



การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักกากกาแฟต่อการเจริญเติบโต
ของเห็ดนางฟ้าภูฐาน

ธิดารัตน์ วงษ์สุวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ปีการศึกษา 2567

การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักกากกาแฟต่อการเจริญเติบโต
ของเห็ดนางฟ้าภูฐาน

ธิดารัตน์ วงษ์สุวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ เรื่องการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักกากกาแฟ
ต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐาน เสนอโดย นางธิดารัตน์ วงษ์สุวรรณ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา


.....รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธาสินี ศิริโกศาภิรมย์) และประกันคุณภาพการศึกษา
วันที่ 20 เดือน มกราคม พ.ศ. 2568

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์เกียรติคุณประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันวิสาข์ ลิจจวน)


.....กรรมการ
(ดร.เรืองวิทย์ สว่างแก้ว)


.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงใจ บุญกุศล)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟ และ 2) ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐาน เติรียนน้ำหมักชีวภาพโดยการผสมกากกาแฟ กากน้ำตาลและน้ำในอัตราส่วน 3:1:1 (โดยน้ำหนัก) สารเร่ง พด.2 ปริมาณ 2.5 กรัม หมักเป็นเวลา 7 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟมาเป็นส่วนผสมในวัสดุเพาะเห็ด แบ่งการทดลองเป็น 4 สูตร จำนวน 4 ซ้ำ ดังนี้ สูตรที่ 1 น้ำ (กลุ่มควบคุม) สูตรที่ 2 น้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟต่อน้ำ อัตราส่วน 1 : 200 โดยปริมาตร สูตรที่ 3 น้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟต่อน้ำ อัตราส่วน 1 : 400 และสูตรที่ 4 น้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟต่อน้ำ อัตราส่วน 1 : 600 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพพบว่าน้ำหมักกากกาแฟมีสีน้ำตาลเข้มและมีกลิ่นหอมของกากกาแฟ ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีของน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟมีค่า pH อยู่ระหว่าง 4.31-6.86 ค่าการนำไฟฟ้า อยู่ระหว่าง 96.33 – 228.67 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร สูตรที่ 2, 3 และ 4 มีค่าไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เท่ากับ 0.24 และ 0.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าไฟแอสเซียมพบมากที่สุด ในสูตรที่ 2 เท่ากับ 94.69 ppm ผลของน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟต่อการเดินเส้นใย จำนวนดอก เส้นผ่านสูตรการทดลองไม่แตกต่างจากชุดควบคุม อย่างไรก็ตามสูตรที่ 3 พบว่าน้ำหนักสดของเห็ดนางฟ้าภูฐานสูงกว่าทุกสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังนั้นสูตรที่ 3 น้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟต่อน้ำ อัตราส่วน 1 : 400 จึงเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในการเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐาน

Thesis Title	Study on the Efficiency of Bio-Extracts from Spent Coffee Grounds on the Growth of <i>Pleurotus sajor-caju</i> (Fr.) Singer
Thesis Advisors	Asst. Prof. Dr.Wanwisa Lijuan Dr. Ruengwit Sawangkeaw
Name	Thidarat Wongsuwan
Program	Science Education
Academic Year	2024

ABSTRACT

The objectives of this research were (1) to study the physical and chemical properties of spent-coffee-grounds bio-extract and (2) to study the effects of spent-coffee-grounds bio-extract on the growth of *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer. The bio-extracts were prepared by thoroughly mixing spent coffee grounds, molasses, and water at a weight ratio of 3:1:1 with 2.5 g of microbial activator PD2 for 7 days. A completely randomized design was employed with four formulas and four replications as follows: formula 1, water (control); formula 2, spent-coffee-grounds bio-extract and water at a ratio of 1:200; formula 3, spent-coffee-grounds bio-extract and water at a ratio of 1:400; and formula 4, spent-coffee-grounds bio-extract and water at a ratio of 1:600. The results showed that the physical properties of the bio-extract were dark brown and had the aroma of spent coffee grounds. The chemical properties of the bio-extract exhibited pH values between 4.31 and 6.86 and electrical conductivity between 96.33 and 228.67 $\mu\text{S}/\text{cm}$. In formulas 2, 3, and 4, the nitrogen and phosphorus contents were 0.24 % and 0.40 %, respectively, while the highest potassium content, 94.69 ppm, was found in formula 2. All formulas of spent-coffee-grounds bio-extract showed no significant differences in mycelial growth, number of fruiting bodies, cap diameter, stalk length, or biological efficiency of *P. sajor-caju* compared with the control. However, formula 3 produced a significantly higher fresh weight ($p < 0.05$) than all other formulas. Therefore, the spent-coffee-grounds bio-extract and water at a ratio of 1:400 (formula 3) was the most suitable concentration for promoting the growth of *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer.

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จัดทำขึ้นเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี โดยมุ่งศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักกากกาแฟต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐาน วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยความอนุเคราะห์ จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วันวิสาข์ ลิขิตวัน อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และดร. เรืองวิทย์ สว่างแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องในทุกขั้นตอนของการวิจัย จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์และทรงคุณค่ายิ่ง

ขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร. ดวงใจ บุญกุศล กรรมการสอบ ที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะ ในการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ บิดา มารดา คณาจารย์ทุกท่าน รวมถึงพี่ชายและน้องนักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษาที่ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

ธิดารัตน์ วงษ์สุวรรณ

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
สมมติฐานการวิจัย.....	2
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	2
ขอบเขตของงานวิจัย.....	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
นิยามศัพท์.....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
ชีววิทยาของเห็ดนางฟ้าภูฐาน.....	5
ขั้นตอนการเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐาน.....	8
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกากกาแฟ.....	11
น้ำหมักชีวภาพ.....	14
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	16
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	19
เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมี.....	19
ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	20
บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย.....	23
ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของน้ำหมักกากกาแฟ.....	23
ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีของน้ำหมักกากกาแฟ.....	23
ผลการศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำหมักกากกาแฟต่อผลการเจริญเติบโต ของเห็ดนางฟ้าภูฐาน.....	26

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ.....	38
สรุปผล.....	38
อภิปรายผล.....	39
ข้อเสนอแนะ.....	41
บรรณานุกรม.....	42
ภาคผนวก.....	46
ภาคผนวก ก การเตรียมน้ำหมักกากกาแฟ.....	47
ภาคผนวก ข ภาพอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา.....	50
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ.....	56
ประวัติผู้ทำวิทยานิพนธ์.....	64

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของน้ำหมักกากกาแฟ.....	26
ตาราง 2 การเดินเส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฐานในถุงพลาสติกที่ใส่น้ำหมักกากกาแฟทั้ง 4 สูตร...	27
ตาราง 3 จำนวนดอกเห็ดนางฟ้าภูฐานแต่ละรุ่น.....	29
ตาราง 4 เส้นผ่านศูนย์กลางดอกเห็ดนางฟ้าภูฐาน.....	31
ตาราง 5 ความยาวก้านดอกเห็ดนางฟ้าภูฐาน.....	33
ตาราง 6 น้ำหนักสดดอกเห็ดต่อก้อนของเห็ดนางฟ้าภูฐาน.....	35
ตาราง 7 ประสิทธิภาพทางชีววิทยา (% BE).....	37

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	3
ภาพ 2 ลักษณะเห็ดนางฟ้าภูฐาน.....	6
ภาพ 3 ส่วนประกอบของเห็ด.....	7
ภาพ 4 วงจรชีวิตของเห็ด.....	8
ภาพ 5 แสดงลักษณะทางกายภาพของน้ำหมักกากกาแฟ.....	25
ภาพ 6 แสดงการเดินเส้นใยในวัสดุเพาะทั้ง 4 สูตร.....	27
ภาพ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเส้นใยกับจำนวนวัน.....	28
ภาพ 8 ลักษณะดอกเห็ดที่เพาะในน้ำหมักกากกาแฟสูตรต่างๆ.....	29
ภาพ 9 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนดอกเห็ดนางฟ้าภูฐาน.....	30
ภาพ 10 ลักษณะเส้นผ่านศูนย์กลางดอกเห็ดนางฟ้าภูฐาน.....	31
ภาพ 11 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางดอกเห็ดนางฟ้าภูฐาน.....	32
ภาพ 12 ความยาวก้านดอกเห็ดนางฟ้าภูฐาน.....	33
ภาพ 13 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความยาวก้านดอกเห็ดนางฟ้าภูฐาน.....	34
ภาพ 14 น้ำหนักดอกดอกเห็ดนางฟ้าภูฐานต่อก้อน.....	35
ภาพ 15 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักดอกเห็ดนางฟ้าภูฐาน.....	36
ภาพ 16 เปรียบเทียบประสิทธิภาพทางชีววิทยาของเห็ดนางฟ้าภูฐานในแต่ละสูตร (%BE).....	37

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

เห็ดนางฟ้าภูฐาน *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer จัดเป็นเห็ดเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่ตลาดมีความต้องการสูง (สำนักงาน กปร., 2555) ผู้ประกอบการจำนวนมากนิยมเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานเพื่อการค้า เนื่องจากเป็นเห็ดที่เพาะง่าย ไม่ยุ่งยาก มีอายุการพักเชื้อสั้น และสามารถเพาะได้ตลอดทั้งปี (เดิมพงศ์ แสงปกรณกิจ, 2559) ราคาเห็ดนอกจากจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมหรือช่วงฤดูกาลแล้ว ยังขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้บริโภค และช่วงเวลาการนำไปใช้สำหรับการประกอบอาหาร เช่น ช่วงเทศกาลกินเจเห็ดจะมีราคาแพง ธุรกิจเห็ดนางฟ้าภูฐานขยายตัวเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยในปี 2563-2566 เห็ดนางฟ้าภูฐานมีราคาเฉลี่ยอยู่ที่ 120 บาท ต่อกิโลกรัม (ตลาดไท, 2566) เห็ดนางฟ้าภูฐานเป็นเห็ดที่มีรสชาติดี และอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ เป็นแหล่งวิตามินและเกลือแร่ มีโปรตีนสูง มีส่วนช่วยในการส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกัน และสามารถยับยั้งการก่อมะเร็ง เนื่องจากมีฤทธิ์ลดอนุมูลอิสระ (Finimundy, et al., 2018) เห็ดเป็นแหล่งอาหารที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบถึง 90 เปอร์เซ็นต์ มีเยื่อใยพวกไคติน และกลูแคนสูง มีธาตุเหล็ก แคลเซียม ฟอสฟอรัส วิตามินต่าง ๆ โดยเฉพาะวิตามินบี และกรดอะมิโนที่ร่างกายต้องการ (สมทบ เวทโอสถ, 2560)

สำหรับตำบลบางขันหมาก อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี มีการเพาะเห็ดเพื่อเป็นรายได้หลัก และรายได้เสริมสำหรับเกษตรกรที่ว่างเว้นจากการทำนา เนื่องจากใช้เวลาเพาะสั้นสามารถเก็บผลผลิตได้หลายครั้ง ในการเพาะเห็ดต้องใช้วัสดุหลัก คือ ขี้เลื่อยไม้ยางพารา เนื่องจากเป็นไม้เนื้ออ่อนสามารถใช้ได้ทันทีโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการหมัก (นันทินี ศรีจุมปา, และเสกสรร ศรีหวงษ์, 2545) มีการศึกษากากกาแฟร่วมกับขี้เลื่อยไม้ยางพาราแล้วนำมาเพาะเห็ด พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิต และคุณภาพของดอกเห็ดได้ดีกว่าชุดควบคุม (ธนภักษ์ อินยอด, และคนอื่นๆ, 2564)

กากกาแฟ คือเศษผงของกาแฟคั่วบดที่สกัดผ่านน้ำร้อน เป็นสารอินทรีย์ที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมกาแฟแปรรูปและร้านกาแฟสดทั่วไป กากกาแฟที่ผ่านการสกัดน้ำแล้วองค์ประกอบหลักที่เหลือส่วนใหญ่เป็นพวกเฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส โดยจัดเป็นสารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยไนโตรเจน โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส และคาร์บอนปริมาณสูง (Mussatto, et al., 2011) ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่ใช้ในการเจริญเติบโตของพืช จากการวิเคราะห์สารสำคัญในกากกาแฟพบว่าประกอบไปด้วยสารสำคัญหลายกลุ่ม เช่น โพลีแซคคาไรด์ กรดไขมัน โปรตีน คาเฟอีน สารประกอบ ฟีนอล และแร่ธาตุต่าง ๆ โดยสารเหล่านี้อาจแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของกาแฟ แหล่งปลูก ขั้นตอนการผลิต และวิธีการสกัด (รพีพรรณ กองตุม, 2560) กากกาแฟประกอบด้วยธาตุไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบสำคัญ มีธาตุโพแทสเซียม และฟอสฟอรัสที่ช่วยเพิ่มพัฒนาการของเห็ด (นงลักษณ์ บรรยงวิมลณัฐ, และคน

อื่นๆ, 2562) มีผู้นำกากและเปลือกเมล็ดกาแฟ มาผลิตเป็นน้ำหมักชีวภาพแล้วนำไปทดสอบกับ แดงกวา (อรุณศิริ กำลิ่ง, จันทร์จรัส วีรสาร, และบุษบา ปัญญาชน, 2555) และมะละกอ (เจนจิรา ชุมภูคำ, ศรัญญา ใจเชื่อนแก้ว, และพิจิตรา แก้วสอน, 2560) พบว่า สามารถเพิ่มน้ำหนักและความสูงได้ นอกจากนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบผลความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟพบว่า ที่ความเข้มข้นต่ำ (1:500) ของน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟมีผลช้กน้ำน้หนักสดและความสูงของผักกาดฮ่องเต้สูงที่สุด (ชไมพร แดงตุ้ย, สุนทรี กรโอชาเลิศ, และวสันต์ มะโนเรือง, 2560) การศึกษาผลของการใช้น้ำหมักกากกาแฟในดินเนื้อปูนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตแดงกวา พบว่าดำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักกากกาแฟในสัดส่วน 1:50 ให้น้ำหนักแห้งของต้นและผลผลิตมากที่สุด เนื่องจากน้ำหมักจากกากกาแฟมีสารคาเฟอีนอยู่ซึ่งมีโครงสร้าง และฤทธิ์คล้ายไซโตไคนินสามารถกระตุ้นการพัฒนาเซลล์ของเนื้อเยื่อส่วนลำต้นพืช ช่วยให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดี (Zavala, Martinez, & Ferre, 2013) และน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟ มีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งได้แก่ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (เจนจิรา ชุมภูคำ, ศรัญญา ใจเชื่อนแก้ว, และพิจิตรา แก้วสอน, 2560)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักกากกาแฟสูตรต่างๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐาน เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตเห็ด และนำกากกาแฟมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำหมักกากกาแฟ
2. ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำหมักกากกาแฟที่มีต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐาน

สมมติฐานการวิจัย

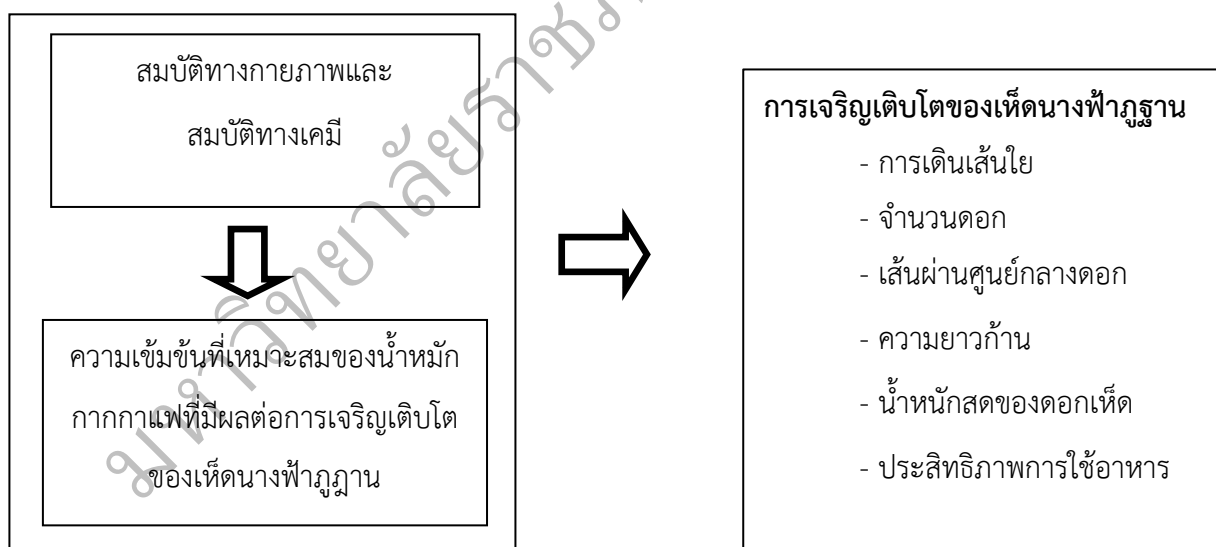
ความเข้มข้นของน้ำหมักกากกาแฟมีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐาน

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การเพาะเห็ดนางฟ้าในถุงพลาสติกเป็นอาชีพที่สามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกร เป็นอย่างมาก เนื่องจากใช้เวลาในการเพาะสั้นสามารถเก็บผลผลิตได้หลายครั้ง ในตำบลบางขันหมาก อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี มีการเพาะเห็ดเพื่อเป็นรายได้หลัก และรายได้เสริมสำหรับเกษตรกรที่

ว่างเว้นจากการทำนา โดยในการเพาะเห็ดต้องใช้วัสดุหลัก คือขี้เลื่อยไม้ยางพารา เนื่องจากเป็นไม้เนื้ออ่อนสามารถใช้ได้ทันทีโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการหมัก มีโครงสร้างที่มีช่องว่างเล็ก ๆ ช่วยในการระบายอากาศได้ดี (นันทินี ศรีจุมปา, และเสกสรร ศรีหงษ์, 2545) ปัจจัยสำคัญในการเพาะเห็ดคือ ความชื้น โดยเฉพาะเห็ดนางฟ้า จะต้องการความชื้นในระดับสูงตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโต นอกจากนี้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดด้วย (ธนภักษ์ อินยอด, และคนอื่นๆ, 2564) กากกาแฟช่วยปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างในวัสดุเพาะ ทำให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ด แต่ต้องใช้ใช้อย่างระมัดระวัง เนื่องจากหากใช้กากกาแฟในปริมาณมากเกินไป อาจทำให้วัสดุเพาะมีความเป็นกรดสูงเกินไป ซึ่งอาจส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตของเห็ด ดังนั้น การใช้กากกาแฟร่วมกับวัสดุเพาะในปริมาณที่พอเหมาะสามารถช่วยเสริมการเติบโตของเห็ดนางฟ้าได้ดี

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักกากกาแฟสูตรต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐาน เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตเห็ด



ภาพ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัย

1. ส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ด ได้แก่ ขี้เลื่อยไม้ยางพารา 100 กิโลกรัม รำละเอียด 8 กิโลกรัม ปูนขาว 1 กิโลกรัม ดิบเกลือ 0.2 กิโลกรัม นำส่วนผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน และแบ่งเป็น 4 ส่วนเท่าๆ กัน ส่วนละ 27.8 กิโลกรัม
2. น้ำที่ใช้ผสมกับน้ำหมักกากกาแฟ มีอัตราส่วนน้ำหมักกากกาแฟ 1 มิลลิลิตรต่อน้ำ ดังนี้ 200, 400 และ 600 มิลลิลิตร
3. อัตราส่วนน้ำหมักกากกาแฟ 1 มิลลิลิตรต่อน้ำ ที่ใช้ในการศึกษา คือ น้ำหมักกากกาแฟ เจือจางในน้ำ 200 มิลลิลิตร เท่ากันทุกสูตร โดยทำการทดลองสูตรละ 20 ก้อน ดำเนินการทดลองที่ ตำบลบางขันหมาก อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี เป็นระยะเวลา 3 เดือน
4. เชื้อเห็ดที่นำมาศึกษา คือ เชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐาน (*Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพิ่มมูลค่าในการใช้ประโยชน์จากกากกาแฟที่เป็นวัสดุเหลือทิ้ง
2. ได้อัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำหมักกากกาแฟที่ทำให้ผลผลิตเห็ดนางฟ้าภูฐานสูงที่สุด

นิยามศัพท์

1. เห็ดนางฟ้าภูฐาน *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer หมายถึง เห็ดตระกูลเดียวกับ เห็ดนางรม ดอกเห็ดมีสีขาวจนถึงสีน้ำตาลอ่อน หมวกดอกเนื้อแน่นสีคล้ำ ก้านดอกสีขาว ขนาดยาว เนื้อหนาคลายเนื้อสัตว์ ไม่มีวงแหวนล้อมรอบ ครีบดอกสีขาวอยู่ชิดติดกัน ออกดอกเห็ดเร็ว ระยะช่วง ห่างของการออกดอกสั้น มีความสามารถในการใช้อาหารสูง
2. น้ำหมักกากกาแฟ หมายถึง น้ำหมักชีวภาพที่ได้จากการหมักกากกาแฟกับ พด.2 และใช้ กากน้ำตาลเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ ซึ่งน้ำหมักจากกาแฟในการศึกษารั้งนี้ จะใช้ความเข้มข้น ต่างกัน 3 สูตร ซึ่งจะใช้ผสมลงในวัสดุเพาะเห็ด
3. คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำหมักกากกาแฟ หมายถึง สมบัติของสารที่สังเกตได้จาก ลักษณะภายนอก ได้แก่ สี และกลิ่น ของน้ำหมักกากกาแฟ
4. คุณสมบัติทางเคมีของน้ำหมักกากกาแฟ หมายถึง ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม สังกะสี แมกนีเซียม แคลเซียม ค่าความเป็นกรด ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC)
5. การเจริญเติบโตของเห็ด วัดได้จาก อัตราการเดินเส้นใย จำนวนดอก เส้นผ่านศูนย์กลาง ดอก ความยาวก้าน น้ำหนักสดของดอกเห็ด และประสิทธิภาพทางชีววิทยา

บทที่ 2

เอกสารงานและวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาความเข้มข้นของน้ำหมักกากกาแฟที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้า
ภูฐานครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ชีวิตวิทยาของเห็ดนางฟ้าภูฐาน
2. ขั้นตอนการเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐาน
3. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกาแฟ
4. น้ำหมักชีวภาพ
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชีวิตวิทยาของเห็ดนางฟ้าภูฐาน

เห็ดนางฟ้าภูฐานเป็นเห็ดในสกุลนางรม มีถิ่นกำเนิดในแถบภูเขาหิมาลัย ประเทศอินเดีย
ในสภาพธรรมชาติมักเจริญเติบโตตามต้นไม้ ในที่มีอากาศชื้นและเย็น มีลักษณะคล้ายเห็ดนางรม
และเห็ดเป๋าฮื้อ แต่ดอกจะมีสีขาวนวลจนถึงสีน้ำตาลอ่อน ดอกเห็ดนางฟ้าเมื่อโตเต็มที่จะสร้างสปอร์
บริเวณครีบโดยการปล่อยสปอร์เมื่อแก่ และเมื่อดอกเห็ดปล่อยสปอร์ออกมาแล้วสปอร์จะค่อย ๆ ปลิว
กระจายไปตามกระแสลม

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singers

ชื่อสามัญ : Grey oyster mushroom หรือ Sajor-caju

Subdivision: Basidiomycotina

Class: Hymenomycetes

Subclass: Holobasidiomycetidae

Order: Agaricales (Agarics)

Family: Pleurotaceae

Genus: *Pleurotus*

Specie: *sajor-caju*



ภาพ 2 ลักษณะเห็ดนางฟ้าภูฐาน
ที่มา (ธนรักษ์ อินยอด, และคนอื่นๆ, 2564)

1. ประเภทของเห็ด

เนื่องจากภูมิอากาศของประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตร้อนชื้น ทำให้พบเห็ดหลากหลายชนิด เห็ดที่พบจึงมีความหลากหลายในรูปร่างลักษณะทั้งที่รับประทานได้และรับประทานไม่ได้ จึงมีการแบ่งชนิดและจำแนกเห็ดไว้ตามลักษณะ ดังนี้

1.1 กลุ่มที่ใช้เป็นอาหาร เห็ดมีคุณค่าทางอาหารหลายชนิดโดยเฉพาะโปรตีนและวิตามิน ได้แก่ เห็ดฟาง เห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า เห็ดเป๋าฮื้อ และเห็ดหูหนู

1.2 กลุ่มที่ใช้เป็นยาสมุนไพร นอกจากเป็นอาหารแล้วเห็ดยังมีสรรพคุณทางยา ได้แก่ เห็ดหลินจือ และเห็ดหอม

1.3 กลุ่มเห็ดที่มีพิษ เห็ดในกลุ่มนี้บางชนิดมีพิษรุนแรง หากบริโภคเข้าไปอาจทำให้เสียชีวิตได้ ได้แก่ เห็ดระโงกหิน เห็ดข่า เห็ดข้าควาย เห็ดโคนส้ม เห็ดชนิดนี้แม้จะต้มให้สุกก็ยังคงเหลือพิษอยู่

2. ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเห็ด

หลังจากเพาะเลี้ยงเชื้อเห็ดใช้เวลาไม่นานนัก เส้นใยของเห็ดจะมีการเจริญเติบโต และเริ่มจับตัวเป็นกลุ่มก้อนภายในเวลาไม่กี่ชั่วโมง ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม เช่น มีอาหาร ความชื้น และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ด เมื่อกลุ่มก้อนของเส้นใยพัฒนาต่อไปจะมีขนาดยืดยาวขึ้นไปจนกลายเป็นรูปร่างของดอกเห็ด ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.1 หมวกเห็ด (cap) เป็นส่วนที่อยู่ปลายสุดของดอกที่เจริญขึ้นในอากาศหมวกดอกของเห็ดลักษณะแตกต่างกัน เช่น เห็ดฟาง เห็ดแชมปิญอง หมวกดอกมีลักษณะคล้ายร่ม เห็ดนางรม เห็ดนางฟ้าเห็ดเป๋าฮื้อ หมวกดอกมีลักษณะแบนราบ และส่วนกลางมีลักษณะเว้าเป็นแอ่ง บางชนิดหมวกดอกมีลักษณะกลมท่อนั้ส่วนอื่น ๆ ไว้ เช่น เห็ดเผาะ เป็นต้น

2.2 ครีบ (gills) เป็นส่วนที่อยู่ด้านล่างของหมวกดอก มีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ เรียงติดกันเป็นรัศมีจากก้านดอก ครีบดอกนี้เป็นที่เกิดสปอร์ของดอกเห็ด

2.3 ก้านดอก (stipe หรือ stalk) ก้านดอกของเห็ดเป็นที่ชูหมวกดอกขึ้นไป ซึ่งเห็ดแต่ละชนิดจะมีลักษณะรูปร่าง และขนาดแตกต่างกันไป เช่น เห็ดโคน เห็ดฟาง ก้านดอกจะมีขนาดยาว ส่วนเห็ดนางฟ้าเห็ดนางรม เห็ดหลินจือ ก้านดอกจะสั้น

2.4 วงแหวน (annulus หรือ ring) เป็นเนื้อเยื่อบาง ๆ ยึดติดอยู่รอบก้านดอก เมื่อหมวกดอกกางออก เนื้อเยื่อที่ยึดติดก้านดอกกับหมวกดอกจะขาดจากกัน และมีเนื้อเยื่อบางส่วนติดอยู่กับก้านดอก มีลักษณะเป็นวงแหวน

2.5 เปลือกหุ้มโคน (volva) เป็นเนื้อเยื่อที่หุ้มดอกเห็ดไว้ขณะที่ยังเล็กอยู่ เมื่อดอกเห็ดเจริญเติบโตขึ้นก็จะดันเนื้อเยื่อหุ้มออกมา ก้านดอกก็จะชูดอกเห็ดขึ้นไป ทิ้งเนื้อเยื่อไว้ด้านล่างที่บริเวณโคนดอกเห็ด



ภาพ 3 ส่วนประกอบของเห็ด (อุทัยวรรณ แสงวณิช, 2533)

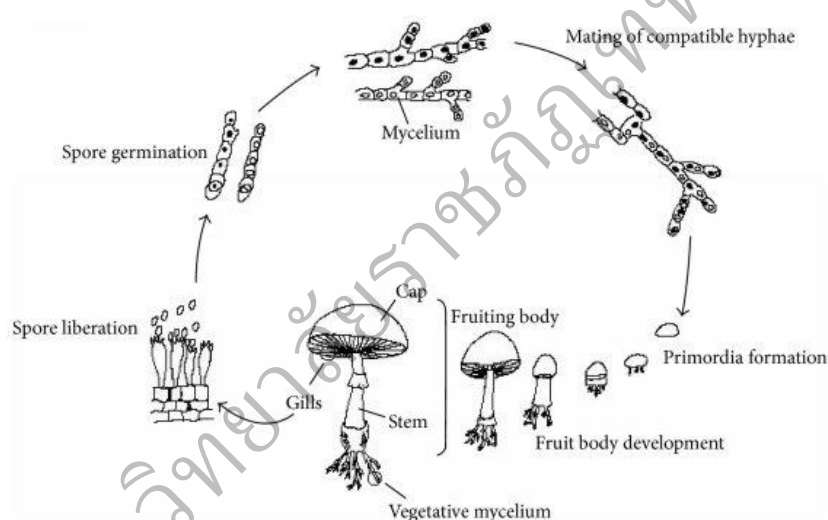
3. วงจรชีวิตของเห็ด

วงจรของเห็ดทุกชนิดที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติมีลักษณะคล้ายคลึงกัน คือ เริ่มจากสปอร์ ซึ่งเป็นสปอร์ที่ถูกสร้างขึ้นโดยอาศัยเพศที่เรียกว่า เบสิดิโอสปอร์ (basidiospore) เมื่อสปอร์เหล่านี้ตกไปอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมจะงอกเป็นเส้นใย จากเส้นใยจะพัฒนาเป็นดอกเห็ด หมุนเวียนเช่นนี้เรื่อยไป วงจรชีวิตของเห็ด สามารถแบ่งเป็น 2 ระยะ คือ

ระยะเส้นใย เริ่มเมื่อสปอร์จากครีบปลิวออกมา เมื่อตกลงในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมจึงงอกเป็นเส้นใย (hypha) มีลักษณะเป็นท่อเล็ก ๆ จำนวนมาก และพัฒนาไปเป็นกลุ่มเส้นใย (mycelium) ระยะนี้ใช้เวลานาน เส้นใยเหล่านี้มีขนาดเล็กมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า สามารถแทรกไปใน

ทุกส่วนของแหล่งอาหารทั้งภายนอก และภายใน โดยเจริญแผ่ขยายพื้นที่เส้นใยเป็นบริเวณกว้าง อาจครอบคลุมพื้นที่หลายตารางเมตร ระยะเส้นใยมีบทบาทในการย่อยสลายซากพืชซากสัตว์มากที่สุด เมื่อเส้นใยเหล่านี้เจริญเติบโตเต็มที่ จะสร้างฮอริโมนเพื่อกระตุ้นเส้นใยให้พัฒนาเป็นตุ่มดอกเห็ด

ระยะดอกเห็ด ระยะนี้มีการรวมตัวของกลุ่มเส้นใยเป็น ดอกเห็ด เพื่อทำหน้าที่สร้างสปอร์ ส่วนมากมีขนาดใหญ่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ใต้ผิวดอกจะปริแตกออกทำให้สปอร์จำนวนมากหลุดออกมา (ฉันทนา รุ่งพิทักษ์ไชย, และคนอื่นๆ, 2553) ระยะนี้ใช้เวลาสั้น ลักษณะของดอกเห็ดนางฟ้าจะมีลักษณะคล้ายกับดอกเห็ดเป๋าฮื้อ และดอกเห็ดนางรมแต่สีจะอ่อน และมีครีบอกอยู่ชิดกันมากกว่า เห็ดนางฟ้าสามารถเก็บไว้ในตู้เย็นนานได้หลายวัน ด้านบนของดอกจะมีสีนวลๆ ถึงสีน้ำตาลอ่อน



ภาพ 4 วงจรชีวิตของเห็ด (Stamets, & Chilton, 1983)

ขั้นตอนการเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐาน

การเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานเป็นกระบวนการที่สามารถทำได้ง่าย และไม่ต้องการอุปกรณ์ซับซ้อน เหมาะสำหรับทั้งการทำเป็นอาชีพหลักหรืออาชีพเสริม โดยสามารถเพาะได้ทั้งในพื้นที่จำกัด และในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย สามารถใช้ส่วนต่าง ๆ ของพืชมาเพาะได้โดยตรง เช่น ขี้เลื่อยจากไม้ยางพารา หรือไม้เนื้ออ่อน ยกเว้นไม้ที่มียางอาจจะทำเส้นใยของเห็ดเจริญลำบาก ควรต้องหมัก

เพื่อทำลายยางไม้ให้สลายตัวเสียก่อน นอกจากนี้ยังสามารถใช้กิ่งไม้ ต้นไม้ พางข้าว ข้าวโพด หรือซังข้าวโพด มาเป็นวัสดุเพาะได้

การเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานสิ่งที่จำเป็นต่อการเพาะเห็ดต้องมีอุปกรณ์ดังต่อไปนี้ เชื้อเห็ด เชื้อหมอนึ่งความดัน ตู้เชื้อเชื้อเห็ด ขี้เลื่อย พางข้าว ถุงร้อนขนาด 9 X 12 นิ้ว คอขวดพลาสติกทำจากพลาสติกทนความร้อน สาลี ยางรัด กระดาษหุ้มสาลี เป็นต้น กระบวนการเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานมีขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

1. นำขี้เลื่อยไม้ยางพารา 100 กิโลกรัม รำละเอียด 5 กิโลกรัม ปูนขาว 1 กิโลกรัม ยิปซัม 0.5 กิโลกรัม นำวัสดุทั้งหมดมาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน ใส่ น้ำสะอาดให้มีความชื้นที่เหมาะสม คลุกเคล้าส่วนผสมให้ความชื้นกระจายอย่างทั่วถึง
2. เมื่อปรับความชื้นในส่วนผสมแล้ว บรรจุใส่ถุงพลาสติกสำหรับเพาะเห็ดให้แน่น น้ำหนัก 900 กรัม/ถุง ใส่คอขวดพลาสติกปิดด้วยสาลี และปิดฝาจากพลาสติกแล้วใช้ยางรัด
3. นำก้อนเชื้อไปนึ่งที่อุณหภูมิประมาณ 120 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง เมื่อนึ่งเสร็จให้นำออกมาวางข้างนอกประมาณ 24 ชั่วโมง เพื่อให้ถุงเพาะเย็นตัว
4. จากนั้นทำการถ่ายเชื้อเห็ดที่เจริญเต็มที่ ในเมสตร์ถุงพีชประมาณ 15-20 เมล็ด
5. นำก้อนเชื้อเห็ดที่ถ่ายเชื้อเห็ดเรียบร้อยแล้วเข้าห้องบ่มก้อนเชื้อ

1. การบ่มก้อนเชื้อเห็ด

การบ่มก้อนเชื้อ หลังจากถ่ายเชื้อเห็ดลงในถุงก้อนเชื้อแล้ว นำไปบ่มในโรงเรือนที่อากาศถ่ายเทได้สะดวก อุณหภูมิประมาณ 29-32 องศาเซลเซียส เพื่อให้เส้นใยเจริญเต็มก่อน ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 28 - 30 วัน การบ่มก้อนเชื้อเห็ดเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการทำให้เชื้อเห็ดเจริญเติบโตและสามารถออกดอกได้อย่างสมบูรณ์ โดยการบ่มจะเป็นการสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับเชื้อเห็ดในการเจริญเติบโตในช่วงแรก

2. การเปิดดอกเห็ด

หลังจากเส้นใยเห็ดเจริญเต็มที่แล้วควรปล่อยให้เส้นใยเห็ดรัดตัว และสะสมอาหารเพิ่มมากขึ้น ใช้เวลาประมาณ 5-7 วัน วิธีการเปิดดอกเห็ดทำได้โดยดึงกระดาษหรือจุกที่ปิดถุงออก นำถุงก้อนเชื้อไปเรียงซ้อนกันไว้บนชั้น รดน้ำให้ความชื้นภายในโรงเรือน เช้า กลางวัน และเย็น อย่าให้น้ำเข้าถุงก้อนเชื้อ เพราะจะทำให้ก้อนเชื้อเน่า และเสียหายเร็ว การรักษาความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 70 เปอร์เซ็นต์ในระหว่างบ่มเชื้อต้องหมั่นตรวจดูทุกวัน หากพบก้อนเชื้อเสียหายหรือมีสิ่งอื่นปลอมปนให้รีบแยกออกจากก้อนเชื้ออื่น ๆ เพราะจะทำให้เกิดการระบาดไปยังก้อนเชื้ออื่นๆ หลังจากเปิดถุงได้ 7-14 วัน จะปรากฏดอกเห็ดขนาดเล็กออกมาจากปากถุง

3. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ด

การเจริญเติบโตของเห็ดนอกจากจะขึ้นอยู่กับสารอาหารแล้ว สภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยที่สำคัญมากต่อการเจริญเติบโตของเห็ด เป้าหมายในการเพาะเลี้ยงเห็ดคือการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่เป็นดอกเห็ด หากไม่มีการจัดการสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมแล้วจะไม่ประสบความสำเร็จในการเพาะเลี้ยง การจัดการสภาพแวดล้อมกับเห็ดอย่างเหมาะสมควรคำนึงถึงส่วนประกอบต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ด ดังต่อไปนี้ (สมทบ เวทโอสถ, 2560)

3.1 อาหารสำหรับเห็ด เห็ดเป็นสิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้แบบพืชสีเขียวแต่จะได้รับอาหารและพลังงานจากการย่อยสลายสารอินทรีย์เท่านั้น โดยมีแบคทีเรียเป็นผู้ย่อยสลายก่อนแล้วเห็ดจึงนำสารอาหารไปใช้ กระบวนการย่อยอาหารของเห็ด จะเป็นการปล่อยน้ำย่อยออกมาภายนอกเส้นใยเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ให้เล็กลงจนละลายแล้วซึมเข้าไปในเซลล์ จากนั้นการย่อยจึงเกิดขึ้นภายในเซลล์ต่อไป

3.2 ความเป็นกรด ต่าง ปกติเห็ดต้องการความเป็นกลาง คือที่ pH ประมาณ 7 หรือเป็นกรดเล็กน้อย ในสภาพอาหารที่เป็นกรดหรือด่างมากเกินไปเห็ดจะเจริญได้เฉพาะเส้นใยเท่านั้นแต่จะไม่สร้างดอก การเกิดดอกเห็ดจะเกิดได้ดีใน pH ที่เป็นกลาง เนื่องจากการสลายตัวของอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อเห็ดจะเกิดขึ้นมากหากระดับ pH ของอาหารเป็นกลาง

3.3 อากาศ เห็ดต้องการก๊าซออกซิเจนในการเจริญเติบโตทั้งในระยะเป็นเส้นใย และระยะการพัฒนาเป็นดอก ตามปกติในระยะการเจริญเติบโตของเส้นใยมีความทนทานต่อสภาพการขาดออกซิเจนได้ดีกว่าระยะดอก หากโรงเรือนมีระบบระบายอากาศไม่ดีจะมีการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งจะมีผลต่อการพัฒนาของดอกเห็ด

3.4 อุณหภูมิ มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของเห็ดมาก เห็ดแต่ละชนิดต้องการอุณหภูมิสำหรับการเจริญของเส้นใย และการเกิดดอกแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับธรรมชาติดั้งเดิมของเห็ดแต่ละชนิด โดยทั่วไปเห็ดเกือบทุกชนิดจะมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใยสูงกว่าระยะที่พัฒนาไปเป็นดอกเห็ดเล็กน้อย ประมาณ 3-5 องศาเซลเซียส ในเห็ดนางฟ้าภูฐานอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญของเส้นใยจะอยู่ที่ 25-35 องศาเซลเซียส ส่วนการเจริญในระยะดอกเห็ดจะอยู่ที่ 20-25 องศาเซลเซียส

3.5 ความชื้น ความชื้นของเห็ดจะมี 2 ประเภท คือ ความชื้นของวัสดุเพาะและความชื้นในอากาศ ในการเตรียมน้ำเพื่อผสมลงในวัสดุเพาะต้องให้ในปริมาณที่ความเหมาะสม โดยทั่วไปความชื้นในวัสดุเพาะจะอยู่ที่ 60-70 % หากความชื้นต่ำเกินไปจะทำให้เส้นใยเห็ดเจริญได้ไม่ดีเนื่องจากอาหารในวัสดุเพาะไม่สามารถละลายออกมาให้เส้นใยเห็ดนำอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโต

ได้ ส่วนความชื้นในอากาศสามารถเพิ่มได้โดยการฉีดพ่นละอองน้ำเข้าไปในโรงเรือน หากความชื้นในอากาศน้อยจะเกิดการระเหยออกไปจากดอกเห็ดทำให้ดอกเห็ดแห้งและหยุดการเจริญเติบโต

3.6 แสง โดยปกติเห็ดจะไม่ต้องแสงในระยะการเดินเส้นใย แต่ในเห็ดบางชนิดต้องการแสงในช่วงการเปิดดอกเพื่อกระตุ้นให้เส้นใยของเห็ดรวมตัวกันและพัฒนาไปเป็นดอกเห็ดที่สมบูรณ์ เช่น เห็ดหอม หากขาดแสงจะทำให้ไม่สร้างครีบได้หมดดอก ส่วนเห็ดนางฟ้าจะต้องการแสงแดดมากในช่วงที่พัฒนาไปเป็นดอกหากแสงสว่างน้อยดอกจะเล็กและก้านดอกจะยาว

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกาแฟ

กาแฟในประเทศไทยมีต้นกำเนิดจากคนไทยผู้ซึ่งนับถือศาสนาอิสลามคนหนึ่ง ชื่อนายดีหมื่น ได้มีโอกาสไปแสวงบุญ ณ เมืองเมกกะ ประเทศซาอุดีอาระเบีย และได้นำเมล็ดพันธุ์กาแฟมาเพาะปลูกที่ อำเภอสะบ้าย้อย จังหวัดสงขลา ในปี พ.ศ. 2447 กาแฟที่นำมาปรากฏว่าเป็นพันธุ์โรบัสต้า จากนั้นจึงได้มีการขยายพันธุ์ และมีการส่งเสริมการปลูกกาแฟพันธุ์โรบัสต้าออกไปอย่างกว้างขวางในภาคใต้ของประเทศไทย โดยส่งเสริมเป็นพืชปลูกหลักในสวนยางเป็นรายได้สำรองจากการกรีดยาง ปัจจุบันการปลูกกาแฟในภาคใต้ได้มีการพัฒนาการอย่างมากมาสามารถปลูกเป็นพืชหลัก และทำรายได้ให้เกษตรกรเป็นอย่างดี (ศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2550)

กาแฟมีสายพันธุ์หลักๆ 2 พันธุ์ คือ

กาแฟพันธุ์อาราบิก้า (Arabica) ปลูกที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลประมาณ 3,000 ฟุต ให้ผลผลิตสม่ำเสมอ รสชาติหอมกลมกล่อม ในเมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิก้ามีปริมาณคาเฟอีนน้อยกว่าพันธุ์โรบัสต้าประมาณ 1 เท่า ต้องปลูกในที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลประมาณ 3,000 ฟุต หากต้องการให้ผลผลิตสม่ำเสมอ ต้องปลูกบนที่สูงอากาศเย็นในบางช่วง (วรรณภา เดชครุฑ, และดารณี นาทรม, 2560) จึงปลูกกันมากที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย

กาแฟพันธุ์โรบัสต้า (Robusta) ปลูกในพื้นที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลไม่มากนัก ส่วนใหญ่ปลูกในประเทศแถบร้อนชื้น มีรสชาติเข้มข้น หอมกว่ากาแฟพันธุ์อาราบิก้า มีข้อปล้องยาว ใบมีขนาดใหญ่สีเขียว แต่ไม่เป็นมัน ชอบอากาศร้อนชื้น ฝนตกสม่ำเสมอ มีปลูกกันมากที่จังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี กระบี่ นครศรีธรรมราช

1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกาแฟ

กาแฟมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Coffea arabica* L. เป็นไม้พุ่มเขตร้อนขนาดกลาง ผู้เชี่ยวชาญเชื่อว่ามีมากมายหลายสายพันธุ์โดยไม้พุ่มเขตร้อนกว่า 6,000 สปีชีส์ เป็นกาแฟ 25 - 100 สปีชีส์ กาแฟอยู่ในวงศ์ Rubiaceae หรือพืชในวงศ์เข็ม มีลักษณะเฉพาะ คือ มีใบเดี่ยว แต่ละใบออกตรงข้ามกัน ซึ่งใบในแต่ละคู่จะตั้งฉากกัน ลักษณะของใบมักเป็นรูปเข็ม และมีขอบใบที่เรียบ ส่วนดอกมักมีปลาย 4-5 แฉก มีกลีบดอกที่เชื่อมติดกัน ลำต้นกาแฟ มีลักษณะตรงโดยเริ่มแรกของการเติบโต ต้นกาแฟจะไม่มีการแตกกิ่งแต่จะมีใบแตกออกมาตรงข้ออยู่ตรงข้ามกันเป็นคู่ ต่อมาจึงมีการแตกกิ่งออกมาจากลำต้นในลักษณะขนานกับพื้นดินหรือห้อยต่ำลงดิน ในบริเวณกิ่งนี้เองจะเป็นที่ออกดอกและติดผลของกาแฟ กาแฟจะแตกกิ่งออกมาเรื่อยๆทำให้เกิดพุ่มที่หนาที่บั้นเป็นที่มาของโรค และแมลงทำให้ผลผลิตตกต่ำ ดังนั้นเมื่อมีการแตกกิ่งออกมามากเกษตรกรจะต้องตัดแต่งกิ่งเพื่อเพิ่มผลผลิตและเก็บเกี่ยวง่าย

ดอกกาแฟ มีกลิ่นหอม มีรูปคล้ายดาว มีก้านสั้น ส่วนมากจะออกตามข้อของกิ่งกาแฟ ดอกกาแฟเป็นดอกสมบูรณ์เพศมีทั้งเกสรตัวผู้ และเกสรตัวเมียรวมอยู่ในดอกเดียวกัน เกสรตัวเมียจะมีอยู่สองส่วน เกสรตัวผู้จะมีจำนวนเท่ากับกลีบดอก คือประมาณ 2-4 อัน

ผลกาแฟ เกิดมาจากดอกของกาแฟ โดยมากจะมีปริมาณ 15-25 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นที่จะติดเป็นผลกาแฟ ลักษณะของผลกาแฟจะคล้ายลูกหว่า เนื้อกาแฟเมื่อสุกเต็มที่จะมีรสหวานเล็กน้อยมีลักษณะเป็นยางเหนียวๆ เปลือกนอกเมื่อสุกจะมีสีส้มแดง แดงเข้ม หรือเหลือง แล้วแต่พันธุ์ ในผลหนึ่งจะมี 2 เมล็ด ยกเว้นบางผลอาจมีเมล็ดเดียว หรือใหญ่ 1 เมล็ด เล็ก 1 เมล็ด เนื่องจากผสมเกสรไม่ได้

เมล็ดกาแฟ มีลักษณะโค้งด้านหนึ่ง ส่วนอีกด้านหนึ่งจะเรียบและมีร่องตรงกลาง โดย 1 ผลจะมี 2 เมล็ด ซึ่งอยู่ในลักษณะเอาด้านเรียบประกบกันลักษณะเรียวยาวรูปไข่ เมล็ดมีเยื่อบางๆ หุ้มและอยู่ภายในเปลือกหุ้มที่เรียกว่ากะลา (Parchment) เมล็ดที่มีเปลือกหุ้มอยู่นี้เรียกว่า กาแฟกะลา (Parchment Coffee) เมื่อกะเทาะกะลานี้ออกจะเหลือเมล็ดเรียกว่า สารกาแฟ (Green coffee)

2. สารสำคัญในกากกาแฟ

กากกาแฟที่ทิ้งหลังจากการชงกาแฟนั้น เป็นแหล่งของสารสำคัญที่มีคุณประโยชน์หลากหลายทั้งในด้านสุขภาพและการใช้งานต่างๆ แม้จะเป็นส่วนที่เหลือจากกระบวนการชงกาแฟ แต่กากกาแฟกลับเต็มไปด้วยสารประกอบที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในหลายด้าน เช่น สารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยปกป้องเซลล์ คาเฟอีนที่มีผลกระตุ้นระบบประสาท หรือแม้แต่ไฟเบอร์ที่ช่วยในกระบวนการย่อยอาหาร นอกจากนี้ กากกาแฟยังมีน้ำมันและกรดต่างๆ ที่สามารถนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์เสริมความงาม หรือแม้กระทั่งการทำปุ๋ยอินทรีย์ได้อีกด้วย (Bomfim, A. S. C. de Oliveira, et al., 2022) ในกากกาแฟประกอบด้วยสารสำคัญหลายกลุ่ม ดังนี้

โพลีแซคคาไรด์เป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรต ประกอบด้วยมโนแซ็กคาไรด์ที่เป็นชนิดเดียวกัน (homopolysaccharide) เช่น เซลลูโลส หรือ เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) โดยในกากกาแฟประกอบไปด้วยโพลีแซคคาไรด์ทั้ง 2 ประเภท ประมาณร้อยละ 50 ต่อน้ำหนักแห้ง กากกาแฟจะพบกาแล็กโทแมนแนนมากที่สุด การสกัดโพลีแซคคาไรด์จากกากกาแฟจะใช้วิธีการไฮโดรไลซิส (hydrolysis) ด้วยกรด เช่น การใช้กรดซัลฟูริก 72 % w/w อัตราส่วนสารละลายกรดต่อกากกาแฟ 5 mL/g อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลาสกัด 7 นาที จากนั้นเติมน้ำกลั่นลงไปเพื่อเจือจางสารละลายให้เหลือกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 N และบ่มตัวอย่างต่อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 45 นาที เมื่อนำสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC พบว่าในกากกาแฟประกอบไปด้วยเซลลูโลส 8.6 % w/w เฮมิเซลลูโลส 36.7 % w/w ซึ่งประกอบด้วย แมนโนส กาแล็กโทส และ อาราบินอส 21.2, 13.8 และ 1.7% w/w ตามลำดับ (Mussatto, et al., 2011) หรือการไฮโดรไลต์ด้วยด่าง (4 M NaOH) โดยการนำกากกาแฟมาให้ความร้อน (roasted) ที่อุณหภูมิ 160-220 องศาเซลเซียส และนำไปสกัดทันที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งการให้ความร้อนกากกาแฟก่อนการสกัดนี้จะช่วยให้ได้โพลีแซคคาไรด์เพิ่มขึ้นจากเดิมถึง ร้อยละ 15 (น้ำอ้อย บุญมาก, และบุญยกฤต รัตนพันธุ์, 2560)

โปรตีน ในกากกาแฟจะมีปริมาณโปรตีนโดยเฉลี่ยที่ 13.6 % w/w จากการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl ซึ่งเป็นวิธีคำนวณจากปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด พบว่าในกากกาแฟยังมีโปรตีนเหลืออยู่ร้อยละ 10.93 (ศศิกันต์ ปานปรางค์เจริญ, และนันทรักษ์ รอดเกตุ, 2563) ค่าที่ได้ต่ำกว่าความเป็นจริงเล็กน้อยจากปริมาณไนโตรเจนที่มาจากส่วนของคาเฟอีน ไตรโกเนลลีน (trigonelline) เอมีนอิสระ (free amine) และกรดอะมิโน (Mussatto et al., 2011) นอกจากโปรตีนแล้วในกากกาแฟยังมีกรดอะมิโนอีกหลายชนิด จากรายงานพบมากถึง 17 ชนิด โดยที่ลิวซีน (leucine) วาลีน (valine) และ ฟีนีลอะลานีน (phenylalanine) จะพบปริมาณมากที่สุด ค่าเฉลี่ยอยู่ประมาณ 10.6-10.9, 6.0-6.8 และ 0.5-6.7% ตามลำดับ

ไขมัน ปริมาณน้ำมันที่มีในกากกาแฟจะอยู่ในช่วง 11-20 % w/w โดยเฉลี่ยจะอยู่ที่ประมาณ 15 % w/w การสกัดน้ำมันจากกากกาแฟ เริ่มต้นด้วยการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เฮกเซน อีเทอร์ ไดคลอโรมีเทน โดยวิธีการรีฟลักซ์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในอัตราส่วน กากกาแฟ : ตัวทำละลาย 100 g : 300 ml พบว่าร้อยละของน้ำมันที่ได้จากการสกัดด้วย เฮกเซน อีเทอร์ และไดคลอโรมีเทน เท่ากับ 13.4 14.6 และ 15.2 %w/w โดย pH ของน้ำมันที่ได้เท่ากับ 6.8 , 4.7 และ 4.5 ตามลำดับ ดังนั้นเฮกเซนจึงเป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากให้ค่า pH ของน้ำมันที่สกัดได้เป็นกลาง เหมาะกับการนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ มากที่สุด (Kondamudi, Mohapatra, & Misra, 2008)

คาเฟอีน จัดเป็นสารสำคัญและเป็นเอกลักษณ์ของกาแฟ โดยในกากกาแฟจะพบปริมาณคาเฟอีนเหลืออยู่ในช่วง 0.73-41.3 ug/mg สารสกัดกากกาแฟสามารถสกัดได้ด้วยตัวทำละลาย เช่น เฮกเซนไดคลอโรมีเทนเอทานอล โดยเทคนิค ultrasound และ soxhlet ปัจจุบันมีการใช้เทคนิคขั้นสูงในการสกัด การสกัดกากกาแฟด้วยคลื่นอัลตราโซนิคร่วมกับตัวทำละลายคือเอทานอลบริสุทธิ์เข้มข้นร้อยละ 99.8 เอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 และไดคลอโรมีเทนเพื่อหาปริมาณคาเฟอีน และทดสอบฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียของสารสกัด สารสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 มีปริมาณคาเฟอีนสูงที่สุด เท่ากับ 419.9 ppm (ทิพย์รัตน์ ชาหอมชื่น, และคนอื่นๆ, 2566)

แร่ธาตุในกากกาแฟประกอบไปด้วยแร่ธาตุหลายชนิด จากการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค ICP-AES พบว่ากากกาแฟประกอบไปด้วยธาตุ K, P, Mg, Ca, Al, Fe, Mn, Cu, Zn, S, Cr โดยที่ K จะพบมากที่สุด 3549.0 mg/kg (Mussatto et al., 2011) นอกจากนี้ในกากกาแฟยังมีปริมาณเถ้า โดยเฉลี่ยประมาณ 0.4-1.6 % การที่มีปริมาณเถ้ามีน้อยนั้นก็หมายความว่าในกากกาแฟนั้นอุดมไปด้วยคาร์บอน ซึ่งสามารถนำไปใช้ในประโยชน์ในด้านพลังงานและการเกษตร (รพีพรรณ กองตุม, 2560)

น้ำหมักชีวภาพ

น้ำหมักชีวภาพ คือการนำเอาพืช ผักผลไม้ สัตว์ ชนิดต่าง ๆ มาหมักกับน้ำตาล ทำให้เกิดจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์จำนวนมากซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้จะไปช่วยสลายธาตุอาหารที่อยู่ในพืช เมื่อผ่านกระบวนการหมักที่สมบูรณ์ อินทรีย์สารต่างๆ จะถูกปลดปล่อยออกมา เช่น โปรตีน กรดอะมิโน แร่ธาตุ วิตามิน ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้

1. ประเภทของน้ำหมักชีวภาพ

น้ำหมักชีวภาพ แยกออกเป็น 2 ประเภทตามวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิต ได้แก่

1.1 น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากพืช น้ำหมักที่ได้จากการใช้พืชบางชนิดหรือส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ใบ, กิ่ง, ราก หรือเปลือกมาเป็นวัตถุดิบในการหมัก โดยจะใช้จุลินทรีย์หรือแบคทีเรียในการย่อยสลายสารอินทรีย์ให้กลายเป็นสารที่มีประโยชน์ เช่น ปุ๋ยธรรมชาติ หรือสารที่ช่วยในการปรับปรุงดินและเสริมสร้างสุขภาพของพืชได้

1.2 น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากสัตว์ เป็นปุ๋ยน้ำที่ได้จากการย่อยสลายเศษอวัยวะ ได้แก่ หัวปลา ก้างปลา หางปลา พุงปลา ผ่านกระบวนการหมัก โดยการย่อยสลายโดยใช้เอนไซม์ซึ่งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติซึ่งผลิตได้จากปลา หอยเชอรี่ ไข่ไก่ นมสด แอมอง เศษชิ้นส่วนของสัตว์ มูลสัตว์ ตลอดจนขี้เถ้าในครัวเรือน

2. คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำหมักชีวภาพ

น้ำหมักชีวภาพ จะมีลักษณะเป็นสารละลายสีน้ำตาลเข้มมีกลิ่นของแอลกอฮอล์ผสมกลิ่นเปรี้ยวของกรดอินทรีย์เมื่อชิมดูจะมีรสเปรี้ยว

- สี ของน้ำหมักจะเป็นสีน้ำตาลและค่อยๆ เข้มมากขึ้นเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น
- กลิ่น หลังจากเริ่มกระบวนการหมักจะมีกลิ่นหอมของน้ำตาลและพืชที่ถูกหมักหลังจากนั้นจะมีกลิ่นเปรี้ยว
- รส ในวันแรกของการหมักจะมีรสฝาดหรือรสของพืชที่ใช้ผลิตและรสหวานของน้ำตาลหลังจากนั้นจะมีรสเปรี้ยวเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น
- ความขุ่น ช่วงแรกของการหมักจะมีฟองเกิดขึ้น หลังจากที่ย่อการหมักลดลง คือ เมื่อเกิดฟองน้อยลง หรือไม่มีฟองเกิดขึ้นแล้วพืชที่ใช้ในการหมักจะตกตะกอนทำให้น้ำหมักมีความใสขึ้น

3. คุณสมบัติทางเคมีของน้ำหมักชีวภาพ

น้ำหมักชีวภาพมีสมบัติทางเคมีหลายประการที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ โดยเฉพาะในการเกษตรกรรม และการบำบัดสิ่งแวดล้อม

3.1 มีค่า pH (ความเป็นกรด-ด่าง) อยู่ในช่วง 3.5 – 5.6 ปฏิกริยาเป็นกรดถึงกรดจัด ซึ่ง pH ที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก และสามารถใช้ในการปรับสภาพดินให้เหมาะสมกับพืชบางชนิดที่ชอบสภาพความเป็นกรด

3.2 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC) อยู่ระหว่าง 2–12 desimen/m ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมกับพืชควรจะอยู่น้อยกว่า 4 ds/m

3.3 ไนโตรเจน (N) เป็นธาตุที่สำคัญที่สุดในการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะในด้านการเจริญเติบโตของใบและลำต้น น้ำหมักชีวภาพที่ได้จากการหมักพืชบางชนิด เช่น หญ้า หรือ ใบไม้ มักจะมีไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม (NH_4^+) หรือไนเตรต (NO_3^-)

3.4 ฟอสฟอรัส (P) ช่วยในการพัฒนาของรากและการสร้างดอกและผลของพืช น้ำหมักชีวภาพที่ได้จากวัสดุพืชที่มีฟอสฟอรัสสูง เช่น แกลบ หรือซี้ได้จากไม้ อาจมีฟอสฟอรัสในรูปของกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) หรือฟอสเฟต (PO_4^{3-})

3.5 โพแทสเซียม (K) เป็นหนึ่งในธาตุอาหารหลักที่สำคัญสำหรับพืช มีบทบาทหลายอย่างในการเจริญเติบโต และพัฒนาการของพืชมีบทบาทสำคัญในการเสริมสร้างระบบการสังเคราะห์อาหารของพืชและการเพิ่มความต้านทานต่อโรค น้ำหมักชีวภาพจากวัสดุที่มีโพแทสเซียมสูง เช่น เปลือกกล้วย หรือซี้จากไม้ อาจจะมีโพแทสเซียมในรูปของโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) หรือโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4)

3.6 สังกะสี (Zn) ช่วยในการผลิตฮอร์โมนพืช และการย่อยสลายอาหาร น้ำหมักชีวภาพบางชนิดอาจมีสังกะสีในรูปของสังกะสีซัลเฟต (ZnSO_4)

3.7 แมกนีเซียม (Mg) เป็นส่วนประกอบหลักของคลอโรฟิลล์ ซึ่งสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช น้ำหมักชีวภาพบางชนิดจากพืชที่มีแมกนีเซียมสูง เช่น ใบไม้เขียว หรือวัสดุพืชบางชนิด อาจมีแมกนีเซียมในรูปของแมกนีเซียมซัลเฟต (MgSO_4)

3.8 แคลเซียม (Ca) ช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับเซลล์พืช และมีบทบาทในการควบคุมกระบวนการเมตาบอลิซึมของพืช การดูดซึมสารอาหารและการเคลื่อนย้ายสารต่าง ๆ ภายในเซลล์พืช น้ำหมักชีวภาพจากวัสดุที่มีแคลเซียม เช่น เปลือกหอย หรือแกลบ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมาพร เรืองสังข์, และ กรรณิศา พืชพรม (2565) ได้ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยหมักที่มีส่วนผสมของกะลาเผาสุตรต่างกันต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของปุ๋ยหมักกะลาเผาสุตร และศึกษาผลของส่วนผสมปุ๋ยหมักกะลาเผาสุตรต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบ่งเป็น 8 กรรมวิธี (8 สูตร) ทำการหมักกะลาเผาสุตรเป็นเวลา 1 เดือน พบว่า วัสดุปลูกทั้ง 8 สูตร มีลักษณะทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ค่า pH อยู่ระหว่าง 6.4-6.8 และมีอุณหภูมิ 17.77-18.33 องศาเซลเซียส ซึ่งเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง โดยกรรมวิธีที่ 1 (ดิน + กะลาเผาสุตร + พด.1) มีค่า pH สูงที่สุด กรรมวิธีที่ 3 4 5 7 มีอุณหภูมิเท่ากันและสูงกว่ากรรมวิธีที่เหลือ คือ 18.33 องศาเซลเซียส สำหรับการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง พบว่าปุ๋ยหมักกรรมวิธีที่ 1 กรรมวิธีที่ 2 (ดิน+กะลาเผาสุตร+พด.1+กากน้ำตาล 100 กรัม) และกรรมวิธีที่ 3 (ดิน + กะลาเผาสุตร + พด.1 + กากน้ำตาล 300 กรัม) ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งในด้านความสูงต้น ความยาวก้านใบแท้ จำนวนใบแท้ และน้ำหนักสดน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นที่เหลือ ส่วนกรรมวิธีที่ 5 (ดิน+กะลาเผาสุตร+อีเอ็ม+กากน้ำตาล) และ กรรมวิธีที่ 8 (ดิน) ส่งเสริมการเจริญเติบโตทางลำต้นได้แก่ความสูงต้น ความยาวก้านใบแท้ จำนวนใบแท้ และน้ำหนักสด ได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามผลการวิจัยพบว่ากรรมวิธีที่ 2 มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งอย่างชัดเจน

นางลักษณ์ บรรยงวิมลธัญ, และคนอื่นๆ (2562) ศึกษาการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการเห็ดนางรมด้วยวัสดุเหลือทิ้งจากกะลาเผาสุตร ทดลองปลูกเห็ดนางรมภูฏานด้วยวัสดุปลูกจากกะลาเผาสุตรผสมขี้เลื่อยไม่ยารพารา อัตราส่วนร้อยละ 50:50, 25:75 และ 0:100 พบว่าวัสดุปลูกอัตราส่วน 50:50 ให้คุณค่าทางโภชนาการด้านโปรตีนสูงกว่าวัสดุเพาะปลูกขี้เลื่อยไม่ยารพารา 100% มากกว่า 2 เท่า และการใช้วัสดุเพาะปลูกเห็ดจากกากเมล็ดกาแฟบดผสมขี้เลื่อยไม่ยารพารา สูตรกากเปลือกกาแฟ 25:75

มีการเจริญเติบโตของดอกเห็ดเจริญเติบโตดี ดอกเห็ดมีสีเทา ก้านและดอกใหญ่มาก สูตรกากเมล็ดกาแฟบด 100% มีการเจริญเติบโตของดอกเห็ดเจริญเติบโตช้า ก้านและดอกมีขนาดเล็ก สูตรกากเมล็ดกาแฟบด 50% ผสมขี้เลื่อย 50% มีการเจริญเติบโตของดอกเห็ดเจริญเติบโตดี ก้านและดอกมีขนาดเล็ก จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากากกาแฟเหมาะสมเป็นวัสดุเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐานทดแทนวัสดุเพาะจากขี้เลื่อยไม่แย่งพารา เนื่องจากผลิตเห็ดที่มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น และวัสดุเพาะเห็ดชนิดใหม่ยังเป็นการเพิ่มมูลค่ากากกาแฟที่เป็นวัสดุเหลือทิ้ง และลดปัญหาการกำจัดขยะกากกาแฟอีกนับหลายพันตันต่อปี

เจนจิรา ชุมภูคำ, ศรัญญา ใจเขื่อนแก้ว, และพิจิตรา แก้วสอน (2560) ศึกษาผลของน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกกาแฟต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะละกอพันธุ์แขกดำ พบว่าเมล็ดมะละกอที่แช่ในน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกกาแฟที่ความเข้มข้น 1:1,000 v/v มีแนวโน้มของการคุดน้ำ สูงสุดที่ 24 ชั่วโมง มีความงอกสูงสุด (74%) และการงอกเร็วที่สุด (12.27 วัน) การเจริญเติบโตของต้นกล้ามะละกอ พบว่าต้นกล้าที่รดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกกาแฟที่ความเข้มข้น 1:200 v/v มีผลต่อความสูงต้น ความยาวราก จำนวนใบ น้ำหนักสดของต้น และดัชนีการเจริญเติบโตสูงที่สุด คือ 8.68 เซนติเมตร, 22.55 เซนติเมตร, 6.85 ใบ, 2.85 กรัม และ 30, 030 ตามลำดับ ดังนั้น น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกกาแฟที่ความเข้มข้น 1:1,000 v/v มีผลต่อการเพิ่มการงอกและลดระยะเวลาที่ใช้ในการงอก ส่วนที่ความเข้มข้น 1:200 v/v มีแนวโน้มต่อการเพิ่มการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะละกอพันธุ์แขกดำได้ดีที่สุด

ชไมพร แดงด้อย, สุนทรี กรโอชาเลิศ, และวสันต์ มะโนเรือง (2560) ศึกษาใช้น้ำหมักชีวภาพในอัตราส่วนกากกาแฟ 40 กิโลกรัม : กากกาแฟน้ำตาล 10 กิโลกรัม : น้ำ 10 กิโลกรัม ผสมสารเร่งชุปเปอร์พด.2 ปริมาณ 25 กรัม ทำการหมักเป็นระยะเวลา 7 วันวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยเจือจางสารดังกล่าวด้วยน้ำในอัตราส่วนน้ำหมักชีวภาพ 1 มิลลิลิตรต่อน้ำ 100, 300 และ 500 มิลลิลิตร ตามลำดับ ทำการรดน้ำช่วงเวลา 17.00 น. ทุกวันจนครบกำหนด 35 วัน แล้วจึงชั่งน้ำหนักสดและวัดความสูงของผักกาดฮ่องเต้ พบว่าน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟทุกระดับความเข้มข้นสามารถเพิ่มน้ำหนักสดของผักกาดฮ่องเต้ สูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อพิจารณาผลการทดลองในกลุ่มน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟทั้ง 3 ความเข้มข้น พบว่าความเข้มข้นต่ำ สามารถเพิ่มน้ำหนักสด และความสูงของผักกาดฮ่องเต้ได้สูงสุด รองลงมาได้แก่ความเข้มข้นปานกลาง และความเข้มข้นสูง ตามลำดับ การใช้ น้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟ 1 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 500 มิลลิลิตร เนื่องจากทำให้ผักกาดฮ่องเต้มีความสูงและน้ำหนักสดเฉลี่ยสูงที่สุด

เฮียน (Hien, 2022) ได้ศึกษาการนำกากกาแฟมาใช้ในการเพาะเห็ดนางฟ้า โดยทำการรวบรวมกากกาแฟจากร้านกาแฟในเมืองโฮจิมินห์ ประเทศเวียดนาม เตรียมวัสดุเพาะโดยผสมกับรำข้าวและขี้เลื่อย (8% w/w) ต่อกากกาแฟ (%) ในอัตราส่วนต่างๆ ดังนี้ 100 : 0, 25 : 75, 50 : 50, 75 : 25 และ 100 : 0 ผลการศึกษาพบว่า อัตราส่วนของรำข้าวและขี้เลื่อยกับกากกาแฟในอัตราส่วน 0 : 100 ทำให้การเจริญของเส้นใยช้า ในขณะที่อัตราส่วนอื่นๆ ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ได้ใส่กากกาแฟ แต่อย่างไรก็ตามรำข้าวและขี้เลื่อยต่อกากกาแฟในอัตราส่วน 50:50 ทำให้ได้ผลผลิตในเวลาเร็วและมีประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 41 กรัม/ก้อน ซึ่งช่วยลดเวลาในการเก็บเกี่ยวและเพิ่มผลกำไรทางเศรษฐกิจ

ชัย (Chai, et al., 2021) ได้ศึกษาการใช้กากกาแฟเป็นวัสดุเพาะเห็ดนางฟ้า และเห็ดนางรม เตรียมวัสดุเพาะโดยผสมขี้เลื่อย รำข้าว และแคลเซียมคาร์บอเนต โดยมีอัตราส่วนของกากกาแฟที่แตกต่างกัน ได้แก่ 0, 10, 20, 30, 40, 89% (w/w) ผลการศึกษาพบว่า การเจริญของเส้นใยจะเกิดได้ดีเมื่ออัตราส่วนของกากกาแฟน้อยกว่าหรือเท่ากับ 40% สำหรับการเกิดดอกจะเกิดได้ดีเมื่ออัตราส่วนของกากกาแฟน้อยกว่าหรือเท่ากับ 20% ทั้งนี้เป็นผลมาจากเมื่ออัตราส่วนของกากกาแฟเพิ่มขึ้นยิ่งทำให้มีสารฟีนอลิกและคาเฟอีนสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามพบว่าการเสริมกากกาแฟในอัตราส่วนมากกว่าหรือเท่ากับ 20% ไม่มีผลต่อปริมาณแร่ธาตุ และกรดไขมันในเห็ดทั้ง 2 ชนิด

ทัมบุรูและทูโว (Tambaru, & Tuwo, 2023) ทำการศึกษาผลของการใช้กากกาแฟและขี้เลื่อยจากต้นสั๊กในการเป็นวัสดุเพาะเห็ดนางรม ผลการศึกษาพบว่า วัสดุเพาะที่ไม่ผสมกากกาแฟทำให้เส้นใยเจริญดีที่สุด และให้ผลผลิตดอกเร็วที่สุด และน้ำหนักมากที่สุด ในขณะที่อัตราส่วนของขี้เลื่อยจากต้นสั๊ก 0.5 กิโลกรัมต่อกากกาแฟ 1.5 กิโลกรัม และกากกาแฟเพียงอย่างเดียวไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเห็ดนางรม

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักกากกาแฟต่อผลการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐาน โดยทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำหมักกากกาแฟต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐาน โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีเครื่องมือ อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการวิจัยดังต่อไปนี้

1. เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี
2. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย
 - 2.1 การเตรียมน้ำหมักกากกาแฟ
 - 2.2 ขั้นตอนการผลิตก้อนเชื้อเห็ด
 - 2.3 ศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐาน
 - 2.4 เก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี

1. เครื่องมือ
 - 1.1 เครื่องชั่ง 3 ตำแหน่ง
 - 1.2 เครื่อง pH meter
 - 1.3 เครื่อง conductivity meter
 - 1.4 เครื่อง Nitrogen Analyzer
 - 1.5 เครื่อง Spectrophotometer
 - 1.6 เครื่อง Atomic absorption spectrophotometer
 - 1.7 เตานิ่งก้อนเชื้อเห็ด
2. อุปกรณ์
 - 2.1 เชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐาน
 - 2.2 ขี้เลื่อยไม้ยางพารา
 - 2.3 ปูนขาว
 - 2.4 น้ำ
 - 2.5 กากน้ำตาล
 - 2.6 ไม้บรรทัด

- 2.7 สำลี
- 2.8 สายวัด
- 2.9 กากกาแฟ
- 2.10 รำละเอียด
- 2.11 ถูพลาสติกขนาด 8X12 นิ้ว
- 2.12 ยาง
- 2.13 คอพลาสติก

3. สารเคมี

- 3.1 ยิปซัม
- 3.2 น้ำกลั่น
- 3.3 น้ำ
- 3.4 ปูนขาว

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การทดลองใช้วิธีการวางแผนทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) คือ การใช้น้ำหมักกากกาแฟมาใช้เป็นส่วนผสมในวัสดุเพาะเห็ด แบ่งวิธีการทดลองเป็น 4 ชุดทดลอง ๆ จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 5 ก้อน โดยทำการเพาะเลี้ยงเห็ดนางฟ้าภูฐานในถูงพลาสติกในโรงบ่มเชื้อ และเมื่อเส้นใยเจริญเต็มถูงจะนำไปไว้ในโรงเพาะเห็ด เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโต โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การเตรียมน้ำหมักกากกาแฟ

หมักกากกาแฟโดยผสมกากกาแฟกับกากน้ำตาลและน้ำในสัดส่วน 3:1:1 โดยน้ำหนัก ในภาชนะที่บ่มแสง ใส่สารเร่ง พด.2 สำหรับทำปุ๋ยอินทรีย์น้ำของกรมพัฒนาที่ดิน ปิดฝาภาชนะที่ใช้หมักเพื่อป้องกันแมลง หมักเป็นเวลา 7 วัน กวนเป็นระยะๆ จากนั้นกรองเอาส่วนที่เป็นน้ำหมักมาใช้ในการศึกษา โดยศึกษาลักษณะทางกายภาพ คือ สี และกลิ่น และวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำหมักกากกาแฟ ได้แก่ ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ด้วยเครื่อง conductivity meter ค่าความเป็นกรด ด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH meter วิเคราะห์ธาตุไนโตรเจน โดยวิธี Kjeldahl method วิเคราะห์ธาตุฟอสฟอรัส ด้วยเครื่อง spectrophotometer และวิเคราะห์ธาตุโพแทสเซียม สังกะสี แคลเซียม ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer

2. ขั้นตอนการผลิตก้อนเชื้อเห็ด

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้า ประกอบด้วยขี้เลื่อยไม้ยางพารา ถูกรองขนาด 8 X 12 นิ้ว คอขวดพลาสติกทำจากพลาสติกทนร้อน สำลี ยางรัด กระจาดหุ้มสาเลี โดยขั้นตอนการผลิตก้อนเชื้อเห็ดในแต่ละสูตรมีส่วนผสมดังนี้

1. นำขี้เลื่อยไม้ยางพารา 100 กิโลกรัม รำละเอียด 8 กิโลกรัม ปูนขาว 1 กิโลกรัม และ ดีเกลือ 0.2 กิโลกรัม นำส่วนผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน และแบ่งเป็น 4 ส่วนเท่าๆ กัน ส่วนละ 27.8 กิโลกรัม เพื่อให้ได้ก้อนวัสดุเพาะในปริมาณที่เท่ากันทุกสูตร

2. เตรียมส่วนผสมน้ำหมักกากกาแฟจำนวน 4 สูตร ได้แก่

สูตรที่ 1 น้ำ กลุ่มควบคุม

สูตรที่ 2 น้ำหมักกากกาแฟ 1 มิลลิลิตร : น้ำ 200 มิลลิลิตร

สูตรที่ 3 น้ำหมักกากกาแฟ 1 มิลลิลิตร : น้ำ 400 มิลลิลิตร

สูตรที่ 4 น้ำหมักกากกาแฟ 1 มิลลิลิตร : น้ำ 600 มิลลิลิตร

3. นำน้ำหมักกากกาแฟสูตรละ 200 มิลลิลิตร ผสมลงในวัสดุเพาะข้อที่ 1 เติมน้ำลงไปจนได้ความชื้นที่ต้องการ คลุกเคล้าให้เข้ากัน บรรจุถุงพลาสติกทนร้อน ได้วัสดุก้อนเพาะเห็ด ปริมาณ 20 ก้อน/สูตร

4. นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิประมาณ 80 - 100 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 2 - 6 ชั่วโมง

5. นำถุงออกมาพักให้เย็น เปิดจุกสำลี ใส่หัวเชื้อเห็ดนางฟ้าลงไปตรงคอถุง

6. นำถุงเชื้อเห็ดไปเข้าห้องบ่มเชื้อ โดยบ่มไว้ในห้องที่อุณหภูมิปกติ รอจนกระทั่งเส้นใยเดินเต็มถุงก้อนเชื้อ

7. เมื่อเส้นใยเดินเต็มถุงแล้ว นำมาเปิดดอกเพื่อให้เกิดดอกเห็ด ภายในโรงเรือนควรมีการถ่ายเทอากาศดี มีแสงสว่างพอสมควรและเก็บความชื้นได้ดีพอสมควร ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนประมาณ 70 % ขึ้นไป

3. ศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐาน

การบันทึกผลการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฐานจากวัสดุเพาะทั้ง 4 สูตร โดยวัดความยาวของเส้นใยเห็ดที่เจริญอยู่ในถุงศึกษาจนกระทั่งเส้นใยเดินเต็มถุง บันทึกความยาวของเส้นใยในแต่ละสูตรตั้งแต่วันที่เริ่มเชื้อเห็ดลงในถุงโดยวัดทุก ๆ 5 วัน ตลอดระยะเวลาการบ่มเชื้อ 25 วัน หลังจากเส้นใยเห็ดภูฐานเจริญจนเต็มถุงแล้วทิ้งไว้อีก 7 วัน เพื่อให้เส้นใยรัดตัวกันแน่นจึงนำถุงเห็ดเข้าโรงเปิดดอกเห็ด เมื่อดอกเห็ดเกิดขึ้นจึงศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดในแต่ละสูตร โดยศึกษาดังนี้

- นับจำนวนดอกเห็ดจากน้ำหมักกากกาแฟแต่ละสูตร
- ชั่งน้ำหนักสดที่ได้จากน้ำหมักกากกาแฟแต่ละสูตร โดยจะชั่งน้ำหนักเป็นก้อน/กรัม
- วัดเส้นผ่านศูนย์กลางดอก และความยาวก้านดอก
- วิเคราะห์ปริมาณผลผลิตเห็ด โดยเปรียบเทียบผลการทดลองจากประสิทธิภาพทาง

ชีววิทยาการวิเคราะห์ค่า % Biological Efficiency (%B.E) จากสูตร

$$\%B.E = \frac{\text{น้ำหนักเห็ดสด} \times 100}{\text{น้ำหนักแห้งวัสดุเพาะ}}$$

4. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำข้อมูลการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐานมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้วิธี

Duncan new multiple range test

บทที่ 4

ผลการดำเนินการวิจัย

ผลการศึกษาแบ่งตามวัตถุประสงค์ ดังนี้ คือ ศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำหมักกากกาแฟที่เตรียมได้แก่ สี กลิ่น จากนั้นศึกษาสมบัติทางเคมีของน้ำหมักกากกาแฟ เตรียมน้ำหมักกากกาแฟโดยมีอัตราส่วนกากกาแฟ 3 กิโลกรัม : กากน้ำตาล 1 กิโลกรัม : น้ำ 1 กิโลกรัม ผสมสารเร่งซูเปอร์ พด.2 ปริมาณ 2.5 กรัม ใช้ระยะเวลาในการหมัก 7 วัน จากนั้นนำน้ำหมักดังกล่าวมาเจือจางกับน้ำให้มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 3 สูตร คือ น้ำหมักกากกาแฟ : น้ำ 1 : 200 มิลลิลิตร น้ำหมักกากกาแฟ : น้ำ 1 : 400 น้ำหมักกากกาแฟ : น้ำ 1 : 600 จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำหมักกากกาแฟเพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม สังกะสี แมกนีเซียม แคลเซียม ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) และนำน้ำหมักกากกาแฟมาใช้เป็นส่วนผสมในวัสดุเพาะเห็ดเพื่อศึกษาอัตราการเดินของเส้นใย จำนวนดอก เส้นผ่านศูนย์กลางดอก ความยาวก้านดอก น้ำหนักสดดอกเห็ด และประสิทธิภาพทางชีววิทยา (%BE) ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละสูตร

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของน้ำหมักกากกาแฟ

การสังเกตสีด้วยสายตาพบว่าในวันแรก น้ำหมักกากกาแฟมีสีน้ำตาลอ่อน มีฝ้าขาวขึ้นเล็กน้อยบนผิวหน้าของน้ำหมัก ดังแสดงในภาพที่ 1 ในวันที่ 2 ของการหมักจะมีฝ้าขาวจำนวนเพิ่มขึ้น มีกลิ่นฉุนเปรี้ยวและมีฟองแก๊สเกิดขึ้น ในวันที่ 4 กลิ่นฉุนเปรี้ยวจะเริ่มรุนแรงขึ้นและมีกลิ่นของแอลกอฮอล์ แต่เมื่อถึงวันที่ 6 กลิ่นฉุนเปรี้ยวจะเริ่มลดลงและไม่มีฟองแก๊สเกิดขึ้น ในวันที่ 7 มีฝ้าขาวเกิดขึ้นจำนวนมาก ไม่มีฟองแก๊ส กลิ่นฉุนของแอลกอฮอล์ลดลง และจะมีกลิ่นหอมของกากกาแฟเมื่อนำน้ำหมักกากกาแฟมารองพบว่าสีของน้ำหมักกากกาแฟจะมีสีน้ำตาลอ่อน

ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีของน้ำหมักกากกาแฟ

จากการศึกษาสมบัติทางเคมีของน้ำหมักกากกาแฟที่เตรียมได้โดยวิเคราะห์ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) สังกะสี (Zn) แมกนีเซียม (Mg) แคลเซียม (Ca) ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC) และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ได้ผลการทดลองดังแสดงในตาราง 1

2.1 ไนโตรเจน (N)

จากการศึกษาปริมาณไนโตรเจนโดยการนำน้ำหมักกากกาแฟที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 สูตร มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน โดยวิธีเจลดาคัล (Kjeldahl method) ในห้องปฏิบัติการ พบว่าน้ำหมักกากกาแฟ มีปริมาณไนโตรเจนร้อยละ 0.24 เท่ากันทุกสูตร โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับสูตรที่ไม่ได้ผสมน้ำหมักกากกาแฟซึ่งจะไม่พบปริมาณไนโตรเจน

2.2 ฟอสฟอรัส (P)

จากการศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสโดยการนำน้ำหมักกากกาแฟที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 สูตร มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัส ด้วยเครื่อง Atomic absorption ในห้องปฏิบัติการ พบว่า มีปริมาณฟอสฟอรัสร้อยละ 0.40 เท่ากันทุกสูตร โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับสูตรที่ไม่ได้ผสมน้ำหมักกากกาแฟซึ่งจะไม่พบปริมาณฟอสฟอรัส

2.3 โพแทสเซียม (K)

จากการศึกษาปริมาณโพแทสเซียมโดยการนำน้ำหมักกากกาแฟความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 สูตร มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียม ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer ในห้องปฏิบัติการพบว่า ทั้ง 3 สูตร มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบโพแทสเซียมมากที่สุดในสูตรที่ 2 โดยพบปริมาณโพแทสเซียม เท่ากับ 94.70 ppm รองลงมาคือสูตรที่ 3,4 และสูตรที่ 1 พบปริมาณโพแทสเซียม เท่ากับ 59.77 ppm ,14.20 ppm และ 0 ppm ตามลำดับ

2.4 สังกะสี (Zn)

จากการศึกษาปริมาณสังกะสีโดยการนำน้ำหมักกากกาแฟที่ได้จากที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 สูตร มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสี ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ในห้องปฏิบัติการ พบว่ามีปริมาณสังกะสี มากที่สุดในสูตรที่ 2 มีปริมาณสังกะสีเท่ากับ 90.88 ppm มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับสูตรที่ 3,4 และสูตรที่ 1 โดยจะพบปริมาณสังกะสี เท่ากับ 66.467 ppm , 18.873 ppm และ 0 ppm ตามลำดับ

2.5 แมกนีเซียม (Mg)

จากการศึกษาปริมาณแมกนีเซียมโดยการนำน้ำหมักกากกาแฟที่ได้จากที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 สูตร มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณแมกนีเซียมด้วยชุดวัดแมกนีเซียมในห้องปฏิบัติการ พบปริมาณแมกนีเซียมมากที่สุดในสูตรที่ 2 มีปริมาณแมกนีเซียม เท่ากับ 83.60 ppm มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับสูตรที่ 3 , 4 และ สูตรที่ 1 โดยพบปริมาณแมกนีเซียมเท่ากับ 77.68 ppm , 35.67 ppm และ 0 ppm ตามลำดับ

2.6 แคลเซียม (Ca)

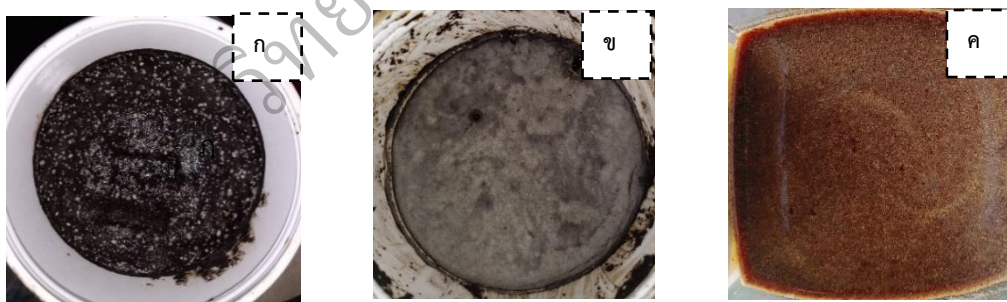
จากการศึกษาปริมาณแคลเซียมโดยการนำน้ำหมักกากกาแฟที่ได้จากที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 สูตร มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียม ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ในห้องปฏิบัติการจะพบปริมาณแคลเซียมมากที่สุดในสูตรที่ 2 มีปริมาณแคลเซียม เท่ากับ 83.68 ppm มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับสูตรที่ 3 , 4 และสูตรที่ 1 โดยพบปริมาณแคลเซียม เท่ากับ 76.77 ppm , 39.31 ppm และ 0 ppm ตามลำดับ

2.7 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

จากการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยการนำน้ำหมักกากกาแฟที่ได้จากที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 สูตร มาทำการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดย pH meter พบว่า ค่าความเป็นกรดต่างพบมากที่สุดในสูตรที่ 1 คือ น้ำที่ไม่ได้ผสมน้ำหมักกากกาแฟ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.86 โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับ สูตรที่ 4 สูตรที่ 3 และ สูตรที่ 2 ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 6.48 , 5.56 และ 4.31 ตามลำดับ

2.8 ค่าการนำไฟฟ้า

จากการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าโดยการนำน้ำหมักกากกาแฟที่ได้จากที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 สูตร มาทำการวิเคราะห์หาค่าการนำไฟฟ้า โดย EC meter มีค่าการนำไฟฟ้ามากที่สุดในสูตรที่ 2 เท่ากับ 228.67 $\mu\text{S}/\text{cm}$ โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับสูตรที่ 3 , 4 และสูตรที่ 1 ซึ่งพบค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 127.33, 96.33 และ 0.06 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ตามลำดับ



ภาพ 5 แสดงลักษณะทางกายภาพของน้ำหมักกากกาแฟ โดย

ภาพ ก ลักษณะของน้ำหมักกากกาแฟที่ใช้เวลาหมัก 2 วัน

ภาพ ข ลักษณะของน้ำหมักกากกาแฟที่ใช้เวลาหมัก 7 วัน

ภาพ ค ลักษณะของน้ำหมักกากกาแฟที่กรองแล้ว

ตาราง 1 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของน้ำหมักกากกาแฟ

สูตร	ธาตุอาหาร							pH	EC
	N	P	K	Zn	Mg	Ca			

	(%)	(%)	ppm	ppm	ppm	ppm	($\mu\text{s}/\text{cm}$)
1	0.00 $\pm$ 0.00 ^a	0.00 $\pm$ 0.00 ^a	0.00 $\pm$ 0.00 ^a	0.00 $\pm$ 0.00 ^a	0.00 $\pm$ 0.00 ^a	0.00 $\pm$ 0.00 ^a	6.86 $\pm$ 0.00 ^d
2	0.24 $\pm$ 0.00 ^a	0.40 $\pm$ 0.00 ^a	94.69 $\pm$ 0.51 ^d	90.87 $\pm$ 0.50 ^d	83.68 $\pm$ 0.17 ^d	83.68 $\pm$ 0.05 ^d	4.31 $\pm$ 0.01 ^a
3	0.24 $\pm$ 0.00 ^a	0.40 $\pm$ 0.00 ^a	59.76 $\pm$ 0.39 ^c	66.46 $\pm$ 0.51 ^c	77.68 $\pm$ 0.78 ^c	76.77 $\pm$ 0.07 ^c	5.56 $\pm$ 0.01 ^b
4	0.24 $\pm$ 0.00 ^a	0.40 $\pm$ 0.00 ^a	14.20 $\pm$ 0.08 ^b	18.87 $\pm$ 0.11 ^b	35.97 $\pm$ 0.09 ^b	39.31 $\pm$ 0.16 ^c	6.48 $\pm$ 0.03 ^c

หมายเหตุ

a, b, c, d คือ ค่าเฉลี่ยภายในคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

ผลการศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำหมักกากกาแฟที่มีต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐาน

1. การเดินเส้นใยของเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐาน

การศึกษาความเข้มข้นของน้ำหมักกากกาแฟ เพื่อใช้เป็นส่วนผสมในวัสดุเพาะเห็ดจะเริ่มพิจารณาจากการเดินเส้นใย โดยในการทดลองทุกชุดได้ดำเนินการภายในโรงบ่มเห็ดที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ แสง ความชื้น ให้คงที่เหมือนกันทุกชุดการทดลอง เพื่อบริโภคเส้นใยเจริญเต็มถุง ก่อนการนำไปเปิดดอก การเก็บข้อมูลการเดินเส้นใยทำได้โดยการใช้สายวัด วัดความยาวของเส้นใยจากปากถุงจนเส้นใยเดินเต็มถุง ผลการศึกษการเดินเส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฐาน พบว่า การเดินเส้นใยของเห็ดมีความแปรผันตามจำนวนวันที่เห็ดได้รับการเพาะปลูก นั่นคือจำนวนวันมากขึ้นความสามารถในการเจริญเติบโตบนวัสดุเพาะจะมีค่าเฉลี่ยมากขึ้นตามไปด้วย การเดินเส้นใยเห็ดในชุดควบคุมและชุดทดสอบที่ใช้ความเข้มข้นของน้ำหมักกากกาแฟ : น้ำ ในอัตราส่วนที่ต่างกัน 4 สูตร โดยเริ่มทำการวัดเส้นใยหลังจากเริ่มบ่มก้อนเห็ด วัดการเดินของเส้นใยได้จำนวน 5 ครั้ง ระยะเวลาตามที่แสดงไว้ ดังตาราง 2 จากการวิจัยพบว่าเห็ดเดินเส้นใยเห็ดที่เพาะในสูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 4 มีการเดินเส้นใยจนเต็มทั่วทั้งก้อนใช้เวลา 25 วัน ส่วนในสูตรที่ 1 ใช้เวลา 27 วัน เมื่อคำนวณอัตราการเดินเชื้อเฉลี่ยต่อวันพบว่าสูตรที่ 3 ใช้เวลาเดินเส้นใยเร็วที่สุด คือ 2.83 เซนติเมตรต่อวัน และเมื่อเปรียบเทียบความยาวของเส้นใยในแต่ละสูตร พบว่าสูตรที่ 3 มีอัตราการเดินเส้นใยเห็ดยาวที่สุดตั้งแต่ครั้งแรกจนถึงครั้งสุดท้าย แต่เมื่อนำผลการเปรียบเทียบแสดงค่าที่วัดได้นี้ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตาราง 2 การเดินเส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฐานในถุงพลาสติกที่ใส่น้ำหมักกากกาแฟ ทั้ง 4 สูตร

	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25	เฉลี่ย/ วัน
สูตร	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	

สูตรที่ 1	2.40±0.21 ^a	5.28±0.34 ^c	7.15±0.31 ^a	10.80±0.82 ^{ab}	16.20±0.93 ^a	2.75
สูตรที่ 2	2.25±0.41 ^a	4.20±0.41 ^a	7.06±0.80 ^a	10.40±0.64 ^a	16.32±0.65 ^a	2.81
สูตรที่ 3	2.17±0.34 ^a	4.45±0.43 ^b	7.11±0.36 ^a	10.50±0.57 ^a	16.35±1.17 ^a	2.83
สูตรที่ 4	2.45±0.46 ^a	5.38±0.39 ^c	7.12±0.31 ^a	11.17±0.63 ^b	16.58±0.91 ^a	2.77

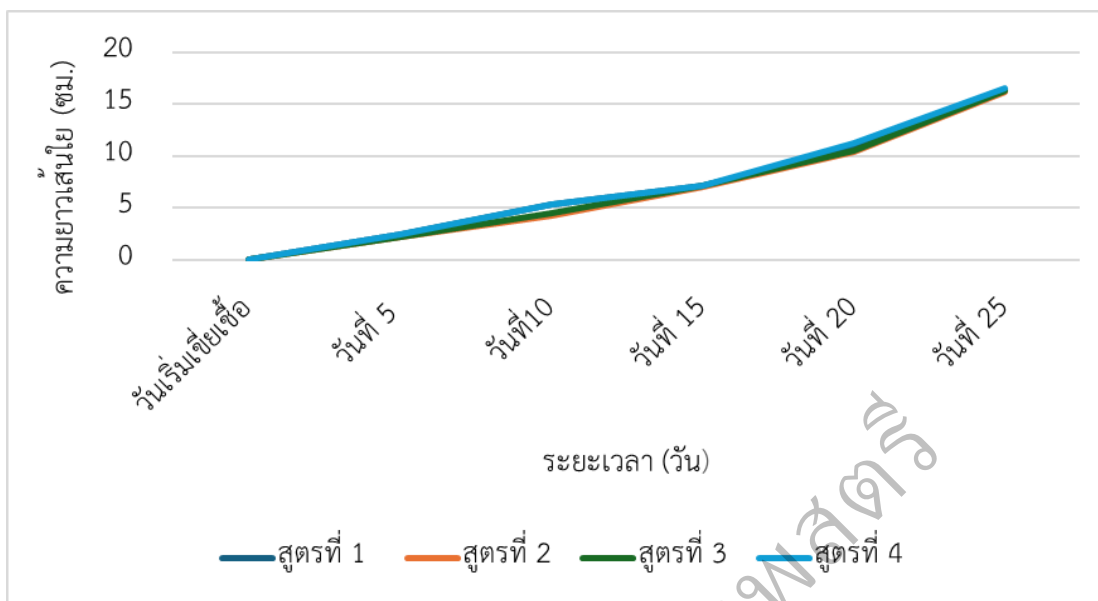
หมายเหตุ

a, b, c คือ ค่าเฉลี่ยภายในคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95



ภาพ 6 แสดงการเดินสายใยเห็ดในวัสดุเพาะทั้ง 4 สูตร โดย

- ก. สูตรที่ 1 ข. สูตรที่ 2
ค. สูตรที่ 3 ง. สูตรที่ 4



ภาพ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเส้นใยกับระยะเวลา (จำนวนวัน)

2. จำนวนดอก

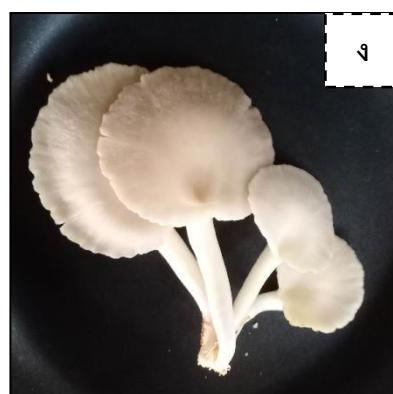
ผลการศึกษา ผลการศึกษาจำนวนดอกเห็ดนางฟ้าภูฐาน ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ในรุ่นที่ 1 พบว่าสูตรที่ 2 เห็ดมีจำนวนดอก มากที่สุดเฉลี่ย 7.60 ดอก/ก้อน รองลงมาคือสูตรที่ 3 และ 4 มีจำนวนดอกเห็ดเฉลี่ยเท่ากันคือ 7.60 ดอก/ก้อน ในขณะที่สูตรที่ 1 ให้จำนวนดอกน้อยที่สุด คือ 6.75 ดอก/ก้อน ส่วนจำนวนดอกเห็ดในรุ่นที่ 2 พบว่าสูตรที่ 3 เห็ดมีจำนวนดอก มากที่สุดเฉลี่ย 5.93 ดอก/ก้อน รองลงมาคือสูตรที่ 1 และ 4 มีจำนวนดอกเห็ดเฉลี่ยเท่ากับ 5.20 และ 5.10 ดอก/ก้อน ตามลำดับ ในขณะที่สูตรที่ 2 ให้จำนวนดอกน้อยที่สุด คือ 4.05 ดอก/ก้อน และในรุ่นที่ 3 พบว่าสูตรที่ 3 เห็ดมีจำนวนดอก มากที่สุดเฉลี่ย 3.15 ดอก/ก้อน รองลงมาคือสูตรที่ 1 และ 4 มีจำนวนดอกเห็ดเฉลี่ยเท่ากับ 3.05 และ 2.85 ดอก/ก้อน ตามลำดับ ในขณะที่สูตรที่ 2 ให้จำนวนดอกน้อยที่สุด คือ 2.80 ดอก/ก้อน

ค่าเฉลี่ยจำนวนดอกเห็ดทั้ง 3 รุ่น พบว่าสูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 5.57 ดอก/ก้อน รองลงมาคือสูตรที่ 2 และ 4 คือ 5.23 และ 5.18 ดอก/ก้อน ตามลำดับ ส่วนในสูตรที่ 1 (ชุดควบคุม) ให้จำนวนดอกน้อยที่สุด คือ 5.00 ดอก/ก้อน เมื่อพิจารณาจำนวนดอกเห็ด รวม 3 รุ่น พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 จำนวนดอกเห็ดนางฟ้าภูฐานแต่ละรุ่น

สูตร	จำนวนดอก (ดอก/ถุง)			
	รุ่นที่ 1	รุ่นที่ 2	รุ่นที่ 3	เฉลี่ย
1	6.75 ± 2.55^a	5.20 ± 2.78^a	3.05 ± 1.19^a	5.00 ± 2.72^a
2	8.85 ± 3.57^a	4.05 ± 1.43^a	2.80 ± 0.95^a	5.23 ± 3.46^a
3	7.60 ± 2.56^a	5.95 ± 2.31^a	3.15 ± 0.99^a	5.57 ± 2.66^a
4	7.60 ± 3.12^a	5.10 ± 2.79^a	2.85 ± 1.35^a	5.18 ± 3.17^a

หมายเหตุ

^a คือ ค่าเฉลี่ยภายในคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

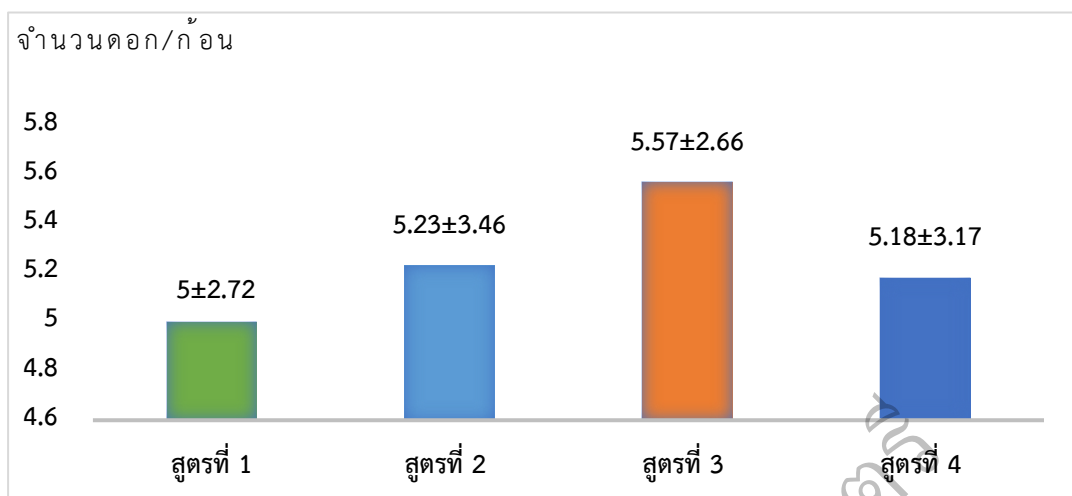
ภาพ 8 ลักษณะดอกเห็ดที่เพาะในน้ำหมักกากกาแฟสูตรต่างๆ โดย

ก. สูตรที่ 1

ข. สูตรที่ 2

ค. สูตรที่ 3

ง. สูตรที่ 4



ภาพ 9 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนดอกเห็ดนางฟ้าภูฐาน

3. เส้นผ่านศูนย์กลางดอก

ผลการศึกษาเส้นผ่านศูนย์กลางดอกเห็ดนางฟ้าภูฐาน พบว่ารุ่นที่ 1 สูตรที่ 3 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอกมากที่สุด เท่ากับ 6.60 เซนติเมตร/ดอก รองลงมาคือสูตรที่ 1 และ 4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอกเท่ากัน คือ 4.67 เซนติเมตร/ดอก ส่วนสูตรที่ 2 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอกน้อยที่สุด คือ 4.39 เซนติเมตร/ดอก ส่วนในรุ่นที่ 2 พบว่าสูตรที่ 2 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอกมากที่สุด เท่ากับ 6.54 เซนติเมตร/ดอก รองลงมาคือสูตรที่ 1 และ 3 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอก 6.37 เซนติเมตร/ดอก และ 6.08 เซนติเมตร/ดอก ตามลำดับ ส่วนสูตรที่ 4 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอกน้อยที่สุดเท่ากับ 5.98 เซนติเมตร/ดอก และในรุ่นที่ 3 พบว่าสูตรที่ 1 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอกมากที่สุด เท่ากับ 6.77 เซนติเมตร/ดอก รองลงมาคือสูตรที่ 2 และ 3 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอก คือ 6.60 เซนติเมตร/ดอก และ 6.38 เซนติเมตร/ดอก ตามลำดับ ส่วนสูตรที่ 4 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอกน้อยที่สุด คือ 6.24 เซนติเมตร/ดอก

ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางดอกเห็ดทั้ง 3 รุ่น พบว่าสูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 6.35 เซนติเมตร/ดอก รองลงมาคือสูตรที่ 1 และ 2 คือ 5.89 และ 5.84 เซนติเมตร/ดอก ตามลำดับ ส่วนในสูตรที่ 4 ให้ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางดอกน้อยที่สุด คือ 5.63 เซนติเมตร/ดอก เมื่อพิจารณา ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางดอกกรรม 3 รุ่น พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ดังแสดงในตาราง 4

ตาราง 4 เส้นผ่านศูนย์กลางดอกเห็ดนางฟ้าภูฐาน

สูตร	เส้นผ่านศูนย์กลางดอก (เซนติเมตร/ดอก)			
	รุ่นที่ 1	รุ่นที่ 2	รุ่นที่ 3	เฉลี่ย
1	4.67 ± 0.86^a	6.37 ± 1.57^a	6.77 ± 1.39^a	5.89 ± 1.58^a
2	4.39 ± 0.57^a	6.54 ± 1.00^a	6.60 ± 1.17^a	5.84 ± 1.39^a
3	6.60 ± 8.59^a	6.08 ± 0.97^a	6.38 ± 1.44^a	6.35 ± 4.98^a
4	4.67 ± 4.36^a	5.98 ± 1.12^a	6.24 ± 1.68^a	5.63 ± 1.42^a

หมายเหตุ

a, b, c, d คือ ค่าเฉลี่ยภายในคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95



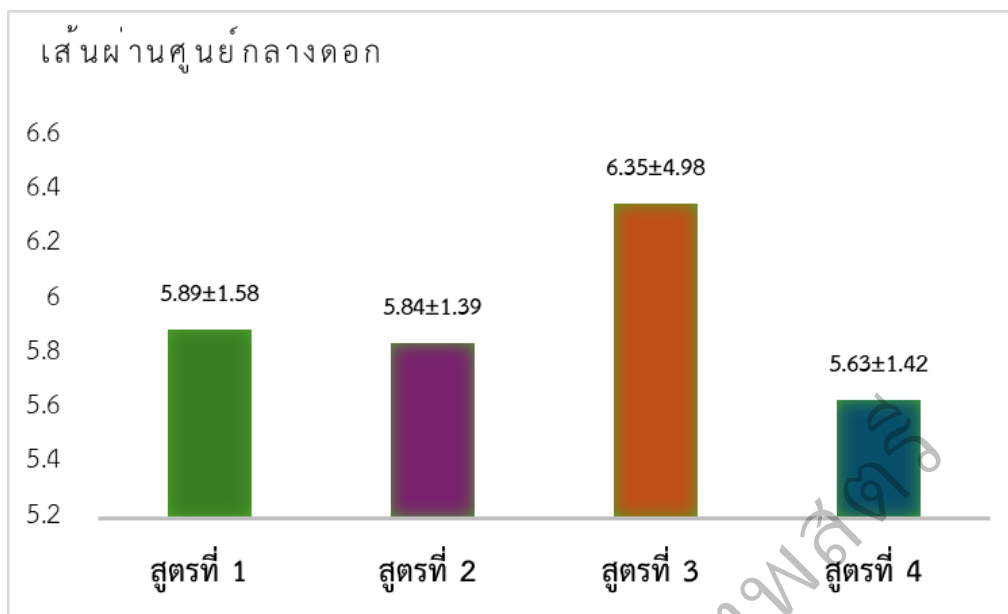
ภาพ 10 ลักษณะเส้นผ่านศูนย์กลางดอกเห็ดนางฟ้าภูฐาน

ก. สูตรที่ 1

ข. สูตรที่ 2

ค. สูตรที่ 3

ง. สูตรที่ 4



ภาพ 11 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางดอกเห็ดนางฟ้าภูฐาน

4. ความยาวก้านดอก

ผลการศึกษาความยาวก้านดอกเห็ดนางฟ้าภูฐาน พบว่าในรุ่นที่ 1 สูตรที่ 2 มีความยาวก้านดอกเห็ดยาวที่สุดเฉลี่ย 4.65 เซนติเมตร/ดอก รองลงมา คือสูตรที่ 1 และ 3 มีความยาวก้านดอกเห็ด 4.62 และ 4.45 เซนติเมตร/ดอก ตามลำดับ ส่วนสูตรที่ 4 มีความยาวก้านดอกเห็ดเฉลี่ยน้อยสุดเท่ากับ 4.11 เซนติเมตร/ดอก ส่วนในรุ่นที่ 2 สูตรที่ 2 มีความยาวก้านดอกเห็ดยาวที่สุดเฉลี่ย 5.39 เซนติเมตร/ดอก รองลงมา คือสูตรที่ 3 และ 4 มีความยาวก้านดอกเห็ดเฉลี่ย 5.17 และ 5.12 เซนติเมตร/ดอก ตามลำดับ ส่วนสูตรที่ 1 มีความยาวก้านดอกเห็ดเฉลี่ยน้อยสุดเท่ากับ 4.62 เซนติเมตร/ดอก และในรุ่นที่ 3 สูตรที่ 3 มีความยาวของก้านดอกเห็ดยาวที่สุดเฉลี่ย 5.73 เซนติเมตร/ดอก รองลงมา คือสูตรที่ 2 และ 1 มีความยาวของก้านดอกเห็ดยาว 5.61 และ 5.54 เซนติเมตร/ดอก ตามลำดับ ส่วนสูตรที่ 4 มีความยาวก้านดอกเห็ดเฉลี่ยน้อยสุดเท่ากับ 5.28 เซนติเมตร/ดอก

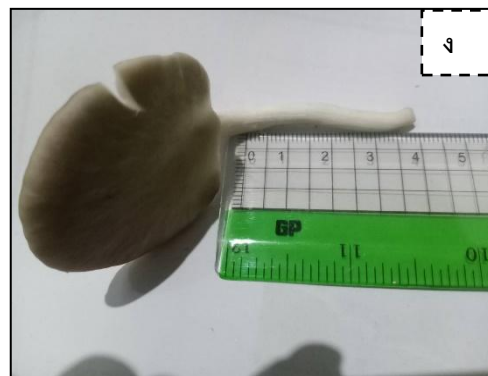
ค่าเฉลี่ยความยาวก้านดอกเห็ดทั้ง 3 รุ่น พบว่าสูตรที่ 1 และ 2 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 5.21 เซนติเมตร/ดอก รองลงมาคือสูตรที่ 3 คือ 5.11 เซนติเมตร/ดอก ตามลำดับ ส่วนในสูตรที่ 4 ให้ความยาวก้านดอกเห็ดน้อยที่สุด คือ 4.84 เซนติเมตร/ดอก เมื่อพิจารณาความยาวก้านดอกเห็ดทั้ง 3 รุ่น พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดง ในตาราง 5

ตาราง 5 ความยาวก้านดอกเห็ดนางฟ้าภูฐาน

สูตร	ความยาวก้านดอก (เซนติเมตร/ดอก)			
	รุ่นที่ 1	รุ่นที่ 2	รุ่นที่ 3	เฉลี่ย
1	4.62 ± 0.36^b	4.62 ± 0.36^a	5.54 ± 0.66^a	5.21 ± 0.70^b
2	4.65 ± 0.40^b	5.39 ± 0.62^b	5.61 ± 0.81^a	5.21 ± 0.75^b
3	4.45 ± 0.39^b	5.17 ± 0.43^b	5.73 ± 0.95^a	5.11 ± 0.82^b
4	4.11 ± 0.34^a	5.12 ± 0.64^b	5.28 ± 0.74^a	4.84 ± 0.79^a

หมายเหตุ

a, b คือ ค่าเฉลี่ยภายในคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



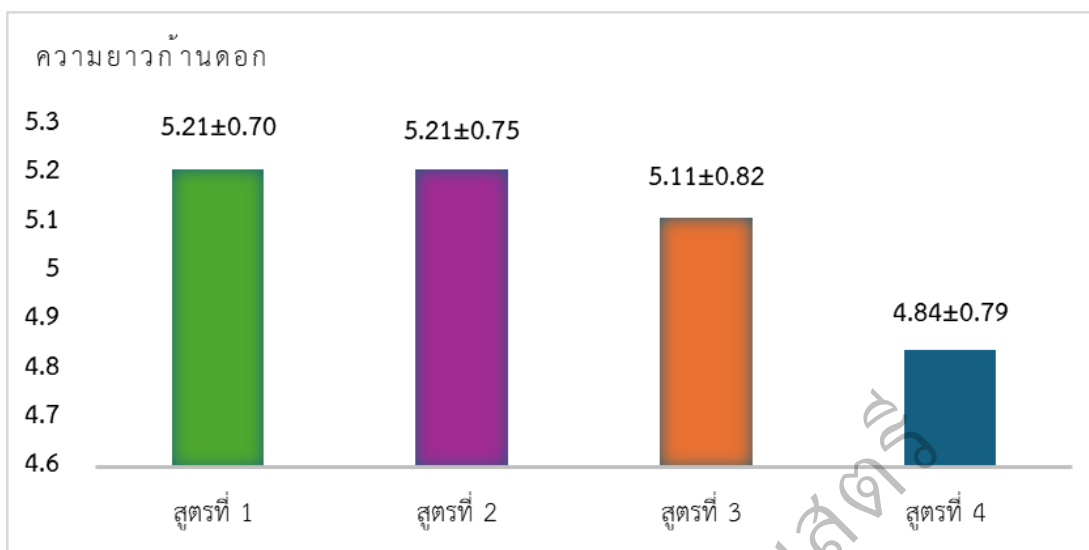
ภาพ 12 ความยาวก้านดอกเห็ดนางฟ้าภูฐาน

ก. สูตรที่ 1

ข. สูตรที่ 2

ค. สูตรที่ 3

ง. สูตรที่ 4



ภาพ 13 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความยาวก้านดอกเห็ดนางฟ้าภูฐาน

5. น้ำหนักสดดอกเห็ดต่อก้อน

ผลการศึกษาน้ำหนักสดดอกเห็ดนางฟ้าภูฐาน ในรุ่นที่ 1 พบว่าสูตรที่ 3 ให้ ดอกเห็ดมี น้ำหนักสดเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 58.95 กรัม/ก้อน รองลงมาคือสูตรที่ 2 และ 4 ให้น้ำหนักสดดอก เห็ดเฉลี่ย 55.23 และ 54.87 กรัม/ก้อน ตามลำดับ ส่วนในสูตรที่ 1 ให้น้ำหนักสดดอกเห็ดเฉลี่ยน้อย ที่สุดเท่ากับ 49.88 กรัม/ก้อน ส่วนในรุ่นที่ 2 พบว่าสูตรที่ 1 น้ำหนักสดดอกเห็ดเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 54.55 กรัม/ก้อน รองลงมาคือสูตรที่ 3 และ 2 ให้น้ำหนักสดดอกเห็ดเฉลี่ย 51.83 และ 46.29 กรัม/ ก้อน ตามลำดับ ส่วนในสูตรที่ 4 ให้น้ำหนักสดดอกเห็ดเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 37.31 กรัม/ก้อน และ ในรุ่นที่ 3 พบว่าสูตรที่ 3 ให้น้ำหนักสดดอกเห็ดเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 32.14 กรัม/ก้อน รองลงมาคือ สูตรที่ 1 และ 3 ให้น้ำหนักสดดอกเห็ดเฉลี่ย 31.83 และ 32.14 กรัม/ก้อน ตามลำดับ ส่วนในสูตรที่ 4 ให้น้ำหนักสดดอกเห็ดเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 24.30 กรัม/ก้อน

เมื่อพิจารณาน้ำหนักสดดอกเห็ดทั้ง 3 รุ่น พบว่าสูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดดอกเห็ดสูง ที่สุดคือ 56.58 กรัม/ก้อน รองลงมาคือสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ให้น้ำหนักสดดอกเห็ดเฉลี่ย 45.43 และ 43.05 กรัม/ก้อน ตามลำดับ ส่วนในสูตรที่ 4 ให้น้ำหนักสดดอกเห็ดน้อยที่สุด คือ 38.83 กรัม/ ก้อน พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดง ในตาราง 6

ตาราง 6 น้ำหนักสดดอกเห็ดต่อก้อนของเห็ดนางฟ้าภูฐาน

สูตร	น้ำหนักสดดอกเห็ด (กรัม/ก้อน)			
	รุ่นที่ 1	รุ่นที่ 2	รุ่นที่ 3	เฉลี่ย
1	49.88±9.56 ^a	54.55±10.1 ^c	31.83±8.19 ^b	45.43±13.47 ^b
2	55.23±12.26 ^a	46.29±9.12 ^b	27.63±4.52 ^{ab}	43.05±14.70 ^{ab}
3	58.95±8.13 ^a	51.83±16.81 ^{bc}	32.14±6.61 ^b	56.58±12.04 ^c
4	54.87±11.32 ^a	37.31±10.84 ^a	24.30±10.46 ^a	38.83±16.55 ^a

หมายเหตุ

a, b, c, คือ ค่าเฉลี่ยภายในคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



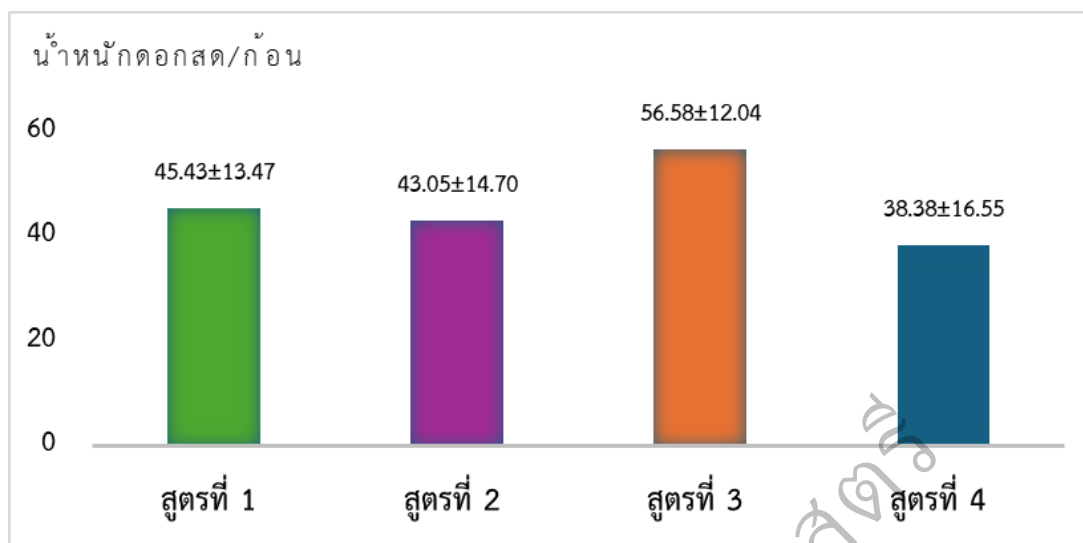
ภาพ 14 น้ำหนักสดดอกเห็ดนางฟ้าภูฐานต่อก้อน

ก. สูตรที่ 1

ข. สูตรที่ 2

ค. สูตรที่ 3

ง. สูตรที่ 4



ภาพ 15 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักรดอกเห็ดนางฟ้าภูฐาน

6. ประสิทธิภาพทางชีววิทยา (%BE)

ผลการศึกษาประสิทธิภาพทางชีววิทยาดอกเห็ดนางฟ้าภูฐาน ในรุ่นที่ 1 พบว่าสูตรที่ 3 ให้ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพทางชีววิทยาสูงที่สุด คือ 11.17 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือสูตรที่ 4 และสูตรที่ 2 ให้ประสิทธิภาพทางชีววิทยาเฉลี่ย 10.19 และ 9.94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในสูตรที่ 1 ให้ประสิทธิภาพทางชีววิทยาเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 9.45 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในรุ่นที่ 2 พบว่าสูตรที่ 1 ให้ประสิทธิภาพทางชีววิทยาเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 10.31 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือสูตรที่ 3 และ 2 ให้ประสิทธิภาพทางชีววิทยาเฉลี่ย 9.20 และ 8.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในสูตรที่ 4 ให้ประสิทธิภาพทางชีววิทยาเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 6.89 เปอร์เซ็นต์ และในรุ่นที่ 3 พบว่าสูตรที่ 1 ให้ประสิทธิภาพทางชีววิทยาเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 6.03 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือสูตรที่ 3 และ 2 ให้ประสิทธิภาพทางชีววิทยาเฉลี่ย 5.65 และ 5.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในสูตรที่ 4 ให้น้ำหนักรดอกเห็ดเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 4.48 เปอร์เซ็นต์

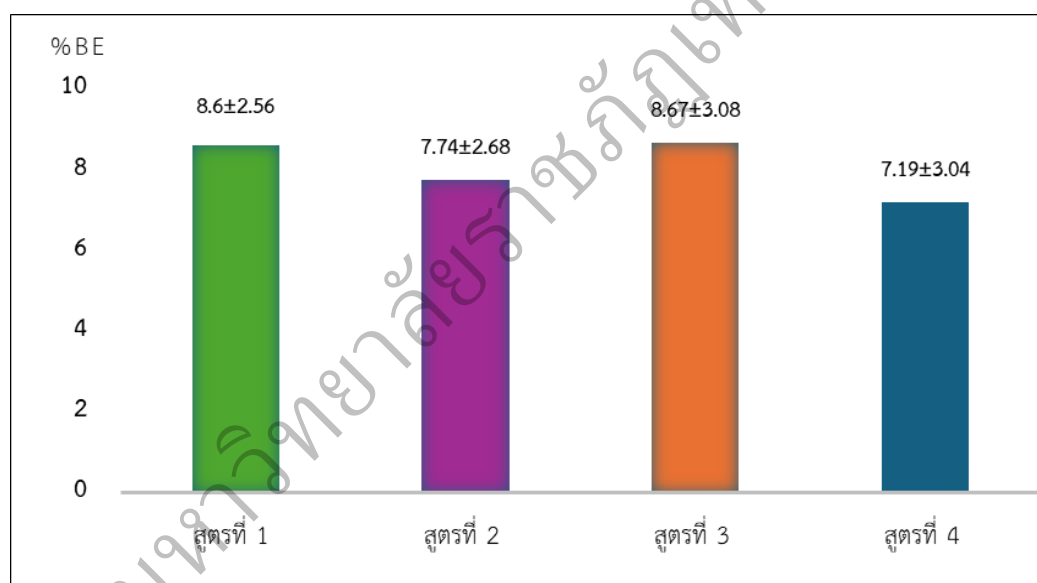
เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพทางชีววิทยาในแต่ละสูตรทั้ง 3 รุ่น พบว่าสูตรที่ 3 มีประสิทธิภาพทางชีววิทยาสูงที่สุดคือ 8.67 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ประสิทธิภาพทางชีววิทยาเฉลี่ย 8.60 และ 7.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในสูตรที่ 4 ให้น้ำหนักรดอกเห็ดน้อยที่สุดคือ 7.19 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในตาราง 7

ตาราง 7 ประสิทธิภาพทางชีววิทยา (%BE)

สูตร	ประสิทธิภาพทางชีววิทยา (%BE)			
	รุ่นที่ 1	รุ่นที่ 2	รุ่นที่ 3	เฉลี่ย
1	9.45±1.89 ^a	10.31±1.86 ^a	6.03±1.60 ^b	8.60±2.56 ^a
2	9.94±2.21 ^a	8.32±1.78 ^a	5.00±0.87 ^a	7.74±2.68 ^a
3	11.17±1.62 ^a	9.20±3.04 ^a	5.65±1.02 ^a	8.67±3.08 ^a
4	10.19±2.06 ^a	6.89±1.85 ^b	4.48±1.92 ^a	7.19±3.04 ^b

หมายเหตุ

a, b คือ ค่าเฉลี่ยภายในคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95



ภาพ 16 เปรียบเทียบประสิทธิภาพทางชีววิทยาของเห็ดนางฟ้าภูฐานในแต่ละสูตร (%BE)

บทที่ 5

สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาเรื่อง ประสิทธิภาพของน้ำหมักกากกาแฟสูตรต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐาน เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตเห็ด โดยการวิจัยครั้งนี้จะศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำหมักกากกาแฟ และ ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำหมักกากกาแฟที่มีต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐาน ซึ่งมีทั้งหมด 4 สูตร

สูตรที่ 1 กลุ่มควบคุม น้ำ 200 มิลลิลิตร

สูตรที่ 2 อัตราส่วนน้ำหมักกากกาแฟ 1 มิลลิลิตรต่อน้ำ 200 มิลลิลิตร

สูตรที่ 3 อัตราส่วนน้ำหมักกากกาแฟ 1 มิลลิลิตรต่อน้ำ 400 มิลลิลิตร

สูตรที่ 4 อัตราส่วนน้ำหมักกากกาแฟ 1 มิลลิลิตรต่อน้ำ 600 มิลลิลิตร

สรุปผล

1. สมบัติทางกายภาพและเคมี

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของน้ำหมักกากกาแฟโดยทำการหมักเป็นระยะเวลา 7 วัน จากการศึกษสมบัติทางกายภาพทุกวัน ได้แก่ สี กลิ่น ฟองแก๊ส พบว่าเมื่อทำการหมักในวันที่ 2 จะเกิดฟองแก๊สและมีฟางขาวขึ้นบนผิวหน้าของน้ำหมัก มีกลิ่นฉุนของแอลกอฮอล์ เมื่อหมักได้ 7 วัน จะเริ่มมีกลิ่นหอมของกากกาแฟ และน้ำหมักจะมีสีน้ำตาลเข้ม เมื่อนำน้ำหมักกากกาแฟที่หมักได้ 7 วัน นำมาเจือจางที่ความเข้มข้นต่อน้ำในอัตราส่วนต่างๆ แล้วนำมาตรวจวิเคราะห์พบว่า ในสูตรที่ 1 จะไม่พบแร่ธาตุทุกชนิด ส่วนในน้ำหมักกากกาแฟสูตรที่ 2, 3 และ 4 มีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัสเท่ากัน โดยมีค่าเท่ากับ 0.24 และ 0.40 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนโพแทสเซียม สังกะสี แมกนีเซียม แคลเซียม จะพบมากที่สุด ในสูตรที่ 2 รองลงมาคือสูตรที่ 3 และ สูตรที่ 4 ตามลำดับ จากการวัดค่า pH พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 4.31-6.86 ค่า pH ในสูตรที่ 2 ต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 4.31 ซึ่งมีความเป็นกรด ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าอยู่ระหว่าง 96 -229 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร โดยจะพบค่าการนำไฟฟ้ามากที่สุดในสูตรที่ 2 มีค่าเท่ากับ 229 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร

2. ศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐานของน้ำหมักกากกาแฟแต่ละสูตร

อัตราการเดินเส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฐานในวัสดุเพาะที่เหมาะสมน้ำหมักกากกาแฟในอัตราส่วนที่ต่างกันจำนวน 4 สูตร พบว่าเส้นใยสามารถเดินเต็มถุงในระยะเวลาใกล้เคียงกัน สูตรที่ 2 มีการเดินเส้นใยช้าที่สุด แต่มีค่าเฉลี่ยของความยาวก้านสูงเท่ากับสูตรที่ 1 ส่วนสูตรที่ 3 มี จำนวนดอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอก น้ำหนักดอกต่อก้อน และประสิทธิภาพทางชีววิทยาสูงที่สุด

อภิปรายผล

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของน้ำหมักกากกาแฟโดยทำการหมักเป็นเวลา 7 วัน โดยสังเกต สี และกลิ่น พบว่า เมื่อทำการหมัก 2 วันจะเกิดฟองแก๊สและมีฝ้าขาวขึ้นบนผิวหน้าของน้ำหมัก มีกลิ่นฉุนของแอลกอฮอล์ เมื่อหมักได้ 7 วันจะเริ่มมีกลิ่นหอมของกากกาแฟ และน้ำหมักจะมีสีน้ำตาลเข้มขึ้นจากวันแรก ๆ ซึ่งสอดคล้องกับ (ไชยวัฒน์ ไชยสุต, 2553) ที่กล่าวว่าสีของน้ำหมักจะเป็นสีน้ำตาลและค่อย ๆ เข้มมากขึ้น เมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น หลังจากเริ่มกระบวนการหมักจะเริ่มมีกลิ่นหอมของน้ำตาลและพืชที่ถูกหมัก และสอดคล้องกับงานวิจัยของ (วงเดือน ไม้สนธิ, 2552) ที่ศึกษาการผลิตน้ำหมักชีวภาพชนิดผงเมื่อทำการหมักได้ 12 สัปดาห์ พบว่าน้ำหมักชีวภาพจะมีสีน้ำตาลเข้มขึ้นเมื่อใช้ระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้นและมีกลิ่นเปรี้ยวหอม

จากการศึกษาสมบัติทางเคมีของน้ำหมักกากกาแฟ ที่นำมาเจือจางกับน้ำทั้ง 3 สูตร พบว่า ในน้ำหมักกากกาแฟในสูตรที่ 2, 3 และ 4 มีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสเท่ากันโดยมีค่าเท่ากับ 0.24 และ 0.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนโพแทสเซียม สังกะสี แมกนีเซียม และแคลเซียมพบทุกสูตรแต่จะพบมากที่สุดในสูตรที่ 2 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (เจนจิรา ชุมภูคำ, ศรัญญา ใจเขื่อนแก้ว, และพิจิตรา แก้วสอน, 2560) ที่พบว่า น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกเมล็ดกาแฟมีแร่ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมอยู่ นอกจากนี้ยังพบว่า น้ำหมักชีวภาพจากกากและเปลือกเมล็ดกาแฟ ที่หมักด้วยสารเร่งซูเปอร์ พด. 2 ทุกระดับความเข้มข้น ทำให้ผักกาดฮ่องเต้มีน้ำหนักสดและความสูงมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ชไมพร แดงตุ้ย, สุนทรี กรโอชาเลิศ, และวสันต์ มะโนเรือง, 2560) ดังนั้นกากกาแฟสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมในวัสดุเพาะเห็ดได้เนื่องจากกากเมล็ดกาแฟมีแร่ธาตุไนโตรเจนสูงเป็นองค์ประกอบ มีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมและธาตุอื่นๆ ที่ช่วยเพิ่มพัฒนาการให้กับเห็ดได้ (นงลักษณ์ บรรยงวิมลณัฐ, และคนอื่นๆ, 2562) จากการวัดค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำหมักกากกาแฟทั้ง 4 สูตร พบว่ามีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 4.31-6.86 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ (จิรัชยา พางาม, 2558) ที่พบว่า เห็ดนางฟ้าภูฐานจะมีการเจริญของเส้นใยมากที่สุดในค่าพีเอช (pH) เท่ากับ 6-7 ส่วนค่าการนำไฟฟ้าของน้ำหมักกากกาแฟอยู่ระหว่าง 96-229 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร หรือ 0.96-2.29 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร โดยคุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพที่หมักจากพืชจะมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 0.12-8.54 เดซิซีเมนต์ต่อเมตรซึ่งเป็นค่าที่มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในการเพาะเห็ด (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

จากการใช้น้ำหมักกากกาแฟที่นำมาเจือจางกับน้ำในอัตราส่วนต่างกันเพื่อมาใช้เป็นส่วนผสมของวัสดุเพาะเห็ดนางฟ้า เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตโดยการวัดการเดินเส้นใย เส้นผ่านศูนย์กลางดอก จำนวนดอก น้ำหนักดอก ความยาวก้านดอก และประสิทธิภาพทางชีววิทยา พบว่าเห็ดที่ผสมน้ำหมักกากกาแฟอัตราส่วนน้ำหมักกากกาแฟ : น้ำ 1 : 200 มิลลิลิตร (สูตรที่ 2) ซึ่งเป็น

ระดับที่มีความเข้มข้นสูงที่สุดที่ใช้ทดสอบ ผลที่ได้คือ เห็ดมีการเดินเส้นใยช้าที่สุด อาจเนื่องมาจากน้ำหมักกากกาแฟที่มีความเข้มข้นมากจะมีสารอาหารละลายอยู่มากทำให้เห็ดมีการตอบสนองต่อปริมาณน้ำหมักกากกาแฟ จึงไปยับยั้งการเดินเส้นใยของเห็ด สอดคล้องกับงานวิจัย Chai et al. (2021) ที่ได้ศึกษาเรื่องการนำกากกาแฟเพื่อพัฒนาวัสดุเพาะเห็ดนางฟ้า และเห็ดนางรม พบว่าการเพิ่มกากกาแฟในวัสดุเพาะส่งผลให้การเจริญเติบโตของเส้นใยช้าลง ในส่วนของความยาวก้าน พบว่าสูตรที่ 2 ให้ปริมาณสูงเท่ากับสูตรที่ 1 แต่เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่นๆ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ อาจเป็นผลมาจากเห็ดมีปริมาณแร่ธาตุในน้ำหมัก กากกาแฟอยู่มากทำให้เห็ดมีสารอาหารมากเพียงพอที่จะทำให้มีความยาวก้านมากกว่าสูตรอื่นๆ สอดคล้องกับงานวิจัยของ เจนจิรา ชุมภูคำ, ศรีธัญญา ใจเชื่อนแก้ว, และพิจิตรา แก้วสอน, (2560) ที่พบว่าน้ำหมักกากกาแฟ สามารถเพิ่มน้ำหนักและความสูง ของต้นมะละกอพันธุ์แขกดำ จากหลักฐานดังกล่าวน่าจะเป็นสาเหตุที่ทำให้ให้น้ำหมักกากกาแฟ สามารถเพิ่มความยาวก้านของเห็ดนางฟ้าฐานได้ การใช้อัตราส่วนน้ำหมักกากกาแฟ : น้ำ 1 : 400 มิลลิลิตร (สูตรที่ 3) ให้ จำนวนดอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง น้ำหนักดอก และประสิทธิภาพทางชีววิทยาสูงที่สุด เนื่องจากเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าฐาน ซึ่ง สอดคล้องกับ ชไมพร แดงตุ้ย, สุนทรี กรโอชาเลิศ, และวสันต์ มะโนเรือง, (2560) ที่ศึกษาระดับความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพจากกากและเปลือกเมล็ดกาแฟต่อการเจริญเติบโตของผักกาดฮ่องเต้ โดยเจือจางน้ำหมัก 100 300 และ 500 เท่า จากผลการทดลองพบว่าการใช้น้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟ 1 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 500 มิลลิลิตร ทำให้ผักกาดฮ่องเต้มีค่าเฉลี่ยความสูงมากที่สุด นอกจากนี้ยัง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนภักษ์ อินยอด, และคนอื่นๆ, (2564) ที่พบว่า วัสดุเพาะกากกาแฟผสมขี้เลื่อยส่งผลต่อคุณภาพของดอกเห็ด ได้แก่ จำนวนดอกต่อก้อน ขนาดของดอก เส้นผ่านศูนย์กลาง และความยาวก้านดอกเห็ดอีกด้วย

การผสมน้ำหมักกากกาแฟลงในวัสดุเพาะเห็ดนางฟ้าฐานในอัตราส่วนต่างๆ ส่งผลให้การเจริญเติบโตของเห็ดดีกว่าสูตรที่ไม่ได้ใส่น้ำหมักกากกาแฟ มีการแสดงให้เห็นว่ามีเส้นผ่านศูนย์กลาง จำนวนดอก น้ำหนักดอก ความยาวก้านดอก รวมถึงประสิทธิภาพทางชีววิทยา สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ใส่น้ำหมักกากกาแฟลงในวัสดุเพาะ จากการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของน้ำหมักกากกาแฟพบว่า ยังมีธาตุอาหารหลงเหลืออยู่ และยังมีธาตุองค์ประกอบ อื่น ๆ ซึ่งมีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของเห็ด ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และปริมาณธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม พบว่าน้ำหมักกากกาแฟทั้ง 3 สูตร มีความเหมาะสม สามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมสำหรับเพาะเห็ดได้ นอกจากนี้ยังพบว่ากากกาแฟมีปริมาณไนโตรเจนสูง และยังมีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเห็ด เช่น ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม (นางลักษณ์ บรรยงวิมลณัฐ, และคนอื่นๆ, 2560) และ ยังมีรายงานว่ากากกาแฟที่ผ่านการสกัดน้ำแล้ว องค์ประกอบหลักที่เหลือส่วนใหญ่เป็นพวกเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) และเซลลูโลส (Cellulose) โดยจัดเป็นสารอินทรีย์

ที่ประกอบด้วยไนโตรเจน โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส และคาร์บอนปริมาณสูง (Mussatto et al., 2011) ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่ใช้ในการเจริญเติบโตของเห็ด

ข้อเสนอแนะ

1. ในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักกากกาแฟสูตรต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตของเห็ดชนิดอื่นๆ เช่น เห็ดนางรม เห็ดฟาง เป็นต้น
2. ควรเพิ่มการใช้วัสดุอื่น ๆ เป็นวัสดุร่วมในการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักกากกาแฟ และเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

บรรณานุกรม

- กรมวิชาการเกษตร. (2547) **ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ น้ำหมักชีวภาพ ตอนที่ 1.ควักปรีน ออฟเซ็ท.** เจนจิรา ชุมภูคำ, ศรัญญา ใจเขื่อนแก้ว, และ พิจิตรา แก้วสอน. (2560). ผลของน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกกาแฟต่อการงอกของเมล็ดการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะละกอพันธุ์แขกดำ. ใน **การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 53** (หน้า 1-8). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ฉันทนา รุ่งพิทักษ์ไชย, และคนอื่นๆ. (2553). รายงานวิจัย เรื่อง **ความหลากหลายของเห็ดในหุบเขาลาพญาจังหวัดยะลา**. ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- ชนากานต์ แยมภูิกา, และคนอื่นๆ. (2566). อิทธิพลของน้ำหมักชีวภาพต่อการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชจากฟางข้าว. **วารสารผลิตรายการเกษตร**, 5(2), 67-78.
- ชไมพร แดงตุ้ย, สุนทรี กรโอชาเลิศ, และวสันต์ มะโนเรือง. (2560). ผลของน้ำหมักชีวภาพจากกากและเปลือกเมล็ดกาแฟต่อการเจริญเติบโตของผักกาดฮ่องเต้. **วารสารวิจัยราชภัฏพระนครสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 12(2), 54-63.
- ไชยวัฒน์ ไชยสุต. (2553) **น้ำหมักชีวภาพ หนังสือชุด สุขภาพดีและความงามเริ่มจากข้างใน**. กรุงเทพฯ: งานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อชนบทและชุมชน สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.
- ณัฐวรินทร์ ฐะคำ, และวัชรีย์ พันเพ็ญหา. (2562). ประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพจากเศษเหลือผลไม้ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊ค. **วารสารวิทยาศาสตร์ มข**, 47(2), 266-272.
- ณัฐพงศ์ ตันติวัฒนพันธ์. (2562). กากกาแฟจากแก้วกาแฟสู่แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนสำหรับผลิตภัณฑ์ชีวภาพ. **วารสารสิ่งแวดล้อม**, 23(1), 1-8.
- คำเกิง ป้องพาล. (2547) **เอกสารประกอบการสอนวิชาพส 413 การผลิตเห็ด**. สาขาพืชผักภาควิชาพืชสวนคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่. มหาวิทยาลัยแม่โจ้: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- ตลาดไท. (2566). **ราคาสินค้า ตลาดไท**. สืบค้น พฤษภาคม 22, 2566, จาก <https://www.talaadthai.com/product-search/result?q=เห็ดนางฟ้าภูฐาน>
- เต็มพงศ์ แสงปর্ণกิจ. (2559) **เห็ดนางฟ้า** (พิมพ์ครั้งที่ 4). ธนัทซการพิมพ์.

- ทิพย์รัตน์ ขาหอมชื่น, และคนอื่นๆ. (2566) ประสิทธิภาพของวิธีการสกัดโดยคลื่นอัลตราโซนิกต่อปริมาณคาเฟอีนและฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย จากกากกาแฟ. **วารสารสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา**, 8(2), 61-71
- ธนรักษ์ อินยอด, และคนอื่นๆ. (2564) การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดเอคโตไมคอร์ไรซาบางชนิด ในสภาพปลอดเชื้อ. **วารสารเกษตรนเรศวร**, 18(1), 1-13
- นงลักษณ์ บรรยงวิมลณัฐ, และคนอื่นๆ. (2562). การเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการเห็ดนางรมด้วยวัสดุเหลือทิ้งกากกาแฟ. **วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์. กรมวิทยาศาสตร์บริการ**, 8(8), 96-105
- นวรรตน์ ดีชุมแสง. (2561). ผลของการใช้น้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตผลผลิตและคุณภาพของเมล่อน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- นันท์นภี ศรีจุมปา, และเสกสรร ศรีหวงษ์. (2545). การใช้หญ้าบางชนิดเป็นวัสดุเพาะเห็ดนางรม. **วารสารวิชาการเกษตร**, 20(1), 3-8.
- น้ำอ้อย บุญมาก, และ บุญยกฤต รัตนพันธุ์. (2561). ผลของกำลังไฟฟ้าและเวลาต่อการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากกากกาแฟโดยเครื่องไมโครเวฟ. ใน **การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 5**. (หน้า 674-679). กำแพงเพชร: สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.
- พรศิลป์ สีเผือก, และคนอื่นๆ. (2564). การใช้โคนทางใบปาล์มน้ำมันเป็นวัสดุสำหรับเพาะเห็ดนางรมฮังการี. **วารสารแก่นเกษตร**, 6(1), 1018 -1023.
- รพีพรรณ กองตุม. (2560). กากกาแฟ การเพิ่มมูลค่าและการใช้ประโยชน์. ใน **การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 5** (หน้า 342-350). ราชบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านจอมบึง.
- วงเดือน ไผ่สนธิ์. (2552). รายงานการวิจัย เรื่อง การผลิตน้ำหมักชีวภาพชนิดผง. ฉะเชิงเทรา: มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์.
- วรรณภา เดชครุฑ, และ ดร.ณิ นาพรหม. (2560). การเปรียบเทียบคุณภาพ และองค์ประกอบทางชีวเคมีของเมล็ดกาแฟอาราบิก้าอินทรีย์ที่ปลูกในระดับความสูงพื้นที่ที่แตกต่างกัน. **วารสารเกษตร**, 33(2), 163-173.
- ศศิกันต์ ปานปรานีเจริญ, และ นันทรักษ์ รอดเกตุ (2563). การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางโครงสร้างของกากกาแฟพันธุ์อาราบิก้า. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์**, 5(1), 10-16.

- ศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟที่สูง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2550). **ความรู้เกี่ยวกับกาแฟ**. สืบค้น มิถุนายน 15, 2566, จาก https://www.agri.cmu.ac.th/2017/webs/mainmenu_detail/3/3471/3
- สมทบ เวทโอสถ. (2560). คุณค่าทางอาหารของเห็ด. **เอกสารประกอบการสอนรายวิชาเห็ด และการผลิตเห็ด**. ยะลา: คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏ ยะลา.
- สมาพร เรืองสังข์, และวรวิฑูรี พิษพรม. (2565). ผลของการใช้ปุ๋ยหมักที่มีส่วนผสมของกะลาตากาแฟสูตรต่างกันต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง. **วารสารมหาจุฬานาครพรรณ์**, 9(9), 468-478.
- สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (สำนักงาน กปร.) (2555). **คู่มือที่ 15 การเพาะเห็ดเศรษฐกิจและเห็ดพื้นเมือง**. (หน้า 5). สืบค้น มิถุนายน 17, 2566, จาก <https://www.rdpb.go.th/th/Download8%AF-c174>
- สุพัตรา รักษาพรต, และคนอื่นๆ. (2561). การผลิตสบู่ค่าเฟอีนเพื่อเพิ่มมูลค่ากากกาแฟเหลือทิ้ง. **วารสารวิทยาศาสตร์ มข.**, 46(1). 38-43.
- สุริยา สาสนรักกิจ. (2542). **ปุ๋ยน้ำชีวภาพ**. ฝ่ายเทคโนโลยี ชีวภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. สืบค้น มิถุนายน 17, 2566, จาก <https://ejournals.swu.ac.th/index.php/JSTEL/article/view/3881>
- อรณิชา ครองยุติ, และสุภัทสร วันสุทะ. (2565). ผลของสารสกัดกากกาแฟต่อการต้านอนุมูลอิสระ การยับยั้งการทำงานของแอลฟาอะไมเลสและไลเปส และการยับยั้งกระบวนการสร้างเซลล์ไขมัน. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี**, 25(1), 62-71
- อรุณศิริ กำลั้ง, จันทร์จรัส วีรสาร, และ บุชบา ปัญญาชน. (2555). ผลของการใช้น้ำหมักกากกาแฟในดินเนื้อปูนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแตงกวาพันธุ์บุชบา 2005. ใน **การประชุมวิชาการแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9**. (หน้า 2277-2285). นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อาภาภรณ์ จันทร์ปรีกษ์, พชรภรณ์ ดำนิล, และอมรรัตน์ หงส์ผ่วย. (2561). ศึกษาสภาพที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากกากกาแฟ (โรบัสต้า/อราบิก้า) ด้วยเฮกเซนโดยใช้วิธีหยดพื้นผิวตอบสนอง. **วารสารพระจอมเกล้าพระนครเหนือ**, 28(4), 799-811.
- Alsanad, M. A., et al. (2020). Spent coffee grounds influence on *Pleurotus ostreatus* production, composition, fatty acid profile, and lignocellulose biodegradation capacity. **Journal of food**, 19(1), 11-20.

- Bomfim, A. S. C. d. de Oliveira, et al. (2022). **Spent Coffee Grounds Characterization and Reuse in Composting and Soil Amendment.** Waste, pp.2–20.
- Chai, W. A., et al. (2021). **Assessment of coffee waste in formulation of substrate for oyster mushrooms *Pleurotus pulmonarius* and *Pleurotus floridanus*.** Future Foods, 4, pp1-9.
- Finimundy, T.C., et al. (2018). **Multifunctions of *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singner: A hight nutritious food and source for bioactive compound.** *Food Chemistry*, 245, pp 150-158.
- Hien, T, T, D. (2022). **Potential of Spent Coffee Ground in *Pleurotus sajor-caju* Cultivation.** Journal of Science Technology and Food, 22(4), pp 20-27.
- Kondamudi, K., Mohapatra.S.K, & Misra.M., (2008). **Spent Coffee Grounds as a VersatileSource of Green Energy.** Journal of Agricultural and food chemistry, pp 11757-11760.
- Mussatto, et al. (2011). **Production, Composition, and Application of Coffee and Its Industrial Residues.** Food Bioprocess Technology, pp 661– 672.
- Stamets,P, Chilton.J.S. (1995). **The Mushroom Cultivator: A Practical Guide to Growing Mushrooms at Home.**
- Tambaru, E., Ura, R., & Tuwo, M. (2023). **The effect of coffee grounds and sawdust Tectona grandis L. f. as planting media for cultivation oyster mushroom *Pleurotus sp*.** IOP Conference Series: Earth and Environment Science, pp 1-9
- Zavala,O.M., Martinez, F.D., & Ferre, F.C. (2013). **Effect of Caffeine on grafted Watermelon crop yields and fruit quality under greenhouse conditions.** Journal of Food, Agriculture & Environment, pp 784-787.

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ภาคผนวก ก

การเตรียมน้ำหมักกากกาแฟ

1. การเตรียมน้ำหมักกากกาแฟ

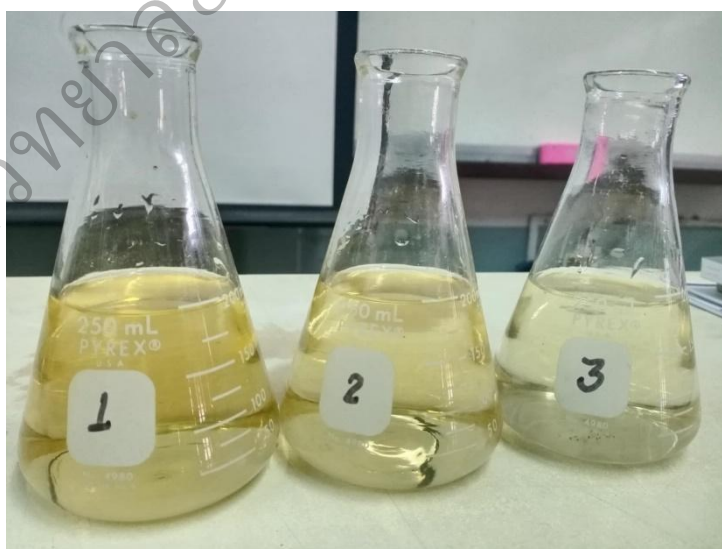
เตรียมกากกาแฟ 3 กิโลกรัม น้ำกลั่น 1 กิโลกรัม กากน้ำตาล 1 กิโลกรัม และ พด.2 2.5 กรัม ผสมลงในภาชนะปิดสนิทและหมักทิ้งไว้เป็นเวลา 7 วัน ทำการกวนน้ำหมักทุกวันเพื่อระบายอากาศ



ภาพภาคผนวก 1 การเตรียมน้ำหมักกากกาแฟ



ภาพภาคผนวก 2 น้ำหมักกากกาแฟที่กรองแล้ว



ภาพภาคผนวก 3 น้ำหมักกากกาแฟ : น้ำ 3 สูตร คือ
1 : 200, 1 : 400 และ 1 : 600 ml

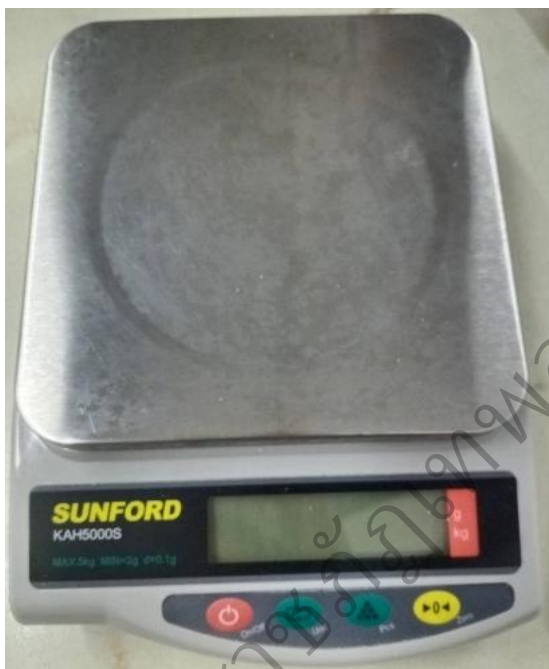
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ภาคผนวก ข

ภาพอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

1. เครื่องชั่ง 3 ตำแหน่ง

ใช้ชั่งน้ำหนักดอกเห็ดที่เพาะได้จากวัสดุเพาะที่ผสมน้ำหมักกากกาแฟสูตรต่างๆ



ภาพภาคผนวก 4 เครื่องชั่ง 3 ตำแหน่ง

2. เครื่องวัดค่าพีเอช (pH meter)

ใช้วัดค่าพีเอชของน้ำหมักกากกาแฟที่เจือจางในน้ำแต่ละสูตร



ภาพภาคผนวก 5 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด เบส (pH meter)

3. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (conductivity meter)

ใช้วัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำหมักกากกาแฟที่เจือจางน้ำในแต่ละสูตร



ภาพภาคผนวก 6 เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (conductivity meter)

4. เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

ใช้ตรวจปริมาณแร่ธาตุ โพแทสเซียม สังกะสี แมกนีเซียม แคลเซียม ในน้ำหมักกากกาแฟที่เจือจางน้ำแต่ละสูตร



ภาพภาคผนวก 7 เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

5. เครื่อง Spectrophotometer

ใช้ตรวจปริมาณแร่ธาตุฟอสฟอรัสในน้ำหมักกากกาแฟที่เจือจางน้ำแต่ละสูตร



ภาพภาคผนวก 8 เครื่อง Spectrophotometer

ภาคผนวก ค
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

1. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ANOVA

ค่าพีเอช (pH)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	11.580	3	3.860	11876.581	.000
Intercept	404.144	1	404.144	1243520.410	.000
Total	415.726	12			

ค่าพีเอช (pH)

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
2	3	4.3133			
3	3		5.5567		
4	3			6.4833	
1	3				6.8600
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

กลุ่มทดลอง :

1 = กลุ่มควบคุม (น้ำเปล่า); 2 = น้ำหมักกากกาแฟ : น้ำ 1 : 200 ml;

3 = หมักกากกาแฟ : น้ำ 1 : 400 ml; 4 = หมักกากกาแฟ : น้ำ 1 : 600 ml

ANOVA

ค่าการนำไฟฟ้า (EC)

Treatment	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	79852.215	3	26617.405	106469.620	.000
Intercept	153494.796	1	153494.796	613979.184	.000
Total	233349.011	12			

ค่าการนำไฟฟ้า (EC)

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
1	3	.0600			
4	3		96.3333		
3	3			127.3333	
2	3				228.6667
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

กลุ่มทดลอง :

1 = กลุ่มควบคุม (น้ำเปล่า); 2 = น้ำหมักกากกาแฟ : น้ำ 1 : 200 ml;

3 = หมักกากกาแฟ : น้ำ 1 : 400 ml; 4 = หมักกากกาแฟ : น้ำ 1 : 600 ml

ANOVA

จำนวนดอกเห็ด

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	10.046	3	3.349	.367	.777
Intercept	6604.504	1	6604.504	723.462	.000
Total	8769.000	240			

จำนวนดอกเห็ด

Duncan_{a,b}

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1	60	5.0000
4	60	5.1833
2	60	5.2333
3	60	5.5667
Sig.		.357

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 60.000

กลุ่มทดลอง :

1 = กลุ่มควบคุม (น้ำเปล่า); 2 = น้ำหมักกากกาแฟ: น้ำ 1: 200 ml;

3 = หมักกากกาแฟ: น้ำ 1: 400 ml; 4 = หมักกากกาแฟ: น้ำ 1: 600 ml;

ANOVA

เส้นผ่านศูนย์กลางดอก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	16.683	3	5.561	.712	.546
Intercept	8437.133	1	8437.133	1080.330	.000
Total	10296.923	240			

เส้นผ่านศูนย์กลางดอก

Duncan a,b

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05
		1
4	60	5.6281
2	60	5.8438
1	60	5.8927
3	60	6.3520
Sig.		.200

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 60.000

กลุ่มทดลอง :

1 = กลุ่มควบคุม (น้ำเปล่า); 2 = น้ำหมักกากกาแฟ : น้ำ 1 : 200 ml;

3 = หมักกากกาแฟ : น้ำ 1 : 400 ml; 4 = หมักกากกาแฟ : น้ำ 1 : 600

ANOVA

ความยาวก้านดอก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5.721	3	1.907	3.241	.023
Intercept	6227.721	1	6227.721	10583.509	.000
Total	6372.312	240			

ความยาวก้านดอก

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
4	60	4.8353	
3	60		5.1163
1	60		5.2100
2	60		5.2143
Sig.		1.000	.514

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 60.000.

กลุ่มทดลอง :

1 = กลุ่มควบคุม (น้ำเปล่า); 2 = น้ำหมักกากกาแฟ : น้ำ 1 : 200 ml;

3 = หมักกากกาแฟ : น้ำ 1 : 400 ml; 4 = หมักกากกาแฟ : น้ำ 1 : 600 ml

ANOVA

น้ำหนัสด

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	10342.155	3	3447.385	16.888	.000
Intercept	507170.461	1	507170.461	2484.491	.000
Total	565688.374	240			

น้ำหนัสด

Duncan

กลุ่มทดลอง	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
4	60	38.8253		
2	60	43.0500	43.0500	
1	60		45.4267	
3	60			56.5767
Sig.		.107	.363	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 60.000

กลุ่มทดลอง :

1 = กลุ่มควบคุม (น้ำเปล่า); 2 = น้ำหมักกากกาแฟ : น้ำ 1 : 200 ml;

3 = หมักกากกาแฟ : น้ำ 1 : 400 ml; 4 = หมักกากกาแฟ : น้ำ 1 : 600 m

ANOVA

ประสิทธิภาพการผลิตเห็ด (%BE)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	91.417	3	30.472	3.758	0.12
Intercept	15546.313	1	15546.313	1917.452	.000
Total	17551.170	240			

ประสิทธิภาพการผลิตเห็ด (%BE)

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
4	60	7.1868	
2	60	7.7406	7.7406
1	60		8.5946
3	60		8.6714
Sig.		.288	.288

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 60.000.

กลุ่มทดลอง :

1 = กลุ่มควบคุม (น้ำเปล่า); 2 = น้ำหมักกากกาแฟ : น้ำ 1 : 200 ml;

3 = หมักกากกาแฟ : น้ำ 1 : 400 ml; 4 = หมักกากกาแฟ : น้ำ 1 : 600 ml

ประวัติผู้ทำวิทยานิพนธ์

ชื่อ-สกุล	นางธิดารัตน์ วงษ์สุวรรณ	
วัน เดือน ปี	เกิด 19 กุมภาพันธ์ 2527	
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	155/2 หมู่ 8 ตำบลบางขันหมาก อำเภอเมืองลพบุรี จังหวัดลพบุรี 15000	
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี 323 ถนนนารายณ์มหาราช ตำบลทะเลชุบศร อำเภอเมืองลพบุรี จังหวัดลพบุรี 15000	
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2548	วิทยาศาสตร์ศึกษาบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชา ชีววิทยา มหาวิทยาลัยนเรศวร
	พ.ศ. 2568	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี