) สูตร 2 หลังอบ (ฏ) สูตร 3 หลังอบ

4.3 การขึ้นรูปต้นแบบกระถาง

จากวัสดุเหลือใช้ต่าง ๆ ตามอัตราส่วนที่ใส่ลงแม่พิมพ์ซิลิโคนกระถาง กระถางละ 30 กรัม นั้น พบว่าต้นแบบกระถางทุกสูตรเหลือน้ำหนักก่อนอบอยู่ในช่วง 17.54-19.54 กรัม (ตารางที่ 4.2, ภาคผนวก ข ตารางที่ 2) และพบว่าเส้นใยของเชื้อเห็ดนางฟ้าไม่สามารถขึ้นรูปเป็นกระถางได้ (รูปที่ 4.5 ,ช-ฏ) จึงมีเพียงเส้นใยของเชื้อเห็ดขอนขาวที่ขึ้นรูปเป็นต้นแบบกระถางได้เท่านั้น และสามารถขึ้นรูปต้นแบบกระถางได้ทุกสูตร (รูปที่ 4.5, ก-ฉ) ดังนั้นจึงวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ จากต้นแบบกระถางจากเส้นใยเห็ดขอนขาวเพียงสายพันธุ์เดียว โดยมีน้ำหนักแห้งทุกสูตรอยู่ในช่วง 7.42-8.44 กรัม และพบว่าสูตรที่ใช้ก้อนเชื้อเห็ดยานางิเก่านั้นมีน้ำหนักแห้งมากกว่าสูตรที่ใช้ก้อนเชื้อเห็ดนางรมฮังการีเก่า และสูตร 3 ที่ใช้ผักตบเป็นวัสดุเหลือใช้ในอัตราส่วนที่มากที่สุดมีน้ำหนักมากที่สุด รองลงมา คือ สูตร 2 ที่ใช้ก้อนเชื้อเห็ดเก่าเป็นวัสดุเหลือใช้ในอัตราส่วนที่มากที่สุด และสุดท้าย คือ สูตร 1 ที่ใช้เปลือกกระเทียมเป็นวัสดุเหลือใช้ในอัตราส่วนที่มากที่สุด ส่วนปริมาตรของทุกสูตรอยู่ในช่วง 35.41-39.53 ลูกบาศก์เซนติเมตร และมีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 0.20-0.22 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (ตารางที่ 4.2, ภาคผนวก ข ตารางที่ 2) ผลจากการทดลองแรงอัดแกนเดียว พบว่าทุกสูตรอยู่ในช่วง 166.9-439.3 กิโลปาสคาล (ตารางที่ 4.2, รูปที่ 4.6) ดังนั้นสูตรที่ดีที่สุดจากการสังเกต และการวัดค่าคือ สูตรที่ 2 รองลงมาคือสูตรที่ 1 และสุดท้ายคือสูตรที่ 3 ซึ่งมีความฟูมากกว่าสูตรอื่น แสดงให้เห็นโครงสร้างการยึดเกาะของเส้นใยที่ไม่ดีเท่ากับสูตรอื่น และประเภทของก้อนเชื้อเห็ดเก่ามีผลต่อความแข็งแรงอย่างเห็นได้ชัด คือ สูตรที่ใช้ก้อนเชื้อเห็ดนางรมฮังการีเก่ามีความแข็งแรงมากกว่าประมาณ 2-3 เท่าของสูตรที่ใช้ก้อนเชื้อเห็ดยานางิเก่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

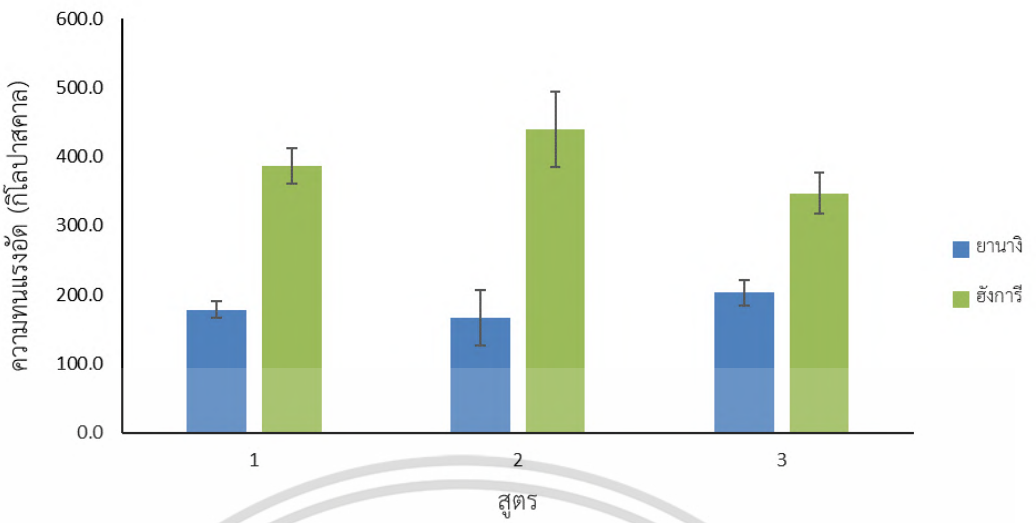


รูปที่ 4.5 ต้นแบบกระถางหลังอบ จากวัสดุเหลือใช้ต่าง ๆ ร่วมกับเชื้อเห็ด 2 สายพันธุ์

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักก่อนอบ น้ำหนักแห้ง ปริมาตร ความหนาแน่น และความทนแรงอัดของต้นแบบกระถางจากเชื้อเห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulas* Mont.)

ชนิดของก้อนเชื้อเห็ดเก่า	สูตร	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหนักแห้ง (กรัม)	ปริมาตร (ลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความทนแรงอัด (กิโลปาสคาล)
เห็ดยานางิ	1	18.16±1.26	7.47±0.23	36.19±3.48	0.21±0.02	178.0±12.21
(*Agrocybe cylindracea*)	2	17.54±0.63	7.91±0.02	37.56±1.42	0.21±0.01	166.9±40.19
	3	19.54±0.54	8.44±0.11	39.45±4.13	0.22±0.02	203.0±18.79
เห็ดนางรมฮังการี	1	18.83±1.12	7.42±0.11	38.01±3.70	0.20±0.02	386.3±25.68
(*Pleurotus osttreatus*)	2	18.37±0.41	7.73±0.05	35.41±1.70	0.22±0.01	439.3±55.18
	3	18.70±0.42	7.94±0.05	39.53±1.29	0.20±0.01	346.7±29.62

หมายเหตุ : ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)



รูปที่ 4.6 การทดสอบแรงอัดแกนเดียวของต้นแบบกระถางจากเชื้อเห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulas* Mont.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

เชื้อเห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulas* Mont.) เหมาะกับการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการขึ้นรูปต้นแบบกระถางมากที่สุด เนื่องจากเชื้อเห็ดขอนขาวมีอัตราการเจริญเติบโตของเส้นใยเร็วที่สุด และสามารถขึ้นรูปต้นแบบกระถางได้ทุกสูตรของวัสดุเหลือใช้ พร้อมทั้งมีคุณสมบัติยึดเกาะวัสดุเหลือใช้ต่าง ๆ ให้เข้ากันแข็งแรงหรือดีที่สุด ซึ่งต้นแบบกระถางที่ได้จากทุกสูตรนั้นมีน้ำหนักเบา โดยมีค่าน้ำหนักแห้งอยู่ในช่วง 17.54-19.54 กรัม รวมทั้งความหนาแน่นของต้นแบบกระถางมีปริมาตรอยู่ในช่วง 0.20-0.22 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และมีค่าทนแรงกดอัดได้สูงสุดเท่ากับ 439.3 และต่ำสุดเท่ากับ 166.9 กิโลปาสคาล

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 สภาพอากาศ และความสะอาดมีผลต่อการปนเปื้อนของชิ้นงานเป็นอย่างมาก

5.2.2 ควรมีการทดสอบการดูดซึมน้ำ และการย่อยสลายทางชีวภาพ

5.2.3 ควรมีตัวอย่างสำหรับวัดค่าแรงกดอัดแกนเดียวเพิ่ม โดยอย่างน้อยควรวัด 10 ตัวอย่าง

5.2.4 ควรมีการศึกษาต่อยอดงานวิจัยนี้ เพื่อสร้างชิ้นงานที่น่าสนใจสำหรับภาคอุตสาหกรรม เช่น แผ่นซับเสียง วัสดุหรือบรรจุภัณฑ์กันกระแทก เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กิตติศักดิ์ ศรีพานิชกุลชัยม, บังอร ศรีพานิชกุลชัย และนิรามัย ฝางกระโทก. 2554. รายงานโครงการการวิจัย และพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพจากสารสกัดโพลีแซคคาไรด์ของเส้นใยเห็ดและดอกเห็ดกระด้าง

ทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2553. คณะแพทยศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น

กลุ่มงานวิจัยกีฏวิทยาและจุลชีววิทยาป่าไม้. ม.ป.ป. *Lentinus squarrosulus* Mont. [Online]. เข้าถึงได้จาก https://www.dnp.go.th/FEM/*Lentinus squarrosulus*.html

จิรนันท์ ศรีสุธรรม, อพัชชา จินดาประเสริฐ, ชริดา ปุกหุต และ วราวุฒิ ครูส่ง. 2557. การเจริญของเห็ดขอนขาว *Lentinus squarrosulus* Mont. LS-MA ในสภาวะการเลี้ยงในอาหารเหลวเพื่อผลิตเอนไซม์ไซลาเนสจากเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนแห้ง. สาขาวิทยาศาสตร์. มหาลัยเกษตรศาสตร์

เติมพงษ์ แสงปกรณ์กิจ. 2559. เห็ดนางฟ้า. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร. ธนธัชการพิมพ์.

ปรียานันท์ บุญเปีย และ ปานฉัตร เปรมานุพันธ์. 2558. การศึกษาคุณสมบัติทางกลของวัสดุแซนด์วิชคอมโพสิทแบบแผ่นที่มีแกนกลาง และกระบวนการผลิตต่างกัน. วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (สาขาวิศวกรรมการบินและอวกาศ) ภาควิชาวิศวกรรมการบินและอวกาศ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ผุสดี เยี่ยมสวัสดิ์, ธราเทพ กุลพานิช, เอกอร แก้วขาว, วรรณวิกา โนชัย และ ขวัญฤทัย โสมสัย. 2554. คู่มือการจัดการผักตบชวา. ครั้งที่ 1. นครปฐม. สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 5

เมดไทย. 2020. เห็ดหลินจือ สรรพคุณและประโยชน์ของเห็ดหลินจือแดง 40 ข้อ!. [Online]. เข้าถึงได้จาก https://medthai.com/เห็ดหลินจือ/

วนิดา ผ่องมณี. 2542. ความหลากหลายของเห็ดที่ขึ้นบนดินบริเวณป่าดิบเขาในอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพปุย จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุธีรา สุนทรารักษ์, โชติกา กกรัมย์, ภัทราวดี ปานงาม และ ภัทรวิทย์ ปรุงเรณู. 2564. การใช้ประโยชน์จากก้อนเชื้อเห็ดเก่าเหลือทิ้งร่วมกับกากกาแฟ เพื่อส่งเสริมเทคโนโลยีการผลิตเห็ดในชุมชนในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ "วิทยาศาสตร์วิจัยครั้งที่ 12.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555. เกร็ดความรู้เรื่องเห็ดโรค. [Online]. เข้าถึงได้จาก http://biology.ipst.ac.th/?p=933

หม่อนไม้. 2013. เห็ดขอนขาว เห็ดพื้นบ้านอาหารมากคุณค่า. [Online]. เข้าถึงได้จาก http://www.monmai.com/เห็ดขอนขาว/

เห็ดบนโลกใบนี้. ม.ป.ป. เห็ดกระด้าง. [Online]. เข้าถึงได้จาก http://banhed7591.blogspot.com/p/blog-page_16.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ayimbia, F. and Keawsompong, S. 2021. Functional composition and antioxidant property of crude polysaccharides from the fruiting bodies of *Lentinus squarrosulus*\Brand Buffet. 2022. Eco-Actives กลุ่มผู้บริโภครักษ์โลกในตลาด FMCG กำลังเติบโต. [Online]. เข้าถึงได้ https://www.brandbuffet.in.th/2022/03/eco-active-set-to-grow-to-half-The-global-\population-by-the-end-of-this-decade/

Asiegbu, F. and Kovalchuk, A. 2021. An introduction to forest biome and associated microorganisms. Forest Microbiology. 1: 3-16.

Disthai. ม.ป.ป. เห็ดหลินจือ ประโยชน์ดีๆ สรรพคุณเด่นๆ และข้อมูลงานวิจัย. [Online]. เข้าถึงได้จาก https://www.disthai.com/16484916/เห็ดหลินจือ

Expresso. ม.ป.ป. Eco Friendly Material เทรนด์ใหม่ที่ต้องปรับตัวในอุตสาหกรรมการผลิต. [Online]. เข้าถึงได้จาก https://blog.pttexpresso.com/tag/ทำความรู้จักกับ-eco-friendly-material/

Fillgoods. 2021. เจาะเทรนด์สินค้ารักษ์โลกเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อผู้บริโภคสายกรีน. [Online]. เข้าถึงได้จาก https://www.fillgoods.co/online-biz/shop-orders-trend-Produvt-environmental-friendly-for-green

Gou, L., Li, S., Yin, J., Li, T. and Liu, X. 2021. Morphological and physico-mechanical properties of mycelium biocomposites with natural reinforcement particles. Construction and Building Materials. 304: 124656.

Hd สุขภาพดี เริ่มต้นที่นี่. 2019. เชื้อราที่ก่อโรค. [Online]. เข้าถึงได้จาก https://hd.co.th/the-fungus.

Hodgson, E. 2012. Chapter Fourteen-Toxins and Venoms. Progress in molecular biology and translational science. 112: 373-415.

Jayasinghe, C., Imtiaj, A., Hur, H., Lee, G., Lee, T. and Lee, U. 2008. Favorable Culture Conditions for Mycelial Growth of Korean Wild Strains in *Ganoderma lucidum*. Mycobiology. 36(1): 28-33.

Kasettambon. 2021. เห็ดกระด้าง ช่วยบำรุงร่างกายให้แข็งแรง และสร้างเสริมภูมิคุ้มกันในร่างกายให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ. [Online]. เข้าถึงได้จาก https://www.kasettambon.com

Kausar, S., Zia, S., Nadeem, Z., Murtaza, M., Hafiz I., Shaheen, B., Hazrat, A., Jan, T., Mukhtiar, M., Sher, F., Tahir, I., Akram, M. and Khan, F. 2019. Submerged cultivation of medicinal mushroom in hydrolysate of lignocellulosic material. Article in Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences. 32: 2835-2841.

Kupradit, C., Ranok, A., Mangkalanan, S,. Khongla, C. and Musika, S. 2022. Effects of Natural Carbon Sources and Temperature on Mycelium Cultivations of

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lentinus squarrosulus (Mont.), *Lentinus polychrous* Lev., *Pleurotus ostreatus* (Jacq.ex Fr.) P. Kumm.and Volvariella volvacea (Bull.) Singer. Rajamangala University of Technology Isan.

Ly, L. and Jitjak, W. 2022. Biocomposites from agricultural wastes and mycelia of a local mushroom, *Lentinus squarrosulus* (Mont.) Singer. Open agriculture. 7: 634-643.

Microbiology Society. FUNGI. [Online]. เข้าถึงได้จาก https://microbiologysociety.org/why-microbiology-matters/what-is-microbiology/fungi.html

Miriyagalla, S., Manamgoda, D. and Udayanga, D. 2022. Molecular characterization and cultivation of edible wild mushrooms, *Lentinus sajor-caju, L. squarrosulus and Pleurotus tuber-regium* from Sri Lanka. Current Research in Environmental & Applied Mycology (Journal of Fungal Biology). 12(1): 28–43.

Mazidi, M., Ibrahim, R. and Yaacob, N. 2019. The Growth Morphology and Yield of Grey Oyster Mushrooms (*Pleurotus sajor-caju*) Subjected to Different Durations of Acoustic Sound Treatment. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 767: 012013.

Omar, N., Abdullah, S., Abdullah, N., Kuppusamy, U., Abdulla, M. and Sabaratnam, V. 2015. *Lentinus squarrosulus* (Mont.) mycelium enhanced antioxidant status in rat model. Drug Des Devel Ther. 9: 5957-5964.

Primec, M. and Langerholc, T. 2017. Basic microbiology instructions on laboratory exercises.University of Maribor, Faculty of Agriculture and Life Sciences.

Puechkaset. ม.ป.ป. เห็ดนางฟ้า และการเพาะเห็ดนางฟ้า. [Online]. เข้าถึงได้จาก https://puechkaset.com/เห็ดนางฟ้า/

Reni, A., Pramodithaa, R., Saieni, S., Soundarya, S., Suprajaa, S. and Tamilmani, M. 2021. Development of Biodegradable Packaging Material Using Garlic Peels (Allium sativum). International Journal of Research in Engineering, Science and Management. 4: 2581-5792.

Science prof online. 2016. Bacterial Colony Morphology & Identification of Bacteria [Online]. https://www.scienceprofonline.com/microbiology/bacterial-colony-morphology-identification-unknown-bacteria.html.

Scimath. 2563. เชื้อรา. [Online]. เข้าถึงได้จาก https://www.scimath.org/lesson-biology/item/9637-1-9637

Subedi, K., Basnet, B., Panday, R., Neupane, M. and Tripathi, G. 2021. Optimization of

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Growth Conditions and Biological Activities of Nepalese *Ganoderma lucidum* Strain Philippine. Adv Pharmacol Pharm Sci. 2021: 4888979.

Taylor, T,. Krings, M. and Taylor, E. 2015. Basidiomycota. Fossil Fungi. 1: 173-199.

Watson, M. 2023. What Are Oyster Mushrooms. [Online]. https://www.thespruceeats .com/what-are-oyster-mushrooms-4172003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA)

ประกอบด้วย

Potato dextrose agar สำเร็จรูป	24 กรัม

ละลายสารละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันจากนั้นนำน้ำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

หรือ

มันฝรั่งหั่นขนาด 1x1x1 เซนติเมตร	200 กรัม
Dextrose	20 กรัม
Agar	15 กรัม

ต้มมันฝรั่งในน้ำกลั่นปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร เป็นเวลา 30 นาที กรองเอามันฝรั่งออก ปรับปริมาตรน้ำต้มมันฝรั่งให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร ใส่ dextrose และ ลงไป คนให้เข้ากัน จากนั้นนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่ อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที สำหรับอาหาร PDA เติม agar ลงในอาหาร PDB 15 กรัม

2. การเตรียมทำหัวเชื้อข้าวฟ่าง

ประกอบด้วย

เมล็ดข้าวฟ่าง	1 กิโลกรัม

นำข้าวฟ่างแช่น้ำ 1 คืน หรือประมาณ 12 ชั่วโมง จากนั้นนำไปต้มจนเดือด จับเวลาประมาณ 20 นาที หรือจนเมล็ดข้าวฟ่างเริ่มปริออก หลังจากต้มเสร็จ นำข้าวฟ่างกรองด้วยผ้าขาวบาง และตั้งทิ้งไว้รอจนเย็น จากนั้นชั่งข้าวฟ่างปริมาณ 30 กรัม ใส่ขวดเพาะเลี้ยงขนาดเล็ก ปิดฝา จากนั้นนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที เมื่อครบเวลา นำขวดข้าวฟ่างออกมา ปิดฝาให้สนิท ตั้งทิ้งไว้จนเย็นสนิท จะสามารถลงเชื้อในเมล็ดข้าวฟ่างได้ บ่มเชื้อประมาณ 5-7 วัน เชื้อจะเจริญเต็มขวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลการวัดการเจริญบนอาหารแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ผลการวัดการเจริญของโคโลนีบนอาหารแข็ง

1. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีบนอาหาร Potato dextrose agar (PDA)

ตารางที่ 1 แสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีบนอาหาร PDA

ชนิดเห็ด	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี (มิลลิเมตร) บนอาหาร PDA				
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4
Lentinus squarrosulas Mont.	5	26.02	54.82	79.32	เชื้อเจริญเต็มอาหาร
Pleurotus sajor-caju	5	22.71	40.55	56.27	77.43
Ganoderma lucidum	5	21.40	40.55	50.37	73.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ของต้นแบบกระถางจากเชื้อเห็ด *Lentinus squarrosulas* Mont.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ของต้นแบบกระถางจากเชื้อเห็ด *Lentinus squarrosulas* Mont.

1. บันทึกผล และการวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ของต้นแบบกระถางจากเชื้อเห็ด *Lentinus squarrosulas* Mont.

ตารางที่ 1 น้ำหนักก่อนอบ น้ำหนักแห้ง ปริมาตร และความหนาแน่นของต้นแบบกระถางจากเชื้อเห็ด *Lentinus squarrosulas* Mont.

ชนิดของก้อนเชื้อเห็ดเก่า	สูตร	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	ค่าเฉลี่ย	น้ำหนักหนักแห้ง (กรัม)	ค่าเฉลี่ย	ปริมาตร (ลูกบาศก์เซนติเมตร)	ค่าเฉลี่ย	ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ค่าเฉลี่ย	ความทนแรงอัด (กิโลปาสคาล)	ค่าเฉลี่ย
		17.06		7.38		38.43		0.19		164.52	
	1	19.45	18.16±1.26	7.30	7.47±0.23	32.19	36.19±3.48	0.23	0.21±0.02	181.25	178.0±12.21
		17.96		7.73		37.96		0.20		188.29	
เห็ดยานางิ		17.85		7.90		38.34		0.21		143.08	
Agrocybe	2	16.81	17.54±0.63	7.90	7.91±0.02	38.43	37.56±1.42	0.21	0.21±0.01	144.39	166.9±40.19
cylindracea		17.96		7.93		35.92		0.22		213.33	
		19.59		8.31		38.43		0.22		185.80	
	3	19.28	19.14±0.54	8.50	8.44±0.11	43.99	39.45±4.13	0.19	0.22±0.02	200.25	203.0±18.79
		18.54		8.50		35.93		0.24		223.07	

ตารางที่ 1 น้ำหนักก่อนอบ น้ำหนักแห้ง ปริมาตร และความหนาแน่นของต้นแบบกระถางจากเชื้อเห็ด *Lentinus squarrosulas* Mont. (ต่อ)

ชนิดของก้อนเชื้อเห็ดเก่า	สูตร	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	ค่าเฉลี่ย	น้ำหนักหนักแห้ง (กรัม)	ค่าเฉลี่ย	ปริมาตร (ลูกบาศก์เซนติเมตร)	ค่าเฉลี่ย	ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ค่าเฉลี่ย	ความทนแรงอัด (กิโลปาสคาล)	ค่าเฉลี่ย
		18.95		7.44		38.43		0.19		366.7	
	1	17.66	18.83±1.12	7.52	7.42±0.11	34.11	38.01±3.70	0.22	0.20±0.02	376.8	386.3±25.68
เห็ดนางรมฮังการี		19.86		7.30		41.48		0.18		415.4	
		18.57		7.79		35.40		0.22		383.1	
Pleurotus	2	17.89	18..37±0.41	7.70	7.73±0.05	33.72	35.41±1.70	0.23	0.22±0.01	441.5	439.3±55.18
osttreatus		18.64		7.70		37.13		0.21		493.4	
		18.36		7.99		39.20		0.20		329.21	
	3	18.57	18.70±0.42	7.93	7.94±0.05	40.95	39.53±1.29	0.19	0.20±0.01	329.92	346.7±29.62
		19.17		7.90		38.43		0.21		380.86	

2. กราฟการทดลองแรงกดอัดแกนเดียว

2.1 สูตร 1 ก้อนเชื้อเห็ดนายางิเก่า

ค่าเฉลี่ยแรงอัดแกนเดียวของต้นแบบกระถางจากเชื้อเห็ด *Lentinus squarrosulus* Mont. สูตรที่ 1 ก้อนเชื้อเห็ดนายางิเก่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

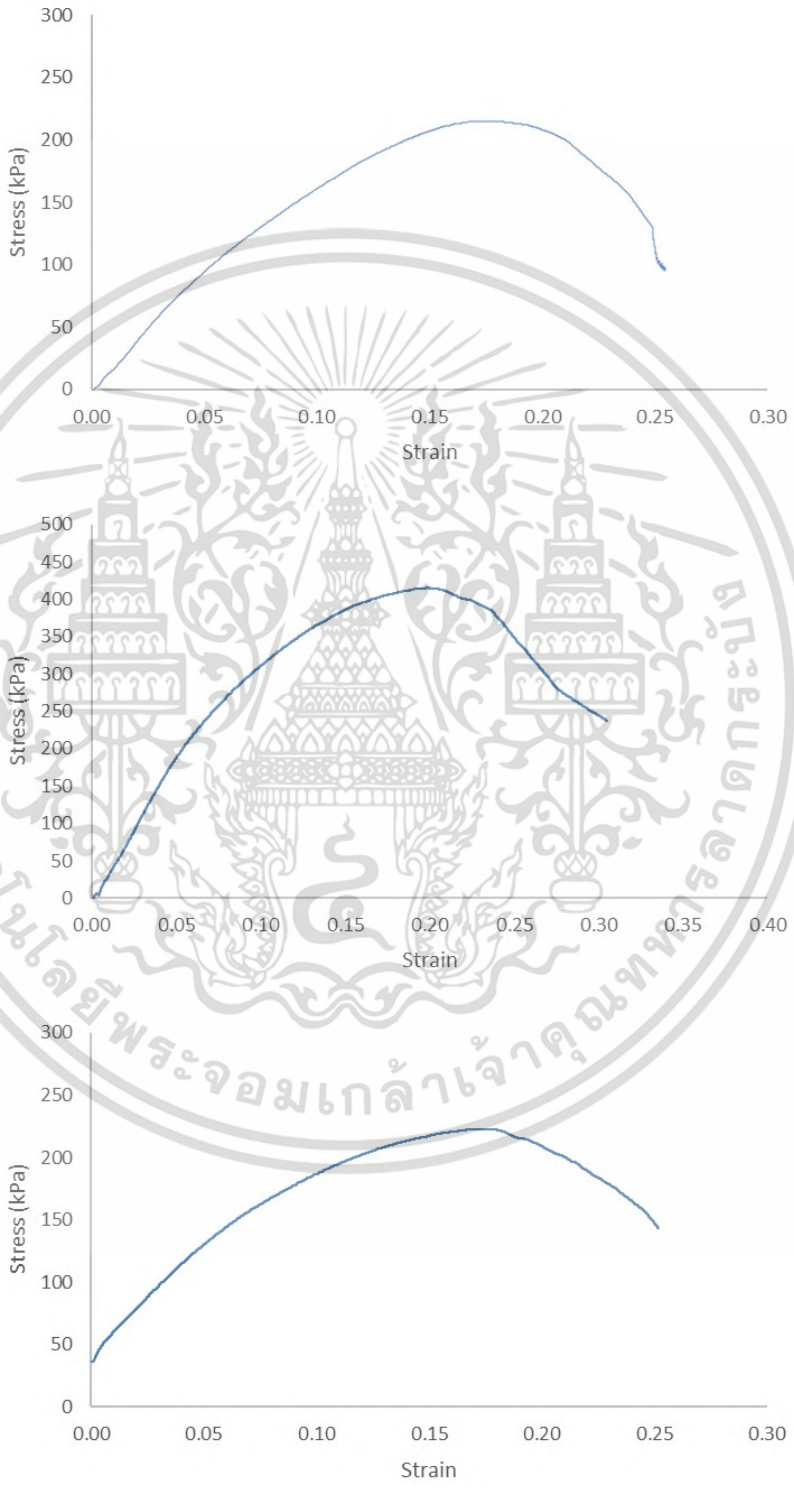
2.2 สูตร 2 ก้อนเชื้อเห็ดนายางิเก่า

ค่าเฉลี่ยแรงอัดแกนเดียวของต้นแบบกระถางจากเชื้อเห็ด *Lentinus squarrosulus* Mont. สูตรที่ 2 ก้อนเชื้อเห็ดนายางิเก่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 สูตร 3 ก้อนเชื้อเห็ดนายางิเก่า

ค่าเฉลี่ยแรงอัดแกนเดียวของต้นแบบกระถางจากเชื้อเห็ด *Lentinus squarrosulus* Mont. สูตรที่ 3 ก้อนเชื้อเห็ดนายางิเก่า

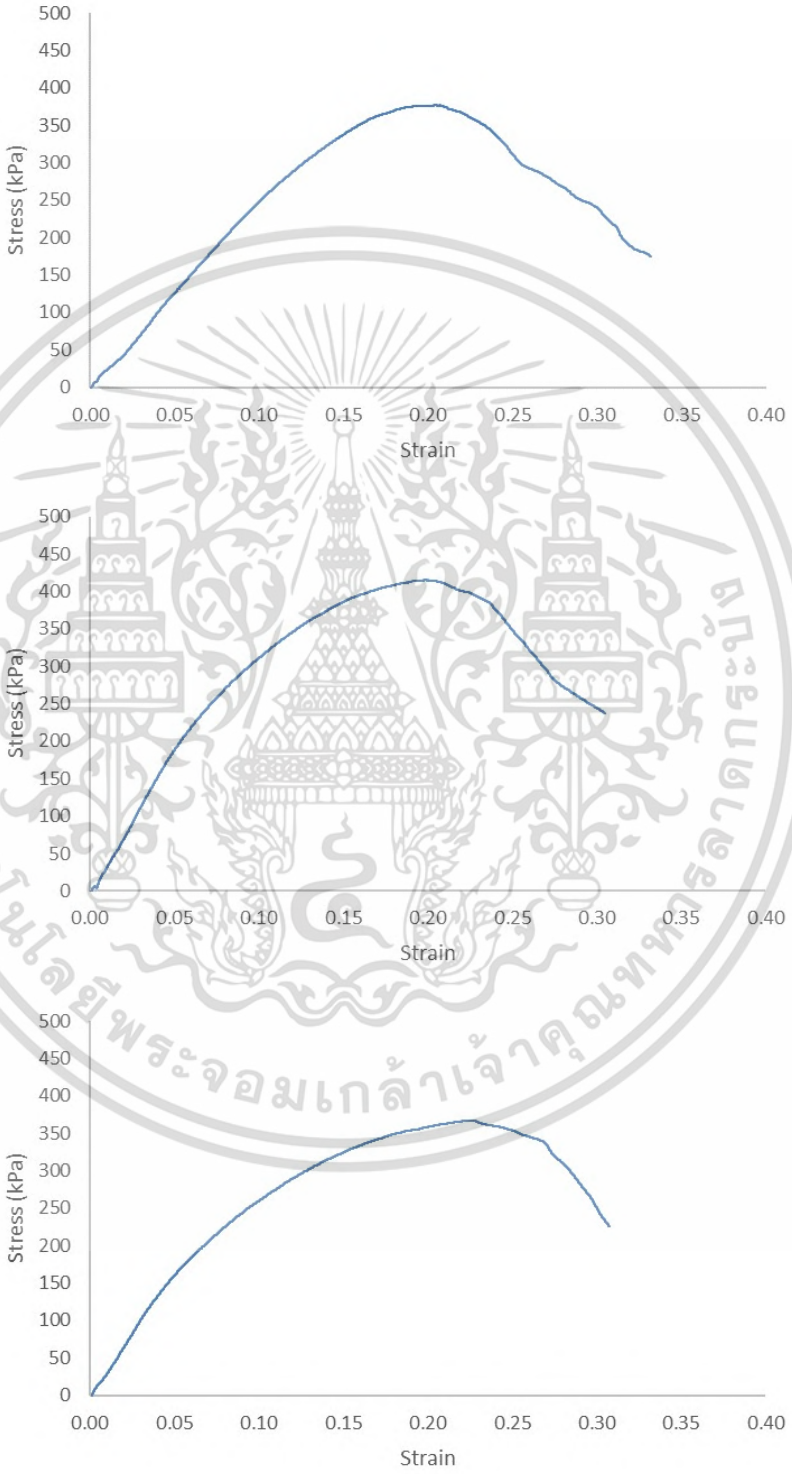


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 สูตร 1 ก้อนเชื้อเห็ดอังการีเก่า

ค่าเฉลี่ยแรงอัดแกนเดียวของต้นแบบกระถางจากเชื้อเห็ด *Lentinus squarrosulus* Mont.

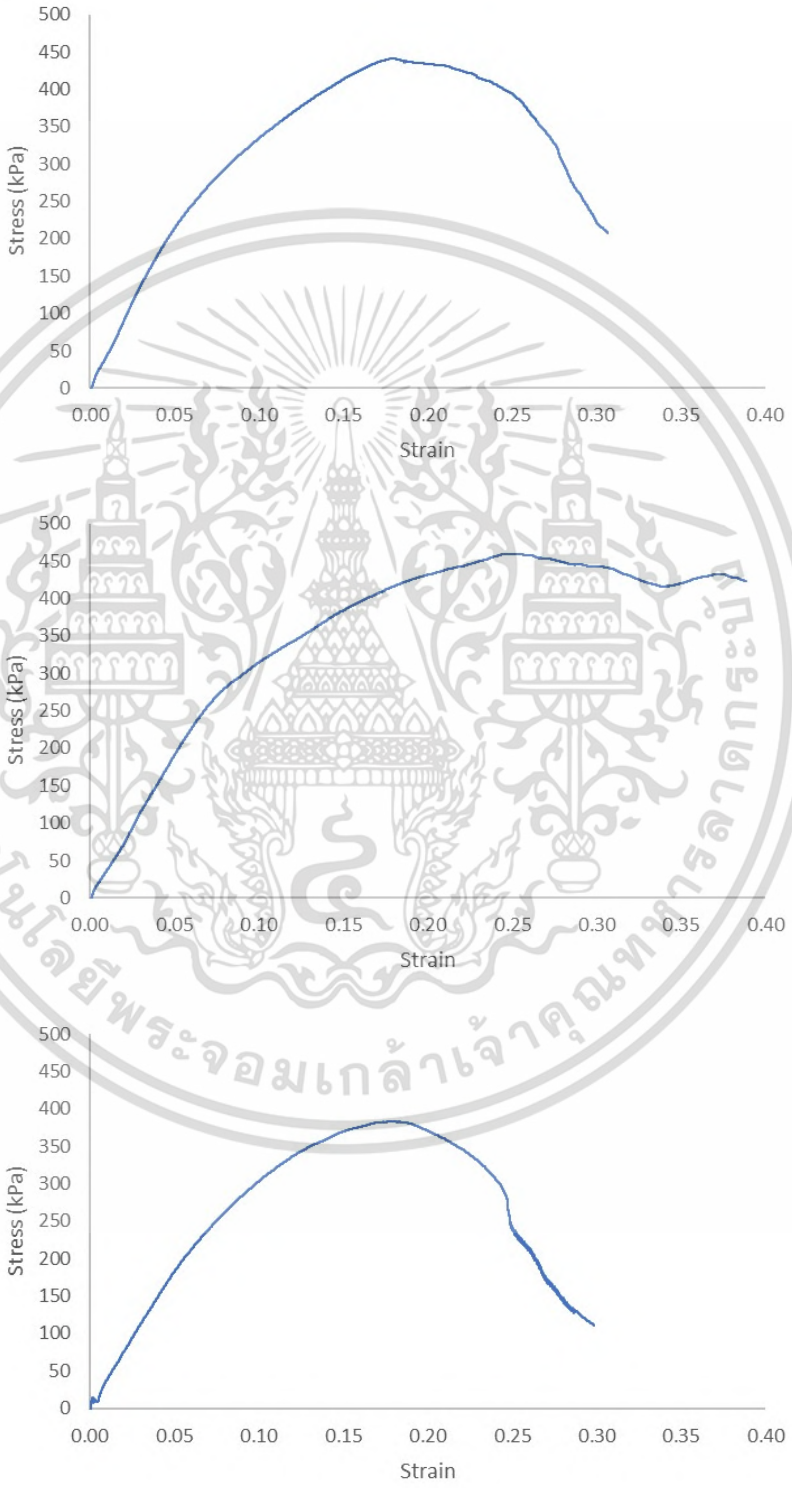
สูตรที่ 1 ก้อนเชื้อเห็ดฮังการีเก่า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 สูตร 2 ก้อนเชื้อเห็ดอังการีเก่า

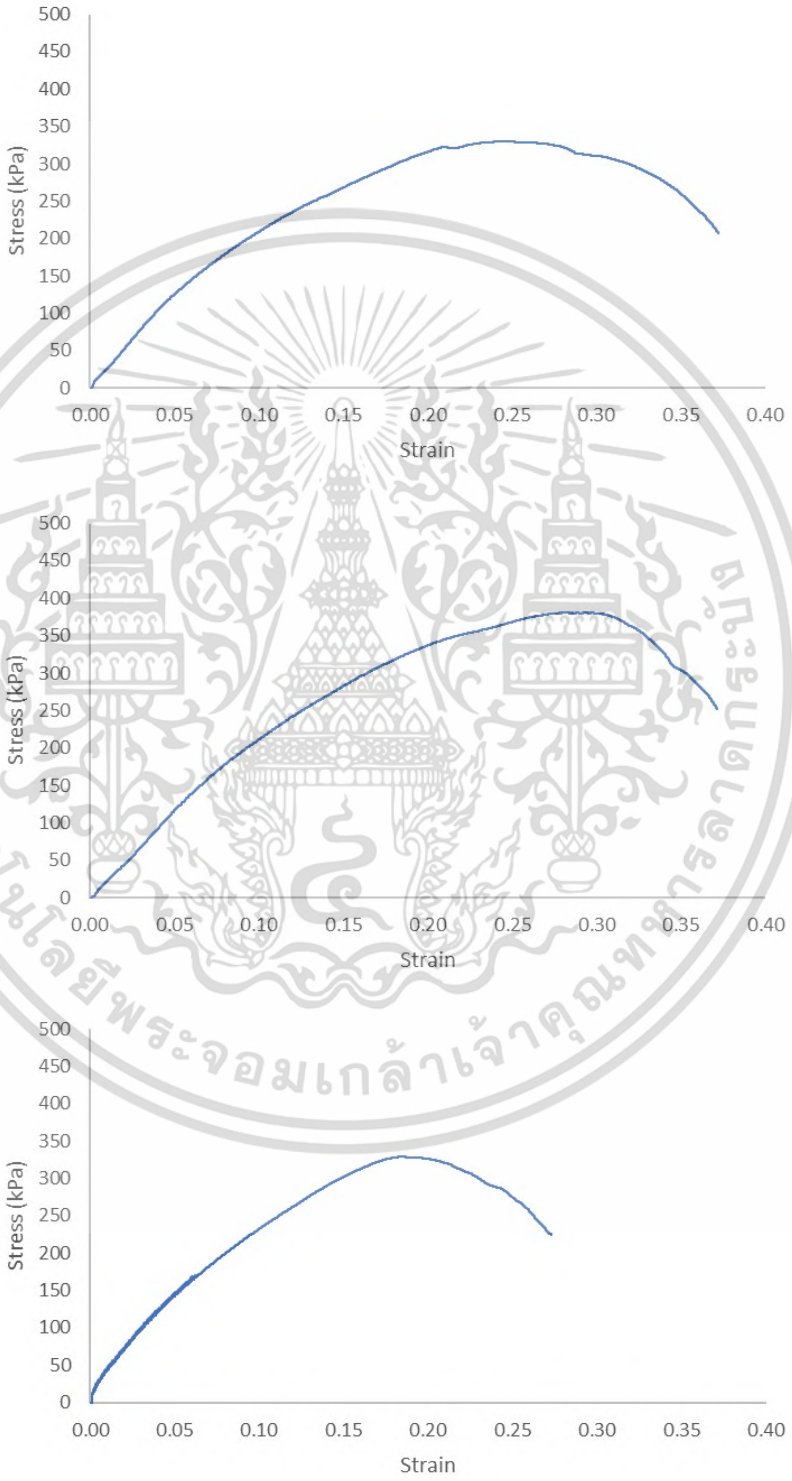
ค่าเฉลี่ยแรงอัดแกนเดียวของต้นแบบกระถางจากเชื้อเห็ด *Lentinus squarrosulus* Mont. สูตรที่ 2 ก้อนเชื้อเห็ดฮังการีเก่า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 สูตร 3 ก้อนเชื้อเห็ดอังการีเก่า

ค่าเฉลี่ยแรงอัดแกนเดียวของต้นแบบกระถางจากเชื้อเห็ด *Lentinus squarrosulus* Mont. สูตรที่ 3 ก้อนเชื้อเห็ดฮังการีเก่า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานทะเบียนคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คำรับรองเล่มโครงงานพิเศษ

วันที่ 9 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2566

ข้าพเจ้า นางสาวญาดา เดวีเลาะ รหัสประจำตัว 62050591

นางสาวณัติฐมล สันติสุขวัฒน รหัสประจำตัว 62050595

นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม ภาควิชาชีววิทยา ขอรับรองว่าโครงงานพิเศษ เรื่อง

ต้นแบบกระถางจากวัสดุเหลือใช้ และเส้นใยเห็ด

Prototype of pot from waste material and mushroom mycelium

ปีการศึกษา 2565

เป็นผลงานวิจัยที่มิได้คัดลอกหรือละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้อื่นและได้ผ่านการตรวจสอบความซ้ำซ้อนเรียบร้อยแล้ว และได้แนบเอกสารการตรวจสอบการลอกเลียนงานวรรณกรรมที่ตรวจสอบจากเล่มโครงงานพิเศษฉบับสมบูรณ์แล้ว โปรแกรมอักขราวิสุทธิ์ 1.83%

ลงชื่อ.....ญาดา เดวีเลาะ..... ลงชื่อ.....ณัติฐมล สันติสุขวัฒน.....

(นางสาวญาดา เดวีเลาะ) (นางสาวณัติฐมล สันติสุขวัฒน)

นักศึกษา นักศึกษา

ข้าพเจ้า ดร.นฤมล ตั้งธีระสุนันท์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ได้ตรวจสอบโครงงานพิเศษของนักศึกษาข้างต้นแล้ว ขอรับรองว่าเป็นผลงานวิจัยของนักศึกษาจริงและมีเนื้อหาสมบูรณ์ จึงลงชื่อไว้เป็นหลักฐาน

ลงชื่อ.....นฤมล ตั้งธีระสุนันท์.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ดร.นฤมล ตั้งธีระสุนันท์)

อาจารย์ที่ปรึกษา