รายงานฉบับสมบูรณ์

การใช้ประโยชน์จากเห็ดนางฟ้าทางอุตสาหกรรมเกษตรแบบบูรณาการไร้ของเหลือทิ้ง

Utilization of Pleurotus sajor-caju on the agricultural industry integrated to zero waste

โดย ผศ.ดร.เสาวณีย์ ชัยเพชรและคณะ

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

กรกฎาคม 2561

สัญญาเลขที่ **RDG60T0116**

(ร่าง) รายงานฉบับสมบูรณ์

การใช้ประโยชน์จากเห็ดนางฟ้าทางอุตสาหกรรมเกษตรแบบบูรณาการไร้ของเหลือทิ้ง

Utilization of Pleurotus sajor-caju on the agricultural industry integrated to zero waste

	คณะผู้วิจัย	สังกัด	
	คณะผู้วิจัย		**สังกัด**
1.	ผศ.ดร.เสาวณีย์ หัวหน้าแผนงาน	ชัยเพชร	คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
2.	ดร. ธนิกานต์ หัวหน้าโครงการย่อยที่ 1	ธรสินธุ์	คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
3.	ผศ.ดร.กิตติภูมิ หัวหน้าโครงการย่อยที่ 2	ศุภลักษณ์ปัญญา	คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
4.	นายศรีอุบล หัวหน้าโครงการย่อยที่ 3	ทองประดิษฐ์	คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ชุดโครงการ "การพัฒนาอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม" ปีงบประมาณ 2560

สนับสนุนโดย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานฉบับนี้เป็นของผู้วิจัย วช. - สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปผู้บริหาร

ด้วยปัญหาในปัจจุบันที่ผู้คนทั่วโลกรวมถึงประชากรในประเทศไทยต้องเผชิญมีอยู่หลายด้าน ทั้งปัญหาด้านสุขภาพ สิ่งแวดล้อม มลภาวะเป็นพิษและการดำรงชีวิต การดำรงอยู่ชีวิตให้ผ่านพ้นภัยและวิกฤตต่างๆ เพื่อความมั่นคงและความยั่งยืนของชุมชนนั้นๆ จำเป็นต้องพัฒนาให้สอดคล้องกับวิถีชีวิตดั้งเดิมของแต่ละพื้นที่ ในเขตพื้นที่อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช ที่มีการดำเนินโครงการต่างๆ ตามพระราชดำริหลายโครงการส่งผลให้เกิดการพัฒนาความเป็นอยู่ของประชาชนที่มั่นคงและยั่งยืนอยู่ได้ด้วยตนเอง เช่นเดียวกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้เพาะเลี้ยงเห็ด ต.ขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช ซึ่งได้รับความร่วมมือทั้งภาคเกษตรกรโดยสมาชิกในกลุ่ม หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องตามโครงการพระราชดำริและอีกหลายหน่วยงานได้ปรับปรุงและพัฒนากลุ่มเกษตรกรจนประสบความสำเร็จในการเพาะก้อนเห็ดสำหรับการบริโภคในครัวเรือนและจำหน่ายไปยังลูกค้าในพื้นที่ต่างๆ ในเขตภาคใต้ คุณสมบัติเด่นของก้อนเห็ดของกลุ่มเกษตรกรขุนทะเลคือก้อนเห็ดมีราคาถูกกว่าท้องตลาดและสามารถเก็บเกี่ยวดอกเห็ดได้ระยะยาวนานกว่าผู้ผลิตอื่นๆ แต่ในขณะเดียวกันก็เกิดปัญหาการขาดความต่อเนื่องในการสั่งซื้อก้อนเห็ดเนื่องจากผู้ซื้อมีเวลาในการเก็บเกี่ยวดอกเห็ดนานทำให้ยอดการสั่งซื้อก้อนเห็ดไม่แน่นอนในแต่ละเดือนรวมถึงดอกเห็ดที่คุณภาพต่ำและก้อนเห็ดเหลือทิ้งจากการเก็บเกี่ยว งานวิจัยชิ้นนี้จึงมุ่งเน้นแก้ปัญหาเพื่อให้เกษตรกรสามารถเพาะเห็ดและมีกิจกรรมอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์แก่ชุมชนเองจึงได้มีแนวคิดในการบูรณาแนวการผลิตผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่สามารถใช้ประโยชน์จากก้อนเห็ดที่เพาะจำหน่ายแบบไร้ของเหลือทิ้งและใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์สูงสุดเพื่อลดต้นทุนในการผลิต ผลิตผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีคุณภาพ สามารถนำมาใช้ได้ในครัวเรือนเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการดำรงชีวิตและส่วนที่ผลิตได้มากพอสามารถนำไปจำหน่ายสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร โดยผลิตภัณฑ์ที่นำมาต่อยอดจากองค์ความรู้ดั้งเดิมของเกษตรกรที่เพาะก้อนเห็ดจำหน่ายนั้นทีมนักวิจัยได้แบ่งการพัฒนาและแปรรูปผลิตภัณฑ์เป็น ๓ ส่วนคือแหนมเห็ดผสมข้าวสีพันธุ์ต่างๆ ที่มีเพาะปลูกในเขตนครศรีธรรมราชเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีต่อสุขภาพ ได้ผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปคือแหนมเห็ดข้าวสีที่พร้อมรับประทานดีต่อสุขภาพ ผลิตภัณฑ์ที่สองคือก้อนเชื้อเพลิงจากก้อนเห็ดเหลือทิ้งผสมกับวัสดุเหลือทิ้งจากการทำเกษตรกรรมในชุมชนได้แก่ เปลือกผลไม้ทุเรียนและมังคุดเพื่อนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง ใช้เป็นพลังงานทดแทนในการหุงต้มในครัวเรือนและจำหน่ายได้ เพิ่มมูลค่าสิ่งที่ไม่ใช้แล้วและที่สำคัญที่สุดเพื่อลดปริมาณขยะซึ่งอาจก่อให้เกิดมลพิษตามมา ส่วนผลิตภัณฑ์ที่สามคือปุ๋ยชีวภาพจากก้อนเห็ดเหลือทิ้ง ซึ่งปัญหาสำคัญของเกษตรกรคือราคาปุ๋ยเคมีที่สูงขึ้นทำให้ต้นทุนการผลิตสูงแต่เมื่อขายผลผลิตกลับได้ราคาที่ตกต่ำ ผลงานการวิจัยสามารถนำก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งมาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพดีจะเป็นหนทางหนึ่งที่นอกจากการเพิ่มรายได้แล้วยังสามารถสร้างกำไรให้กับเกษตรกรอีกทางหนึ่ง ทั้งนี้องค์ความรู้ต่างๆ ที่ได้มีการถ่ายทอดให้แก่เกษตรกรนั้นเกษตรกรสามารถนำไปปรับปรุงและพัฒนาเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีศักยภาพสูงขึ้นต่อไปได้ด้วยตนเอง

บทคัดย่อภาษาไทย

วัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อการใช้ประโยชน์จากดอกเห็ดนางฟ้าและส่วนเหลือทิ้งจากก้อนเห็ดโดยการผลิตผลิตภัณฑ์ 3 ชนิดคือแหนมเห็ดนางฟ้า ก้อนถ่านเชื้อเพลิงและปุ๋ยเพื่อเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบและถ่ายทอดสู่ชุมชนได้ผลสรุปดังนี้โครงการย่อยที่ 1 การผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าจากข้าวชนิดต่างๆ พบว่าการใช้ข้าวไรซ์เบอรี่มีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สารแอนโทไซยานินและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด คะแนนทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด เมื่อเก็บรักษาแหนมเห็ดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าคุณภาพทางกาย เคมี และจุลินทรีย์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก โครงการย่อยที่ 2 การผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วและเปลือกผลไม้ เช่น ก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน เมื่อวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วผสมเปลือกทุเรียนในอัตราส่วน 2:8 มีต้นทุนการผลิต เท่ากับ 8.46 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อมีกำลังการผลิตที่ 54.5 กิโลกรัม/วัน จะสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลาประมาณ 2.2 ปี โครงการย่อยที่ 3 คัดเลือกสูตรปุ๋ยที่เหมาะสมจำนวน 2 สูตรมาผลิตในระดับขยายขนาด และศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งต่อการเจริญของต้นกล้าปาล์มโดยวิธีการเพาะเลี้ยงต้นกล้าปาล์มในถุงใหม่ที่มีดินผสมแกลบต่อปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า สูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมที่ให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด และให้ค่าเฉลี่ยของร้อยละธาตุอาหารต่าง ๆ ที่เพิ่มขึ้นหลังการหมัก และสูตรที่ใช้ก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งได้มากที่สุด จำนวน 2 สูตร คือ สูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่หมักจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3 เมื่อนำไปผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งในระดับขยายขนาด สูตรปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 จะให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปริมาณสูงที่สุด ส่วนปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 3 จะให้มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงและระดับของปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมใส่แล้วทำให้ต้นปาล์มมีความสูง คือ ระดับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทั้งสองสูตรเท่ากับ 1:1 และ 1:2 จะได้สีของใบปาล์มที่มีลักษณะเขียวเข้มขึ้น

Abstract

The purpose of the study was to utilize *Pleurotus sajor-caju* mushrooms and mushroom waste. Fermented mushroom, charcoal briquette and fertilizer were produced to increase the value of raw materials and propagated to the community. For conclusion of all projects followed as project 1 fermented *Pleurotus sajor-caju* production from varieties of rice, using Riceberry alone showed the highest total phenolic and anthocyanin contents and antioxidant activity. Furthermore, the highest score of sensory test was fermented mushroom no. 5 formula. The physicochemical and microbial property of fermented mushroom which was kept in a fridge (4 °c) for shelf life was stable within 4 weeks of storage. Project 2, the production of charcoal briquette from used mushroom loaf and fruit rinds such as mushroom loaf, durian peel and mangosteen peel in case economics analysis found that the production cost of the charcoal briquette from mushroom loaf mixed with durian peel at the mixing ratio of 2:8 was 8.46 Baht/kg of charcoal, when the productivities are 54.5 kg/day, the payback period is approximately 2.2 years. The last project, study the organic fertilizer from the sajor-caju mushroom (*Pleurotus sajor-caju*) waste. Then the appropriate fertilizer formula was selected from 2 formulas to the scale produce. The effect of organic fertilizer application on the growth of palm seedlings was studied by using palm seedling culture in a new bag containing. The research found that appropriate organic fertilizer that provided total nitrogen, total phosphorus, and total potassium. The average percentage of nutrients increased after fermentation. The formula used to dispose of the mushroom residue as much as possible were 2 formulas of organic fertilizer, fermented from mushroom 2 and 3 formulas. When used to produce organic fertilizer from the sajor-caju mushroom waste in the enlarged scale. The second formulas will give the highest content of total nitrogen and total potassium. While organic fertilizer formulation 3 provided a high phosphorus content and appropriate level of organic fertilizer. As a result, palm trees have higher height. The 1: 1 and 1: 2 ratios of organic fertilizers were found to be the color of dark green palm

สารบัญ

หัวข้อ		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ง
สารบัญ		จ
สารบัญตาราง		ฉ
สารบัญภาพ		ช
บทที่ 1	**บทนำ**	1
1.1	ความสำคัญ และที่มาของปัญหา	2
1.2	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.3	ขอบเขตของการวิจัย	4
1.4	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ	7
1.5	กรอบแนวความคิดของการวิจัยและขั้นตอนการวิจัย	7
1.6	การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง	9
1.7	วิธีการดำเนินการวิจัย	14
1.8	แผนงานโครงการ	15
บทที่ 2	**ผลการทดลอง**	19
	ผลการทดลองภาพรวม	20
บทที่ 3	**สรุปแผนงานวิจัย**	27
	สรุปแผนงานวิจัยภาพรวม	28
บรรณานุกรม		35
ภาคผนวก (ประกอบด้วย)		40
ก	บทความสำหรับเผยแพร่ (ถ้ามี)	
ข	กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์ (ถ้ามี)	
ค	ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้และกิจกรรมที่ดำเนินการมาและผลที่ได้รับตลอดโครงการ	
ตารางเปรียบเทียบ Output ที่เสนอในข้อเสนอโครงการและได้จริง		46
เอกสารแนบ		
	ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์โครงการย่อยที่ 1, 2 และ 3	

สารบัญตาราง

		หัวข้อ	หน้า
บทที่ 1			
ตารางที่	1.1	แผนงานโครงการย่อยที่ 1	15
ตารางที่	1.2	ผลงานที่คาดว่าจะสำเร็จโครงการย่อยที่ 1	16
ตารางที่	1.3	แผนงานโครงการย่อยที่ 2	17
ตารางที่	1.4	ผลงานที่คาดว่าจะสำเร็จโครงการย่อยที่ 2	17
ตารางที่	1.5	แผนงานโครงการย่อยที่ 3	18
ตารางที่	1.6	ผลงานที่คาดว่าจะสำเร็จโครงการย่อยที่ 3	18
บทที่ 2			
ตารางที่	2.1	สมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง	24

สารบัญภาพ

		หัวข้อ	หน้า
บทที่ 1			
ภาพที่	1.1	สภาพทั่วไปของเกษตรกรในเขตพื้นที่ ต.ขุนทะเล อ.ลานสกา จ. นครศรีธรรมราช	5
บทที่ 2			
ภาพที่	2.1	ข้าวมีสีที่ใช้ในการทดลองผลิตแหนมเห็ดได้แก่ (A): ข้าวสังข์หยด (B): ข้าวหอมนิล และ(C): ข้าวไรซ์เบอรี่	21
ภาพที่	2.2	ผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดที่ผลิตได้ทั้งหมด 8 สูตร	22
ภาพที่	2.3	การผลิตปุ๋ยจากก้อนเห็ดที่ใช้แล้ว	23
ภาพที่	2.4	ต้นกล้าปาล์มสายพันธุ์ลูกผสมโกลด์เด้นเทเนอร่าที่เพาะเลี้ยงในดินผสมแกลบที่มีปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 และ 3 ในระดับ 1:0, 1:1, 1:2, 1:3 และ 1:4 ที่ระยะเวลา 0 และ 90 วัน	25

บทที่ 1

บทนำ

1.5 แบบฟอร์ม ตาราง

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ด้วยปัญหาในปัจจุบันที่ผู้คนทั่วโลกรวมถึงประชากรในประเทศไทยต้องเผชิญมีอยู่หลายด้านทั้ง ปัญหาด้านสุขภาพ สิ่งแวดล้อม มลภาวะเป็นพิษและการดำรงชีวิต โดยเฉพาะปัญหาด้านเศรษฐกิจซึ่ง ส่งผลกระทบต่อผู้คนในทุก ๆ ด้านทั้งระดับจุลภาคและมหภาคของประเทศ การที่จะผ่านพ้นวิกฤต เศรษฐกิจไปได้ประชากรในประเทศจำเป็นต้องมีการพัฒนาที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของทางสายกลางและความ ไม่ประมาท โดยคำนึงถึง ความพอประมาณ ความมีเหตุผล การสร้างภูมิคุ้มกันที่ดีในตัว ตลอดจนใช้ ความรู้ความรอบคอบและคุณธรรม ประกอบการวางแผน การตัดสินใจและการกระทำ ทั้งนี้การดำรง อยู่ชีวิตให้ผ่านพ้นภัยและวิกฤตต่าง ๆ เพื่อความมั่นคงและความยั่งยืนของชุมชนนั้นๆ จำเป็นต้องพัฒนาให้ สอดคล้องกับวิถีชีวิตดั้งเดิมของแต่ละพื้นที่ ในพื้นที่อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช ได้มีการดำเนิน โครงการต่างๆ ตามพระราชดำริหลายโครงการเพื่อพัฒนาความเป็นอยู่ของประชาชนให้มั่นคงและยั่งยืนอยู่ ได้ด้วยตนเอง เช่นเดียวกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้เพาะเลี้ยงเห็ด ต.ขุนทะเล อ.ลานสกา จ. นครศรีธรรมราช ซึ่งได้รับความร่วมมือทั้งภาคเกษตรกรโดยสมาชิกในกลุ่ม หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง ตามโครงการพระราชดำริและอีกหลายหน่วยงานได้ปรับปรุงและพัฒนากลุ่มเกษตรกรที่มีความสนใจในการ เพาะก้อนเห็ดเพื่อการจำหน่ายจนกลุ่มเกษตรกรมีกำลังและความสามารถในการผลิตก้อนเห็ดเพื่อการบริโภค สำหรับสมาชิกในกลุ่มและจำหน่ายไปยังลูกค้าในพื้นที่ต่างๆ ในเขตภาคใต้ คุณสมบัติเด่นของก้อนเห็ด ของกลุ่มเกษตรกรขุนทะเลที่ผลิตขายคือก้อนเห็ดมีราคาที่ถูกกว่าท้องตลาดและสามารถเก็บเกี่ยวดอกเห็ดได้ ระยะยาวนานกว่าผู้ผลิตอื่นๆ คือสามารถเก็บเกี่ยวได้ 3-4 เดือน แต่ในขณะเดียวกันในอีกแง่มุมหนึ่งก็ เกิดปัญหาการขาดความต่อเนื่องในการสั่งซื้อก้อนเห็ดเนื่องจากผู้ซื้อมีเวลาในการเก็บเกี่ยวดอกเห็ดนานทำ ให้ยอดการสั่งซื้อก้อนเห็ดไม่แน่นอนในแต่ละเดือน ด้วยเหตุนี้การหาแนวทางแก้ปัญหาเพื่อให้เกษตรกร สามารถเพาะเห็ดและมีกิจกรรมอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์แก่ชุมชนเองจึงได้มีแนวคิดในการบูรณาแนวการผลิต ผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่สามารถใช้ประโยชน์จากก้อนเห็ดที่เพาะจำหน่ายแบบไร้ของเหลือทิ้งและใช้ประโยชน์ จากทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์สูงสุดเพื่อลดต้นทุนในการผลิต เกษตรกรสามารถผลิต ผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีคุณภาพ สามารถนำมาใช้ได้ในครัวเรือนเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการดำรงชีวิตและส่วนที่ ผลิตได้มากพอสามารถนำไปจำหน่ายสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร โดยผลิตภัณฑ์ที่นำมาต่อยอดจากองค์ ความรู้ดั้งเดิมของเกษตรกรที่เพาะก้อนเห็ดจำหน่ายนั้นทีมนักวิจัยได้แบ่งการพัฒนาและแปรรูปผลิตภัณฑ์ เป็น ๓ ส่วนคือแหนมเห็ดผสมข้าวสีพันธุ์ต่าง ๆ ที่มีเพาะปลูกในเขตนครศรีธรรมราชเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ ดีต่อสุขภาพ ได้ผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปคือแหนมเห็ดข้าวสีที่พร้อมรับประทานสามารถตอบสนองการ ดำรงชีวิตที่เร่งรีบ การทำงานที่ต้องแข่งขันกับเวลา เพื่อความสะดวกรวดเร็วในวิถีการดำรงชีวิตแต่ พฤติกรรมเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค อาหารเพื่อสุขภาพจึงเป็นทางเลือกที่มีผู้คนหัน มาสนใจกันมากขึ้นทั้งผู้ที่รักสุขภาพ ผู้ที่กำลังป่วยด้วยโรคเรื้อรังและผู้สูงวัยซึ่งขณะนี้มีแนวโน้มสูงมาก

ขึ้น (ทั้งที่สุขภาพดีและผู้ป่วยด้วยโรคเรื้อรัง) ที่ต้องการบริโภคอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย รับประทานง่ายและสะดวก ผลิตภัณฑ์ที่สองคือถ่านเชื้อเพลิงจากก้อนเห็ดเหลือทิ้งเนื่องจากในเขตอ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราชมีพื้นที่ส่วนใหญ่ด้านเกษตรกรรมประชาชนมากประกอบอาชีพเกษตรกรรม จึงมีวัสดุเหลือทิ้งจากการทำเกษตรกรรมอยู่มากและยังมิได้นำมาใช้ประโยชน์อย่างจริงจังเช่น เปลือกผลไม้ทุเรียน มังคุด เงาะและส่วนของไม้จากพืชผลเหล่านี้เป็นต้น นำมาใช้ร่วมกับเศษวัสดุที่เป็นปัญหาของกลุ่มเพาะเห็ดหลังจากเก็บดอกเห็ดหมดแล้วจะมีก้อนเชื้อเห็ดที่ไม่ใช้แล้วถูกนำมาทิ้งจำนวนมากซึ่งขยะเหล่านี้มีความชื้นสูงไม่เหมาะที่จะนำไปเผา จึงถูกนำไปทิ้งตามที่ต่าง ๆ ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาการใช้ประโยชน์จากก้อนเชื้อเห็ดเพื่อนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพื่อให้ผู้เพาะเห็ดสามารถนำเชื้อเพลิงดังกล่าวกลับมาใช้เป็นพลังงานทดแทนในการหุงต้มในครัวเรือนและจำหน่ายได้ เพิ่มมูลค่าสิ่งที่ไม่ใช้แล้วและที่สำคัญที่สุดเพื่อลดปริมาณขยะซึ่งอาจก่อให้เกิดมลพิษตามมา ส่วนผลิตภัณฑ์ที่สามคือปุ๋ยชีวภาพจากก้อนเห็ดเหลือทิ้ง ซึ่งในอดีตที่ผ่านมาปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งที่เกษตรกรชาวลานสกาต้องแบกรับในการทำสวนผลไม้และการปลูกพืชต่าง ๆ คือราคาปุ๋ยเคมีที่สูงขึ้นทำให้ต้นทุนการผลิตสูงแต่เมื่อขายผลผลิตกลับได้ราคาที่ตกต่ำ ทั้งนี้เกษตรกรชาวขุนทะเลได้แก้ปัญหาเบื้องต้นด้วยการนำก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งที่หมดอายุแล้วและไม่ได้คุณภาพ ไปใส่ต้นปาล์มโดยตรงซึ่งส่วนประกอบหลักๆ ในก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งคือ ขี้เลื่อยยางพารา ยังคงสภาพใหม่และไม่ย่อยสลายเป็นธาตุอาหารสำหรับใส่ต้นปาล์ม อีกทั้งยังส่งผลจากแมลงหรือจุลินทรีย์ที่ก่อโรคที่มีอยู่ในก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้ง อาจจะก่อให้เกิดการระบาดในโรงเรือนเพาะดอกเห็ดใกล้เคียงหรือกับเกษตรที่ทำกล้าเชื้อเห็ดเพื่อจำหน่าย จำเป็นต้องมีการย่อยสลายขี้เลื่อยจากก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งที่เพาะเห็ดนางฟ้าด้วยเชื้อราที่ผลิตเอนไซม์เซลลูเลสก่อนเพื่อเปลี่ยนเป็นธาตุอาหารที่พืชนำไปใช้ได้โดยตรง นอกเหนือจากโปรตีนจากเนื้อเยื่อของเห็ดรวมทั้งต้องเพิ่มธาตุอาหารอื่น ๆ ลงไปด้วยเพื่อให้ปุ๋ยอินทรีย์มีคุณภาพดีมากขึ้นเช่น ปุ๋ยคอกแห้ง ปุ๋ยขี้วัว ปุ๋ยขี้ไก่ผสมแกลบ สามารถนำปุ๋ยที่ผลิตได้มาใช้กับพืชยืนต้นได้ทุกชนิด ซึ่งการนำก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งนำมาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพดีจะเป็นหนทางหนึ่งที่นอกจากการเพิ่มรายได้แล้วยังสามารถสร้างกำไรให้กับเกษตรกรอีกทางหนึ่ง ในงานวิจัยนี้ส่วนที่สามจึงมุ่งเน้นการนำก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งนำมาผลิตปุ๋ยอินทรีย์โดยใช้เชื้อราที่สามารถย่อยเซลลูโลสจากขี้เลื่อยเพื่อให้ได้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพที่เกษตรกรสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเพื่อใช้ในการทำการเกษตรและการจำหน่ายเป็นการสร้างประโยชน์และพัฒนาชุมชนให้ดีขึ้น

สำหรับชุมชนเป้าหมายของการดำเนินงานวิจัยเป็นกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้เพาะเห็ดนางฟ้าขุนทะเล ต.ขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช ซึ่งเป็นวิสาหกิจชุมชมอันอยู่ในโครงการพระราชดำริได้รับการสนับสนุนในการสร้างโรงเรือนและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีศักยภาพสูงและมีความพร้อมสำหรับการเพาะเห็ดก้อนจำหน่ายในรูปของก้อนเชื้อเห็ดและมีกำลังผลิตเห็ดเพื่อจำหน่ายดอกเห็ดสูง ดังนั้นการใช้ประโยชน์จากองค์ความรู้ดั้งเดิมในการเพาะเห็ดจึงเป็นที่น่าสนใจในการพัฒนาต่อยอดไปยังผลิตภัณฑ์รูปแบบต่าง ๆ ให้มีความหลากหลายมากขึ้นทั้งการพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดผสมข้าวสีเป็นงานวิจัยที่เป็น

องค์ความรู้ทางวิชาการเกี่ยวกับแหนมเห็ดที่เผยแพร่โดยตรงทั้งระดับชาติและนานาชาติมีน้อยมาก เนื่องจากส่วนใหญ่จะเป็นเอกสารวิชาการที่เกี่ยวกับการทำแหนมจากเนื้อสัตว์เพราะมีการวิจัยเรื่องแหนมจากเนื้อสัตว์เป็นเวลานาน จากการที่คณะผู้วิจัยบริการวิชาการและอบรมเกษตรกรเรื่องแหนมเห็ดอย่างต่อเนื่อง พบว่าข้อดีของการผลิตแหนมเห็ดคือเกษตรกรผู้ผลิตเห็ดสามารถเก็บผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดขายได้นานขึ้นกว่าการขายดอกเห็ดสด ส่วนข้อเสียคือผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดที่ได้มีสีไม่ดึงดูดผู้บริโภค เนื่องจากสูตรแหนมเห็ดโดยทั่วไปที่ขายตามท้องตลาด อาจจะใช้เห็ดเพียงชนิดเดียวหรือเห็ดหลายชนิดผสมกัน แต่จะใช้ข้าวเหนียวขาวหรือข้าวขาวสุกเป็นส่วนผสมในการทำแหนมเห็ด ทำให้ลักษณะของผลิตภัณฑ์มีสีขาวและน้ำตาลจากสีของข้าวและเห็ด นอกจากนี้การใช้เชื้อจุลินทรีย์จากธรรมชาติทำให้ต้องให้เวลาการหมักนานกว่าการเติมเชื้อจุลินทรีย์ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงต้องการแปรผันวัตถุดิบแหล่งคาร์บอน (C-source) ที่ใช้ในการผลิตแหนมเห็ดได้แก่ ข้าวมีสีชนิดต่าง ๆ เช่น ข้าวสังข์หยด ข้าวหอมนิล และข้าวไรซ์เบอรี่ เป็นต้น เป็นส่วนผสมในการผลิตแหนมเห็ด นอกจากจะทำให้ผู้บริโภคได้รับประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ของเห็ดและข้าวมีสีแล้ว ยังช่วยเพิ่มสีสันให้กับผลิตภัณฑ์ทำให้น่ารับประทานยิ่งขึ้น ส่วนผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงอัดแท่งและปุ๋ยชีวภาพเป็นการใช้วัสดุเหลือทิ้งจากการทำก้อนเห็ดและวัสดุที่มีอยู่ในท้องถิ่นที่เหลือทิ้งไร้ค่ามาเป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดเป็นการอาศัยฐานความมั่นคงทางทรัพยากรและความพร้อมของกลุ่มเกษตรกร ดังนั้นเกษตรจะได้รับความรู้และความเข้าใจในองค์ความรู้ใหม่ๆ สามารถนำทรัพยากรที่มีอยู่มากที่เหลือจากการบริโภคในครัวเรือนไปใช้ได้จริงในการผลิตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ได้ในครัวเรือนอันจะช่วยแก้ปัญหาด้านเศรษฐกิจและส่วนที่เหลือสามารถส่งจำหน่ายสร้างรายได้แก่ชุมชนแบบยั่งยืน ทั้งนี้ด้วยความร่วมมือและการมีส่วนร่วมของทุกฝ่าย ซึ่งท้ายสุดเกษตรกรสามารถดำรงชีวิต เติบโตและเข้มแข็งด้วยตนเอง

1.2 วัตถุประสงค์หลักของแผนงานวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดเพื่อสุขภาพพร้อมบรรจุภัณฑ์สำหรับการวางจำหน่าย

1.2.2 เพื่อเพิ่มแนวทางในการพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพในเชิงพาณิชย์

1.2.3 เพื่อการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าเศษเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ดในรูปของเชื้อเพลิงและปุ๋ย

1.2.4 เพื่อการส่งเสริม ให้ความรู้และการวางมาตรฐานการผลิตให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ

1.2.5 เพื่อการอนุรักษ์และการใช้ทรัพยากรภาคใต้อย่างคุ้มค่า

1.2.6 เพื่อพัฒนาความเป็นอยู่ของเกษตรกรให้สามารถดำรงวิถีชีวิตแบบพอเพียง สามารถสร้างรายได้ให้แก่ชุมชมและชุมชนมีความเข้มแข็งยั่งยืน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย.

พื้นที่เป้าหมายการวิจัยและการถ่ายทอดเทคโนโลยี

กลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้เพาะเลี้ยงเห็ด ต.ขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช งานหลักของกลุ่มคือผลิตก้อนเห็ดเพื่อจำหน่ายให้แก่สมาชิกกลุ่มและผู้ที่สนใจและเป็นศูนย์กลางรับซื้อดอกเห็ดจากสมาชิกเพื่อการจำหน่ายดอกเห็ดให้กับผู้ที่สนใจ ส่วนอาชีพหลักของสมาชิกกลุ่มคืออาชีพทำสวนได้แก่ สวนมังคุด เงาะ ทุเรียน ปาล์มเป็นต้น ดังนั้นการเพาะดอกเห็ดขายจึงเป็นอาชีพเสริมที่น่าสนใจแก่กลุ่มสมาชิกเนื่องจากมีการสั่งซื้อดอกเห็ดอย่างสม่ำเสมอเนื่องจากเป็นที่ต้องการของตลาดโดยส่วนใหญ่กำลังการผลิตในครัวเรือนจะอยู่ที่ 500-1000 ก้อนต่อครอบครัวขึ้นอยู่กับสภานภาพของสมาชิก รายได้การขายดอกเห็ดประมาณ 40-80 บาทต่อกิโลกรัมขึ้นอยู่กับคุณภาพของดอกเห็ด สำหรับดอกเห็ดที่คุณภาพต่ำจะนำมาประกอบอาหารในครัวเรือนเป็นหลัก

ภาพที่ 1.1 สภาพทั่วไปของเกษตรกรในเขตพื้นที่ ต.ขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช

โครงการย่อยที่ 1

เริ่มต้นจากผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าสูตรดั้งเดิมที่ใช้ข้าวขาวสุกเป็นส่วนผสมในการผลิตแหนมเห็ดโดยเปรียบเทียบการหมักแหนมเห็ดโดยการใช้เชื้อจุลินทรีย์ตามธรรมชาติและการใช้เชื้อทางการค้า เพื่อศึกษาคุณสมบัติของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ เช่น ปริมาณกรดแลกติก ค่าระดับความเป็นกรด-ด่าง และจำนวนจุลินทรีย์กรดแลกติก เป็นต้น เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการหมักแหนมเห็ด หลังจากนั้นจะแปรผันวัตถุดิบแหล่งคาร์บอน (C-source) ที่ใช้ในการผลิตแหนมเห็ดได้แก่ ข้าวมีสีชนิดต่าง ๆ เช่น ข้าวสังข์หยด ข้าวหอมนิล และข้าวไรซ์เบอรี่ เป็นต้น เป็นส่วนผสมในการผลิตแหนมเห็ด หลังจากนั้น ศึกษาคุณสมบัติของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ เช่น ปริมาณกรดแลกติก ค่าระดับความเป็นกรด-ด่าง สี และลักษณะเนื้อสัมผัส เป็นต้น หลังจากนั้นจะศึกษาคุณสมบัติที่มีประโยชน์ของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ เช่น คุณสมบัติการต้านสารอนุมูลอิสระ (antioxidant) และประกอบด้วยสาระสำคัญที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพได้แก่ สารประกอบฟีนอลิกและแอนโธไซยานิน หลังจากนั้นทดสอบทางประสาทสัมผัสและศึกษาการเก็บรักษาแหนมเห็ด เพื่อคัดเลือกสูตรแหนมเห็ดที่ดีที่สุด

โครงการย่อยที่ 2

1. ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งผสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน

2. ศึกษากระบวนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งด้วยวิธีอัดแท่งแบบไม่ใช้ความร้อน โดยใช้เครื่องอัดแบบเกลียว

3. ทดลองทำเชื้อเพลิงอัดแท่งผสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วต่อเปลือกมังคุด และก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วต่อเปลือกทุเรียน ที่อัตราส่วน 0:10, 2:8, 4:6, 6:4 8:2 และ 10:0 โดยน้ำหนัก เพื่อหาอัตราส่วนที่มีคุณสมบัติทางความร้อนดีที่สุด

4. ศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งผสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วและเปลือกมังคุด โดยพิจารณาจากงบกระแสเงินสดสุทธิระยะเวลาคืนทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน และอัตราผลตอบแทนภายใน

โครงการย่อยที่ 3

1. การหาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เหมาะสมต่อต้นกล้าปาล์ม โดยใช้สูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ศึกษา คือ ปริมาณก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งจำนวน 5 ระดับ คือ ร้อยละ 50, 60, 70, 80 และ 90 ส่วนผสมระหว่างมูลขี้ไก่และมูลวัวในจำนวน 5 ระดับ คือ ร้อยละ 50, 40, 30, 20 และ 10 และเติมส่วนผสมดังต่อไปนี้ในอัตราส่วนคงที่ในปุ๋ยอินทรีย์ทุกสูตร คือ ปริมาณ พ.ด.3 จำนวน 1 ซองต่อปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัม น้ำปุ๋ยหมักชีวภาพ 0.5 กิโลกรัมต่อ 10 กิโลกรัม และกากน้ำตาลที่ 1 กิโลกรัมต่อ 10 กิโลกรัม ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ในระดับห้องปฏิบัติการ วัดการเปลี่ยนแปลง

ของอุณหภูมิ พีเอช และธาตุอาหาร (N P K) ทำการคัดเลือกสูตรปุ๋ยโดยพิจารณาจากธาตุอาหาร (N P K) และสูตรที่ใช้ก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งได้มากที่สุด จำนวน 2 สูตร

2. การศึกษาการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งด้วยสูตรที่เหมาะสมในระดับขยายขนาด วัดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ พีเอช และวิเคราะห์ธาตุอาหาร (N P K) ทุก ๆ 7 วันเป็นระยะเวลา 45 วัน

3. การศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งต่อการเจริญของต้นกล้าปาล์ม โดยนำปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตได้มาใส่ต้นกล้าปาล์มที่มีอายุ 8 เดือน ถึง 1 ปี ในปริมาณร้อยละของน้ำหนักดินและต้นต่อน้ำหนักปุ๋ย เท่ากับ 0, 5 10, 15, 20 และ 30 เก็บตัวอย่างมาวัดอัตราการเจริญของต้นปาล์ม ได้แก่ ความสูง และค่าสี

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

14.1 เกษตรกรได้ดำรงชีวิตอย่างมีคุณภาพ มีอาชีพที่สามารถสร้างรายได้ มีความมั่นคงในอาชีพด้วย

การพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืน

14.2 ได้ผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดที่น่ารับประทาน มีมาตรฐาน คุณภาพสม่ำเสมอ และทราบประโยชน์ของ

ผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดในด้านต่าง ๆ

14.3 สามารถใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าเศษเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ดเป็นก้อนเชื้อเพลิงและปุ๋ยเป็น

การสร้างรายได้และลดค่าใช้จ่ายในครัวเรือน

14.4 ได้มีการวางมาตรฐานการผลิตให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและปลอดภัยต่อผู้บริโภคประชาชน

ได้บริโภคอาหารที่ดีช่วยเสริมสร้างสุขภาพของประชาชนที่รักสุขภาพหรือผู้ที่มีปัญหาด้านสุขภาพ

14.5 สามารถสร้างรายได้จากการปลูกพืชอื่น ๆ ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต แก้ไขปัญหาสินค้าเกษตร

หลักๆ เช่น ราคายางที่ตกต่ำ ผลผลิตผลไม้ต่ำจากการเปลี่ยนแปลงของสภาวะโลกร้อน

14.6 สามารถนำองค์ความรู้ไปถ่ายทอดแก่ผู้ที่สนใจทั่วไปทั้งในรูปแบบการให้บริการวิชาการ การ

เผยแพร่ในงานประชุมวิชาการ

14.7 เกษตรกรกลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามีความรู้ ความสามารถและสามารผลิตผลิตภัณฑ์ได้จริง

1.5 กรอบแนวความคิดของการวิจัยและขั้นตอนการวิจัยในภาพรวม

กลุ่มวิสาหกิจชุมชนเพาะเลี้ยงเห็ดนางฟ้า
เดิม ผลิตก้อนเห็ดขาย

เป้าหมายที่ตั้งไว้จากแผนงานวิจัย

1. ผลิตก้อนเห็ดขาย (เดิมพร้อมส่งเสริมเทคนิคการพัฒนาคุณภาพของก้อนเห็ดจากทีมนักวิจัยอีกกลุ่มของคณะเดียวกัน)
2. เพาะก้อนเห็ดขายดอกและสร้างผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดนางฟ้า (โครงการย่อยที่ 1)

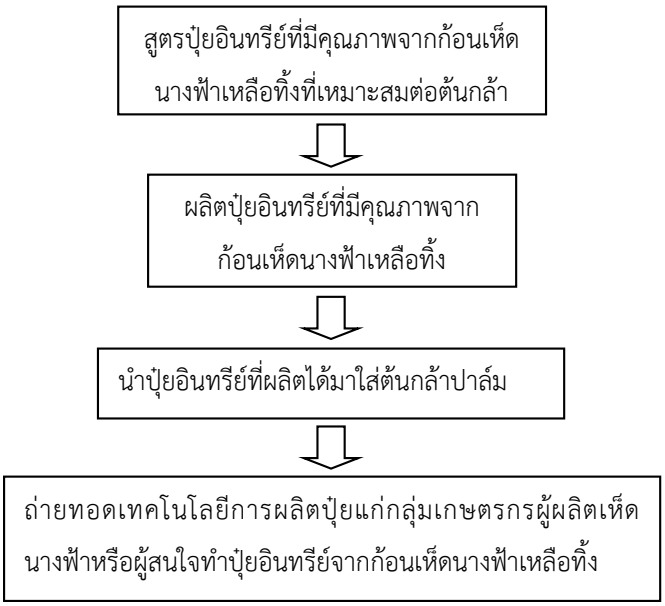
กรอบแนวความคิดและแนวทางการวิจัยเรื่องนี้ต้องการศึกษาการผลิตแหนมเห็ด โดยเฉพาะวัตถุดิบที่ใช้ผลิตแหนมเห็ด ได้แก่ แหล่งคาร์บอน (C-source) ที่ได้จากข้าวมีสีชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ข้าวสังข์หยด ข้าวหอมนิล และข้าวไรซ์เบอรี่ เป็นต้น นอกจากจะเพิ่มสีสัน เช่น สีแดง สีม่วงเข้ม ถึงสีดำให้กับผลิตภัณฑ์แหนมเห็ด ทำให้น่ารับประทานยิ่งขึ้นและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เนื่องจากในข้าวมีสีส่วนใหญ่จะมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) หรือมีสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ซึ่งจะช่วยส่งเสริมคุณค่าทางโภชนาการของแหนมเห็ด โดยทั่วไปการหมักแหนมเห็ดจะมีเชื้อตามธรรมชาติที่ติดมากับวัตถุดิบได้แก่แบคทีเรียกรดแลกติกจะเปลี่ยนวัตถุดิบแหล่งคาร์บอนในแหนมเห็ดให้กลายเป็นกรดแลกติกที่มีรสเปรี้ยว แต่การเติมเชื้อลงไปทำให้ปริมาณเชื้อมากขึ้น น่าจะทำให้แหนมเห็ดมีรสชาติเปรี้ยวได้เร็วขึ้น และกรณีการทำแหนมเห็ดต้องมีลวกเห็ดให้สุกก่อน มิฉะนั้นแบคทีเรียกรดแลกติกจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ เนื่องจากเห็ดก็จัดอยู่ในจุลินทรีย์พวกฟังไจ (fungi) ทำให้จุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ส่วนการเปรียบเทียบการหมักแหนมเห็ดโดยการใช้เชื้อจุลินทรีย์ธรรมชาติและเชื้อทางการค้าสามารถทำให้ผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาหัวเชื้อแหนมเห็ดต่อไป นอกจากนี้เห็ดเป็นพืชสมุนไพรที่มีสรรพคุณทางยาหลายอย่าง ดังนั้นในการทดลองนี้จึงต้องการ ทราบคุณประโยชน์หรือคุณสมบัติที่มีประโยชน์จากแหนมเห็ด เนื่องจากในประเทศไทยยังขาดองค์ความรู้และข้อมูลพื้นฐานของแหนมเห็ด ที่เผยแพร่ทางวิชาการหรือถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับเกษตรกร ดังนั้นผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาในด้านนี้เพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางให้แก่เกษตรกรกลุ่มผู้ผลิตเห็ดนางฟ้าหรือเกษตรกรกลุ่มอื่น ๆ ที่สนใจและต้องการถ่ายทอดเทคโนโลยีแก่เกษตรกรผู้สนใจต่อไปในอนาคต

3. ผลิตก้อนเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษเหลือทิ้งจากก้อนเห็ดหลังการเก็บเกี่ยวดอก (โครงการย่อยที่ 2)

งานวิจัยนี้มีแนวความคิดในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว ซึ่งเป็นชีวมวลราคาถูก ร่วมกับเปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน ซึ่งเป็นของเสียทางเกษตรกรรม ซึ่งมีมากในจังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อใช้แทนไม้ฟืน โดยจะทำการศึกษาเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสม

ระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียนในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง รวมทั้งความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งผสมดังกล่าว

4. ผลิตปุ๋ยชีวภาพจากเศษเหลือทิ้งจากก้อนเห็ดหลังการเก็บเกี่ยวดอก (โครงการย่อยที่ 3)



1.6 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

1.6.1 ข้อมูลทั่วไป

มนุษย์เรานำเห็ดมาบริโภคเป็นเวลาช้านาน ซึ่งเห็ดเป็นฟังใจ (fungi) ชั้นสูง ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก ปัจจุบันเราสามารถ เพาะเห็ดในสกุลต่าง ๆ และทำเป็นการค้ามีมูลค่าหลายพันล้านบาทต่อปี เช่นการเพาะเห็ดนางฟ้า เห็ดนางรม เห็ดขอนขาว เป็นต้น จึงเป็นอาชีพที่น่าสนใจ และเป็นทางเลือกอีกอาชีพหนึ่งของเกษตรกร ทั้งในส่วนของดอกเห็ดและจากผลผลิตของเห็ดจะมีก้อนเชื้อเห็ดเป็นส่วนที่เหลือทิ้งที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์แต่อย่างใด ซึ่งการเปลี่ยนเศษวัสดุเหลือทิ้งดังกล่าวมาผลิตเป็นก้อนเชื้อเพลิงและปุ๋ยที่มีคุณภาพนอกจากเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มต่อเกษตรกร แล้วยังส่งผลโดยตรงการกำจัดปัญหาของเกษตรกร และผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

1.6.2 การใช้ประโยชน์จากการเพาะเห็ดนางฟ้า

1.6.2.1 ดอกเห็ดสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์แหนม

ฟังไจ (fungi) มีประมาณอย่างน้อย 12,000 สายพันธุ์ และมีจำนวนประมาณ 2,000 สายพันธุ์ที่
จัดเป็นสายพันธุ์เห็ดที่สามารถกินได้ โดยส่วนใหญ่การเจริญเติบโตของเห็ดจะพบในป่าที่ชุ่มชื้นและถ้ามีการเพาะเลี้ยงเห็ด จะเป็นการเพาะเลี้ยงเพื่อสรรพคุณทางยา โดยเฉพาะในแถบประเทศฝั่งตะวันออก (Sanchez, 2004) และมีประมาณ 20-35 สายพันธุ์ที่มีการเพาะเลี้ยงเพื่อส่งออกหรือผลิตในอุตสาหกรรม ประเทศจีนเป็นประเทศผู้ผลิตเห็ดและส่งออกเห็ดรายใหญ่ของโลกซึ่งสามารถผลิตได้มากกว่า 1.5 ล้านตันในปี 2007รองลงมาคือประเทศสหรัฐอเมริกา แคนนาดา อิสราเอล อินเดีย สิงค์โปร์ และคาซัคสถาน (Aida *et al.,* 2009)

เห็ดไม่ได้เป็นแค่อาหารของมนุษย์เท่านั้นแต่ยังเป็นแหล่งอาหารทางยาแก่มนุษย์อีกด้วย มีรายงานวิจัยที่เกี่ยวกับคุณสมบัติทางยาของเห็ดในการใช้เป็นอาหารของชาวจีนเป็นเวลากว่า 2000 ปี เนื่องจากเห็ดมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compound) เช่น โพลีแซคคาไรด์ (polysaccharides), ไกลโคโปรตีน (glycoprotein), ไตรเทอเพเนส (triterpenes) และ แอนตี้ไบโอติก (antibiotics) (Wasser, 2002) สารโพลีแซคคาไรด์ที่มีในเห็ดอยู่ในรูปเบต้ากลูแคน (β-glucan) ซึ่งมีประโยชน์ในการยับยั้งกิจกรรมเซลล์มะเร็ง (antitumor activities) มีรายงานว่า การยับยั้งกิจกรรมเซลล์มะเร็งโดยเห็ดในกลุ่ม (*Pleurotus tuber-regium*) สามารถยับยั้งเซลล์มะเร็ง (human hepatic cancer) (Tao, Zhang and Cheung, 2006) งานวิจัยที่ศึกษาโดย Hearst *et al*., (2009) พบคุณสมบัติที่มีประโยชน์ของเห็ดหลายชนิด เช่น เห็ดชิตาเกะ (Shiitake mushroom, *Lentinula edodes*) และเห็ดนางฟ้า (Oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*) พบว่ามีคุณสมบัติในการยับยั้งแบคทีเรีย (antibacterial) และคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อรา (antifungal) สารสกัดจากเห็ดชิตาเกะมีคุณสมบัติและประสิทธภาพในการยับยั้งแบคทีเรียได้ดีกว่าสารยับยั้งแบคทีเรียทางการค้า (ciprofloxacin) นอกจากนี้สารประกอบที่มีอยู่ในเห็ดสายพันธุ์ *Pleurotus ostreatus*, *P. ferulae* และ *Clitocybe maxima* ยังมีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) (Tsai *et al*., 2009) นอกจากนี้การทดลองของ Bao *et al*., (2008) ยังพบศักยภาพของเห็ดสายพันธุ์ *Flammaulina velutipes* ในการเป็น color stabilizer อีกด้วย นอกจากคุณสมบัติทางยาและการบริโภคเห็ดเป็นประจำยังมีประโยชน์หลายอย่างในคุณค่าทางโภชนาการ เช่น มีแคลอรี โซเดียม และคอเลสเตอรอลต่ำ แต่มีปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไฟเบอร์ วิตามิน และเกลือแร่ในปริมาณสูง (Aida *et al.,* 2009) ด้วยคุณสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้ จึงทำให้เห็ดเป็นแหล่งอาหารที่ดี (good dietary food) มีคุณสมบัติทางยา และสามารถส่งเสริมสุขภาพที่ดีของมนุษย์

ข้าวมีสีมีคุณสมบัติทางโภชนาการหลายอย่างที่มีประโยชน์ต่อมนุษย์ เช่น ข้าวสังข์หยดเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองของจังหวัดพัทลุง จัดเป็นข้าวที่มีสีแดงหรือม่วงเป็นข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ 14.25

% ข้าวสังข์หยดมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่น เนื่องจากมีวิตามินบีในปริมาณสูง โดยเฉพาะวิตามินบี 1, 2 และ 3 มีกากใยอาหารสูงเพื่อช่วยในระบบขับถ่าย นอกจากนี้ยังมีธาตุเหล็ก โปรตีน และฟอสฟอรัส ช่วยบำรุงโลหิต บำรุงร่างกายให้แข็งแรง ป้องกันโรคความจำเสื่อม และยังมีสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) แกมมาโอไรซานอล และสาร gamma amino butyric acid (GABA) ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดมะเร็ง (อุไรวรรณ และคณะ 2556) นอกจากนี้ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีธาตุเหล็กและสารต้านอนุมูลอิสระสูง มีใยอาหารที่อยู่ในรำข้าวสูงจึงช่วยชะลอการดูดซึมน้ำตาล ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดขึ้นช้ากว่าการบริโภคข้าวกล้องและข้าวขาวขัดทั่วไป จึงเหมาะกับผู้ป่วยเบาหวาน มีสรรพคุณช่วยลดระดับไขมันและคอเลสเตอรอล ช่วยทำให้ระบบขับถ่ายทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น มีปริมาณอะไมโลส 15.6 % ธาตุเหล็ก สังกะสี โอไมก้า 3 วิตามิน-อี โฟเลต เบต้า-แคโรทีน โพลีฟีนอล แทนนิน และแกมมาโอไรซานอล (ชื่นจิต สีพญา และ จอย ผิวสะอาด, 2558) ส่วนข้าวหอมนิล จัดเป็นข้าวในกลุ่มข้าวที่มีสีม่วงเข้มถึงดำ มีธาตุเหล็กสูงกว่าข้าวขาวทั่วไป 30 เท่า ช่วยป้องกันโรคโลหิตจาง มีปริมาณอะไมโลส 16 % มีปริมาณโปรตีนและสารต้านอนุมูลอิสระสูง (จุฑามาศ ถิระสาโรช และ เฉลิมพล ถนอมวงค์, 2558) นอกจากนี้ยังมีปริมาณใยอาหาร ซีลีเนียมและไนอะซินสูง ช่วยระบบขับถ่าย ป้องกันมะเร็งลำไส้ ระบบประสาทและความจำ

งานวิจัยที่เป็นองค์ความรู้ทางวิชาการเกี่ยวกับแหนมเห็ดที่เผยแพร่โดยตรงทั้งระดับชาติและนานาชาติมีน้อยมาก เนื่องจากส่วนใหญ่จะเป็นเอกสารวิชาการที่เกี่ยวกับการทำแหนมจากเนื้อสัตว์ โชตินภา เหล่าไพบูลย์ (2552) ศึกษา*การผลิตแหนมเห็ดโปรไบโอติกโดยใช้แบคทีเรียแลคติคเป็นเชื้อเริ่มต้น* โดยใช้เชื้อพบว่า *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus* และ *Pediococcus acidilactici* ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว□าเชื้อจุลินทรีย์ที่เติมลงไปจะเจริญเข้าสู่การเจริญช่วง log phase ที่ระยะเวลา 21-23 ชั่วโมง และมีปริมาณเชื้อประมาณ 10^9 cfu/ml นอกจากนี้จากการทดลองหมักแหนมเห็ดนางฟ้□าเป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่ามีค่าระดับความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 4.4-4.5 และปริมาณกรดพบว่□าอยู□ในช่□วงร□อยละ 0.74 - 0.79 จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว□าแหนมเห็ดนางฟ□าที่ได□ให□คะแนนความชอบทางด□านสี กลิ่น รสชาติความเปรี้ยวความเค็ม เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ไม่แตกต่างกัน โดยมี คะแนนความชอบมากกว□า 5.0 และพบว่าเชื้อเริ่มต□นที่เหมาะสมที่จะนำไปใช□ในการผลิตแหนมเห็ดนางฟ□าคือ *L. plantarum*

ในภาวะที่เศรษฐกิจทางภาคใต้ฝืดเคืองเนื่องจากราคายางตกต่ำส่งผลให้รายได้ประชากรลดลง ทำให้เกษตรกรหันมาทำอาชีพเสริมเพื่อเพิ่มรายได้จากงานประจำโดยเฉพาะกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตเห็ดนางฟ้า โดยเฉพาะกลุ่มเกษรกรผู้ผลิตเห็ดนางฟ้า ต.ลานสกา อ. ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช รวมกลุ่มกันเพื่อผลิตก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าจำหน่ายให้กับสมาชิกและขายเห็ดนางฟ้าสด แต่เนื่องจากการผลิตก้อนเชื้อเห็ดและขายดอกเห็ดสดของกลุ่มไม่สามารถผลิตอย่างต่อเนื่อง ทำให้การขายก้อนเชื้อเห็ดและดอกเห็ดสดขาดช่วง ดังนั้นเกษตรกรจึงมีความต้องการที่จะแปรรูปเห็ดเพื่อให้สามารถเก็บเห็ดไว้ขายได้นานขึ้น ซึ่งต้องอาศัย

กระบวนการแปรรูปและถนอมอาหารที่ไม่ซับซ้อนเข้ามาช่วย และอาศัยองค์ความรู้ทางเทคโนโลยีชีวภาพ เพื่ออธิบายขั้นตอนการผลิตแหนมเห็ด ทำให้เกษตรกรสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง และนำไปสู่การขายผลิตภัณฑ์จากเห็ดได้นานขึ้นและหลากหลายขึ้น ก่อให้เกิดรายได้เพิ่มมากขึ้นและรายได้สู่กลุ่มและชุมชนในพื้นที่

1.6.2.2 การใช้ประโยชน์จากก้อนเห็ดเหลือทิ้งหลังการเก็บเกี่ยวดอกเพื่อผลิตก้อนเชื้อเพลิง

Owen และคณะ (2001) ได้ศึกษาการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ทาง การเกษตร เช่น ต้นข้าวโพด ฟาง หญ้า ใบไม้เป็นต้น โดยบดเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาด cornflake เติมน้ำแล้วนำมาอัดเป็นแท่ง โดยแท่งเชื้อเพลิงจะมีลักษณะคล้ายโดนัท นำไปตากให้แห้ง สามารถนำไปใช้แทนฟืนและถ่านไม้ได้ โดยให้ความร้อนสูงและติดไฟได้นาน นอกจากนี้ยังได้ทดลองทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษใบไม้กิ่งไม้และขยะจากจดหมายเก่า พบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งนี้สามารถจุดติดไฟได้ง่ายโดยใช้เวลาเพียง 2 นาทีและให้อุณหภูมิสูงสุดถึง 816°C ในขณะที่ฟืนไม้ใช้เวลาในการจุดติดไฟนานกว่าและให้อุณหภูมิสูงสุดที่ 733°C

สุริยา (2544) ได้ศึกษาการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากส่วนผสม กากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียและเศษชิ้นไม้สับของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ โดยการนำกากตะกอนจากระบบบำบัด น้ำเสียของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษมาผสมกับเศษชิ้นไม้สับจากการสับไม้ก่อนเข้าขบวนการผลิตเยื่อกระดาษจำนวน 11 อัตราส่วนผสม ได้แก่ 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80, 10:90 และ 0:100 โดยน้ำหนักแล้วอัดเป็นแท่งเผาให้เป็นถ่านเชื้อเพลิง ทำการศึกษา คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง และศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตและการลงทุน พบว่า อัตราส่วนผสมระหว่างกากตะกอนและชิ้นไม้สับตั้งแต่ 100:0 ถึง 40:60 โดยน้ำหนัก สามารถอัดเป็นรูปแท่งได้ โดยส่วนผสมที่มีเศษชิ้นไม้สับเพิ่มขึ้นจะอัดเป็นรูปได้ยากขึ้น ใช้เวลาในการอัดมากขึ้น เมื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิง คือ ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย คาร์บอนคงตัว กำมะถันรวม และค่าความร้อน แล้วพบว่า อัตราส่วนผสม 70:30 มีคุณสมบัติดีที่สุด โดยมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับฟืนแกลบ เมื่อศึกษาด้านการลงทุนพบว่า อัตราผลตอบแทนการลงทุนอยู่ที่ร้อยละ 30.73 ณ ราคาขาย 9 บาท/กิโลกรัม และหากนำไปผลิตเป็นถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจะให้ค่า ตอบแทนสูงกว่าการนำไปเป็นเชื้อเพลิงในเตาเผา

เจิดจันทร์ และวิมลวรรณ (2553) ได้ทำการศึกษาศักยภาพของถ่านอัดแท่งจากก้อนเพาะเห็ดที่ใช้แล้ว พบว่า การใช้ถ่านก้อนเพาะเห็ด 3000 กรัม ใช้แป้งมันสำปะหลัง 300 กรัม และน้ำ 250 มิลลิลิตร เป็นตัวประสาน เป็นสภาวะการทดลองที่เหมาะสมที่สุด โดยให้ความร้อน 4104 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และมีเถ้าร้อยละ 31.77 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน พบว่าค่าดังกล่าวไม่ผ่านเกณฑ์ โดยเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่งต้องมีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 5000 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ค่าเถ้า ไม่เกินร้อยละ 10 จึงควรมีการศึกษาเพื่อพัฒนาคุณภาพของถ่านอัดแท่งจากก้อนเพาะเห็ดที่ใช้แล้วต่อไป

จารุณี แสงสุวรรณวาว (2530) ได้ศึกษาการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษวัสดุเกษตรผสมกากส่าเหล้า และกากน้ำตาล เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนฟืนและถ่านโดยเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตทำจากเศษวัสดุเกษตร 3 ชนิด คือ กากอ้อย แกลบ และซังข้าวโพด ที่สับให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ผสมกับกากส่าเหล้าและกากน้ำตาลเป็นตัวเชื่อมประสานแล้วอัดแท่งด้วยเครื่องอัด นำแท่งเชื้อเพลิงที่ยังมีความชื้นสูงมาตากให้แห้งโดยเปรียบเทียบ 3 วิธีคือ (1) อบในตู้อบไฟฟ้า อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน (2) ตากในตู้อบแสงอาทิตย์ อุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 3-4 วัน และ (3) ตากบนแผ่นสังกะสีใช้เวลา 3-4 วัน แท่งเชื้อเพลิงจะมีความชื้นเหลือประมาณร้อยละ 5-6 สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการ หุงต้มและกิจกรรมในครัวเรือนได้ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบและคุณสมบัติทั่วไปของเชื้อเพลิงเขียวเปรียบเทียบกับฟืนและถ่านไม้ มะขามเทศ ปรากฏว่าเชื้อเพลิงเขียวมีองค์ประกอบและคุณสมบัติคล้ายกับฟืน คือให้ค่าความร้อนเฉลี่ยประมาณ 4,000 kcal/kg แต่มีค่าความร้อนน้อยกว่าถ่านไม้มะขามเทศซึ่งให้ค่าความร้อนเฉลี่ย 7,390 kcal/kg ส่วนประสิทธิภาพในการใช้งานของความร้อนเมื่อใช้กับเตาเชื้อเพลิงเขียว

ธเนศ และคณะ (2557) ได้ทำการศึกษาสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของถ่านเปลือกมังคุด พบว่า ถ่านเปลือกมังคุดมีค่าความร้อน 26,745.75±1,076.64 kJ/kg และเถ้าร้อยละ 3.02±0.94

อัจฉรา และคณะ (2554) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุดมาใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยนำมาผสมกับแป้งมันสาปะหลังหรือโมลาสซึ่งเป็นตัวประสานที่อัตราส่วนต่าง ๆ กันแล้วอัดเป็นแท่งโดยวิธีอัดแบบเย็น พบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งมีค่าความร้อนอยู่ในช่วง 3,400-4,348 cal/g และค่าความร้อนที่ได้จากเปลือกทุเรียนที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานมีค่าความร้อนสูงที่สุด 4,348 cal/g ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าความร้อนที่ได้จากฟืนไม้ เชื้อเพลิงอัดแท่งมีค่าความชื้นและปริมาณเถ้าต่ำ

ปัจจุบันมีการวิจัยพัฒนาคุณภาพของถ่านให้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการใช้ประโยชน์โดยการนำวัสดุที่เหลือใช้จากการเกษตร เช่น ขี้เลื่อย เปลือกไม□กะลามะพร้าว นำมาเผาให้เป็นผงถ่านหรือคาร์บอน แล้วผสมกับตัวประสาน นำไปอัดแท่งอบให้แห้งจะได้ถ่านอัดแท่ง (ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล , 2549) ที่มีคุณสมบัติพิเศษ คือ ไม□มีควัน ไม□มีกลิ่น ไม□แตกประทุ เถ้าน้อยไม□เกิดการฟุ้งกระจายไม่ทำลายสุขภาพ ให้ความร้อนสูงสม่ำเสมอ และทนทานกว่าการใช้ถ่านไม้ถึง 2.5 เท□า สารตกค้างที่ถูกปลดปล่อยออกมาในขณะเผาถ่าน และหลังการเผาถ่าน เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์เกิดขึ้นได้หลายลักษณะ เช่น ภูเขาไฟระเบิด การหายใจของสิ่งมีชีวิต หรือการเผาไหม้ของสารประกอบอินทรีย์ก๊าซนี้เป็นวัตถุดิบสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชเพื่อใช้คาร์บอน และออกซิเจนในการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรต จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงนี้พืชจะปล่อยก๊าซออกซิเจนออกมาสู่บรรยากาศ อย่างไรก็ตามถ่านอัดแท่งจากเศษวัตถุดิบธรรมชาติจะไม่ส่งผลกระทบทางด้านสุขภาพของผู้ใช้ถ่านอัดแท่ง ไม□มีสารตกค้างกับผู้ใช้ถ่านอัดแท่งปลอดภัยไม่มีสารตกค้าง และไม□ทำลายสุขภาพ เพราะ

ถ่านได้ถูกเผาไหม้ด้วยอุณหภูมิมากกว่า 800 องศาเซลเซียส และไม่มีสารก่อมะเร็ง ถ่านอัดแท่งได้ผ่านกระบวนการทำให้สุกแล้วจึงทำการอัดแท่ง (สามารถทดสอบกับถ่านทั่วไปได้โดยการนำไปต้มน้ำร้อนหากก้นหม้อเป็นเขม่าสีดำ แสดงว่าถ่านที่ใช้ถูกเผามาไม สุกและมีสารก่อมะเร็ง) (กิติพงษ, 2547)

1.6.2.3 การใช้ประโยชน์จากก้อนเห็ดเหลือทิ้งหลังการเก็บเกี่ยวดอกเพื่อผลิตปุ๋ย

Tampio และคณะ (2016) ได้ศึกษาผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์แบบเหลวจากการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนของเศษอาหาร พบว่าจุลินทรีย์มีบทบาทที่สำคัญที่สุดในการย่อยสลายเศษอาหารเพื่อให้ได้ปุ๋ยอินทรีย์แบบเหลวที่มีคุณภาพ แต่ในกระบวนของการหมักจำเป็นต้องอาศัยปัจจัยที่เกื้อหนุนและมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้เพื่อเกษตรกรรมต่อไป โดยในเทคโนโลยีที่ได้ศึกษานั้นมีการใช้วิธีการย่อยสลายแอมโมเนียร่วมกับการใช้วิธี Reverse osmosis เพื่อให้ได้ปุ๋ยอินทรีย์แบบน้ำให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

Tejada และคณะ (2016) ศึกษาการใช้งานของปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากกากตะกอนน้ำเสียที่มีต่อผลผลิตของข้าวโพดสำหรับเลี้ยงสัตว์ โดยวัตถุประสงค์ต้องการรักษาความปลอดภัยด้านอาหารทั่วโลก เพื่อรักษาทั้งคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตได้และการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์จากน้ำเสียกากตะกอน (SS) พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของปุ๋ยอินทรีย์ในการเพาะปลูก สามารถให้ความเข้มข้นของโปรตีนข้าวโพดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญโดยประมาณร้อยละ 30 และสามารถเพิ่มผลผลิต มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญโดยประมาณร้อยละ 17

ในกระบวนการหมักของปุ๋ยหมัก สามารถแบ่งออกได้ 2 รูปแบบ คือ การหมักแบบใช้ออกซิเจน คือ เมื่อวัสดุที่ใช้หมักเกิดการย่อยสลายจนได้สารอินทรีย์ตั้งต้น ประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เซลลูโลส ลิกนิน เป็นต้น สารเหล่านี้จะถูกเชื้อจุลินทรีย์จำพวกที่ใช้ออกซิเจนย่อยสลายเพื่อดึงออกซิเจนมาใช้ในกระบวนการหมักและให้ผลผลิตสุดท้ายจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นฮิวมัส น้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และพลังงานความร้อน เกิดขึ้น ส่วนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน โดยอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์จำพวกที่ไม่ใช้ออกซิเจน 2 กลุ่ม คือ เชื้อจุลินทรีย์ที่สร้างกรด และจุลินทรีย์สร้างก๊าซมีเทน ซึ่งทำให้เกิดผลิตภัณฑ์สุดท้าย ประกอบด้วย ก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย และพลังงานความร้อนเกิดขึ้น

บทบาทที่สำคัญของการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จะใช้เชื้อจุลินทรีย์เป็นหัวใจหลักโดยอาศัยจุลรีย์กลุ่มที่สามารถย่อยสลายเซลลูโลสภายในกองปุ๋ยที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้ออกซิเจน และกลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งทั้งสองกลุ่มจะทำหน้าที่ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลใหญ่ให้มีขนาดเล็กลงจนกระทั่งเกิดการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์จนได้สารอินทรีย์วัตถุ ในกระบวนการย่อยสลายดังกล่าวจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยจุลินทรีย์หลายชนิดรวมกันและอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระยะ คือ ระยะอุณหภูมิปานกลาง (mesophilic phase) เป็นช่วงแรกของการย่อยสลาย จำนวน

จุลินทรีย์ค่อยๆเพิ่มจำนวนขึ้น ซึ่งจะมีอุณหภูมิประมาณ 20-45 องศาเซลเซียส ระยะอุณหภูมิสูง (thermophilic phase) เป็นช่วงที่มีการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์เกือบคงที่ และเกิดการย่อยสลายทั่วทั้งกอง โดยอุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้นถึง 45 – 60 องศาเซลเซียส หรือมากกว่า ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมจะต้องไม่ต่ำกว่า 45 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่เกิดการย่อยสลายมากที่สุดจนทำให้เกิดความร้อนสะสมในกองปุ๋ยหมักอินทรีย์ และระยะอุณหภูมิลดลง (maturation phase) เป็นช่วงที่จุลินทรีย์บางส่วนเริ่มตายลง ปริมาณอินทรีย์ถูกย่อยสลายจนหมด อัตราการย่อยสลายจึงลดลง ทำให้อุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักลดลงตามมา ซึ่งเป็นระยะที่จะเสร็จสิ้นการย่อยสลาย ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ที่น่าสนใจส่วนใหญ่จะเป็นจุลินทรีย์กลุ่มเชื้อรา เช่น *Trichoderma spp. Aspergillus spp.* แต่ก็มีจุลินทรีย์บางกลุ่มที่เป็นเชื้อแบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายเซลลูโลสได้ดี อย่างเชื้อกลุ่ม *Cellulomonas spp.* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่สามารถย่อยใยเนื้อไม้ได้เป็นอย่างดี และสามารถเข้าอยู่ร่วมกับจุลินทรีย์ชนิดอื่นได้อย่างไม่เป็นพิษเป็นภัย เป็นลักษณะเป็นรูปท่อน รูปร่างไม่แน่นอน และมีวงจรระหว่างรูปท่อนและรูปทรงกลม ไม่มีวงจรรูปท่อน รูปทรงกลม แต่เซลล์แก่บางเซลล์อาจเป็นทรงกลม (Rajoka and Malik, 1997) การเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพของการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากวัสดุลิกโนเซลลูโลสอย่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เป็นปัญหาอย่างมากนำมาย่อยสลายด้วยเชื้อแบคทีเรียนกลุ่ม *Cellulomonas spp* ก็เป็นแนวทางหนึ่งที่เป็นประโยชน์ ลดปัญหา และสร้างรายได้ต่อเกษตรกรได้ในอนาคต

1.7 วิธีการดำเนินการวิจัย (รายละเอียดแสดงดังเอกสารแนบของโครงการวิจัยย่อยท้ายเล่ม)

1.7.1 วิธีการดำเนินการวิจัยโครงการย่อยที่ 1

1.7.1.1 .ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าสูตรดั้งเดิม

1.7.1.2 การศึกษาและเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าโดยการหมักโดยเชื้อธรรมชาติและเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า

17.1.3. ศึกษาและเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าโดยการใช้ข้าวมีสี

- ตรวจสอบคุณสมบัติของสารที่มีประโยชน์จากผลิตภัณฑ์แแหนมเห็ดที่ผลิตได้
- การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

1.7.1.4 ศึกษาการคาดคะเนอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดสูตรข้าวสี

1.7.1..5 การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่กลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้าขุนทะเล

1.7.2 วิธีการดำเนินการวิจัยโครงการย่อยที่ 2

1.7.2.1 ศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุดและเปลือกทุเรียนในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

1.7.2.2 ศึกษาหาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเชื้อเพลิงอัดแท่ง

1.7.2.3 ศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งผสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน

1.7.2.3.1 ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย (Cost of Production)

1.7.2.3.2 ระยะคืนทุน (Payback Period)

1.7.2.3.3 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value หรือ NPV)

1.7.2.3.4 อัตราผลตอบแทนภายใน (internal rate of return, IRR)

1.7.3 วิธีการดำเนินการวิจัยโครงการย่อยที่ 3

1.7.3.1 การหาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เหมาะสมต่อต้นกล้าปาล์ม

1.7.3.2 การศึกษาการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

1.7.3.3 การศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

1.8 แผนงานโครงการ

ตารางที่ 1.1 แผนงานโครงการย่อยที่ 1

ขั้นตอนการดำเนินงาน	เดือนที่						
	1	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12
1. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องและเตรียมวัตถุดิบและสั่งซื้อสารเคมี	←						
2. ผลิตแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ โดยการแปรผันวัตถุดิบในส่วนผสม		←	―	→			
3. ตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ ทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และคุณค่าทางโภชนาการ		←	―	→			
4. ตรวจสอบคุณสมบัติของสารที่มีประโยชน์จากผลิตภัณฑ์แแหนมเห็ดที่ผลิตได้			←	―	→		
5. ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส					↔		

6. ศึกษาการคาดคะเนอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์					←	—	→
7. จัดทำสรุปรายงานการวิจัย							← →
8. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดจากข้าวมีสี							← →

ตารางที่ 1.2 ผลงานที่คาดว่าจะสำเร็จโครงการย่อยที่ 1

เดือนที่	ผลงานที่คาดว่าจะสำเร็จ
1 – 2	1. ได้ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เตรียมวัตถุดิบ และสารเคมีที่สั่งซื้อเรียบร้อยแล้ว 2. ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดสูรดั้งเดิม 3. ผลการผลิตแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ โดยการแปรผันวัตถุดิบในส่วนผสม และผลการตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ ทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และคุณค่าทางโภชนาการ (บางส่วน) (เปรียบเทียบสูตรที่เติมเชื้อและไม่เติมเชื้อ) 4. ได้รายงานความก้าวหน้าระยะ 2 เดือน
3 – 6	1. ผลการผลิตแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ โดยการแปรผันวัตถุดิบในส่วนผสมและผลการตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ ทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และคุณค่าทางโภชนาการ (ครบถ้วน) (เปรียบเทียบสูตรที่เติมเชื้อและไม่เติมเชื้อ) 2. ผลการผลิตแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ โดยการแปรผันวัตถุดิบในส่วนผสมของข้าวมีสีและผลการตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ ทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และคุณค่าทางโภชนาการ (ครบถ้วน) (เปรียบเทียบอัตราส่วนข้าวมีสีชนิดต่าง ๆ) 3. ได้รายงานความก้าวหน้าระยะ 6 เดือน
7-12	1. ผลการตรวจสอบคุณสมบัติของสารที่มีประโยชน์จากผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดที่ผลิตจากข้าวมีสีชนิดต่าง ๆ เช่น ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด, ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น และการยับยั้งเชื้อก่อโรคของแหนมเห็ดเป็นต้น 2. ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมเห็ด 3. ทราบการคาดคะเนอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์แหนมเห็ด 4. เขียนผลการทดลอง วิจารณ์ผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง 5. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดที่ผสมข้าวมีสี ให้กับเกษตรกรผู้เพาะเห็ดนางฟ้า ต.ขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช 6. ได้เล่มรายงานฉบับสมบูรณ์

ตารางที่ 1.3 แผนงานโครงการย่อยที่ 2

กิจกรรม/ขั้นตอนการดำเนินงาน	เดือนที่					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
1.รวบรวมเอกสารและวางแผนการทดลอง						
2.จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์						
3. กิจกรรมที่ 1 ศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียนในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง						
4. กิจกรรมที่ 2 ศึกษาหาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเชื้อเพลิงอัดแท่ง						
5. กิจกรรมที่ 3 ศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งผสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน						
6.ประเมินผลและวิเคราะห์ข้อมูล						
7.จัดทำรายงานและเผยแพร่						

ตารางที่ 1.4 ผลงานที่คาดว่าจะสำเร็จโครงการย่อยที่ 2

เดือนที่	ผลงานที่คาดว่าจะสำเร็จ
1 – 2	1. ข้อมูลจากการสืบเอกสาร วัสดุ อุปกรณ์ ที่พร้อมดำเนินการ 2. ได้รายงานความก้าวหน้าระยะ 2 เดือน
3– 6	๑. ได้อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียนในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง พร้อมข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงอัดแท่งทั่วไป ๒. ได้รายงานความก้าวหน้าระยะ 6 เดือน
7-12	1. ข้อมูลความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งผสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน 2. ได้บรรจุภัณฑ์ 1 รูปแบบ 3. ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งผสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน 4. ผลการประเมินและวิเคราะห์ข้อมูล 5. ได้รายงานฉบับสมบูรณ์

ตารางที่ 1.5 แผนงานโครงการย่อยที่ 3

กิจกรรมที่		เดือนที่											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	การค้นคว้าเอกสาร	↔											
2	การเตรียมวัสดุ อุปกรณ์	↔											
3	หาสูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เหมาะสมต่อต้นกล้าปาล์ม		↔		↔								
4	ศึกษาการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งด้วยสูตรที่เหมาะสมในระดับขยายขนาด					↔	↔						
5	ศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งต่อการเจริญของต้นกล้าปาล์ม							↔		↔			
6	การเก็บข้อมูลและรายงานผล		↔							↔			
7	การถ่ายทอดเทคโนโลยี										↔	↔	
8	การประเมินผลโครงการ												↔

ตารางที่ 1.6 ผลงานที่คาดว่าจะสำเร็จโครงการย่อยที่ 3

เดือนที่	ผลงานที่คาดว่าจะสำเร็จ
1 – 2	การเตรียมวัสดุ อุปกรณ์
3 – 6	สูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เหมาะสมต่อต้นกล้าปาล์ม
7-12	- ผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งด้วยสูตรที่เหมาะสมในระดับขยายขนาด - ผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งต่อการเจริญของต้นกล้าปาล์ม - รายงานผล - ถ่ายทอดเทคโนโลยีและประเมินผลโครงการ

บทที่ 2

ผลการทดลอง

ภาพรวมของแผนงานวิจัย

2.1 <u>สถานะของกลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้าขุนทะเลก่อนทำการวิจัย</u> สมาชิกกลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้าขุนทะเล ตำบลขุนทะเล อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากจังหวัดนครศรีธรรมราช ภายใต้การดูแลและสนับสนุนการดำเนินงานของเจ้าหน้าที่ฝ่ายต่างๆ ของอำเภอขุนทะเล จังหวัดนครศรีธรรมราช มีสถานที่และอุปกรณ์ที่พร้อมสำหรับการผลิตเฉพาะก้อนเห็ดนางฟ้าเพื่อการจำหน่ายเพียงอย่างเดียวก่อนจะมีการลงทำงานของกลุ่มนักวิจัยซึ่งมีกำลังการผลิตประมาณ 10000 ก้อนต่อเดือน โดยก้อนเห็ดที่ผลิตขายนั้นเพื่อจำหน่ายให้แก่กลุ่มเป้าหมาย 2 กลุ่มคือ

- กลุ่มแรกคือสมาชิกในกลุ่มเพาะเห็ดขุนทะเลที่ขายให้แก่สมาชิกในราคา 5.00 บาทต่อก้อนต่ำกว่าราคาขายแก่ผู้ที่สนใจจากภายนอกที่ราคา 6.00 บาทต่อก้อน วัตถุประสงค์หลักเพื่อให้สมาชิกได้นำไปบริโภคในครัวเรือนและเก็บดอกเห็ดสดมาส่งรวมยังหัวหน้ากลุ่มโดยราคาที่สมาชิกได้รับประมาณ 40-80 บาทต่อกิโลกรัมขึ้นอยู่คุณภาพของดอกเห็ด จากนั้นทางกลุ่มจะเป็นตัวแทนขายดอกเห็ดกับพ่อค้าคนกลางในราคมประมาณ50 บาทต่อกิโลกรัมสำหรับเห็ดคุณภาพทั่วไป ส่วนเห็ดคัดคุณภาพจะมีราคาประมาณ 80 บาทต่อกิโลกรัม จากการเพาะดอกเห็ดของสมาชิกในกลุ่มจะมีผู้มารับซื้อเป็นประจำทำให้สมาชิกสามารถสร้างรายได้อย่างสม่ำเสมอระดับหนึ่งแต่ส่วนที่เป็นปัญหาคือดอกเห็ดที่คุณภาพต่ำกว่าเกณฑ์เช่นดอกเล็กและใหญ่เกินไปจะขายได้ในราคาที่ต่ำและมีปริมาณคงเหลืออยู่ที่สมาชิกกลุ่ม
- กลุ่มที่สองเป็นกลุ่มลูกค้าจากภายนอกเพื่อนำไปเพาะและจำหน่ายดอกเห็ดในเขตพื้นที่อื่นๆ ทั้งในนครศรีธรรมราชและจังหวัดใกล้เคียง มีการสั่งซื้อเป็นระยะๆ ที่มีช่องว่างของการสั่งซื้อเนื่องจากลูกค้าเมื่อรับก้อนเห็ดไปจำหน่ายแล้วจะมีระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวดอกเห็ดช่วงเวลาหนึ่งจึงจะมีการสั่งซื้อรอบใหม่อีกครั้ง

สำหรับก้อนเห็ดที่เหลือหลังจากเก็บเกี่ยวดอกเห็ดมีสมาชิกบางส่วนนำไปผลิตเป็นปุ๋ยหมักโดยมีสูตรที่ได้จากการแนะนำให้ความรู้กระบวนการผลิตปุ๋ยและสนับสนุนส่วนผสมบางชนิดสำหรับการผลิตปุ๋ยจากเจ้าหน้าที่ของอำเภอขุนทะเลและจากการอาศัยประสบการณ์ส่วนตัวของสมาชิกเองในการผลิตปุ๋ยโดยที่ไม่ได้มีการเก็บข้อมูลอย่างละเอียดกับสูตรส่วนผสมที่แน่นอนและประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยที่ผลิตได้ต่อต้นไม้ที่นำไปใช้อย่างจริงจังทำให้ปุ๋ยที่สมาชิกกลุ่มผลิตได้ไม่สามารถการันตีให้แก่ผู้ที่สนใจ

2.2 <u>ผลการทำงานวิจัยของทั้ง 3 โครงการย่อย</u> รายละเอียดงผลการดำเนินงานแสดงตามเอกสารเล่มโครงการย่อยแนบท้ายเล่ม ซึ่งสรุปได้ดังนี้

2.2.1. ผลการดำเนินโครงการย่อยที่ 1

2.2.1.1 ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าสูตรดั้งเดิม คณะผู้วิจัยดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าสูตรดั้งเดิมแก่เกษตรกรกลุ่มผู้เพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพ ต.ขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช เมื่อวันที่ 21 กรกฎาคม 2560 ณ กลุ่มเพาะเห็ด

นางฟ้ามืออาชีพ ต.ขุนทะเล ตามคำเชิญจากประธานกลุ่มที่ขอความอนุเคราะห์วิทยากรเพื่ออบรมการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าให้กับสมาชิกในกลุ่ม ซึ่งมีสมาชิกจากกลุ่มเข้าร่วมประมาณ 15 คน

2.2.1.2 **ผลการศึกษาและเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าโดยการหมักโดยเชื้อธรรมชาติและเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า** เปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้า 2 สูตร โดยการหมักด้วยเชื้อธรรมชาติ (ไม่มีการเติมเชื้อ) และเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า (โยเกิร์ตรสธรรมชาติ) ว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ หลังจากนั้นตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ ทั้ง 2 สูตร โดยการวิเคราะห์ทางเคมี จุลินทรีย์ กายภาพ และคุณค่าทางโภชนาการ ได้ผลการทดลองดังนี้

- แหนมเห็ดสูตรที่เติมเชื้อมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียกรดแลกติกสูงกว่าและเจริญเติบโตได้เร็วกว่า ส่งผลให้ระดับความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่าและปริมาณกรดแลกติกสูงกว่าสูตรที่ไม่มีการเติมเชื้อ เมื่อพิจารณาคุณค่าทางโภชนาการพบว่าแหนมเห็ดสูตรที่เติมเชื้อมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าโดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และเยื่อใย โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัสเรื่องความแน่นเนื้อและความเหนียว พบว่าแหนมเห็ดสูตรที่เติมเชื้อมีคุณลักษณะทางกายภาพที่ดีกว่า ดังนั้นในการทดลองต่อไปจึงเลือกเติมเชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ตในการผลิตแหนมเห็ด เพื่อเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นในการผลิตแหนมเห็ดในการแปรผันแหล่งคาร์บอนจากข้าวมีสีสูตรต่าง ๆ เปรียบเทียบกับแหนมเห็ดสูตรดั้งเดิมที่เติมข้าวขาว

2.2.1..3 ศึกษาและเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าโดยการใช้ข้าวมีสีชนิดต่างๆ

การทดลองนี้ต้องการเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้า เพื่อเปรียบเทียบปัจจัยระหว่างการเติมแหล่งคาร์บอนจากข้าวมีสีสูตรต่าง ๆ โดยการใช้ข้าวมีสี ได้แก่ ข้าวสังข์หยด ข้าวหอมนิล และข้าวไรซ์เบอรี่ ซึ่งสูตรแหนมเห็ดที่ดีที่สุด คือแหนมเห็ดสูตรที่ 5 ซึ่งประกอบด้วยข้าวไรซ์เบอรี่เพียงชนิดเดียว ทำการผลิตแหนมเห็ดตามอัตราส่วนและหมักแหนมเห็ดเป็นเวลา 5 วัน

(A) (B) (C)

ภาพที่ 2.1 ข้าวมีสีที่ใช้ในการทดลองผลิตแหนมเห็ดได้แก่ (A): ข้าวสังข์หยด (B): ข้าวหอมนิล และ (C): ข้าวไรซ์เบอรี่

ภาพที่ 2.2 ผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดที่ผลิตได้ทั้งหมด 8 สูตร

2.2.1.4 อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์แหนมเห็ด หลังจากคัดเลือกสูตรแหนมเห็ดที่ดีที่สุด คือแหนมเห็ดสูตรที่ 5 ซึ่งประกอบด้วยข้าวไรซ์เบอรี่เพียงชนิดเดียว ทำการผลิตแหนมเห็ดตามอัตราส่วนและหมักแหนมเห็ดเป็นเวลา 5 วัน หลังจากนั้นนำแหนมเห็ดเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำการตรวจสอบอายุการเก็บแหนมเห็ดโดยตรวจสอบแหนมเห็ดทุกๆ 1 สัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้นทำให้แหนมเห็ดมีสีค่อนไปทางสีเหลืองเพิ่มขึ้น ส่วนค่าระดับความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดแลกติก มีค่าคงที่ตลอดอายุการเก็บเป็นเวลา 4 สัปดาห์ และค่าเฉลี่ยของข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียกรดแลกติกมีปริมาณใกล้เคียงกันโดยมีจำนวนเชื้อประมาณ 10^8 cfu/g เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียกรดแลกติกมีจำนวนลดลงเล็กน้อยแต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ และผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดข้าวไรซ์เบอรี่มีจำนวนเชื้อยีสต์และรา <10 cfu/g และจำนวน *E. coli* โดยวิธี MPN <3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม ตลอดอายุการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ซึ่งผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดมีคุณภาพด้านจุลินทรีย์ได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแหนมเห็ด (มผช)

2.2.1.5 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดข้าวมีสี คณะผู้วิจัยดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีและผลที่ได้จากการทดลองให้กับเกษตรกรกลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพ ต.ขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช โดยดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้า เมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2561 ซึ่งผู้เข้าอบรมเป็นเกษตรที่อยู่ในกลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพและเกษตรผู้สนใจในละแวกใกล้เคียง เกษตรที่เป็นสมาชิกของกลุ่มทำก้อนเชื้อเห็ดและส่งขายดอกเห็ดเป็นอาชีพอยู่แล้ว ดังนั้นจึงมีวัตถุดิบคือดอกเห็ดที่เหลือจากการขายและดอกเห็ดที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งไม่สามารถส่งขายได้หรือขายไม่ได้ราคา โดยคณะผู้วิจัยอธิบายสรุปย่อการดำเนินการวิจัยของโครงการและผลการทดลองที่สำคัญให้เกษตรกรทราบ หลังจากนั้นให้เกษตรกรฝึกปฏิบัติการทำแหนมเห็ดนางฟ้าที่ผสมข้าวไรซ์เบอรี่ และมอบวัสดุอุปกรณ์ เช่น เครื่องครัว บรรจุภัณฑ์ และฉลากแหนมเห็ด เพื่อให้เกษตรกรนำไปใช้ผลิตแหนมเห็ด

2.2.2 ผลการดำเนินโครงการย่อยที่ 2

2.2.2.1 อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียนในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยถ่านจากเปลือกมังคุดมีค่าปริมาณความร้อนสูงที่สุด เท่ากับ 6,378 cal/g และถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วมีปริมาณความร้อนต่ำที่สุด 3,211 cal/g ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่งควรมีค่าไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ซึ่งการเพิ่มปริมาณถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดส่งผลโดยให้ปริมาณความร้อนของผลิตภัณฑ์ลดลง ซึ่งอัตราส่วนผสมของถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วผสมกับเปลือกมังคุด ต้องไม่เกิน 4 : 6 และอัตราส่วนผสมของถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วผสมกับเปลือกทุเรียน ต้องไม่เกิน 2 : 8 โดยค่าปริมาณความร้อนยังไม่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งค่าปริมาณความร้อนจะต้องมีค่าสูงเพื่อให้ได้ปริมาณความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงนั้นๆ ในปริมาณที่สูง เมื่อมีมวลของเชื้อเพลิงที่เท่ากัน

2.2.2.2 บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเชื้อเพลิงอัดแท่ง นำเชื้อเพลิงอัดแท่งในอัตราส่วนของก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว:เปลือกมังคุด 4 : 6 จัดเก็บในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด คือ พลาสติก (ฟิล์มหด) และกล่องกระดาษ ขนาด 1 กิโลกรัม จัดเก็บที่อุณหภูมิห้อง แสดงดังภาพ เป็นเวลา 3 เดือน ทำการสุ่มตัวอย่างมาวัด ปริมาณความชื้น และปริมาณความร้อน ทุกๆ 1 เดือน ซึ่งการใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติกฟิล์มหดเป็นบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม เนื่องจากสามารถป้องกันความชื้นได้ดีกว่าการไม่ใส่บรรจุภัณฑ์ มีราคาถูก และสะดวกในการใช้งานเมื่อเปรียบเทียบกับกล่องกระดาษ

ภาพที่ 2.3 ถ่านอัดแท่ง และบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลอง (ก. ไม่ใส่บรรจุภัณฑ์ ข.ใส่กล่องกระดาษ ค.ใส่ในฟิล์มหด)

2.2.2.3 ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งผสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน จากการวิเคราะห์ค่า NPV ของถ่านเปลือกทุเรียน 80% มีค่า NPV > 0 แสดงว่าการลงทุนโครงการมีความคุ้มค่า ในกรณีของถ่านเปลือกมังคุด 60% และถ่านจากก้อนเห็ดใช้แล้วมีค่า NPV < 0 แสดงว่าการลงทุนโครงการไม่มีความคุ้มค่า ค่า IRR ของถ่านเปลือกทุเรียน 80% มีค่า IRR > อัตราดอกเบี้ย 6 % แสดงว่าการลงทุนโครงการมี

ความคุ้มค่า และระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 2.23 ปี ซึ่งมีค่าน้อยกว่าอายุการใช้งานของเครื่องจักร แสดงว่าโครงการมีความเสี่ยงในระดับที่ยอมรับได้ ในกรณีของของถ่านเปลือกมังคุด 60% และถ่านจากก้อนเห็ดใช้แล้วมีค่ามีค่า IRR < อัตราดอกเบี้ย 6% แสดงว่าการลงทุนโครงการไม่มีความคุ้มค่า และระยะเวลาคืนทุนขอของถ่านเปลือกมังคุด 60% มีค่าเท่ากับ 6.38 ปี และค่ามากกว่ากว่าอายุการใช้งานของเครื่องจักร แสดงว่าโครงการมีความเสี่ยงสูง โดยถ่านจากก้อนเห็ดใช้แล้วไม่สามารถคำนวณค่า IRR ได้ เนื่องจากผลดำเนินการขาดทุน จึงทำให้ไม่มีระยะเวลาคืนทุนเช่นกัน เนื่องจากถ่านจากก้อนเห็ดใช้แล้วมีค่าพลังงานต่ำที่สุด เมื่อเทียบค่าวัตถุดิบและค่าดำเนินการต่างๆ กับปริมาณความร้อน ส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตสูง ในกรณีของถ่านจาก เปลือกมังคุด 60% มีค่า IRR และระยะคืนทุน อยู่ตรงกึ่งกลางของถ่านทั้งสามชนิด โดยค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นมา คือ ค่าเปลือกมังคุด ซึ่งปัจจุบันมีความต้องการของตลาดนำเปลือกมังคุดไปสกัดสาร ส่งผลให้เปลือกมังคุดมีมูลค่าเพิ่มขึ้น และมีราคาสูงกว่าก้อนเห็ดใช้แล้ว และเปลือกทุเรียน ดังนั้นถ่านที่ผสมเปลือกมังคุดจึงมีต้นทุนที่สูงขึ้น ถึงแม้ว่าจะมีค่าการให้ความร้อนที่สูงก็ตาม ในกรณีของถ่านจากเปลือกทุเรียน 80% มีค่า IRR สูงสุด และระยะเวลาคืนทุนสั้นที่สุด เนื่องจากเปลือกทุเรียนไม่มีมูลค่า และไม่มีการใช้ประโยชน์ แต่ปริมาณความร้อนของเปลือกทุเรียนมีค่าสูง ส่งผลให้เมื่อนำมาผลิตถ่านต้นทุนในการผลิตจึงมีค่าต่ำที่สุด อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของถ่านที่ได้ลดลง และมูลค่าของถ่านลดลงด้วยเช่นกัน

2.2.3ผลการดำเนินโครงการย่อยที่ 3

2.2.3.1 ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

จากการศึกษาสมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งก่อนที่จะนำมาศึกษาการหมักปุ๋ยอินทรีย์ แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

สมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพ	ค่า
1) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM)	ร้อยละ 36.20
2) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (OC)	ร้อยละ 21.00
3) สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)	28 ต่อ 1
4) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด	ร้อยละ 1.12
5) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (ในรูป P_2O_5)	ร้อยละ 0.32
6) ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (ในรูป K_2O)	ร้อยละ 0.77
7) ค่าพีเอช (ดิน:น้ำ = 1:1)	8.44
8) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) (ดิน:น้ำ = 1:5)	3.88
9) ค่าความชื้น	ร้อยละ 51.38

2.2.3.2 ผลการศึกษาหาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เหมาะสมต่อต้นกล้าปาล์ม สูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เหมาะสมที่ให้ธาตุอาหารต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด และให้ค่าเฉลี่ยของร้อยละธาตุอาหารต่าง ๆ ที่เพิ่มขึ้นหลังการหมัก และสูตรที่ใช้ก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งได้มากที่สุด จำนวน 2 สูตร คือ สูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่หมักจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3 เมื่อนำไปผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งในระดับขยายขนาด สูตรปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 จะให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปริมาณสูงที่สุด ส่วนปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 3 จะให้มีปริมาณฟอสฟอรัสสูง และระดับของปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมใส่แล้วทำให้ต้นปาล์มมีความสูง คือ ระดับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทั้งสองสูตรเท่ากับ 1:1 และ 1:2 จะทำให้ใบปาล์มมีสีเขียวเข้มขึ้น

ภาพที่ 2.4 การผลิตปุ๋ยจากก้อนเห็ดที่ใช้แล้ว

0 วัน

90

ภาพที่ 2.5 ต้นกล้าปาล์มสายพันธุ์ลูกผสมโกลด์เด้นเทเนอร่าที่เพาะเลี้ยงในดินผสมแกลบที่มีปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 และ 3 ในระดับ 1:0, 1:1, 1:2, 1:3 และ 1:4 ที่ระยะเวลา 0 และ 90 วัน

2.3 ผลการดำเนินงานในภาพรวมหลังสิ้นสุดโครงการ

ปัจจุบันกลุ่มสมาชิกมีตลาดในการรองรับผลผลิตดอกเห็ดคุณภาพดีเพื่อจำหน่ายในรูปแบบดอกสดในราคา 40-80 บาทต่อกิโลกรัม สมาชิกหลายคนจึงมีความต้องการในการขยายพื้นที่และโรงสำหรับเพาะก้อนเห็ดเพิ่มเติม ดังนั้นการเตรียมความพร้อมเพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้นในอนาคตหากมีการขยายการผลิตดอกเห็ดสดคือปริมาณดอกเห็ดที่คุณภาพต่ำเช่นดอกเล็กหรือใหญ่เกินไปสามารถนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อส่งวางจำหน่ายในร้านค้าและจุดขายผลิตภัณฑ์ท้องถิ่น

การผลิตก้อนถ่าน ผู้เข้าร่วมโครงการได้รับความรู้ในขั้นตอนต่างๆ เป็นอย่างดีสามารถนำไปใช้ได้เบื้องต้นระดับครัวเรือนเนื่องจากวัสดุในการผลิตถ่านเป็นแบบสเกลไม่ใหญ่เหมาะสำหรับครัวเรือน อีกทั้งระยะเวลาในการผลิตถ่านก้อนต้องใช้เวลานานในขณะที่ผู้เข้าร่วมโครงการมีอาชีพหลักเป็นเกษตรกรจึงอาจมีเวลาในการผลิตก้อนถ่านไม่เต็มที่ การใช้งานในระดับครัวเรือนในเบื้องต้นจึงน่าจะเหมาะสมสำหรับเกษตรกร หากมีความจำเป็นต้องขยายสเกลให้ใหญ่ขึ้นจำเป็นต้องใช้งบประมาณสนับสนุนเครื่องมือมากขึ้นซึ่งอาจพัฒนาได้ในอนาคตโดยเฉพาะเครื่องอัดก้อนถ่านแบบกึ่งอัตโนมัติหรือแบบอัตโนมัติจะเหมาะในระดับการผลิตที่สูงขึ้น

การผลิตปุ๋ยจากเดิมเกษตรกรผลิตปุ๋ยใช้เองโดยที่ไม่มีสูตรที่แน่นอนและไม่ทราบประสิทธิภาพของปุ๋ยในเชิงวิทยาศาสตร์ แต่ละครัวเรือนก็จะผลิตตามสูตรของตนเองดังนั้นจึงไม่สามารถบ่งบอกคุณภาพของปุ๋ยที่ผลิตได้หากต้องการวางจำหน่ายในท้องตลาด ผลจากการวิจัยจึงเป็นการสร้างปุ๋ยสูตรหนึ่งที่มีประสิทธิภาพเหมาะสำหรับปาล์มอายุน้อยด้วยคุณค่าทางสารอาหารที่ปรากฏตามผลการทดลอง ดังนั้นหากจะขยายผลถึงประสิทธิภาพของปุ๋ยจำเป็นต้องมีการขยายการทดลองใช้ปุ๋ยกับพืชชนิดอื่นๆ ในอนาคตต่อไปซึ่งหลักการดังกล่าวเป็นที่สนใจแก่กลุ่มสมาชิกที่เข้าร่วมโครงการ

บทที่ 3

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากปัญหาเริ่มต้นของแผนงานวิจัยในการเพิ่มมูลค่าผลผลิตเห็ดนางฟ้าและลดปัญหาจากก้อนเห็ดหลังการเพาะเหลือทิ้งให้เกิดคุณค่าและประโยชน์ต่อกลุ่มเกษตรผู้ผลิต ชุมชนและสังคมตามลำดับ พบว่าการใช้ประโยชน์จากเห็ดนางฟ้าโดยการนำมาผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าผสมข้าวสีมีแนวโน้มให้ผลิตที่สามารถให้ผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ในแง่โภชนาการสูงโดยเฉพาะปริมาณเส้นใยอาหารสูงและไขมันต่ำรวมถึงประโยชน์ที่ได้รับจากการผสมข้าวสีเช่นปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ค่าการต้านทานอนุมูลอิสระ และสารแอนโทไซยานินสูงกว่าข้าวขาวและแหนมเห็ดทุกสูตรมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อก่อโรคบางชนิดได้ ในขณะที่ก้อนเห็ดส่วนเหลือทิ้งสามารถนำมาใช้ผลิตก้อนเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพมากขึ้นจากการผสมวัสดุเหลือทิ้งในท้องถิ่นได้แก่เปลือกมังคุดและเปลือกทุเรียนทำให้ได้ก้อนเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพดีกว่าการใช้เฉพาะก้อนเห็ดเหลือทิ้งโดยใช้ขั้นตอนอย่างง่ายที่เกษตรกรสามารถผลิตได้ง่ายในชุมชนคือ การเผาวัตถุดิบ การอัดและการขึ้นรูป อีกส่วนหนึ่งที่ช่วยแก้ปัญหาของท้องถิ่นคือการผลิตปุ๋ยจากก้อนเห็ดเหลือทิ้งสำหรับใช้ในสวนของเกษตรกรโดยเฉพาะปาล์มซึ่งมีการเพาะปลูกกันมากในเขตพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดใกล้เคียง อีกทั้งสามารถนำไปทดลองใช้กับพืชชนิดอื่นๆ ได้ด้วยแนวโน้มที่ดีเนื่องจากปริมาณ N, P และ K ที่มีปริมาณสูงจากสูตรที่ผลิตได้ ผลิตภัณฑ์เบื้องต้นทั้งสามชนิดสามารถผลิตได้จริงด้วยตัวเกษตรกรและสามารถขยายขนาดการผลิตได้ตามความสามารถของเกษตรกรเอง นอกจากนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในสถานการณ์อื่นๆ เช่นปุ๋ยอาจมีการทดลองต่อเพื่อนำไปใช้กับพืชสวนและพืชไม่ประดับอื่นๆ สร้างรายได้และอาชีพเพิ่มขึ้น

กลุ่มวิสาหกิจชุมชนเพาะเลี้ยงเห็ดนางฟ้า
เดิม ผลิตก้อนเห็ดขายอย่างเดียว

⇩

เป้าหมายแผนงานวิจัย ผลการดำเนินการ การปรับปรุงและพัฒนางานหลังสิ้นสุดโครงการ

เป้าหมายแผนงานวิจัย	**ผลจากการดำเนินงาน**	**การปรับปรุงและพัฒนาหลังสิ้นสุดโครงการ(ต่อเนื่อง)**
1. ผลิตก้อนเห็ดขาย	วัตถุประสงค์เดิมของกลุ่ม	ปริมาณการผลิตก้อนเห็ดเพิ่มขึ้น
2. สร้างผลิตภัณฑ์แหนม	-การพัฒนาแหนมเห็ดนางฟ้าซึ่งเปรียบเทียบสูตรที่มีการเติมเชื้อโยกิร์ตทาง	<u>การส่งเสริมการขายเพื่อเพิ่มช่องทางการจำหน่าย</u> -. ผู้เข้าร่วมการอบรมถ่ายทอดสามารถนำความรู้ไปดัดแปลงใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้เพื่อการผลิต

เห็ดนางฟ้า	การค้าและสูตรที่ไม่เติมเชื้อ พบว่าแหนมเห็ดสูตรที่เติมเชื้อโยเกิร์ตมีปริมาณเชื้อ ระดับความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดแลกติก ลักษณะทางกายภาพ และคุณค่าทางโภชนาการที่ดีกว่าแหนมเห็ดสูตรที่ไม่มีการเติมเชื้อ เมื่อเปรียบเทียบการใช้แห่งคาร์บอนของข้าวขาวและข้าวสี พบว่าแหนมเห็ดสูตรข้าวสีมีคุณลักษณะที่ดีกว่าแหนมเห็ดสูตรข้าวขาว นอกจากนี้เมื่อทดสอบคุณประโยชน์จากแหนมเห็ดข้าวสีพบว่า แหนมเห็ดจากข้าวสีมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ค่าการต้านทานอนุมูลอิสระ และสารแอนโทไซยานินสูงกว่าข้าวขาว และแหนมเห็ดทุกสูตรมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อก่อโรคบางชนิดได้ เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า แหนมเห็ดสูตรที่ 5 คือแหนมเห็ดที่ผสมข้าวไรซ์เบอรี่ชนิดเดียว ผู้บริโภคให้คะแนนทางประสาทสัมผัสความชอบรวมสูงที่สุด และเมื่อศึกษาอายุการเก็บของแหนมเห็ดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าค่าทางกายภาพ-เคมี และ	แหนมเช่นข้าวสีและข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองในเขตพื้นที่ลานสกาเพื่อเพิ่มความหลากหลาย ทั้งนี้ทีมผู้วิจัยสามารถสนับสนุนข้อมูลการวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ - มีการวางแผนผลิตผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดนางฟ้าเพื่อการจำหน่ายในจุดสำคัญของการส่งเสริมการท่องเที่ยวในพื้นที่ อ.ลานสกาและพื้นที่ใกล้เคียง <u>สิ่งที่ควรปรับปรุงและพัฒนาต่อ</u> -การวางผังสถานที่สำหรับการผลิตแหนมเห็ดให้มีคุณภาพและถูกสุขลักษณะ (จำเป็นต้องปรึกษาหาทางร่วมกับส่วนราชการในเขต ต.ขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช เพื่อหาแนวทางและพัฒนาสถานที่การผลิตที่ถูกสุขลักษณะ) - การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารชนิดอื่นจากเห็ดนางฟ้าเพิ่มเติมเพื่อให้มีมีความหลากหลายสำหรับผู้บริโภค ณ ปัจจุบันกลุ่มมีการผลิตเห็ดนางฟ้าทอดสำหรับการจัดแสดงในงานต่างๆ แต่ยังไม่ได้ปรับรูปแบบต่างๆ ให้เหมาะกับการจำหน่ายจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง รวมถึงผลิตภัณฑ์อื่นๆ จากเห็ดนางฟ้าตามคำเรียกร้องของกลุ่ม (ข้อมูลจากการสอบถามจากผู้ที่เข้าร่วมรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี)

	จุลินทรีย์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดให้กับเกษตรกรกลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพ เพื่อเกษตรกรจะได้นำความรู้ที่ได้รับไปผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าขายเพื่อเพิ่มรายได้	
3. ผลิตและจำหน่ายก้อนเชื้อเพลิง	การศึกษาศักยภาพการผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว และเปลือกผลไม้เพื่อเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว และเปลือกผลไม้ โดยผู้ทำการวิจัยได้เลือกใช้เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียนในการศึกษา ซึ่งเป็นขยะเหลือทิ้งจากครัวเรือนมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งแทนการใช้เชื้อเพลิงจากฟืนและถ่านไม้ ซึ่งสรุปผลได้ดังนี้ - ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน สามารถนำมาเผาให้เป็นถ่านได้ถ่าน มีสีดำ น้ำหนักเบา นำมาบดให้เป็นผงละเอียด ผสมกับกาวแป้งเปียกในอัตราส่วน 5: 1 แล้วอัดเป็นแท่ง ตากแดดให้แห้งสนิท สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิงได้	-การเลือกใช้วัสดุในการทำก้อนเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิมากที่สุด เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อชุมชน ทั้งการนำไปใช้ในครัวเรือนและแผนการจำหน่ายทางเศรษฐกิจ -สมาชิกกลุ่มได้เรียนรู้เทคนิคต่างๆ เป็นอย่างดีสามารถหาแนวทางเลือกอื่นเพิ่มเติมในการพัฒนาก้อนเชื้อเพลิงให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นเช่น การใช้กิ่งไม้ที่เหลือทิ้งจากการตัดแต่งกิ่งหลังการเก็บเกี่ยวผลของต้นมังคุด เงาะ ทุเรียนเป็นต้น เนื่องจากไม้ดังกล่าวเป็นไม้เนื้อแข็ง หรือวัสดุฟางข้าว เศษไม้ยางพารา และกะลาปาล์ม โดยอาศัยฐานความรู้จากการวิจัยในโครงการย่อยที่ 2 ไปใช้ปฏิบัติได้ **<u>ข้อเสนอแนะ</u>** - เนื่องด้วยเปลือกผลไม้ และก้อนเชื้อเห็ดมีความชื้นสูง การตากแดดเพียงอย่างเดียว อาจใช้เวลานานในการลดความชื้น และอาจทำให้เกิดราขึ้นได้ - ก้อนเชื้อเห็ดค่อนข้างแตกหักง่าย ซึ่งจะส่งผลการร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้ เนื่องจากเศษ หรือผงที่แตกออกมาจะล่วงลงสู่ก้นเตาเผา และเกิดการเผาไหม้ ไม่เกิดเป็นถ่าน - ถึงแม้ว่าการใช้ถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดที่ใช้แล้วสามารถผสมได้เพียงร้อยละ 20 อย่างไรก็ตามการผลิตถ่านอัดแท่งเพื่อใช้ในชุมชน อาจไม่ต้องคำนึงถึงเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง จึงสามารถ

	- คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว ร่วมกับเปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุด เนื่องด้วยองค์ประกอบของก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วมีปริมาณเถ้าสูง ดังนั้นเมื่อทำการเผาถ่าน ถ่านที่ได้จึงมีเถ้าสูงเช่นกัน ดังนั้นเมื่อนำมาผสมกับถ่านจากเปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุด พบว่า สามารถผสมระหว่างถ่านก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว 40 เปอร์เซ็นต์ กับถ่านจากเปลือกมังคุด 60 เปอร์เซ็นต์ และถ่านก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว 20 เปอร์เซ็นต์ สามารถผสมกับถ่านจากเปลือกทุเรียน 80 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาณเถ้าและค่าอื่นๆ ที่ได้ทำการทดสอบแล้ว ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน - เนื่องจากถ่านอัดแท่งสามารถดูดความชื้นได้ ซึ่งส่งผลกระทบต่อปริมาณความร้อนของถ่านอัดแท่งโดยตรง ดังนั้นการเลือกบรรจุภัณฑ์ในการบรรจุถ่านอัดแท่งจึงมีความสำคัญ อย่างไรก็ตามการเลือกชนิดบรรจุภัณฑ์ควรคำนึงถึงต้นทุนที่เกิดขึ้นด้วย โดยจากการวิจัยครั้งนี้พบว่าพลาสติกฟิล์มหดสามารถใช้	ผสมถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดที่ใช้แล้วในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นได้ และไม่มีผลกระทบทางด้านสุขภาพต่อผู้ผลิต และผู้ใช้งานตลอดจนสิ่งแวดล้อม - ในช่วงนอกฤดูกาลมังคุด และทุเรียน ชุมชนสามารถนำวัสดุทางธรรมชาติอื่นๆ ที่มีในท้องถิ่น มาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว เช่น ฟางข้าว เศษไม้ยางพารา และกาลาปาล์ม เป็นต้น เนื่องจากในพื้นที่ จ.นครศรีธรรมราช มีพื้นที่การปลูกยางพารามากที่สุด รองลงมาคือ พื้นที่ปลูกข้าว และปลูกปาล์มน้ำมัน ตามลำดับ อย่างไรก็ตามอัตราส่วนในการผสมจำเป็นที่จะต้องศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

	ในการบรรจุถ่านอัดแท่ง แต่ถ้าถ่านอัดแท่งที่มีน้ำหนักมาก พลาสติกฟิล์มหดอาจไม่เหมาะสม ซึ่งสามารถเปลี่ยนบรรจุภัณฑ์เป็นกล่องกระดาษที่สามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้น - จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า การผลิตถ่านก้อนเห็ด 20% เปลือกทุเรียน 80% มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สูงที่สุด เนื่องจากเปลือกทุเรียนไม่มีมูลค่า และมีปริมาณความร้อนสูง ซึ่งมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 2.23 ปี อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณก้อนเชื้อเห็ดจะทำให้มูลค่าของถ่านลดลง เนื่องจากปริมาณความร้อนของถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วมีค่าต่ำ และส่งผลให้ระยะเวลาคืนทุนเพิ่มขึ้น	
4. ผลิตปุ๋ยที่มีคุณภาพดีสำหรับผู้เพาะปลูกปาล์ม	สูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เหมาะสมที่ให้ธาตุอาหารต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด และให้ค่าเฉลี่ยของร้อยละธาตุอาหารต่าง ๆ ที่เพิ่มขึ้นหลังการหมักและสูตรที่ใช้ก้อนเชื้อเห็ด	<u>ข้อเสนอแนะ</u> 1. ข้อควรพิจารณาในการเลือกวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ย 1.1 ก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เหมาะสมต่อการนำมาผลิตปุ๋ยอินทรีย์ควรเลือกก้อนที่ไม่เน่าเสีย ไม่มีสีดำหรือสีเขียว และควรจะแห้ง ไม่มีน้ำแฉะ การเตรียมก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง โดยแกะก้อนเชื้อที่สิ้นสุดการเพาะเห็ดนางฟ้าออก

	เหลือทิ้งได้มากที่สุด จำนวน 2 สูตร คือ สูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่หมักจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3 เมื่อนำไปผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งในระดับขยายขนาด สูตรปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 จะให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปริมาณสูงที่สุด ส่วนปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 3 จะให้มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงและระดับของปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมใส่แล้วทำให้ต้นปาล์มมีความสูง คือ ระดับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทั้งสองสูตรเท่ากับ 1:1 และ 1:2 จะทำให้ใบปาล์มมีสีเขียวเข้มขึ้น	จากถุงแล้วนำมาทำให้ร่วนซุย หากต้องการผลิตในปริมาณมาก ๆ อาจจะใช้การตีด้วยเครื่องผสม 1.2มูลขี้ไก่ ควรใช้มูลไก่ไข่ เพราะมีธาตุอาหารมากกว่ามูลไก่เนื้อที่มีแกลบปนมาด้วย 1.3มูลวัว ควรเลือกมูลโคที่ร่วนแห้ง ไม่จับกันเป็นแผ่น 2. การวิเคราะห์ค่าสีของใบปาล์มด้วยเครื่องวัดสี เป็นวิธีที่ง่าย สะดวกในการปฏิบัติ สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงสีของใบปาล์มที่มีสีเขียวได้ในระดับหนึ่ง แต่ถ้าจะได้ข้อมูลที่มีความแม่นยำมากขึ้นควรใช้วิธีการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์จากใบปาล์มโดยตรง 3. การเตรียมสถานที่ในการผลิตและบรรจุปุ๋ยเพื่อการจำหน่าย ซึ่งทางกลุ่มมีโรงเรือนและอุปกรณ์พร้อมในระดับหนึ่งซึ่งตั้งอยู่บริเวณไม่ไกลจากอาคารผลิตก้อนเห็ด -การวิจัยต่อเนื่องหลังการสิ้นสุดโครงการ โดยมีการติดตามการเจริญเติบโตของต้นปาล์มที่ใช้ทำการทดลองอย่างต่อเนื่อง รวมถึงผลการทดลองอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง
5.การถ่ายทอดเทคโนโลยีและองค์ความรู้	กลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้าขุนทะเล (พื้นที่ทำการวิจัย) ทีมวิจัยร่วมมือกับเจ้าหน้าที่พัฒนาชุมชน ต.ขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช	**<u>แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหลังสิ้นสุดโครงการ</u>** 1. กลุ่มเกษตรกรเชียรใหญ่ อ.เชียรใหญ่ จ.นครศรีธรรมราช กิจกรรมกลุ่มคือ เพาะเห็ดนางฟ้าขายก้อนเห็ดและดอก ทีมวิจัยร่วมมือกับเจ้าหน้าที่ของหน่วยงาน สปก. เมือง จ.นครศรีธรรมราช 2.โรงเรียนในเขตอ.ทุ่งใหญ่ จ.นครศรีธรรมราช ซึ่งมีกิจกรรมการเพาะก้อนเห็ดเพื่อการบริโภคและจำหน่าย 3. พื้นที่อื่นๆ ตามความต้องการของกลุ่มผู้ที่สนใจ
6.การเผยแพร่ผลงาน	1.การตีพิมพ์ในงานประชุมวิชาการสำหรับโครงการย่อยที่ 3	

ทาง วิชาการ	2. การเตรียมข้อมูลสำหรับการส่งเพื่อการตีพิมพ์ของโครงการย่อยที่ 2	

สำหรับตลาดที่สามารถรองรับการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ในพื้นที่ใกล้เคียง

1. ร้านจำหน่ายผลิตภัณฑ์ชุมชนคีรีวง ต.คีรีวง อ.พรหมคีรี จ.นครศรีธรรมราช
2. ตลาดประชารัฐคนไทยยิ้มได้ สวนสร้างบุญ ต.เขาแก้ว อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช
3. ร้านจำหน่ายผลิตภัณฑ์ OTOP ปั๊มปตท. ตรงข้ามที่ว่าการอำเภอลานสกา
4. ตลาดนัดต่างๆ ในพื้นที่และบริเวณใกล้เคียง
5. การออกร้านตามกิจกรรมของจังหวัดนครศรีธรรมราช

โดยพื้นฐานของสมาชิกในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเพาะเลี้ยงเห็ดมีอาชีพหลักคือทำสวนผลไม้ (มังคุด เงาะ และทุเรียน) และสวนปาล์ม ดังนั้นองค์ความรู้สมาชิกกลุ่มได้รับจากแผนงานวิจัยนี้ตั้งแต่การวิจัย การให้ความรู้และการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่สมาชิกในกลุ่มจะเห็นได้ว่าสมาชิกในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเพาะเลี้ยงก้อนเห็ดสามารถนำไปใช้ได้จริงในครัวเรือนเนื่องจากทุกครัวเรือนมีวัตถุดิบก้อนเห็ดสำหรับการจำหน่ายดอกเห็ด เป็นการเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบที่ราคาตกต่ำ (ดอกเห็ดคุณภาพต่ำและก้อนเห็ดเหลือทิ้งจากการเก็บเกี่ยว) ให้เกิดประโยชน์เพิ่มขึ้น ได้ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีดีต่อสุขภาพคือแหนมเห็ดนางฟ้าในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม ผลิตภัณฑ์ก้อนถ่านและปุ๋ยที่สามารถผลิตได้เอง นำไปใช้ได้จริงในสวนผลไม้และสวนปาล์มรวมทั้งบรรจุในบรรจุภัณฑ์เพื่อวางจำหน่ายได้ ทั้งนี้ความเข้มแข็งของกลุ่มและชุมชนเกิดผลดีด้วยความร่วมมือจากหลายฝ่ายเริ่มจากความเข้มแข็งของกลุ่มสมาชิก การสนับสนุนที่ดีของหน่วยงานราชการในพื้นที่กับกลุ่มสมาชิกมาโดยตลอดและทีมงานวิจัย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณนายไชยยันต์ หนูเอกผู้ร่วมวิจัยแผนงานวิจัยและที่ปรึกษาโครงการทุกโครงการและเจ้าหน้าที่ของสำนักงานพัฒนาชุมชน อ.ลานสกา อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช ในการช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาและประสานงานด้านต่างๆ เป็นอย่างดีตลอดการดำเนินงานวิสาหกิจชุมชุมกลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้าขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช ที่เข้าร่วมแผนงานวิจัยครั้งนี้ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่ได้อนุเคราะห์พื้นที่อุปกรณ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาเทคโนโลยีโยธา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่ได้อนุเคราะห์นักวิจัยในการศึกษา

รายการเอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2553. รายงานข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจ การเกษตร ปี 2553.

กิติพงษ์ ถือสัตย์. 2547. การศึกษาศักยภาพทางการตลาดและความเป็นไปได้ของธุรกิจถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา. นครราชสีมา: ม.ป.พ.

เจิดจันทร์ จันทร์ดี และวิมลวรรณ จำชาติ (2553) การศึกษาศักยภาพของถ่านอัดแท่งจากก้อนเพาะเห็ดที่ใช้แล้ว. http://ecrc-lpru.wixsite.com/energylpru/work1

จารุณี แสงสุวรรณวาว. 2530. การศึกษาการทำเชื้อเพลิงเขียวจากจากเศษวัสดุเกษตรผสมกากส่าเหล้าและ

จุฑามาศ ถิระสาโรช และ เฉลิมพล ถนอมวงค์ (2558). การผลิตเครื่องดื่มสุขภาพจากข้าวหอมนิล. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 43(3): 395-402.

ชื่นจิต สีพญา และ จอย ผิวสะอาด (2558). ไรซ์เบอรี่ ข้าวดี มีประโยชน์. สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2 หน้า

โชตินภา เหล่าไพบูลย์ (2552). *การผลิตแหนมเห็ดโปรไบโอติกโดยใช้แบคทีเรียแลคติคเป็นเชื้อเริ่มต้น วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต* มหาวิทยาลัยขอนแก่น 250 หน้า.

กากน้ำตาลเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนฟืนและถ่าน, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเกษตรศาสตร์คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดาสณี นวมศิริ, อรชุมา มีกุล, สุรวัฒน์ ชลอสันติสกุล, จารุณี เกสรพิกุล และธนิต ผิวนิ่ม (2553). การใช้สารสกัดคาร์โบไฮเดรตจากพืชบางชนิดเป็นพรีไบโอติกส์สำหรับเพาะเลี้ยงแบคทีเรียกรดแลกติก. วารสารคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2: 17-28.

ธเนศ ไชยชนะ จอมภพ แววศักดิ์ จตุพร แก้วอ่อน และอุษา อ้นทอง. 2557. สมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของถ่านเปลือกมังคุด. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. 17: 3 ฉบับพิเศษ, 29-36.

ธารินี มหายศนันท์. 2548. การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งสาหรับการผลิตในระดับครัวเรือน. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประริญา ลำไพ. 2546. การศึกษาศักยภาพกากตะกอนน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทอนินทรีย์สารเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. 2549. ชีวมวล. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ :คิว พรินท แมเนจเม้นท์.

สุริยา ชัยเดชทยากูล, 2544, การทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากส่วนผสมกากตะกอนของระบบบำบัด น้ำเสียและเศษชิ้นไม้สับของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร คณะสิ่งแวดล้อม และทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

อัจฉรา อัศวรุจิกุลชัย, ชลันดา เสมสายัณห์, นัฐพร ประภักดี, ณัฐธิดา เปี่ยมสุวรรณศิริ และนิภาวรรณ ชูชาติ. 2554. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49 หน้า 162-168

อุไรวรรณ วัฒนกุล, วัฒนา วัฒนกุล และ ชุตินุช สุจริต (2556). ผลของอุณหภูมิในการแช่ งอก และหุงต้มต่อปริมาณไทอะมีน, GABA, สารต้านอนุมูลอิสระ ในข้าวมอลต์และข้าวกล้องงอกนึ่งสังข์หยดพัทลุง. รายงานฉบับสมบูรณ์ ของสำนักงานบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษาปีงบประมาณ 2556, 213 หน้า.

เอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร, ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ และ วลัยรัตน์ อุตตมะปรากรม. 2556. เชื้อเพลิงอัดแท่งจากการผลิตร่วมของตะกอนเปียกอุตสาหกรรมผลิตเอทานอล. วารสารวิจัยพลังงาน 10: 43-56.

Aida F.M.N.A., Shuhaimi M., Yazid M. and Maaruff A.G. (2009). Mushroom as a potential source a potential source of prebiotics: a review. *Trends in Food Sciences & Technology*, 20:567-575.

Abdel-Aal, E.S.M. and P. Hunci. (1999). A rapid method for quatifying total anthocyanins in aleurone and purple pericarp wheats. *Cereal Chem,* 76: 350-354.

AOAC. (2000). Offificial Methods of AOAC International. 17thed. The Association of Official Analytical Chemists, Inc. USA.

Bao H.N.D., Ushio H., and Ohshima T. (2008). Antioxidative activity and antidiscoloration efficacy of ergothioneine in mushroom (*Flammaulina velutipes*) extract added to beef and fish meats. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 56: 10032-10040.

Brummer, V., Jecha, D., Lestinsky, P., Skryja, P., Gregor, J. and Stehlik, P. (2016). The treatment of waste gas from fertilizer production - An industrial case study of long term removing particulate matter with a pilot unit. Powder Technology, 297, 374-383.

Chandrasekhar K., Sreevani S., Seshapani P., Sreedevi B. and Pramodhakumari J. (2013). Effect of Cocoti palm wine on gastro intestine organism, probiotic *E. coli Nissle* 1917. *International Journal of Current Pharmaceutical Research,* 5(2): 90-92.

Chiang, P.-N., Tong, O.-Y., Chiou, C.-S., Lin, Y.-A., Wang, M.-K. and Liu, C.-C. (2016). Reclamation of zinc-contaminated soil using a dissolved organic carbon solution prepared using liquid fertilizer from food-waste composting. Journal of Hazardous Materials, 301, 100-105.

Hearst R., Nelson D., McCollum G., Millar B.C., Maeda Y. and Goldsmith C.E. (2009). An examination of antibacterial and antifungal properties constituents of Shitake (*Lentinula edodes*) and Oyster (*Pleurotus ostreatus*) mushroom. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 15: 5-7.

Innes, R. (2013). Economics of Agricultural Residuals and Overfertilization: Chemical Fertilizer Use, Livestock Waste, Manure Management, and Environmental Impacts A2 - Shogren, Jason F Encyclopedia of Energy, Natural Resource, and Environmental Economics (pp. 50-57). Waltham: Elsevier.

Jiang, Y., Ju, M., Li, W., Ren, Q., Liu, L., Chen, Y. and Liu, Y. (2015). Rapid production of organic fertilizer by dynamic high-temperature aerobic fermentation (DHAF) of food waste. Bioresource Technology, 197, 7-14.

Meena, M. D., Joshi, P. K., Jat, H. S., Chinchmalatpure, A. R., Narjary, B., Sheoran, P. and Sharma, D. K. (2016). Changes in biological and chemical properties of saline soil amended with municipal solid waste compost and chemical fertilizers in a mustard– pearl millet cropping system. CATENA, 140, 1-8.

Onnby, L., Harald, K. and Nges, I. A. (2015). Cryogel-supported titanate nanotubes for waste treatment: Impact on methane production and bio-fertilizer quality. Journal of Biotechnology, 207, 58-66.

Owen McDougal, Richard Stanley and Seth C. Holstein, 2001. A unique approach to conservation. Chemical Innovation 31: 22-28.

Raza, W., Wei, Z., Ling, N., Huang, Q. and Shen, Q. (2016). Effect of organic fertilizers prepared from organic waste materials on the production of antibacterial volatile organic compounds by two biocontrol Bacillus amyloliquefaciens strains. Journal of Biotechnology, 227, 43-53.

Sanchez, C. (2004). Mini-review: modern aspects of mushroom culture technology. *Applied Microbiology and Biotechnology,* 64: 756-762.

Tao H., Zhang L. and Cheung, P.C.K. (2006). Physicochemical properties and antitumor activities of water-soluble native and sulfated hyperbranched mushroom polysaccharides. *Carbohydrate Research*, 341: 2261-2269.

Tampio, E., Marttinen, S. and Rintala, J. (2016). Liquid fertilizer products from anaerobic digestion of food waste: mass, nutrient and energy balance of four digestate liquid treatment systems. Journal of Cleaner Production, 125, 22-32.

Tejada, M., Rodríguez-Morgado, B., Gómez, I., Franco-Andreu, L., Benítez, C. and Parrado, J. (2016). Use of biofertilizers obtained from sewage sludges on maize yield. European Journal of Agronomy, 78, 13-19.

Tsai S. Y., Huang S. J., Lo S. H., Wu T. P., Lian P. Y. and Mau J.L. (2009). Flavor components and antioxidant properties od several cultivated mushrooms. *Food Chemistry*, 113: 578-584.

Rajoka, M. I. and Malik, K. A. (1997). Cellulase production by Cellulomonas biazotea cultured in media containing different cellulosic substrates. Bioresource Technology, 59(1), 21-27.

Wasser S.P. (2002). Midicinal mushrooms as a source of antitumor and immonomudulating polysaccharides. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 60: 258-274.

Zhishen J., on Mengcheng T., Jianming W. (1999). The determination of flavonoid contents in Mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64: 555-559.

ภาคผนวก

ก. บทความสำหรับเผยแพร่ (ถ้ามี)

ก-1 การเตรียมบทความเพื่อเผยแพร่ทางวิชาการ 1 เรื่อง

การผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วและเปลือกผลไม้

กิตติภูมิ ศุภลักษณ์ปัญญา*1 รวมพร นิคม2 สุวัฒนา นิคม3
1 คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
2 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
2 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

บทคัดย่อ

การผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว และเปลือกผลไม้ได้แนวคิดจากการใช้ประโยชน์จากของเสียทางเกษตรกรรม เช่น ก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน ซึ่งมีมากในจังหวัดนครศรีธรรมราช งานวิจัยนี้จึงศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วผสมเปลือกมังคุด และก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วผสมเปลือกทุเรียนในอัตราส่วนผสมที่ 0:10, 2:8, 4:6, 6:4 8:2 และ 10:0 โดยน้ำหนัก โดยทำการอัดแท่ง และทดสอบคุณสมบัติค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ผลการทดสอบ พบว่า ถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วผสมเปลือกมังคุด ในอัตราส่วนผสม 4:6 และ ถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วผสมเปลือกทุเรียนในอัตราส่วนผสม 2:8 มีค่าความร้อนใกล้ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มผช. ที่กำหนดไว้ว่าถ่านอัดแท่งจะต้องมีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 5,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วผสมเปลือกทุเรียนในอัตราส่วน 2:8 มีต้นทุนการผลิต เท่ากับ 8.44 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อมีกำลังการผลิตที่ 54.5 กิโลกรัม/วัน จะสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลาประมาณ 2.2 ปี ซึ่งผลการศึกษาวิจัยสามารถนำไปส่งเสริมให้เกษตรกรนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ ก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว และเปลือกทุเรียนมาใช้ประโยชน์ในการเพิ่มมูลค่าได้

คำสำคัญ : ถ่านอัดแท่ง ก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว เปลือกมังคุด เปลือกทุเรียน

ก-2 บทความเพื่อตีพิมพ์ในวราสารงานประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 10 ระหว่างวันที่ 1-3 สิงหาคม พ.ศ. 2561 ณ โรงแรมเรือรัษฎา อำเภอเมือง จังหวัดตรัง

กองบรรณาธิการได้ตอบรับการนำบทความฉบับเต็มเข้าสู่กระบวนการตีพิมพ์ลงในวารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย 1 เรื่อง

ที่ ศธ ๐๕๘๔.๑๑/๙๘

สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
๑๗๙ หมู่ ๓ ตำบลไม้ฝาด อำเภอสิเกา
จังหวัดตรัง ๙๒๑๕๐

๗ พฤษภาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ตอบรับการนำบทความฉบับเต็มเข้าสู่กระบวนการของการตีพิมพ์บทความลงในวารสาร

เรียน คุณศรีอุบล ทองประดิษฐ์

ตามที่ท่านได้ส่งบทความฉบับเต็มเข้าร่วมการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ ๑๐ เรื่อง การศึกษาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง และเลือกการตีพิมพ์บทความฉบับเต็มหลังการประชุมลงในวารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นั้น ในการนี้ กองบรรณาธิการวารสารได้พิจารณาคุณภาพบทความของท่านเป็นการเบื้องต้น ปรากฏว่า **สามารถรับบทความเรื่องดังกล่าว เข้าสู่ระบบการตีพิมพ์บทความของวารสาร**

ทั้งนี้ ท่านจะต้องปรับแก้ไขรูปแบบของบทความตามที่วารสารกำหนด (ดูรายละเอียดได้ที่ http://rdi.rmutsv.ac.th/rmutsvrj) และส่งบทความที่แก้ไขแล้วเข้าสู่ระบบ Online Submission ของวารสารเท่านั้น ภายในวันที่ ๑๐ พฤษภาคม ๒๕๖๑ เพื่อให้กองบรรณาธิการของวารสารดำเนินการในกระบวนการต่อไป หากเลยระยะเวลาดังกล่าวถือว่าท่านสละสิทธิ์การตีพิมพ์ ทั้งนี้ เมื่อ กองบรรณาธิการส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิ (Reviewer) พิจารณาแล้ว จะแจ้งผลการตอบรับหรือปฏิเสธการตีพิมพ์จากข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิอีกครั้ง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิรักษ์ สงรักษ์)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ข. กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์ (ถ้ามี)

แผนการอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากเห็ดและของเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ดให้แก่กลุ่มเกษตรกรที่เพาะก้อนเห็ดนางฟ้าและผู้ที่สนใจทั่วไปในจังหวัดนครศรีธรรมราชร่วมกับกรมการจัดการที่ดิน จ.นครศรีธรรมราชช่วงเดือนกรกฎาคม 2561

ค. ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้และกิจกรรมที่ดำเนินการมาและผลที่ได้รับตลอดโครงการ

สัญญาเลขที่ RDG60T0116 โครงการย่อยที่ 1 การศึกษาการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าและคุณประโยชน์ด้านต่าง ๆ จากแหนมเห็ด

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผน	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับ
1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าโดยการใช้เชื้อทางการค้าและเชื้อธรรมชาติ	ทดลองโดยเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าที่เติมเชื้อและไม่เติมเชื้อ	เป็นไปตามกิจกรรมที่วางแผนไว้	ทราบว่าแหนมเห็ดสูตรที่เติมเชื้อและไม่เติมเชื้อ แตกต่างกันอย่างไร และสูตรไหนดีที่สุด
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าโดยการใช้วัตถุดิบจากข้าวมีสีชนิดต่าง ๆ	ทดลองโดยเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าเติมแหล่งคาร์บอนจากข้าวสีชนิดต่าง ๆ	เป็นไปตามกิจกรรมที่วางแผนไว้	ทราบว่าแหนมเห็ดสูตรที่เติมข้าวมีสีและข้าวขาวมีคุณสมบัติแตกต่างกันอย่างไร และสูตรไหนดีที่สุด
3. เพื่อศึกษาคุณสมบัติที่มีประโยชน์ด้านต่าง ๆ ของแหนมเห็ดที่ผลิตได้	ทดลองเปรียบเทียบคุณสมบัติที่มีประโยชน์ด้านต่าง ๆ ในแหนมเห็ด เช่น ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด การต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณแอนโทไซยานิน เป็นต้น	เป็นไปตามกิจกรรมที่วางแผนไว้	ทราบคุณสมบัติที่มีประโยชน์ของแหนมเห็ดข้าวสีสูตรต่าง ๆ
4. เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดให้กับเกษตรกรผู้ผลิตเห็ดนางฟ้า	ถ่ายทอดความรู้ให้เกษตรและมอบวัสดุอุปกรณ์ในการผลิตแหนมเห็ดให้กับเกษตรกร	เป็นไปตามกิจกรรมที่วางแผนไว้	เกษตรกรได้รับความรู้และฝึกปฏิบัติการผลิตแหนมเห็ด ใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มอบให้เพื่อนำไปผลิตแหนมเห็ดสร้างรายได้

สัญญาเลขที่ RDG60T0116 โครงการย่อยที่ 2 การผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วและเปลือกผลไม้

วัตถุประสงค์โครงการ	กิจกรรมที่วางแผน	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับตลอดโครงการ
1.ศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียนในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง	นำวัตถุดิบแต่ละชนิดมาทำการเผา เพื่อให้เป็นถ่าน แล้วนำมาทำการบดให้ละเอียด และอัดแท่งด้วยเครื่องอัดไฟฟ้า นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทำการศึกษาคุณสมบัติทางเชื้อเพลิง	ดำเนินการตามกิจกรรมที่วางแผนไว้ แต่มีการเพิ่มการอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแรงกล	ทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วกับเปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุด ตลอดจนความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตถ่านอัดแท่ง
2.ศึกษาหาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเชื้อเพลิงอัดแท่ง	นำเชื้อเพลิงอัดแท่งในสภาวะที่ดีที่สุด จัดเก็บในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด คือ พลาสติก และกล่องกระดาษ ขนาด 1 kg จัดเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 เดือน ทำการสุ่มตัวอย่างมาวัดปริมาณความชื้น และปริมาณความร้อน ทุกๆ 1 เดือน เพื่อหาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม	ดำเนินการตามกิจกรรมที่วางแผนไว้ แต่เปลี่ยนบรรจุภัณฑ์จากพลาสติกเป็นฟิล์มหด เพื่อให้มีความแข็งแรง และสะดวกในการเคลื่อนย้าย	
3.ศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งผสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน	การประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์ที่เรียกว่า	ดำเนินการตามกิจกรรมที่วางแผนไว้	

	เครื่องชี้คุณค่าทางเศรษฐกิจของโครงการ		

สัญญาเลขที่ RDG60T0116 โครงการย่อยที่ 3 การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

วัตถุประสงค์โครงการ	กิจกรรมที่วางแผน	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับตลอดโครงการ
1. เพื่อหาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เหมาะสมต่อต้นกล้าปาล์ม	ศึกษาสูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เหมาะสมต่อต้นกล้าปาล์ม จำนวน 5 ระดับ	ศึกษาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จำนวน 5 สูตร คือ ปริมาณก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งจำนวน 5 ระดับ คือ ร้อยละ 50, 60, 70, 80 และ 90 ส่วนผสมระหว่างมูลไก่และมูลวัวในจำนวน 5 ระดับ คือ ร้อยละ 50, 40, 30, 20 และ 10 หมักเป็นระยะเวลา 49 วัน แล้วคัดเลือกสูตรปุ๋ยโดยพิจารณาจากธาตุอาหารต่าง ๆ และสูตรที่ใช้ก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งได้มากที่สุด จำนวน 2 สูตร	ได้สูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่มีคุณภาพ จำนวน 2 สูตร คือ สูตรที่ 2 และ 3
2.เพื่อศึกษาการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งด้วยสูตรที่เหมาะสมในระดับขยายขนาด	ศึกษาการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งด้วยสูตรที่เหมาะสมที่ผ่านการคัดเลือก จำนวน 2 สูตรในระดับขยายขนาด ปริมาณ 100 กิโลกรัม เป็นระยะเวลา 45 วัน	ศึกษาการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งด้วยสูตรที่เหมาะสมในระดับขยายขนาด โดยนำสูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่ผ่านการคัดเลือก จำนวน 2 สูตร คือ ปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 และ 3 มาผลิตในระดับขยายขนาด ปริมาณหมด 200 กิโลกรัม หมักเป็นระยะเวลา 49 วัน	ได้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งในระดับขยายขนาด จำนวน 2 สูตร ปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 และ 3 ปริมาณ 200 กิโลกรัม สำหรับนำไปศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์ม
3 เพื่อศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งต่อการเจริญของต้นกล้าปาล์ม	ศึกษาผลของใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งต่อการเจริญของต้นกล้าปาล์มมีอายุ 3-4	ศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งต่อการเจริญของต้นกล้าปาล์ม จะใช้วิธีการเพาะเลี้ยงต้นกล้าปาล์มที่สิ้นสุดระยะ pre-nursery (อายุ 3	ทราบระดับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทั้งสองสูตรเท่ากับ 1:1 และ 1:2 ที่ทำให้ต้นกล้าปาล์มมีอัตราการเจริญที่ดีและสี

	เดือนในปริมาณร้อยละของน้ำหนักดินและต้นต่อน้ำหนักปุ๋ย เท่ากับ 0, 5 10, 15, 20 และ 30 เป็นระยะเวลา 2 เดือน	เดือน) ในถุงเพาะที่มีดินผสมแกลบ (อัตราส่วน 1:1) มาผสมกับปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 และ 3 จำนวน 5 ระดับ คือ 1:0, 1:1, 1:2, 1:3 และ 1:4 เป็นระยะเวลา 90 วัน	ของใบปาล์มมีสีเขียวเข้มขึ้น

สัญญาเลขที่ RDG60T0116

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การใช้ประโยชน์จากเห็ดนางฟ้าทางอุตสาหกรรมเกษตรแบบบูรณาการไร้ของเหลือทิ้ง

สรุปรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 3

ตาราง เปรียบเทียบผลผลิต (Output) ที่เสนอในข้อเสนอโครงการและที่ดำเนินการได้จริงในรอบ 12 เดือน

โครงการย่อยที่ 1 การศึกษาการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าและคุณประโยชน์ด้านต่าง ๆ จากแหนมเห็ด

ผลผลิต (Output)		ในกรณีล่าช้า (ผลสำเร็จไม่ถึง 100%) ให้ท่านระบุสาเหตุและการแก้ไขที่ท่านดำเนินการ
กิจกรรมในข้อเสนอโครงการ/หรือจากการปรับแผน	ผลสำเร็จ (%)	
1. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เตรียมวัตถุดิบและสั่งซื้อ สารเคมี และคณะผู้วิจัยสำรวจพื้นที่พูดคุยกับกลุ่มเกษตรกร และนัดหมายวันถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดสูตรดั้งเดิม	100%	เป็นไปตามกิจกรรมในข้อเสนอโครงการ
2. ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดสูตรดั้งเดิมให้กลุ่มเกษตรกรผู้เพาะเห็ดนางฟ้า ต.ขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช เมื่อวันที่ 21 ก.ค. 2560	100%	เป็นไปตามกิจกรรมในข้อเสนอโครงการ
3. ผลการผลิตแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ โดยการแปรผันวัตถุดิบในส่วนผสมและผลการตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ ทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และคุณค่าทางโภชนาการ (ครบถ้วน) (เปรียบเทียบสูตรที่เติมเชื้อและไม่เติมเชื้อ)	100%	เป็นไปตามกิจกรรมในข้อเสนอโครงการ
4. ผลการผลิตแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ โดยการแปรผันวัตถุดิบในส่วนผสมของข้าวมีสีและผลการตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ ทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และคุณค่าทางโภชนาการ (ครบถ้วน) (เปรียบเทียบอัตราส่วนข้าวมีสีชนิดต่าง ๆ)	100%	เป็นไปตามกิจกรรมในข้อเสนอโครงการ
5. ผลการตรวจสอบคุณสมบัติของสารที่มีประโยชน์จากผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดที่ผลิตจากข้าวมีสีชนิดต่าง ๆ	100%	เป็นไปตามกิจกรรมในข้อเสนอโครงการ

เช่น ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด, ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น และการยับยั้งเชื้อก่อโรคของแหนมเห็ดเป็นต้น		
6. ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมเห็ด และอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์แหนมเห็ด	100%	เป็นไปตามกิจกรรมในข้อเสนอโครงการ
7. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดที่ผสมข้าวมีสี ให้กับเกษตรกรผู้เพาะเห็ดนางฟ้า ต.ขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช วันที่ 25 พ.ค. 61	100%	เป็นไปตามกิจกรรมในข้อเสนอโครงการ
8.จัดทำรายงาน	90%	

โครงการย่อยที่ 2 การผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วและเปลือกผลไม้

ผลผลิต (Output)		**ในกรณีล่าช้า (ผลสำเร็จไม่ถึง 100%) ให้ท่านระบุสาเหตุและการแก้ไขที่ท่านดำเนินการ**
กิจกรรมในข้อเสนอโครงการ/หรือจากการปรับแผน	**ผลสำเร็จ (%)**	
1. ข้อมูลจากการสืบเอกสาร วัสดุ อุปกรณ์ ที่พร้อมดำเนินการ **รายละเอียด** จัดเตรียมวัตถุดิบ ได้แก่ รวบรวมวัตถุดิบต่างๆ ในการวิจัย ได้แก่ ก้อนเชื้อเห็ดที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน มาทำการตากแดด เพื่อลดความชื้น	100%	-
2. กิจกรรมที่ 1 ศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียนในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง **รายละเอียด** ได้ทำการทดลองเผาถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุด ทำการผสมและอัดแท่งตามอัตราส่วนต่างๆ ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเชื้อเพลิง	100%	
3. กิจกรรมที่ 2 ศึกษาหาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเชื้อเพลิงอัดแท่ง	100%	
4. กิจกรรมที่ 3 ศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งผสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน	100%	
5. ประเมินผล วิเคราะห์ข้อมูล และถ่ายทอดเทคโนโลยี	100%	
6. จัดทำรายงานและเผยแพร่	80%	

โครงการย่อยที่ 3 การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

Output		ในกรณีล่าช้า (ผลสำเร็จไม่ถึง 100%) ให้ท่านระบุสาเหตุและการแก้ไขที่ท่านดำเนินการ
กิจกรรมในข้อเสนอโครงการ/หรือจากการปรับแผน	ผลสำเร็จ (%)	
2. การค้นคว้าเอกสาร	100%	-
3. การเตรียมวัสดุ อุปกรณ์	100%	-
4. สูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เหมาะสมต่อต้นกล้าปาล์ม	100%	-
5. การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งด้วยสูตรที่เหมาะสมในระดับขยายขนาด	100%	-
6. ผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งต่อการเจริญของต้นกล้าปาล์ม	100%	-
7. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตปุ๋ย	100%	-
8. จัดทำรายงานและเผยแพร่	90%	

ลงนาม.

(นางเสาวณีย์ ชัยเพชร)

วันที่....30 พฤษภาคม 2561.....

1.11 แบบฟอร์ม ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ ต่อ สกว.

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ ต่อ สกว.

☑ ประชุมรายงานความก้าวหน้า จำนวน 3 ครั้ง

☑ .....

☐ .....

ลงนาม.

(นางเสาวณีย์ ชัยเพชร)

วันที่....30 พฤษภาคม 2561.....

รายงานงานฉบับสมบูรณ์

การศึกษาการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าและคุณประโยชน์ด้านต่าง ๆ จากแหนมเห็ด

The Study of Fermented Mushroom (*Pleurotus sajor-caju*) Production and their Properties

โดย ดร.ธณิกานต์ ธรสินธุ์ และคณะ

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

30 กรกฎาคม 2561

สัญญาเลขที่ **RDG60T0116**

รายงานฉบับสมบูรณ์

การศึกษาการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าและคุณประโยชน์ด้านต่าง ๆ จากแหนมเห็ด

The Study of Fermented Mushroom (*Pleurotus sajor-caju*) Production and their Properties

	คณะผู้วิจัย	สังกัด
1.	ดร.ธณิกานต์ ธรสินธุ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
2.	ผศ.ดร.ศิรินาถ ศรีอ่อนนวล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
3.	ผศ.ดร.เสาวณีย์ ชัยเพชร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ชุดโครงการ “การพัฒนาอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม” ปีงบประมาณ 2560

สนับสนุนโดย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานฉบับนี้เป็นของผู้วิจัย วช. - สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปผู้บริหาร

โครงการวิจัยเรื่องการศึกษาการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าและคุณประโยชน์ด้านต่าง ๆ จากแหนมเห็ด เริ่มต้นเนื่องจากเกษตรจากกลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพมีดอกเห็ดที่ไม่ได้ส่งขายและดอกเห็ดที่ได้คุณภาพ เนื่องจากดอกเห็ดไม่สามารถเก็บไว้ได้นานดังนั้นโครงการวิจัยเรื่องนี้จึงเข้ามาช่วยเหลือเกษตรกร ณ กลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพ ต.ขุนทะเล อ.ลานสกา จ. นครศรีธรรมราช โดยคณะผู้วิจัยศึกษาการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าเพื่อเปรียบเทียบสูตรที่มีการเติมเชื้อและไม่เติมเชื้อ หลังจากนั้นเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดข้าวขาวและข้าวสี โดยศึกษาเปรียบเทียบทั้งคุณประโยชน์ที่จะได้รับจากแหนมเห็ดที่มีทั้งสารประกอบฟีนอกลิก และสารอื่น ๆ ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ รวมทั้งแอนโทไซยานิน ในผลิตภัณฑ์แหนมเห็ด เพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุด ในการศึกษาอายุการเก็บเป็นเวลา 4 สัปดาห์ หลังจากนั้นถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าให้กับเกษตรกรเพื่อให้นำความรู้ไปผลิตแหนมเห็ดขายสร้างรายได้เพิ่ม

บทคัดย่อภาษาไทย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้ต้องการศึกษาการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าจากข้าวชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ข้าวหอมนิล ข้าวสังข์หยด ข้าวไรซ์เบอรี่ และข้าวขาวหอมมะลิ โดยศึกษาสูตรที่ดีที่สุดและคุณสมบัติของแหนมเห็ดโดยเริ่มจากเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าสูตรที่ไม่เติมเชื้อและสูตรที่เติมเชื้อโยเกิร์ตทางการค้า ผลการทดลองพบว่าเมื่อหมักแหนมเห็ดเป็นเวลา 5 วัน แหนมเห็ดสูตรที่เติมเชื้อมีปริมาณแบคทีเรียกรดแลกติกและกรดแลกติกสูงกว่าสูตรที่ไม่เติมเชื้อ ซึ่งมีค่าระดับความเป็นกรด-ด่าง (4.43±0.05) และปริมาณกรดแลกติก (0.940±0.01 เปอร์เซ็นต์) หลังจากนั้นเมื่อเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดจากข้าวขาวและข้าวสีในอัตราส่วนต่าง ๆ โดยวิธี mixture design พบว่าแหนมเห็ดข้าวขาวมีความสว่างของค่าสี L* สูงที่สุด (60.61±0.39) แต่มีค่าสี a* (2.37±0.00) ต่ำที่สุด เมื่อวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก และสารสีแอนโทไซยานินของแหนมเห็ดมีค่าไม่สูงมาก แต่เมื่อวัดเปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระของข้าวสีมีค่าตั้งแต่ 30.53-78.43 เปอร์เซ็นต์ ส่วนข้าวขาวมีค่า 19.15 เปอร์เซ็นต์ และแหนมเห็ดสูตรที่ 5 มีสารประกอบฟีนอลิก สารสีแอนโทไซยานิน และค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ส่วนผลการทดสอบทางประสัมผัสพบว่า แหนมเห็ดสูตรที่ 5 ซึ่งประกอบด้วยข้าวไรซเบอรี่เพียงอย่างเดียวมีคะแนนทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด เมื่อศึกษาอายุการเก็บแหนมเห็ดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าคุณภาพทางกาย เคมี และจุลินทรีย์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก

Abstract

This research aim to study fermented mushroom (*Pleurotus sajor-caju*) production from varieties of rice that were comprised of white Jasmine rice and coloured rice (Hom Nin, Sungyod and Riceberry rice) and study the best fermented mushroom formula and their properties. To begin with, comparative study of fermented mushroom with and without commercial yogurt as a starter was investigated. The results showed that lactic acid bacteria proportion and lactic acid production of fermented mushroom with the starter after fermentation for five days was higher than fermented mushroom without the starter. Additionally, pH and percentage of lactic acid production of fermented mushroom with the starter was ranged between 4.43±0.05 and 0.940±0.01 respectively. After that, fermented mushroom with white rice and coloured rice were done in different ratio by mixture design. Not surprisingly, L* colour of fermented mushroom with white rice was the highest and ranged between 60.61±0.39; however, a* colour was the lowest (2.37±0.00). Moreover, total phenolic and anthocyanin contents in fermented mushroom was low, meanwhile antioxidant activity of fermented mushroom with cloloured rice were ranged between 30.53-78.43 percent and 19.15 for fermented mushroom with white rice. Fermented mushroom no. 5 formula which Riceberry alone showed the highest total phenolic and anthocyanin contents and antioxidant activity. Furthermore, the highest score of sensory test was fermented mushroom no. 5 formula. In conclusion, a physicochemical and microbial property of fermented mushroom which was kept in a fridge (4 °c) for shelf life was stable within 4 weeks of storage.

สารบัญ

หัวข้อ			หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย			i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ			ii
สารบัญ			iii
สารบัญตาราง			iv
สารบัญภาพ			v
บทที่ 1	**บทนำ**		**1**
	1.1	ความสำคัญ และที่มาของปัญหา	2
	1.2	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
	1.3	ขอบเขตของการวิจัย	3
	1.4	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ	3
	1.5	กรอบแนวความคิดของการวิจัยและขั้นตอนการวิจัย	4
	1.6	การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง	5
	1.7	วิธีการดำเนินการวิจัย	8
	1.8	แผนงานโครงการ	13
บทที่ 2	**ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง**		**14**
	2.1	ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าสูตรดั้งเดิม	15
	2.2	การศึกษาและเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าโดยการหมักโดยเชื้อธรรมชาติและเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า	16
	2.3	ศึกษาและเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าโดยการใช้ข้าวมีสีชนิดต่าง ๆ	20
	2.4	คุณค่าและคุณประโยชน์ของแหนมเห็ดด้านต่าง ๆ	27
	2.5	การทดสอบทางประสาทสัมผัส	30
	2.6	อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์แหนมเห็ด	32
	2.7	การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดข้าวมีสี	35
	สรุปผลการทดลอง		**36**
บรรณานุกรม			37
ภาคผนวก (ประกอบด้วย)			**41**
	ก	กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์	42
	ข	ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้และกิจกรรมที่ดำเนินการมาและผลที่ได้รับตลอดโครงการ	43
	ค	ข้อมูลการทดลอง เช่น การเตรียมสารเคมี วิธีการวิเคราะห์	44
ตารางเปรียบเทียบ Output ที่เสนอในข้อเสนอโครงการและทำได้จริง			**57**

สารบัญตาราง

		หัวข้อ	หน้า
บทที่ 1			
ตารางที่	1.1	อัตราส่วนแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ	10
ตารางที่	1.2	แผนงานที่เสนอในโครงการ	13
บทที่ 2			
ตารางที่	2.1	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียกรดแลกติกของแหนมเห็ดสูตรเติมเชื้อและไม่เติมเชื้อ	17
ตารางที่	2.2	ปริมาณกรดแลกติกและค่าระดับความเป็นกรด-ด่างของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ	18
ตารางที่	2.3	การวิเคราะห์ค่าสีและลักษณะเนื้อสัมผัสของแหนมเห็ดสูตรเติมเชื้อและสูตรที่ไม่เติมเชื้อ	19
ตารางที่	2.4	การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของแหนมเห็ดสูตรเติมเชื้อและไม่เติมเชื้อ	19
ตารางที่	2.5	ปริมาณกรดแลกติกและค่าระดับความเป็นกรด-ด่างของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ	22
ตารางที่	2.6	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียกรดแลกติกของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ	24
ตารางที่	2.7	การวิเคราะห์ค่าสีและลักษณะเนื้อสัมผัสของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ	25
ตารางที่	2.8	คุณค่าทางโภชนาการของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ	26
ตารางที่	2.9	ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน DPPH radical scavenging assayและ Antioxidant capacity ของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ	28
ตารางที่	2.10	ระดับความเป็นกรด-ด่างและการยับยั้งเชื้อก่อโรคของผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ	29
ตารางที่	2.11	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ	31
ตารางที่	2.12	ค่าทางกายภาพและเคมีของแหนมเห็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์	32
ตารางที่	2.13	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด แบคทีเรียกรดแลกติก ยีสต์และรา ของแหนมเห็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์	34

สารบัญภาพ

		หัวข้อ	หน้า
บทที่ 2			
ภาพที่	2.1	การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ด วันที่ 21 กรกฎาคม 2560 ณ กลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพ ต.ขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช	15
ภาพที่	2.2	ผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดที่ผลิตได้	15
ภาพที่	2.3	กราฟแสดงค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณกรดแลกติกของตัวอย่างแหนมเห็ดสูตรเติมเชื้อ	18
ภาพที่	2.4	กราฟแสดงค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณกรดแลกติกของตัวอย่างแหนมเห็ดสูตรไม่เติมเชื้อ	18
ภาพที่	2.5	แสดงข้าวมีสีที่ใช้ในการทดลองผลิตแหนมเห็ดได้แก่ (A): ข้าวสังข์หยด (B): ข้าวหอมนิล และ (C): ข้าวไรซ์เบอรี่	21
ภาพที่	2.6	ผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดที่ผลิตได้ทั้งหมด 8 สูตร	21
ภาพที่	2.7	กราฟแท่งเปรียบเทียบระดับความเป็นกรด-ด่าง วันที่ 0 และ 5 ของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ	23
ภาพที่	2.8	กราฟแท่งเปรียบเทียบปริมาณกรดแลกติก วันที่ 0 และ 5 และของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ	23
ภาพที่	2.9	ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน DPPH radical scavenging assay และ Antioxidant capacity ของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ	28
ภาพที่	2.10	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ	29
ภาพที่	2.11	ตัวอย่างการยับยั้งเชื้อก่อโรค *Bacillus cereus* TISTR 1395 ของผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ	30
ภาพที่	2.12	ค่าสี L*, a* และ b* ของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ ที่อายุการเก็บสัปดาห์ต่าง ๆ	33
ภาพที่	2.13	ระดับความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดแลกติก (เปอร์เซ็นต์) ของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ ที่อายุการเก็บสัปดาห์ต่าง ๆ	33
ภาพที่	2.14	การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดให้กับเกษตรกร กลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพ ต. ขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช เมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2561	35
ภาพที่	2.15	ฉลากและบรรจุภัณฑ์ของแหนมเห็ดข้าวไรซ์เบอรี่	36

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของที่มาและปัญหา

ปัจจุบันนี้ประชากรหันมาบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพกันมากขึ้น เนื่องจากประชากรเริ่มให้ความสนใจเกี่ยวกับการรับประทานอาหารมากขึ้นการหันมาใส่ใจต่อสุขภาพ และตระหนักถึงอาหารการกินที่รับประทานทุกวันแต่เนิ่น ๆ สามารถส่งผลที่ดีต่อเนื่องกับผู้บริโภคในระยะยาวได้ เนื่องจากอาหารการกินต่าง ๆ ล้วนมีผลต่อสุขภาพ ถ้าประชากรบริโภคอาหารซึ่งมีสารอาหารครบถ้วนและไม่รับประทานอาหารที่ไม่ถูกสุขลักษณะซึ่งอาจมีเชื้อก่อโรคปะปนอยู่ในอาหาร องค์ประกอบเหล่านี้ก่อจะส่งผลดีต่อเจ้าบ้านหลายประการ เนื่องจากในสภาวะปกติในระบบลำไส้ของมนุษย์จะมีปริมาณจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในปริมาณที่สมดุลกับเชื้อที่ก่อโรค จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์สามารถนำสารอาหารเหล่านั้นไปใช้ประโยชน์และผลิตสารต่าง ๆ ในการส่งเสริมสุขภาพของเจ้าบ้าน เช่น ผลิตวิตามิน ย่อยคาร์โบไฮเดรตและผลิตกรดไขมันสายสั้น (Short Chain Fatty Acid, SCFA) ชนิดต่าง ๆ กระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกัน เป็นต้น เมื่อประชากรหันมาบริโภคอาหารที่มีประโยชน์มากขึ้น และรับประทานอาหารเป็นยามากขึ้น พืชสมุนไพรและพืชที่มีคุณสมบัติทางยา จึงเป็นตัวเลือกของผู้บริโภคมากขึ้น

เห็ดเป็นพืชอาหารที่มีมานานและมีหลากหลายสายพันธุ์ อุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ เช่น โปรตีน วิตามิน เกลือแร่ และเส้นใยที่ไม่สามารถย่อยได้ (dietary fiber) แต่มีปริมาณไขมันและแคลอรีต่ำนอกจากนี้มีงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่เกี่ยวกับประโยชน์ของเห็ดที่มีคุณสมบัติทางยาที่สำคัญ เช่น การต้านไวรัส (antiviral) การต้านไบโอติก (antibiotic) การต้านแบคทีเรีย (antibacterial) การต้านออกซิเดชัน (antioxidation) การต้านมะเร็ง (anticarcinogenic) และสามารถยับยั้งเนื้องอก (antitumor) ได้ คนไทยหันมาบริโภคเห็ดกันมากขึ้น เนื่องจากทราบถึงคุณประโยชน์ด้านต่าง ๆ ของเห็ด และมีผลิตภัณฑ์แปรรูปเห็ดที่หลากหลาย เช่น เห็ดแดดเดียว เห็ดทอด เห็ดสวรรค์ เห็ดอบเนย ข้าวเกรียบเห็ด ทองม้วนเห็ด น้ำพริกเผาเห็ดและแหนมเห็ด เป็นต้น งานวิจัยชิ้นนี้มุ่งศึกษาเรื่องการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้า เพื่อมุ่งเน้นถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตเห็ดนางฟ้าผู้ที่สนใจ โดยเฉพาะกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตเห็ดนางฟ้า ต.ขุนทะเล อ. ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช ซึ่งผลิตก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าจำหน่ายให้กับสมาชิกและขายเห็ดนางฟ้าสดเพื่อสร้างรายได้เสริม เนื่องจากเกษตรกรส่งขายเฉพาะดอกเห็ดสดเมื่อเห็ดสดล้นตลาดหรือมีราคาต่ำ ทำให้ไม่สามารถเก็บดอกเห็ดไว้ได้นานและเกษตรกรขาดรายได้ อีกปัญหาคือดอกเห็ดที่ไม่ได้คุณภาพ เช่น ดอกมีขนาดเล็กหรือไม่สมบูรณ์ไม่สามารถขายได้ต้องถูกทิ้งหรือทำเป็นปุ๋ย ด้วยกระบวนการผลิตแหนมเห็ดที่ไม่ซับซ้อน และอาศัยองค์ความรู้ทางเทคโนโลยีชีวภาพ เพื่ออธิบายขั้นตอนการผลิตแหนมเห็ด ประกอบกับการคัดเลือกวัตถุดิบที่นำมาเป็นแหล่งคาร์บอน (C-source) ในการผลิตแหนมเห็ด เพื่อให้เกิดคุณค่าทางโภชนาการมากที่สุด จึงเลือกใช้ข้าวมีสีเพื่อเพิ่มมูลค่าของเห็ด และสามารถได้ผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดที่สะอาด ปลอดภัย น่ารับประทานและยังสามารถ

เก็บผลิตภัณฑ์จำหน่ายได้นานกว่าการขายดอกเห็ดสดอีกด้วย ทำให้เกษตรกรสามารถนำไปประกอบอาชีพสร้างรายได้และเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์จากเห็ดอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าโดยการใช้เชื้อทางการค้าและเชื้อธรรมชาติ

1.2.2 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าโดยการใช้วัตถุดิบจากข้าวมีสีชนิดต่าง ๆ

1.2.3 เพื่อศึกษาคุณสมบัติที่มีประโยชน์ด้านต่าง ๆ ของแหนมเห็ดที่ผลิตได้

1.2.4 เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดให้กับเกษตรกรผู้ผลิตเห็ดนางฟ้า

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตการดำเนินการวิจัยเริ่มต้นจากผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าสูตรดั้งเดิมที่ใช้ข้าวขาวสุกเป็นส่วนผสมในการผลิตแหนมเห็ดโดยเปรียบเทียบการหมักแหนมเห็ดโดยการใช้เชื้อจุลินทรีย์ตามธรรมชาติและการใช้เชื้อทางการค้า เพื่อศึกษาคุณสมบัติของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ เช่น ปริมาณกรดแลกติก ค่าระดับความเป็นกรด-ด่าง และจำนวนจุลินทรีย์กรดแลกติก เป็นต้น เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการหมักแหนมเห็ด หลังจากนั้นจะแปรผันวัตถุดิบแหล่งคาร์บอน (C-source) ที่ใช้ในการผลิตแหนมเห็ดได้แก่ ข้าวมีสีชนิดต่าง ๆ เช่น ข้าวสังข์หยด ข้าวหอมนิล และข้าวไรซ์เบอรี่ เป็นต้น เป็นส่วนผสมในการผลิตแหนมเห็ด หลังจากนั้น ศึกษาคุณสมบัติของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ เช่น ปริมาณกรดแลกติก ค่าระดับความเป็นกรด-ด่าง สี และลักษณะเนื้อสัมผัส เป็นต้น หลังจากนั้นจะศึกษาคุณสมบัติที่มีประโยชน์ของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ เช่น คุณสมบัติการต้านสารอนุมูลอิสระ (antioxidant) และการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค (antimicrobial) หลังจากนั้นทดสอบทางประสาทสัมผัส และศึกษาการเก็บรักษาแหนมเห็ด เพื่อคัดเลือกสูตรแหนมเห็ดที่ดีที่สุด นอกจากนี้ในขณะทำวิจัยหากมีบางด้านที่เป็นเรื่องที่น่าสนใจและเกิดประโยชน์ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยครั้งนี้ ก็จะทำการศึกษาวิจัยเรื่องนั้นเพิ่มเติม เพื่อให้งานวิจัยครั้งนี้สมบูรณ์มากที่สุด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

1.4.1 ทราบองค์ความรู้เรื่องแหนมเห็ด ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการเรียนรู้แก่เกษตรกร, นักเรียน
และนักศึกษา

1.4.2 เกษตรกรมีแนวทางในการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีประโยชน์ทางโภชนาการ และสามารถสร้างรายได้เพิ่มเติมจากการขายเห็ดสด และสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ขายได้นานกว่าเห็ดสด

1.4.3 นักวิจัยสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงทางวิชาการสำหรับการเรียนการสอนและการวิจัยด้านต่าง ๆ รวมทั้งผู้วิจัยสามารถนำไปใช้ในการขอตำแหน่งทางวิชาการต่อไปในอนาคต

1.4.4 ทราบเอกลักษณ์และวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแหนมเห็ด ซึ่งสามารถนำไปใช้ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพดีขึ้น

1.5 กรอบแนวความคิดของการวิจัยและขั้นตอนการวิจัยในภาพรวม

กรอบแนวความคิดและแนวทางการวิจัยเรื่องนี้ต้องการศึกษาการผลิตแหนมเห็ดโดยเฉพาะวัตถุดิบ
ที่ใช้ผลิตแหนมเห็ด ได้แก่ แหล่งคาร์บอน (C-source) ที่ได้จากข้าวมีสีชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ข้าวสังข์หยด ข้าวหอมนิล และข้าวไรซ์เบอรี่ เป็นต้น นอกจากจะเพิ่มสีสัน เช่น สีแดง สีม่วงเข้ม ถึงสีดำ ให้กับผลิตภัณฑ์แหนมเห็ด ทำให้น่ารับประทานยิ่งขึ้น ยังเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนการให้กับแหนมเห็ดอีกด้วย เนื่องจากในข้าวมีสีส่วนใหญ่จะมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) หรือมีสารแอนโทไซยานิน (antocyanin) ซึ่งจะช่วยส่งเสริมคุณค่าทางโภชนาการของแหนมเห็ด โดยทั่วไปการหมักแหนมเห็ดจะมีเชื้อตามธรรมชาติที่ติดมากับวัตถุดิบได้แก่แบคทีเรียกรดแลกติกจะเปลี่ยนวัตถุดิบแหล่งคาร์บอนในแหนมเห็ดให้กลายเป็นกรดแลกติกที่มีรสเปรี้ยว แต่การเติมเชื้อลงไปทำให้ปริมาณเชื้อมากขึ้น น่าจะทำให้แหนมเห็ดมีรสชาติเปรี้ยวได้เร็วขึ้น และกรณีการทำแหนมเห็ดต้องมีลวกเห็ดให้สุกก่อน มิฉะนั้นแบคทีเรียกรดแลกติกจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ เนื่องจากเห็ดก็จัดอยู่ในจุลินทรีย์พวกฟังไจ (fungi) ทำให้จุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ส่วนการเปรียบเทียบการหมักแหนมเห็ดโดยการใช้เชื้อจุลินทรีย์ธรรมชาติและเชื้อทางการค้าสามารถทำให้ผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาหัวเชื้อแหนมเห็ดต่อไป

นอกจากนี้เห็ดเป็นพืชสมุนไพรที่มีสรรพคุณทางยาหลายอย่าง ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จึงต้องการทราบคุณประโยชน์หรือคุณสมบัติที่มีประโยชน์จากแหนมเห็ด เนื่องจากในประเทศไทยยังขาดองค์ความรู้และข้อมูลพื้นฐานของแหนมเห็ด ที่เผยแพร่ทางวิชาการ หรือถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับเกษตรกร ดังนั้นผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาในด้านนี้เพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางให้แก่เกษตรกรกลุ่มผู้ผลิตเห็ดนางฟ้า หรือเกษตรกรกลุ่มอื่น ๆ ที่สนใจและต้องการถ่ายทอดเทคโนโลยีแก่เกษตรกรผู้สนใจต่อไปในอนาคต

1.6 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

1.6.1 เห็ด

ฟังไจ (fungi) มีประมาณอย่างน้อย 12,000 สายพันธุ์ และมีจำนวนประมาณ 2,000 สายพันธุ์ที่
จัดเป็นสายพันธุ์เห็ดที่สามารถกินได้ โดยส่วนใหญ่การเจริญเติบโตของเห็ดจะพบในป่าที่ชุ่มชื้นและถ้ามีการเพาะเลี้ยงเห็ด จะเป็นการเพาะเลี้ยงเพื่อสรรพคุณทางยา โดยเฉพาะในแถบประเทศฝั่งตะวันออก (Sanchez, 2004) และมีประมาณ 20-35 สายพันธุ์ที่มีการเพาะเลี้ยงเพื่อส่งออกหรือผลิตในอุตสาหกรรม ประเทศจีนเป็นประเทศผู้ผลิตเห็ดและส่งออกเห็ดรายใหญ่ของโลกซึ่งสามารถผลิตได้มากกว่า 1.5 ล้านตันในปี 2007รองลงมาคือประเทศสหรัฐอเมริกา แคนนาดา อิสราเอล อินเดีย สิงค์โปร์ และ คาซัคสถาน (Aida *et al.,* 2009)

เห็ดที่บริโภคในปัจจุบันประกอบด้วยสารต่าง ๆ ที่มีประโยชน์หลายชนิด ดังนั้นเห็ดไม่ได้เป็นแค่อาหารของมนุษย์เท่านั้นแต่ยังเป็นแหล่งอาหารทางยาแก่มนุษย์อีกด้วย มีรายงานวิจัยที่เกี่ยวกับคุณสมบัติทางยาของเห็ดในการใช้เป็นอาหารของชาวจีนเป็นเวลากว่า 2000 ปี เนื่องจากเห็ดมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compound) เช่น โพลีแซคคาไรด์ (polysaccharides), ไกลโคโปรตีน (glycoprotein), ไตรเทอเพเนส (triterpenes) และ แอนตี้ไบโอติก (antibiotics) (Wasser, 2002) สารโพลีแซคคาไรด์ที่มีในเห็ดอยู่ในรูปเบต้ากลูแคน (β-glucan) ซึ่งมีประโยชน์ในการยับยั้งกิจกรรมเซลล์มะเร็ง (antitumor activities) มีรายงานว่า การยับยั้งกิจกรรมเซลล์มะเร็งโดยเห็ดในกลุ่ม (*Pleurotus tuber-regium*) สามารถยับยั้งเซลล์มะเร็ง (human hepatic cancer) (Tao, Zhang and Cheung, 2006) นอกจากนี้เห็ดประกอบด้วยโพลีเซคคาไรด์ (polysaccharides) หลายชนิดที่มีฤทธิ์ต่อต้านเซลล์มะเร็งได้ Zhuang *et al*. (1993) ศึกษาคุณสมบัติของโพลีเซคคาไรด์จากเห็ด *Fengweigu* จากประเทศจีน เห็ด *Houbitake* จากประเทศญี่ปุ่น และเห็ดนางฟ้า *Pleurotus sajor-caju* โดยการสกัดและทำบริสุทธิ์สารโพลีเซคคาไรด์ พบว่าในเห็ดชนิดต่าง ๆ มีโปรตีน กรดอะมิโน และโพลีเซคคาไรด์หลายชนิดที่มีฤทธิ์การต้านมะเร็งในหนูได้

งานวิจัยที่ศึกษาโดย Hearst *et al*., (2009) พบคุณสมบัติที่มีประโยชน์ของเห็ดหลายชนิด เช่น เห็ดชิตาเกะ (Shiitake mushroom, *Lentinula edodes*) และเห็ดนางฟ้า (Oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*) พบว่ามีคุณสมบัติในการยับยั้งแบคทีเรีย (antibacterial) และคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อรา (antifungal) สารสกัดจากเห็ดชิตาเกะมีคุณสมบัติและประสิทธภาพในการยับยั้งแบคทีเรียได้ดีกว่าสารยับยั้งแบคทีเรีย

ทางการค้า (ciprofloxacin) นอกจากนี้สารประกอบที่มีอยู่ในเห็ดสายพันธุ์ *Pleurotus ostreatus*, *P. ferulae* และ *Clitocybe maxima* ยังมีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) (Tsai *et al*., 2009) นอกจากนี้การทดลองของ Bao *et al*., (2008) ยังพบศักยภาพของเห็ดสายพันธุ์ *Flammaulina velutipes* ในการเป็น color stabilizer อีกด้วย นอกจากคุณสมบัติทางยาและการบริโภคเห็ดเป็นประจำยังมีประโยชน์หลายอย่างในคุณค่าทางโภชนาการ เช่น มีแคลอรี โซเดียม และคอเลสเตอรอลต่ำ แต่มีปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไฟเบอร์ วิตามิน และเกลือแร่ในปริมาณสูง (Aida *et al.,* 2009) ด้วยคุณสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้ จึงทำให้เห็ดเป็นแหล่งอาหารที่ดี (good dietary food) มีคุณสมบัติทางยา และสามารถส่งเสริมสุขภาพที่ดีของมนุษย์

1.6.2 ข้าวมีสี

ข้าวเป็นพืชหลักที่มีการปลูกกันมากในประเทศที่กำลังพัฒนาและเป็นอาหารที่สำคัญที่เลี้ยงประชากรเกือบครึ่งโลก ในปัจจุบันมนุษนย์นิยมบริโภคข้าวขาวมากกว่าข้าวสี แต่มีข้าวบางชนิดที่มีประโยชน์ด้านต่าง ๆ เช่น ข้าวสีดำและข้าวสีแดง ประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เป็นแหล่งเพาะปลูกข้าวสีที่สำคัญ และมีรายงานว่าการบริโภคข้าวสีมีประโยชน์หลายอย่าง เช่น ช่วยลดระดับคอเลสเอรอล (hypocholesterolemic effect) การต้านสารอนุมูลอิสระ และเป็นแหล่งที่สำคัญของ γ-oryzanol และ tocotrienols

1.6.2.1 ข้าวสังข์หยด

ข้าวมีสีมีคุณสมบัติทางโภชนาการหลายอย่างที่มีประโยชน์ต่อมนุษย์ เช่น ข้าวสังข์หยดเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองของจังหวัดพัทลุง จัดเป็นข้าวที่มีสีแดงหรือม่วงเป็นข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ 14.25 % ข้าวสังข์หยดมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่น เนื่องจากมีวิตามินบีในปริมาณสูง โดยเฉพาะวิตามินบี 1, 2 และ 3 มีกากใยอาหารสูงเพื่อช่วยในระบบขับถ่าย นอกจากนี้ยังมีธาตุเหล็ก โปรตีน และฟอสฟอรัส ช่วยบำรุงโลหิต บำรุงร่างกายให้แข็งแรง ป้องกันโรคความจำเสื่อม และยังมีสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) แกมมาโอไรซานอล และสาร gamma amino butyric acid (GABA) ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดมะเร็ง
(อุไรวรรณ วัฒนกุล และคณะ 2556) นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์สารสีแอนโทไซยานินในแป้งข้าวหมากข้าวสังข์หยดพบว่ามีปริมาณแอนโทไซยานิน 11.34±2.42 (mg/g. wet weight) และมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH 51.98±7.72 เปอร์เซ็นต์

1.6.2.2 ข้าวไรซ์เบอร์รี่

ข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นข้าวที่ได้รับการคัดเลือกและพัฒนาจากข้าวเจ้าหอมนิล ม. เกษตรศาสตร์ (พันธุ์พ่อ) กับข้าวขาวดอกมะลิ 105 สถาบันวิจัยข้าว นอกจากนี้ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีธาตุเหล็กและสารต้านอนุมูลอิสระสูง มีใยอาหารที่อยู่ในรำข้าวสูงจึงช่วยชะลอการดูดซึมน้ำตาล ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดขึ้นช้ากว่าการบริโภคข้าวกล้องและข้าวขาวขัดทั่วไป จึงเหมาะกับผู้ป่วยเบาหวาน มีสรรพคุณช่วยลดระดับไขมันและคอเลสเตอรอล ช่วยทำให้ระบบขับถ่ายทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น มีปริมาณอะไมโลส 15.6 % ธาตุเหล็ก สังกะสี โอไมก้า 3 วิตามิน-อี โฟเลต เบต้า-แคโรทีน โพลีฟีนอล แทนนิน และแกมมาโอไรซานอล (ชื่นจิต สีพญา และ จอย ผิวสะอาด, 2558)

1.6.2.3 ข้าวหอมนิล

ส่วนข้าวหอมนิล จัดเป็นข้าวในกลุ่มข้าวที่มีสีม่วงเข้มถึงดำ มีธาตุเหล็กสูงกว่าข้าวขาวทั่วไป 30 เท่า ข้าวเจ้าหอมนิลเป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 12.5 ปริมาณแป้งอะมัยโลสร้อยละ 16 มีปริมาณสาร antioxidation สูงประมาณ 293 ไมโครโมลต่อกรัม โดยในส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดที่เป็นสีม่วงดำประกอบไปด้วยสาร anthocyanin ที่ประกอบด้วยสารสีม่วงเข้ม (cyanidin) และสารสีชมพูอ่อน (peonidin) และสาร proanthocyanidin ประกอบด้วยสาร procyanidin ซึ่งเป็นสารสีน้ำตาล ซึ่งสารเหล่านี้รวมกันเป็นสารประกอบกลุ่ม flavonoid ซึ่งเป็นสาร antioxidant ทำหน้าที่จับกับอนุมูลอิสระทำให้กลไกการทำงานของร่างกายมีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าปกติ anthocyanin มีคุณสมบัติช่วยลดการอักเสบของเนื่อเยื่อลดไขมันอุดตันในเส้นเลือดที่หัวใจและสมอง บรรเทาโรคเบาหวานช่วยบำรุงสายตาเพิ่มประสิทธิภาพการมองเห็นในเวลากลางคืน สาร cyaniding มีประสิทธิภาพในการเป็น antioxidation ได้ดีกว่าวิตามินอีหลายเท่าและยังยับยั้งการเจริญเติบโตของ epidermal growth factor receptor ในเซลล์มะเร็งสาร proanthocyanidin หรือเรียกว่าสาร condensed tannins ท้าหน้าที่เป็น antioxidation ได้ดีกว่าวิตามินซี วิตามินอีและเบต้า แคโรทีน นอกจากนี้ยังมีปริมาณใยอาหาร ซีลีเนียมและไนอะซินสูง ช่วยระบบขับถ่าย ป้องกันมะเร็งลำไส้ ระบบประสาทและความจำ(จุฑามาศ ถิระสาโรช และ เฉลิมพล ถนอมวงค์, 2558)

1.6.3 แหนมเห็ด

งานวิจัยที่เป็นองค์ความรู้ทางวิชาการเกี่ยวกับแหนมเห็ดที่เผยแพร่โดยตรงทั้งระดับชาติและนานาชาติมีน้อยมาก เนื่องจากส่วนใหญ่จะเป็นเอกสารวิชาการที่เกี่ยวกับการทำแหนมจากเนื้อสัตว์ การทดลองของนงลักษณ์ สายเทพ (2546) พัฒนาการผลิตแหนมเห็ดจากเห็ดนางรม ซึ่งประกอบด้วยเห็ดนางรม 1 กิโลกรัม กระเทียม 40 กรัม เกลือป่น 10 กรัม และข้าวเหนียวนึ่ง 20 กรัม หมักที่อุณหภูมิ 30-32 องศาเซลเซียส นาน 3 วัน มีค่าระดับความเป็นกรด-ด่างลดลงจาก 6.20-

4.55 และปริมาณกรดแลกติกเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.11 เป็น 0.57 ในขณะที่จุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียกรดแลกติกเพิ่มขึ้นจาก $1.40x10^3$ cfu/g เป็น $6.0x10^7$ cfu/g และจาก $1.34x10^2$ cfu/g เป็น $9.1x10^8$ cfu/g ตามลำดับ

โชตินภา เหล่าไพบูลย์ (2552) ศึกษาการผลิตแหนมเห็ดโปรไบโอติกโดยใช้แบคทีเรียแลคติคเป็นเชื้อเริ่มต้น โดยใช้เชื้อพบว่า *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus* และ *Pediococcus acidilactici* ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว□าเชื้อจุลินทรีย์ที่เติมลงไปจะเจริญเข้าสู่การเจริญช่วง log phase ที่ระยะเวลา 21-23 ชั่วโมง และมีปริมาณเชื้อประมาณ 10^9 cfu/ml นอกจากนี้จากการทดลองหมักแหนมเห็ดนางฟ้□าเป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่ามีค่าระดับความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 4.4-4.5 และปริมาณกรดพบว่□าอยู□ในช่□วงร□อยละ 0.74 - 0.79 จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว□าแหนมเห็ดนางฟ□าที่ได□ให□คะแนนความชอบทางด□านสี กลิ่น รสชาติความเปรี้ยวความเค็ม เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ไม□แตกต□างกัน โดยมี คะแนนความชอบมากกว□า 5.0 และพบว่าเชื้อเริ่มต□นที่เหมาะสมที่จะนำไปใช□ในการผลิตแหนมเห็ดนางฟ□าคือ *L. plantarum*

Chockchaisawasdee *et al*. (2010) ศึกษาการผลิตแหนมเห็ดจากเห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus*) การศึกษาเบื้องต้นพบว่าควรทำแหนมให้สุกก่อนนำไปหมัก เพราะจะทำแหนมเห็ดให้มีรสขม เนื่องจากกรดอะมิโนที่มีอยู่ในเห็ด เช่น อาร์จีนิน ฮีสตามีน ลิวซีน และไอโซลิวซีน เป็นต้น หรือนำไปแช่ในน้ำเกลือหรือน้ำส้มสายชู แต่จะมีผลต่อกระทบต่อรสชาติสุดท้ายได้ ส่วนแหนมเห็ดนางรมอัตราส่วนเห็ดต่อข้าว 40:60 มีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ดีที่สุด เช่นเดียวกับแหนมเห็ดที่ผสมข้าวเหนียวขาว

นิษฐกานต์ ประดิษฐ์ศรีกุล และคณะ (2559) ศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการทำแหนมเห็ด พบว่าเมื่อประเมินค่าทางประสามสัมผัสสูตรแหนมเห็ดที่ประกอบด้วย ข้าวเหนียว 4 เปอร์เซ็นต์ กระเทียม 4 เปอร์เซ็นต์ เกลือ 3 เปอร์เซ็นต์ พริกป่นเกาหลี 1 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลทราย 0.5 เปอร์เซ็นต์ และผงชูรส 0.5 เปอร์เซ็นต์ ของเห็ดนางฟ้า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวมมากที่สุด นอกจากนี้เมื่อศึกษาการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าที่ผสมข้าวเหนียวดำ และดอกโสน พบว่า สูตรที่มีอัตราส่วนของเห็ดนางฟ้า:ข้าวเหนียวดำ:ดอกโสนเท่ากับ 40:25:35 ผู้บริโภคให้คะแนนเฉลี่ยความชอบรวมสูงที่สุด รองลงมาคือสูตร มีอัตราส่วนของเห็ดนางฟ้า:ข้าวเหนียวดำ:ดอกโสนเท่ากับ 60:30:10 เมื่อหมักที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วันจะมีค่าระดับความเป็นกรด-ด่างลดลงจาก 6.05 เป็น 3.91 และกรดแลกติกเพิ่มขึ้นจาก 0.23±0.01 เป็น 0.80±0.02 และมีปริมาณแบคทีเรียเพิ่มขึ้นจาก 10^3 เป็น 10^8 cfu/g

1.7 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.7.1.ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้า

คณะผู้วิจัยดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าโดยใช้สูตรแหนมเห็ดสูตรดั้งเดิมซึ่งเป็นสูตรที่ผู้วิจัยพัฒนาและนำไปถ่ายทอดให้แก่ผู้ที่สนใจในงานบริการวิชาการต่าง ๆ ของคณะฯ ซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมดังนี้คือ เห็ดนางฟ้า 500 กรัม ข้าวข้าวหุงสุก 100 กรัม กระเทียม 50 กรัม เกลือ 7.5 กรัม และพริกขี้หนูตามความเหมาะสม คณะผู้วิจัยดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าให้กับเกษตรกร ณ กลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพ ต.ขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช เมื่อวันที่ 21 กรกฎาคม 2560

1.7.2 การศึกษาและเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าโดยการหมักโดยเชื้อธรรมชาติและเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า

ศึกษาการทำแหนมเห็ดและใช้สูตรแหนมเห็ดดั้งเดิม (ส่วนผสมดังนี้คือ เห็ดนางฟ้า 500 กรัม ข้าวข้าวหุงสุก 100 กรัม กระเทียม 50 กรัม เกลือ 7.5 กรัม และพริกขี้หนูตามความเหมาะสม) โดยชั่งส่วนผสมตามอัตราส่วน หลังจากนั้นล้างเห็ดนางฟ้าให้สะอาดฉีกเห็ดเป็นเส้นเล็ก ๆ ลวกเห็ดในหม้อนึ่งหรือน้ำเดือดจนสุกใช้เวลาประมาณ 5 นาที ตักใส่ชามตั้งทิ้งไว้ให้เย็น ตักเห็ดใส่ในผ้าขาวบางและห่อและพยายามคั้นน้ำออกจากเห็ดให้ได้มากที่สุด ใส่เห็ดในชามผสม เติมกระเทียม เกลือ และข้าวขาวสุกตามอัตราส่วน (สูตรเชื้อธรรมชาติ-ไม่เติมโยเกิร์ต และสูตรเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า-เติมโยเกิร์ตรสธรรมชาติ 4 ช้อนโต๊ะ) คลุกเคล้าให้ส่วนผสมเข้ากันดี ใส่พริกขี้หนูในถุงและอัดส่วนผสมลงในถุงพลาสติก และพยายามรีดอากาศออกให้หมด บ่มตัวอย่างแหนมเห็ดทั้งสองสูตรไว้ที่อุณหภูมิห้อง

หลังจากนั้นตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ทั้งทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์และคุณค่าทางโภชนาการ โดยเก็บตัวอย่างแหนมเห็ดวันที่ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหาร PCA และปริมาณแบคทีเรียกรดแลกติกในอาหาร MRS โดยวิธี dilution plate count วิเคราะห์ปริมาณกรดแลกติกโดยวิธีการไตเตรตด้วยฟีนอฟทาลีนและการวัดค่าระดับความเป็นกรด-ด่าง โดยเครื่องวัด pH เมื่อบ่มตัวอย่างแหนมเห็ดเป็นระยะเวลาครบ 5 วัน นำแหนมเห็ดทั้งสองสูตรวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ ความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน เส้นใยอาหาร เถ้า และคาร์โบไฮเดรต (Buckee 1994; AOAC, 2000; ปรีดา ภูมี, 2555) เป็นต้น นอกจากนี้ประเมินคุณภาพทางกายภาพได้แก่ การวัดค่าสี (L*, a*, b*) โดยใช้เครื่องวัดสี และการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง Texture analyser โดยเปรียบเทียบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นระยะเวลาที่ใช้ในการหมักเพื่อเปรียบเทียบปัจจัยระหว่างการเติมเชื้อจุลินทรีย์และไม่มีการเติมเชื้อ โดยอ้างอิงจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแหนมเห็ด (วิธีการวิเคราะห์ดังแสดงในภาคผนวก)

1.7.3. ศึกษาและเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าโดยการใช้ข้าวมีสี

ศึกษาและเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าโดยการใช้ข้าวมีสี ได้แก่ ข้าวสังข์หยด ข้าวหอมนิล และข้าวไรซ์เบอรี่ เป็นต้น ในส่วนผสมแหนมเห็ด โดยการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design

ตารางที่ 1.1 อัตราส่วนแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ

Treatment	ข้าวสังข์หยด (%)	ข้าวหอมนิล (%)	ข้าวไรซ์เบอรี่ (%)
1	0	100	0
2	50	50	0
3	100	0	0
4	50	0	50
5	0	0	100
6	0	50	50
7	33.33	33.33	33.33
8 (สูตรดั้งเดิม)	0	0	0

หมายเหตุ : สูตรที่ 8 คือ สูตรดั้งเดิมใช้ข้าวขาว 100 เปอร์เซ็นต์ แทนข้าวมีสี

การทดลองเริ่มจากผลิตแหนมเห็ดจากข้าวมีสีสูตรต่าง ๆ จำนวน 7 สูตร และแหนมเห็ดสูตรดั้งเดิมจำนวน 1 สูตร โดยชั่งส่วนผสมตามอัตราส่วน หลังจากนั้นล้างเห็ดนางฟ้าให้สะอาดฉีกเห็ดเป็นเส้นเล็ก ๆ ลวกเห็ดในหม้อนึ่งหรือน้ำเดือดจนสุกใช้เวลาประมาณ 5 นาที ตักใส่ชามตั้งทิ้งไว้ให้เย็น ตักเห็ดใส่ในผ้าขาวบางและห่อ โดยพยายามคั้นน้ำออกจากเห็ดให้ได้มากที่สุด ใส่เห็ดในชามผสม เติมกระเทียม เกลือ และข้าวขาวสุกตามอัตราส่วน [ส่วนผสมดังนี้คือ เห็ดนางฟ้า 500 กรัม ข้าวขาวหรือข้าวมีสีหุงสุก 100 กรัม (อัตราส่วนตามสูตร Mixture design) กระเทียม 50 กรัม เกลือ 7.5 กรัม และพริกขี้หนูตามความเหมาะสม และทุกสูตรมีการเติมเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า-โยเกิร์ตรสธรรมชาติ 4 ช้อนโต๊ะ)] คลุกเคล้าให้ส่วนผสมเข้ากันดี ใส่พริกขี้หนูในถุงและอัดส่วนผสมลงในถุงพลาสติก และพยายามรีดอากาศออกให้หมด บ่มตัวอย่างแหนมเห็ดทั้งหมดไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน หลังจากนั้นตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ ทั้งทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และคุณค่าทางโภชนาการ

เก็บตัวอย่างแหนมเห็ดวันที่ 0 และ 5 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหาร PCA และปริมาณแบคทีเรียกรดแลกติกในอาหาร MRS โดยวิธี dilution plate count วิเคราะห์ปริมาณกรดแลกติกโดยวิธีการไตเตรตด้วยฟีนอฟทาลีน และการวัดค่าระดับความเป็นกรด-ด่างโดยเครื่องวัด pH หลังจากนั้นเมื่อบ่มตัวอย่างแหนมเห็ดเป็นระยะเวลาครบ 5 วัน นำแหนมเห็ดทั้งสองสูตรวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ ความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน เส้นใยอาหาร

เถ้า และปริมาณคาร์โบไฮเดรต (Buckee 1994; AOAC, 2000; ปรีดา ภูมี, 2555) เป็นต้น นอกจากนี้ประเมินคุณภาพทางกายภาพได้แก่ การวัดค่าสี (L*, a*, b*) โดยใช้เครื่องวัดสี และการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง Texture analyser โดยเปรียบเทียบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้น ระยะเวลาที่ใช้ในการหมัก เพื่อเปรียบเทียบปัจจัยระหว่างการเติมแหล่งคาร์บอนจากข้าวมีสีสูตรต่าง ๆ และสูตรต่าง ๆ โดยอ้างอิงจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแหนม (วิธีการวิเคราะห์ดังแสดงในภาคผนวก)

1.7.4.ตรวจสอบคุณสมบัติของสารที่มีประโยชน์จากผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดที่ผลิตได้

ผลิตแหนมเห็ดตามอัตราส่วนสูตรดั้งเดิมและอัตราส่วนข้าวมีสีทุกสูตรและหมักแหนมเห็ดเป็นเวลา 5 วัน หลังจากนั้นนำแหนมเห็ดมาวิเคราะห์ (วิธีการวิเคราะห์ต่าง ๆ แสดงในภาคผนวก) ได้แก่

- การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content) ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu

และการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน DPPH radical scavenging assay ดัดแปลงจาก Tangkanakul *et al*., (2006); Phanturat (2008); Sompong *et al*., (2011); Yingngam *et al*., (2014)

- การวิเคราะห์ปริมาณสีแอนโทไซยานิน ตามวิธีการของ Abdel-Aal and Huci (1999)
- การตรวจสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อก่อโรคชนิดต่าง ๆ ของแหนมเห็ดได้แก่ *Staphylococcus aureus* TISTR 1466, *Salmonella typhimurium* DMST 22842, *Bacillus subtilis* TISTR 1248, *Bacillus cereus* TISTR 1395 และ *Escherichia coli* TISTR 780 โดยใช้วิธี Well diffusion method ดัดแปลงจากวิธีการ Chandrasekhar *et al.* (2013)

1.7.5 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลิตแหนมเห็ดตามอัตราส่วนสูตรดั้งเดิมและอัตราส่วนข้าวมีสีทุกสูตรและหมักแหนมเห็ดเป็นเวลา 5 วัน จากนั้นนำแต่ละสูตรที่ได้มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ด้วยวิธีการทดสอบแบบให้คะแนนความชอบ (9 -Points Hedonic scale) ทั้งในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม นำผลมาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ (SPSS) แบบทดสอบชิมดังแสดงในภาคผนวก

1.7.6 ศึกษาการคาดคะเนอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์แหนมเห็ด

หลังจากคัดเลือกสูตรแหนมเห็ดที่ดีที่สุดทำการผลิตแหนมเห็ดตามอัตราส่วนและหมักแหนมเห็ดเป็นเวลา 5 วัน หลังจากนั้นนำแหนมเห็ดเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำการตรวจสอบอายุการเก็บแหนมเห็ดโดยทำการตรวจสอบแหนมเห็ดทุกๆ 1 สัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยวัดค่าทั้งทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ได้แก่ การวัดค่าสี (L*, a*, b*) โดยใช้เครื่องวัดสี, การหาปริมาณกรดแลกติกโดยวิธีการไตเตรตด้วยฟีนอฟทาลีน, การวัดค่าระดับความเป็นกรด-ด่าง โดยเครื่องวัด pH และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดแบคทีเรียกรดแลกติกทั้งหมด ยีสต์และรา และคอลิฟอร์มแบคทีเรีย (วิธีการวิเคราะห์ดังแสดงในภาคผนวก)

1.7.7 การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่กลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้าขุนทะเล

คณะผู้วิจัยดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีและผลที่ได้จากการทดลองให้กับเกษตรกรกลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพ ต.ขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช โดยดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้า เมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2561

1.8 แผนงานโครงการ

ตารางที่ 1.2 แผนงานที่เสนอในโครงการ

เดือนที่	ผลงานที่คาดว่าจะสำเร็จ
1 – 2	1. ได้ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เตรียมวัตถุดิบ และสารเคมีที่สั่งซื้อเรียบร้อยแล้ว 2. ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดสูตรดั้งเดิม 3. ผลการผลิตแหนมเห็ดสูตรต่างๆ โดยการแปรผันวัตถุดิบในส่วนผสม และผลการตรวจสอบคุณสมบัติต่างๆของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ ทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และคุณค่าทางโภชนาการ (บางส่วน) (เปรียบเทียบสูตรที่เติมเชื้อและไม่เติมเชื้อ) 4. ได้รายงานความก้าวหน้าระยะ 2 เดือน
3 – 6	1. ผลการผลิตแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ โดยการแปรผันวัตถุดิบในส่วนผสมและผลการตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ ทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และคุณค่าทางโภชนาการ (ครบถ้วน) (เปรียบเทียบสูตรที่เติมเชื้อและไม่เติมเชื้อ) 2. ผลการผลิตแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ โดยการแปรผันวัตถุดิบในส่วนผสมของข้าวมีสีและผลการตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ ทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และคุณค่าทางโภชนาการ (ครบถ้วน) (เปรียบเทียบอัตราส่วนข้าวมีสีชนิดต่าง ๆ) 3. ได้รายงานความก้าวหน้าระยะ 6 เดือน
7-12	1. ผลการตรวจสอบคุณสมบัติของสารที่มีประโยชน์จากผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดที่ผลิตจากข้าวมีสีชนิดต่าง ๆ เช่น ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด, ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น และการยับยั้งเชื้อก่อโรคของแหนมเห็ดเป็นต้น 2. ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมเห็ด 3. ทราบการคาดคะเนอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์แหนมเห็ด 4. เขียนผลการทดลอง วิจารณ์ผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง 5. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดที่ผสมข้าวมีสี ให้กับเกษตรกรผู้เพาะเห็ดนางฟ้า ต.ขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช 6. ได้เล่มรายงานฉบับสมบูรณ์

บทที่ 2

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

2.1 ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าสูตรดั้งเดิม

คณะผู้วิจัยดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าสูตรดั้งเดิมแก่เกษตรกรกลุ่มผู้เพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพ ต.ขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช เมื่อวันที่ 21 กรกฎาคม 2560 ณ กลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพ ต.ขุนทะเล ตามคำเชิญจากประธานกลุ่มที่ขอความอนุเคราะห์วิทยากรเพื่ออบรมการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าให้กับสมาชิกในกลุ่ม ซึ่งมีสมาชิกจากกลุ่มเข้าร่วมประมาณ 15 คน ดังแสดงในภาพที่ 2.1 และได้ผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดบรรจุกล่องดังภาพที่ 2.2

ภาพที่ 2.1 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ด วันที่ 21 กรกฎาคม 2560 ณ กลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพ ต.ขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช

ภาพที่ 2.2 ผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดที่ผลิตได้

เกษตรกรผู้เข้าอบรมเป็นสมาชิกจากกลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพ ซึ่งซื้อก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าจากกลุ่มเพื่อส่งขายดอกเห็ด ดังนั้นเกษตรกรจะมีวัตถุดิบคือเห็ดนางฟ้าเป็นต้นทุน ส่วนผสมในการผลิตแหนมเห็ดมีไม่กี่อย่างและเป็นวัตถุดิบที่มีติดบ้านแทบทุกครัวเรือน ประกอบกับขั้นตอนการผลิตแหนมเห็ดที่ไม่ยุ่งยาก เมื่อเกษตรกรได้รับความรู้พื้นฐานเรื่องการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าจากคณะผู้วิจัย ผู้เข้าอบรมสามารถนำความรู้ที่ได้ไปผลิตแหนมเห็ดเพื่อบริโภคในครัวเรือนและเพื่อส่งขาย ทำให้สามารถยืดอายุเห็ดนางฟ้าที่ส่งขายไม่หมดและเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์เห็ดนางฟ้าเป็นอาหารสุภาพที่มีมูลค่าเพิ่ม นอกจากนี้แหนมเห็ดยังสามารถนำไปประกอบอาหารได้หลายอย่าง เช่น ไข่เจียวแหนมเห็ด หมูทอดแหนมเห็ด และยำแหนมเห็ด เป็นต้น หลังจากนี้เมื่อคณะผู้วิจัยศึกษาการผลิตแหนมเห็ดด้วยข้าวมีสีชนิดต่าง ๆ แล้ว จะถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดให้กับเกษตรกรอีกครั้ง

ในหัวข้อที่ 2 เรื่องการศึกษาและเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าโดยการหมักโดยเชื้อธรรมชาติและเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า จากการดำเนินการทดลองครั้งแรกเพื่อเปรียบเทียบแหนมเห็ดสูตรดั้งเดิมและสูตรที่มีการเติมเชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ตทางการค้า พบว่าผลการทดลองที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันโดยเฉพาะเชื้อจุลินทรีย์ และระดับความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างกัน แต่จากการทดลองชิมแหนมเห็ดของคณะผู้วิจัย พบว่า แหนมเห็ดที่เติมโยเกิร์ตมีลักษณะกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าสูตรแหนมเห็ดที่ไม่เติมเชื้อ ดังนั้นจากคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิที่ระบุว่าควรจะมีความแตกต่างระหว่างแหนมเห็ดสูตรดั้งเดิมและสูตรที่มีการเติมเชื้อ ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าเชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ตที่เติมลงไปมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณเห็ดที่เติม ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงเปลี่ยนอัตราส่วนสูตรแหนมเห็ดใหม่ โดยเติมเชื้อเพิ่มขึ้นจากสูตรเดิมที่เติม 2 ช้อนโต๊ะ เป็น 4 ช้อนโต๊ะ ต่อสูตรเห็ดนางฟ้าแห้ง 500 กรัม ผลการทดลองที่แก้ไขใหม่ดังแสดงในตารางและภาพตามลำดับดังนี้

2.2 การศึกษาและเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าโดยการหมักโดยเชื้อธรรมชาติและเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า

การทดลองนี้ต้องการเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้า 2 สูตร โดยการหมักด้วยเชื้อธรรมชาติ (ไม่มีการเติมเชื้อ) และเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า (โยเกิร์ตรสธรรมชาติ) ว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ หลังจากนั้นตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ ทั้ง 2 สูตร โดยการวิเคราะห์ทาง เคมี จุลินทรีย์ กายภาพ และคุณค่าทางโภชนาการ ได้ผลการทดลองใหม่ดังแสดงในตารางและภาพตามลำดับดังนี้

ตารางที่ 2.1 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียกรดแลกติกของแหนมเห็ดสูตรเติมเชื้อและไม่เติมเชื้อ

วันที่เก็บตัวอย่าง (วัน)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเฉลี่ย (cfu/ml)		ปริมาณแบคทีเรียกรดแลกติกทั้งหมดเฉลี่ย (cfu/ml)	
	สูตรเติมเชื้อ	สูตรไม่เติมเชื้อ	สูตรเติมเชื้อ	สูตรไม่เติมเชื้อ
0	2.82×10^7	1.25×10^7	4.33×10^5	7.00×10^5
1	2.59×10^7	2.83×10^7	1.22×10^6	1.60×10^6
2	**1.04×10^8**	**1.64×10^8**	2.91×10^6	2.00×10^6
3	7.70×10^8	1.40×10^8	**1.33×10^7**	6.23×10^6
4	3.45×10^8	2.46×10^8	3.03×10^7	**2.70×10^7**
5	4.07×10^8	3.17×10^8	5.40×10^7	3.70×10^7

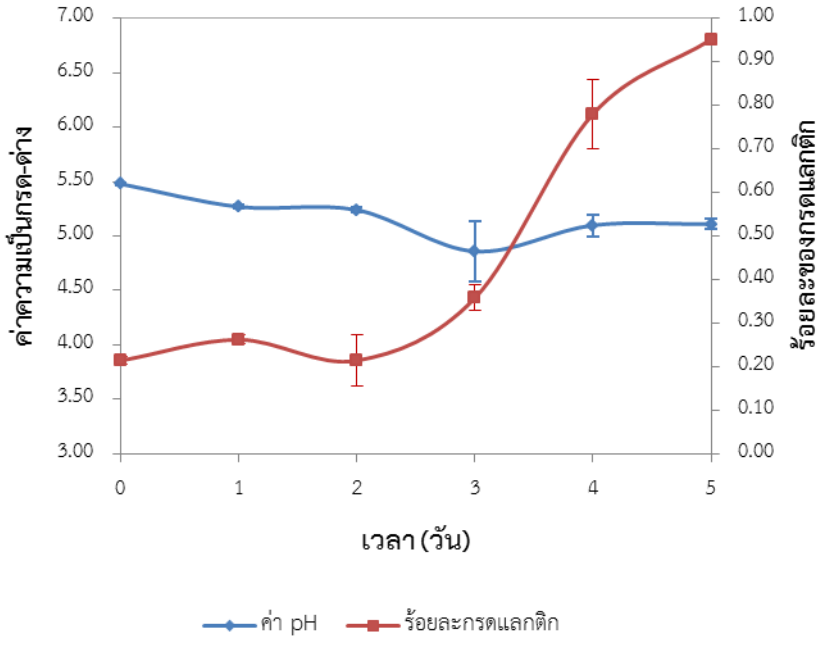
จากผลการทดลองพบว่าเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในแหนมเห็ดเจริญเติบโตได้ดีและเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว เมื่อเข้าสู่วันที่ 2 จุลินทรีย์มีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 10^7 เป็น 10^8 สูตรแหนมเห็ดที่เติมเชื้อมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงกว่าสูตรที่ไม่เติมเชื้อเล็กน้อย นอกจากนี้ปริมาณแบคทีเรียกรดแลกติกทั้งหมดเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและพบว่าแหนมเห็ดสูตรที่เติมเชื้อจุลินทรีย์มีเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นจาก 10^6 เป็น 10^7 ในวันที่ 3 ส่วนสูตรที่ไม่เติมเชื้อมีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นจาก 10^6 เป็น 10^7 ในวันที่ 4 ผลการทดลองสอดคล้องกับปริมาณความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดแลกติก ของทั้งตัวอย่างแหนมเห็ดสูตรเติมเชื้อและไม่เติมเชื้อ ซึ่งพบว่าค่าระดับความเป็นกรด-ด่างจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อหมักเป็นเวลา 3 วัน หลังจากวันที่ 3 ค่าระดับความเป็นกรด-ด่างมีแนวโน้มคงที่ สอดคล้องกับปริมาณกรดแลกติกที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อเปรียบเทียบสูตรที่เติมเชื้อและไม่เติมเชื้อพบว่า แหนมเห็ดสูตรที่เติมเชื้อมีปริมาณกรดแลกติกสูงกว่าและปริมาณกรด-ด่างต่ำกว่าสูตรที่ไม่เติมเชื้อ และสูตรที่ไม่เติมเชื้อมีปริมาณกรดแลกติกค่อนข้างต่ำและระดับความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 4.6 ซึ่งเป็นระดับความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุดของผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดชุมชน ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2.2

การทดลองของ Chockchaisawasdee *et al*. (2010) ผลิตแหนมเห็ดนางรมและแปรผันอัตราส่วนของเห็ดและข้าวชนิดต่าง ๆ ดังนี้ 10:90, 30:70, 50:50 70:30 และ 90:10 เมื่อตรวจสอบค่าระดับความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดแลกติกทุก 6 ชั่วโมง พบว่าสูตรแหนมเห็ดที่มีปริมาณของเห็ดนางรมสูงกว่าข้าว แบคทีเรียกรดแลกติกจะเจริญเติบโตและผลิตกรดแลกติกได้สูงกว่า สูตรที่มีเห็ดอัตราส่วนต่ำกว่า เนื่องจากเห็ดนางรม (76.96±0.65%) มีความชื้นสูงกว่าข้าว (68.82±1.05%) ซึ่งอาจจะเหมาะสมสำหรับ

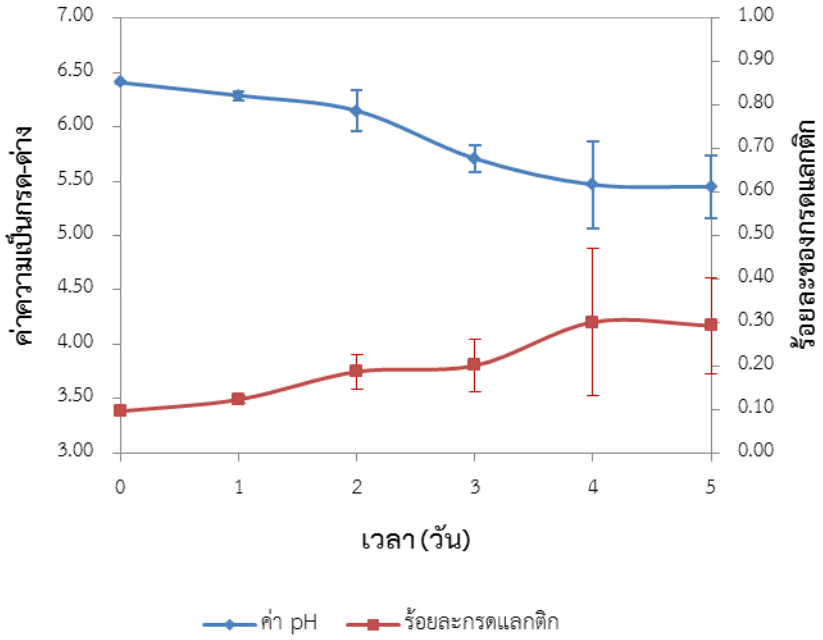
การเจริญเติบโตของแบคทีเรียกรดแลกติก ดังนั้นจากการทดลองสูตรที่เติมเชื้อโยเกิร์ตทางการค้ามีปริมาณของเหลวจากโยเกิร์ตซึ่งมีความชื้นสูงกว่าแหนมเห็ดสูตรดั้งเดิมที่ไม่มีการเติมเชื้อทำให้แบคทีเรียกรดแลกติกเจริญเติบโตและผลิตกรดได้สูงกว่าสูตรที่ไม่เติมเชื้อ

ตารางที่ 2.2 ปริมาณกรดแลกติกและค่าระดับความเป็นกรด-ด่างของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ

วันที่เก็บตัวอย่าง (วัน)	ปริมาณกรดแลกติก(เปอร์เซ็นต์)		ระดับความเป็นกรด-ด่าง	
	สูตรเติมเชื้อ	สูตรไม่เติมเชื้อ	สูตรเติมเชื้อ	สูตรไม่เติมเชื้อ
0	0.214±0.01	0.096±0.00	5.48±0.01	6.41±0.01
1	0.262±0.01	0.123±0.01	5.27±0.02	6.29±0.04
2	0.214±0.06	0.187±0.04	5.24±0.02	6.15±0.19
3	0.358±0.03	0.201±0.06	4.86±0.28	5.71±0.12
4	0.781±0.08	0.301±0.17	4.61±0.03	5.47±0.40
5	0.940±0.01	0.293±0.11	4.43±0.05	5.45±0.29



ภาพที่ 2.3 กราฟแสดงค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณกรดแลกติกของตัวอย่างแหนมเห็ดสูตรเติมเชื้อ



ภาพที่ 2.4 กราฟแสดงค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณกรดแลกติกของตัวอย่างแหนมเห็ดสูตรไม่เติมเชื้อ

นอกจากนี้เมื่อบ่มตัวอย่างแหนมเห็ดเป็นระยะเวลาครบ 5 วัน นำแหนมเห็ดทั้งสองสูตรวิเคราะห์ทางกายภาพและคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ ความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณคาร์โบไฮเดรต เส้นใยอาหาร และเถ้า ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2.3 และ 2.4

ตารางที่ 2.3 การวิเคราะห์ค่าสีและลักษณะเนื้อสัมผัสของแหนมเห็ดสูตรเติมเชื้อและสูตรที่ไม่เติมเชื้อ

สูตรที่	ค่าสี			ลักษณะเนื้อสัมผัส	
	L*	a*	b*	ความแน่นเนื้อ (g)	ความเหนียว (g.sec)
สูตรเติมเชื้อ	53.93±0.12	3.76±0.02	19.24±0.17	1469.24±195.08	5340.05±288.68
สูตรไม่เติมเชื้อ	53.21±0.71	4.40±0.14	22.27±0.49	635.98±67.31	3196.96±189.19

การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพด้านค่าสีและลักษณะเนื้อสัมผัสของแหนมเห็ด พบว่าแหนมเห็ดสูตรเติมเชื้อและสูตรที่ไม่เติมเชื้อมีค่าสีความสว่างที่ใกล้เคียงกันและไม่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อ

ทดสอบด้วย t-test ส่วนค่าสี a* พบว่าสูตรที่ไม่เติมเชื้อมีแนวโน้มสีค่อนไปทางสีแดง และเหลือง (เมื่อพิจารณาค่าสี b*) และค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อทดสอบด้วย t-test ส่วนการวิเคราะห์ทางกายภาพได้แก่ความแน่นเนื้อและความเหนียวพบว่า แหนมเห็ดสูตรเติมเชื้อมีความแน่นเนื้อและความเหนียวมากกว่าสูตรที่ไม่เติมเชื้อ และค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อทดสอบด้วย t-test และจากผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการพบว่า แหนมเห็ดสูตรที่เติมเชื้อมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าโดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และเยื่อใย นอกจากนี้ค่าความชื้น คาร์โบไฮเดรต และเยื่อใย มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อทดสอบด้วย t-test ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของแหนมเห็ดสูตรเติมเชื้อและไม่เติมเชื้อ

คุณค่าทางโภชนาการ	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	เถ้า (เปอร์เซ็นต์)	ไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	คาร์โบไฮเดรต (เปอร์เซ็นต์)	เยื่อใย (เปอร์เซ็นต์)
สูตรเติมเชื้อ	74.20±0.61	2.96±0.02	0.72±0.34	4.15±0.01	18.09±0.13	2.92±0.21
สูตรไม่เติมเชื้อ	76.75±0.15	2.42±0.29	0.42±0.12	4.10±0.04	16.13±0.25	2.03±0.34

โดยสรุปแหนมเห็ดสูตรที่เติมเชื้อมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียกรดแลกติกสูงกว่าและเจริญเติบโตได้เร็วกว่า ส่งผลให้ระดับความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่าและปริมาณกรดแลกติกสูงกว่าสูตรที่ไม่มีการเติมเชื้อ เมื่อพิจารณาคุณค่าทางโภชนาการพบว่าแหนมเห็ดสูตรที่เติมเชื้อมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าโดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และเยื่อใย โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัสเรื่องความแน่นเนื้อและความเหนียว พบว่าแหนมเห็ดสูตรที่เติมเชื้อมีคุณลักษณะทางกายภาพที่ดีกว่า ดังนั้นในการทดลองต่อไปจึงเลือกเติมเชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ตในการผลิตแหนมเห็ดเพื่อเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นในการผลิตแหนมเห็ดในการแปรผันแหล่งคาร์บอนจากข้าวมีสีสูตรต่าง ๆ เปรียบเทียบกับแหนมเห็ดสูตรดั้งเดิมที่เติมข้าวขาว

2.3 ศึกษาและเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าโดยการใช้ข้าวมีสีชนิดต่าง ๆ

การทดลองนี้ต้องการเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้า เพื่อเปรียบเทียบปัจจัยระหว่างการเติมแหล่งคาร์บอนจากข้าวมีสีสูตรต่าง ๆ โดยการใช้ข้าวมีสี ได้แก่ ข้าวสังข์หยด ข้าวหอมนิล และข้าวไรซ์เบอรี่ เป็นต้น ในส่วนผสมแหนมเห็ดข้าวสีสูตรต่าง ๆ โดยการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design และเปรียบเทียบแหนมเห็ดสูตรดั้งเดิมซึ่งใช้ข้าวขาวเป็นแหล่งคาร์บอน และมี

การเติมเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า (โยเกิร์ตรสธรรมชาติ) เพื่อต้องการเปรียบเทียบว่าแหล่งคาร์บอนที่เติมในการผลิตแหนมเห็ดว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ ตัวอย่างข้าวสี 3 ชนิดที่ใช้ในการทดลองดังแสดงในภาพที่ 2.5 และภาพแหนมเห็ดที่ผลิตจากข้าวมีสีสูตรต่าง ๆ และข้าวขาว ดังแสดงในภาพที่ 2.6

(A) (B) (C)

ภาพที่ 2.5 แสดงข้าวมีสีที่ใช้ในการทดลองผลิตแหนมเห็ดได้แก่ (A): ข้าวสังข์หยด (B): ข้าวหอมนิล และ

(C): ข้าวไรซ์เบอรี่

ภาพที่ 2.6 ผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดที่ผลิตได้ทั้งหมด 8 สูตร

หมายเหตุ: สูตรที่ 8 คือแหนมเห็ดสูตรดั้งเดิมใช้ข้าวขาว

หลังจากผลิตแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ เป็นเวลา 5 วัน จากนั้นตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ โดยการวิเคราะห์ทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งเก็บตัวอย่างแหนมเห็ดในวันที่ 0 และ 5 วัน เพื่อวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณแบคทีเรีย

กรดแลกติก โดยวิธี dilution plate count และวิเคราะห์ปริมาณกรดแลกติกโดยวิธีการไตเตรตด้วยฟีนอฟทาลีน และการวัดค่าระดับความเป็นกรด-ด่าง โดยเครื่องวัด pH ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2.5 ภาพที่ 2.7 และ ภาพที่ 2.8**ตารางที่ 2.5** ปริมาณกรดแลกติกและค่าระดับความเป็นกรด-ด่างของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ

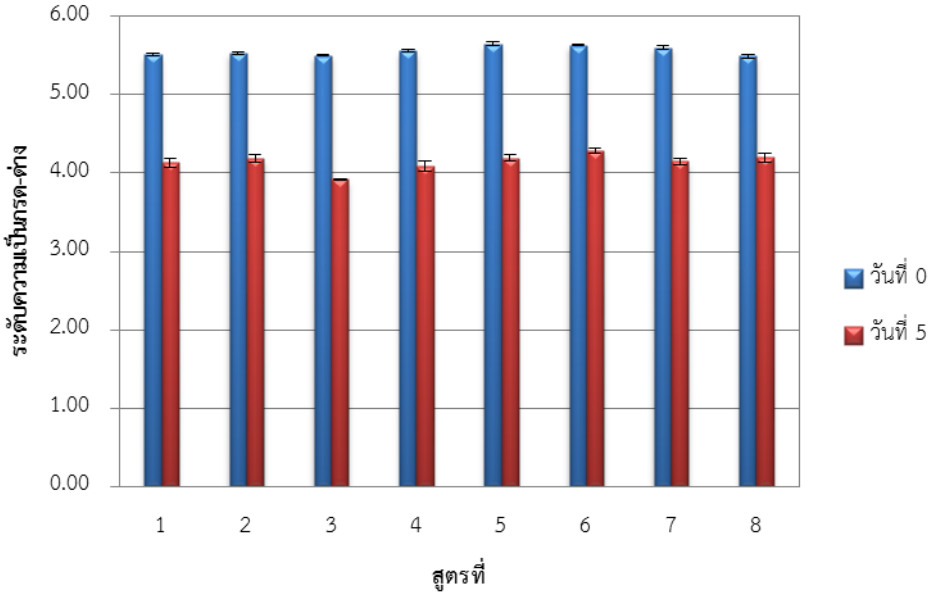
สูตรที่	ระดับความเป็นกรด-ด่าง	ระดับความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณกรดแลกติก (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณกรดแลกติก (เปอร์เซ็นต์)
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 0	วันที่ 5
1	5.51±0.02^{de}	4.13±0.06^{bc}	0.27±0.02^{ab}	1.30±0.11^{bc}
2	5.53±0.01^{d}	4.18±0.05^{b}	0.25±0.02^{b}	1.21±0.04^{c}
3	5.50±0.01^{de}	3.92±0.01^{d}	0.26±0.01^{b}	1.47±0.00^{a}
4	5.56±0.02^{c}	4.09±0.07^{c}	0.26±0.02^{b}	1.30±0.06^{bc}
5	5.65±0.03^{a}	4.19±0.04^{b}	0.25±0.05^{b}	1.24±0.09^{c}
6	5.63±0.01^{ab}	4.28±0.03^{a}	0.24±0.02^{b}	1.05±0.05^{d}
7	5.60±0.03^{b}	4.15±0.04^{bc}	0.31±0.02^{a}	1.39±0.09^{ab}
8	5.49±0.02^{e}	4.20±0.06^{b}	0.23±0.01^{b}	1.03±0.05^{d}

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b,... ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงว่าค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

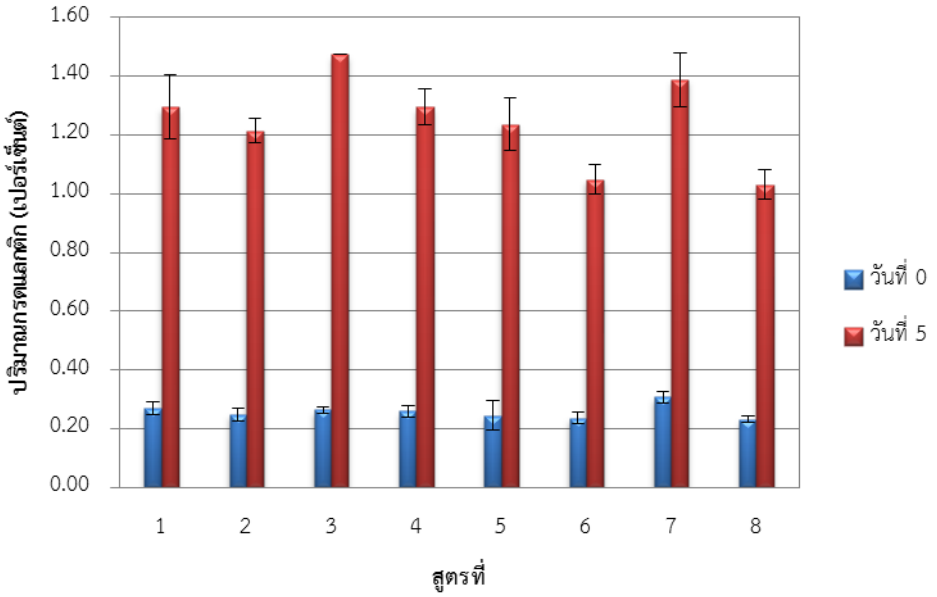
จากผลการทดลองวัดค่าระดับความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดแลกติกของตัวอย่างแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ พบว่าค่าระดับความเป็นกรด-ด่างจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อหมักเป็นเวลา 5 วัน และค่าความเป็นกรด-ด่างในแต่ละสูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และแหนมเห็ดทุกสูตรมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 4.3 นอกจากนี้แหนมเห็ดสูตรข้าวสีส่วนใหญ่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่าแหนมเห็ดสูตรข้าวขาว และแหนมเห็ดสูตรที่ 3 (ข้าวสังข์หยด 100%) ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างที่ได้มีผลสอดคล้องกับปริมาณกรดแลกติกและทุกสูตรมีปริมาณกรดแลกติกที่สูงกว่า 1 เปอร์เซ็นต์

การทดลองของ Chockchaisawasdee *et al*. (2010) ศึกษาการผลิตแหนมเห็ดจากเห็ดนางรมที่ผสมข้าวในอัตราส่วน 40-60 จากข้าวชนิดต่าง ๆได้แก่ ข้าวเหนียวขาว ข้าว

เหนียวดำ ข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้องหอมมะลิ ข้าวญี่ปุ่น และข้าวสาลี ผลการทดลองพบว่าการผลิตกรดแลกติกของแหนมเห็ดที่ผสมข้าวเหนียวดำ ข้าวกล้องหอมมะลิ และข้าวสาลี จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตช้าและผลิตกรดแลกติกในปริมาณต่ำ เนื่องจากข้าวทั้งสามชนิดยังมีรำข้าวเคลือบอยู่และมีองค์ประกอบของโพลีเซคคาไรด์เชิงซ้อน (complex polysaccharides) ส่งผลแบคทีเรียกรดแลกติกใช้แหล่งคาร์บอนจากข้าวทั้งสามชนิดได้ยากกว่าข้าวขาวหอมมะลิ ข้าวเหนียวขาว และข้าวญี่ปุ่น



ภาพที่ 2.7 กราฟแท่งเปรียบเทียบระดับความเป็นกรด-ด่าง วันที่ 0 และ 5 ของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ



ภาพที่ 2.8 กราฟแท่งเปรียบเทียบปริมาณกรดแลกติก วันที่ 0 และ 5 และของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ

ตารางที่ 2.6 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียกรดแลกติกของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ

สูตรที่	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/ml) (วันที่ 0)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/ml) (วันที่ 5)	ปริมาณแบคทีเรียแลกติก (cfu/ml) (วันที่ 0)	ปริมาณแบคทีเรียแลกติก (cfu/ml) (วันที่ 5)
1	2.11×10^7	3.63×10^8	1.18×10^6	3.30×10^8
2	1.99×10^7	3.27×10^8	2.00×10^5	2.79×10^8
3	1.87×10^7	8.93×10^8	4.07×10^5	9.13×10^8
4	1.62×10^7	6.35×10^8	2.83×10^5	5.20×10^8
5	2.55×10^7	4.30×10^8	1.19×10^6	4.13×10^8
6	1.51×10^7	5.43×10^8	8.73×10^5	4.83×10^8
7	1.91×10^7	1.88×10^8	4.90×10^5	2.28×10^8
8	1.17×10^7	**1.29×10^8**	1.53×10^5	**1.39×10^8**

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียกรดแลกติกของแหนมเห็ดข้าวสีสูตรที่ 1 ถึง 7 มีแนวโน้มเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียกรดแลกติกสูงกว่าสูตรดั้งเดิม (ข้าวขาว) และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียกรดแลกติกมีปริมาณใกล้เคียงกัน หลังจากนั้นเมื่อบ่มตัวอย่างแหนมเห็ดเป็นระยะเวลาครบ 5 วัน นำแหนมเห็ดทุกสูตร ประเมินคุณภาพทางกายภาพได้แก่ การวัดค่าสี (L*, a*, b*) โดยใช้เครื่องวัดสี และการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง Texture analyser ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2.7

การทดลองการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าจากข้าวเหนียวดำ และดอกโสน พบว่าเมื่อหมักที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน มีค่าระดับความเป็นกรด-ด่างลดลงจาก 6.05 เป็น 3.91 และกรดแลกติกเพิ่มขึ้นจาก 0.23±0.01 เป็น 0.80±0.02 และมีปริมาณแบคทีเรียเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้นมากกว่า $>300 \times 10^3$ เป็น $>300 \times 10^8$ cfu/g ในขณะที่แบคทีเรียกรดแลกติกมีปริมาณสูงที่สุดในวันที่ 2 มีค่าเท่ากับ 179×10^8 cfu/g หลังจากนั้นมีค่าลดลงเป็น $>300 \times 10^8$ cfu/g ในวันที่ 3 นิษฐกานต์ ประดิษฐ์ศรีกุล และคณะ (2559) แหนมเห็ดจากการทดลองมีค่าระดับความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่าเพราะหมักเป็นเวลานานกว่า และเชื้อจุลินทรีย์มีปริมาณน้อยกว่าถึงแม้จะหมักเป็นเวลา 5 วัน เพราะสูตรแหนมเห็ดของนิษฐกานต์ ประดิษฐ์ศรีกุล และคณะ (2559) มีการเติมน้ำตาลทรายร้อยละ 0.5 ทำให้จุลินทรีย์เจริญได้ดีกว่าและสร้างกรดได้สูงกว่า นอกจากนี้ในการหมักวันที่ 3 แหนมเห็ดมีปริมาณยีสต์ $>300 \times 10^6$ และรา <10 cfu/g

ส่วนการทดลองของนงลักษณ์ สายเทพ (2546) พัฒนาการผลิตแหนมเห็ดจากเห็ดนางรม ซึ่งประกอบด้วยเห็ดนางรม 1 กิโลกรัม กระเทียม 40 กรัม เกลือป่น 10 กรัม และข้าวเหนียวนึ่ง 20 กรัม หมักที่อุณหภูมิ 30-32 องศาเซลเซียส นาน 3 วัน มีค่าระดับความเป็นกรด-ด่างลดลงจาก 6.20-4.55 และปริมาณกรดแลกติกเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.11 เป็น 0.57 ในขณะที่จุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียกรดแลกติกเพิ่มขึ้นจาก $1.40x10^3$ cfu/g เป็น $6.0x10^7$ cfu/g และจาก $1.34x10^2$ cfu/g เป็น $9.1x10^8$ cfu/g ตามลำดับ แหนมเห็ดจากการทดลองมีค่าระดับความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่าและปริมาณกรดสูงกว่าการทดลองของ นงลักษณ์ สายเทพ (2546) เนื่องจากใช้ระยะเวลาการหมักนานกว่าและจากการทดลองใช้ข้าวสีชนิดต่าง ๆ เป็นแหล่งคาร์บอนที่จุลินทรีย์นำไปใช้ได้ง่ายกว่าข้าวเหนียวที่มีพันธะที่แข็งแรงกว่า

ตารางที่ 2.7 การวิเคราะห์ค่าสีและลักษณะเนื้อสัมผัสของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ

สูตรที่	ค่าสี			ลักษณะเนื้อสัมผัส	
	L*	a*	b*	ความแน่นเนื้อ (g)	ความเหนียว (g.sec)
1	47.80±2.27^{d}	5.48±0.21^{cd}	10.39±1.62^{e}	2684.42±75.79^{de}	14702.15±3342.11^{b}
2	56.10±1.10^{c}	4.80±0.18^{ef}	14.22±0.56^{c}	2800.15±153.30^{d}	16097.82±505.82^{b}
3	58.36±1.17^{b}	4.33±0.40^{f}	15.80±0.61^{b}	4392.67±80.53^{b}	20889.43±1738.32^{a}
4	49.10±0.16^{d}	5.92±0.39^{bc}	10.42±0.40^{e}	4527.54±108.10^{b}	21870.56±3280.35^{a}
5	40.31±0.10^{f}	6.99±0.08^{a}	7.54±0.15^{f}	3202.88±132.78^{c}	16463.45±1715.86^{b}
6	45.29±0.53^{e}	6.07±0.09^{b}	9.75±0.11^{e}	3195.74±139.36^{c}	15559.30±1404.70^{b}
7	47.44±0.34^{d}	5.14±0.54^{de}	12.29±0.81^{d}	2539.89±44.09^{e}	14929.18±601.29^{b}
8	**60.61±0.39^{a}**	**2.37±0.00^{g}**	17.35±0.40^{a}	**5056.97±101.23^{a}**	**22921.95±1309.23^{a}**

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b,... ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงว่าค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากผลการทดลองการวัดค่าสีเมื่อพิจารณาค่าสี L* ของตัวอย่างแหนมเห็ดในแต่ละสูตรพบว่า แหนมเห็ดสูตรดั้งเดิมมีค่าสีค่อนไปทางสีสว่าง (ค่าสี L* เท่ากับ 60.61±0.39) มากกว่าแหนมเห็ดข้าวสี ส่วนค่าสี a* พบว่าแหนมเห็ดข้าวสีมีสีค่อนไปทางสีแดงมากกว่าแหนมเห็ดข้าวขาว และแหนมเห็ดข้าวขาวมีค่าสีค่อนไปทางสีเหลืองมากกว่าแหนมเห็ดข้าวสีเพื่อพิจารณาจากค่าสี b* และค่าที่ได้มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ผลการทดลองสอดคล้องกับการทดลองของ Chockchaisawasdee *et al*. (2010) ซึ่งพบว่าแหนมเห็ดนางรมที่ผสมข้าวสี เช่น ข้าวกล้อง ข้าวเหนียวดำจะมีค่าสี L* ความสว่างต่ำกว่า สูตรแหนมเห็ดที่ผสมข้าวหอมมะลิสีขาว

ส่วนการวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่า เมื่อวัดค่าความแน่นเนื้อและความเหนียวของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ มีแนวโน้มว่าแหนมเห็ดข้าวขาวมีความแน่นเนื้อและความเหนียวมากกว่าสูตรอื่น และค่าที่ได้มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากแหนมเห็ดข้าวสีจะมีเม็ดข้าวที่แข็งและไม่จับกันเป็นก้อนแตกต่างจากข้าวขาวซึ่งมีเมล็ดข้าวนุ่มและจับกันเป็นก้อนดีกว่าแหนมเห็ดสูตรข้าวสี แหนมเห็ดนางรมที่ผสมข้าวในอัตราส่วนต่าง ๆ มีค่าสี L* อยู่ในช่วง 53.31-61.24 ค่าสี a* อยู่ในช่วง 2.70-3.22 ส่วนค่าสี b* อยู่ในช่วง 15.74-19.21 แหนมเห็ดที่ผสมอัตราส่วนของข้าวสูงกว่าเห็ดนางรมจะมีค่าสี L* สูงกว่าสูตรที่มีอัตราส่วนของข้าวต่ำกว่า นอกจากนี้แหนมเห็ดข้าวเหนียวดำมีสีเข้มมาก (ค่าสี L* เท่ากับ 18.79±0.66 และค่าสี b* เท่ากับ 1.36±0.36) ทำให้ได้คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านสีต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแหนมเห็ดข้าวเหนียวขาว ข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้อง ข้าวญี่ปุ่น และข้าวสาลีดังนั้นชนิดของข้าวสีชนิดต่าง ๆ จะมีอิทธิพลอย่างมากต่อผลิตภัณฑ์สุดท้ายโดยเฉพาะค่าสี L* และค่าสี b*) (Chockchaisawasdee *et al*., 2010) ส่วนผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการได้แก่ ความชื้น ปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ปริมาณไขมัน เส้นใยอาหาร และเถ้า เป็นต้น ของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 คุณค่าทางโภชนาการของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ

สูตรที่	คุณค่าทางโภชนาการ					
	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	เถ้า (เปอร์เซ็นต์)	ไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	คาร์โบไฮเดรต (เปอร์เซ็นต์)	เยื่อใย (เปอร์เซ็นต์)
1	74.27±1.12^{bcd}	2.32±0.01^{c}	0.06±0.03^{cd}	**4.36±0.20^{a}**	**19.63±0.70^{ab}**	**2.83±1.29^{abc}**
2	72.33±1.10^{cd}	2.27±0.00^{d}	0.04±0.02^{d}	**4.24±0.02^{ab}**	**20.83±1.43^{a}**	**3.14±0.86^{ab}**
3	72.07±2.30^{d}	2.38±0.00^{b}	0.07±0.04^{cd}	**4.41±0.01^{a}**	**21.16±3.29^{a}**	**3.36±0.09^{a}**
4	72.67±1.6	2.28±0.	0.07±0.0	**4.35±0.0**	**19.71±0.0**	**2.82±0.2**

	2^{cd}	01^{d}	2^{cd}	**6^{a}**	**7^{ab}**	**7^{abc}**
5	75.93±0.55^{ab}	2.10±0.00^{ef}	0.11±0.02^{abc}	**3.86±0.02^{cd}**	18.13±0.75^{abc}	1.74±0.18^{c}
6	77.13±1.24^{a}	2.09±0.01^{f}	0.08±0.02^{bcd}	**4.04±0.13^{bc}**	15.93±0.16^{c}	**2.37±0.43^{abc}**
7	76.67±0.55^{ab}	2.40±0.00^{a}	0.15±0.03^{a}	**4.10±0.05^{b}**	16.94±0.45^{bc}	1.99±0.49^{bc}
8	74.60±0.95^{bc}	**2.11±0.01^{e}**	**0.13±0.02^{ab}**	3.75±0.07^{d}	19.15±1.26^{abc}	2.26±0.07^{abc}

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b,... ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงว่าค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากผลการทดลองวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ พบว่าแหนมเห็ดสูตรข้าวขาวมีปริมาณเถ้าต่ำที่สุด และมีปริมาณไขมันสูงกว่าแหนมเห็ดข้าวสี ส่วนแหนมเห็ดสูตรข้าวสีส่วนใหญ่มีปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และเยื่อใย สูงกว่าแหนมเห็ดข้าวขาว และค่าที่ได้มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ปริมาณโปรตีนมีค่าสอดคล้องกับปริมาณโปรตีนของแหนมเห็ดนางรม (4.75±0.19) แต่ความชื้นสูงกว่าและคาร์โบไฮเดรตมีค่าต่ำกว่า เนื่องจากแหนมเห็ดนางรมผสมข้าวในอัตราส่วนที่สูงกว่า (Chockchaisawasdee *et al*., 2010) จากผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโต ลักษณะทางกายภาพ เคมี และคุณค่าทางโภชนาการของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ ระหว่างแหนมเห็ดข้าวมีสีและแหนมเห็ดข้าวขาว พบว่าแหนมเห็ดที่ทำจากข้าวมีสีชนิดต่าง ๆ มีคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ที่ดีกว่าแหนมเห็ดข้าวขาว แต่คณะผู้วิจัยยังไม่สรุปผลว่าแหนมเห็ดข้าวสีสูตรใดที่ดีที่สุด เนื่องจากรอผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและคุณประโยชน์ของแหนมเห็ดข้าวสีเพื่อประกอบการพิจารณาคัดเลือกสูตรแหนมเห็ดที่ดีที่สุด

2.4 คุณค่าและคุณประโยชน์ของแหนมเห็ดด้านต่าง ๆ

2.4.1 การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่น DPPH radical scavenging assay และปริมาณแอนโทไซยานิน

เนื่องจากส่วนผสมในสูตรแหนมเห็ดมีส่วนผสมของข้าวมีสีชนิดต่าง ๆ ในอัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์ ต่อแหนมเห็ด 100 กิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) และข้าวสีชนิดต่าง ๆ ประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณสูง ดังนั้นผู้วิจัยต้องการทราบว่าในผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดนางฟ้าที่ผสมข้าวสีในอัตราส่วนต่าง ๆ จะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น และแอนโทไซยานินปริมาณเท่าใด ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2.9 และภาพที่ 2.9 และ 2.10 จากผลการทดลองพบว่าแหนมเห็ดที่ผลิตจากข้าวมีสีมีสารประกอบฟีนอลิก ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น และแอนโทไซยานิน สูงกว่าแหนมเห็ดข้าวขาว นอกจากนี้แหนมเห็ดสูตรที่ 5 ซึ่งประกอบด้วยข้าวไรซ์เบอรี่

100 เปอร์เซ็นต์และแหนมเห็ดสูตรที่ 6 ซึ่งประกอบด้วยข้าวไรซ์เบอรี่และข้าวหอมนิล อัตราส่วน 1:1 มีสารประกอบฟีนอลิก ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น และแอนโทไซยานินสูงที่สุดตามลำดับ

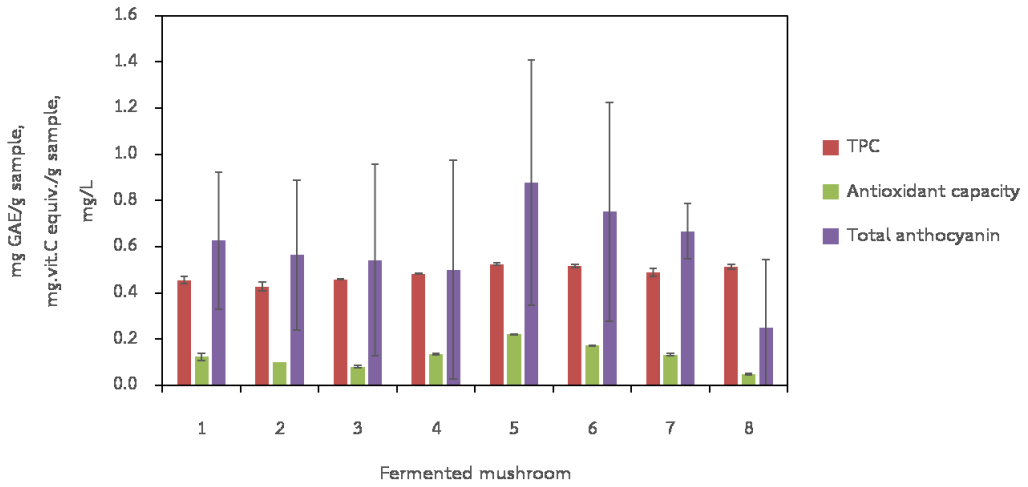
สารสีแอนโทไซยานินที่พบในผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดจากการทดลองมีค่าไม่สูงมาก เนื่องจากผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดมีข้าวสีเป็นส่วนผสม 20 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์สารสีแอนโทไซยานินในผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดมีค่าอยู่ในช่วง 0.251-0.877 และมีค่ามากที่สุดในแหนมเห็ดข้าวไรซ์เบอรี่และต่ำที่สุดในแหนมเห็ดข้าวขาว ค่าสีแอนโทไซยานินมีค่าต่ำเนื่องจากผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดมีส่วนผสมอย่างอื่นเป็นองค์ประกอบด้วย แตกต่างจากการผลิตแป้งข้าวหมากจากข้าวสังข์หยดที่พบว่าสารสีแอนโทไซยานินในแป้งข้าวหมากข้าวสังข์หยดมีปริมาณแอนโทไซยานิน 11.34±2.42 (mg/g. wet weight) และมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH 51.98±7.72 เปอร์เซ็นต์ (อุไรวรรณ และคณะ 2556) ปริมาณสีแอนโทไซยานินจะมีส่งผลต่อความเข้มของสีในข้าว เพราะเป็นรงควัตถุที่มีสีแดงถึงสีม่วง และพบในบริเวณเนื้อเยื่อชั้นนอกและเนื้อเยื่อชั้นใน (Abdel-Aal *et al*., 2006) ข้าวที่มีสารสีแอนโทไซยานินน้อยจะมีสีแดงอ่อนส่วนข้าวที่มีปริมาณแอนโทไซยานินมากจะมีสีเข้ม อย่างไรก็ตามข้าวบางชนิดในกลุ่มข้าวสีแดงมีปริมาณฟีนอลิกใกล้เคียงกัน แต่มีปริมาณแอนโทไซยานินต่ำกว่ามาก เนื่องจากข้าวบางกลุ่มมีแอนโทไซยานินเป็นองค์ประกอบ แต่อาจจะไม่ใช่องค์ประกอบที่สำคัญของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่พบในข้าวกลุ่มนั้นนอกจากนี้สารสีแดง เช่น ข้าวที่มีสีแดงจะประกอบด้วย acetylated procyanidin ซึ่งเป็นสารแอนโทไซยานินที่มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากสารแอนโทไซยานินเป็นสารธรรมชาติที่อยู่ในกลุ่มของ ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) (Hu *et al*., 2003) การทดลองของ Suttajit *et al*., (2006) พบว่าข้าวกล้องสีดำและแดงมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าข้าวกล้องสีข้าว และประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระขึ้นอยู่กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในเมล็ดข้าว และสารสีแอนโทไซยานิน

ตารางที่ 2.9 ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน DPPH radical scavenging assayและ Antioxidant capacity ของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ

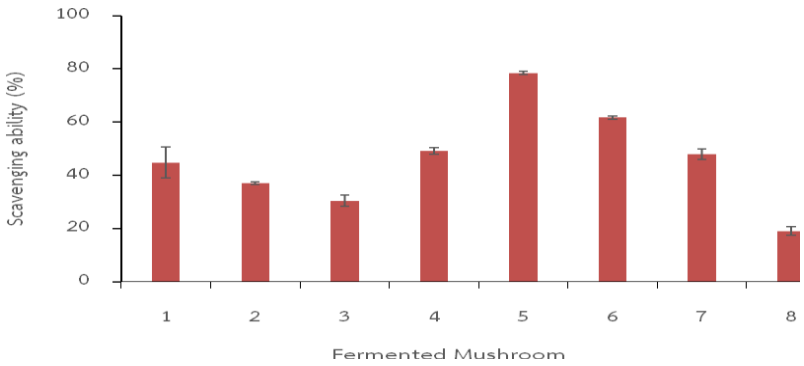
สูตรที่	Total phenolic content (mgGAE/g sample)	Scavenging ability (%)	Antioxidant capacity (mg Vit. C equiv./g sample)	Anthocyanin (mg/Liter)
1	0.455 ± 0.016^{c}	44.88 ± 5.80^{c}	0.123 ± 0.017^{c}	0.626±0.30^{ab}
2	0.427 ±	37.06 ±	0.100 ±	0.564±0.32^{ab}

	0.019^{d}	0.43^{d}	0.001^{d}	
3	0.458 ± 0.002^{c}	30.53 ± 2.20^{e}	0.081 ± 0.006^{e}	0.543±0.41^{ab}
4	0.482 ± 0.002^{b}	49.24 ± 1.17^{c}	0.136 ± 0.003^{c}	0.501±0.47^{ab}
5	0.525 ± 0.005^{a}	78.43 ± 0.61^{a}	0.221 ± 0.002^{a}	0.877±0.53^{a}
6	0.515 ± 0.007^{a}	61.70 ± 0.52^{b}	0.173 ± 0.002^{b}	0.751±0.47^{ab}
7	0.488 ± 0.018^{b}	47.95 ± 1.88^{c}	0.132 ± 0.005^{c}	0.668±0.12^{ab}
8	0.514 ± 0.010^{a}	19.15 ± 1.59^{f}	0.048 ± 0.005^{f}	0.251±0.29^{b}

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b,... ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงว่าค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



ภาพที่ 2.9 ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน DPPH radical scavenging assay และ Antioxidant capacity ของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ



ภาพที่ 2.10 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ

2.4.2 การสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อก่อโรคชนิดต่าง ๆ ของแหนมเห็ด

ผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากแบคทีเรียกรดแลกติกเจริญเติบโตและสร้างกรดแลกติก และแบคทีเรียกรดแลกติกบางสายพันธุ์ซึ่งถูกคัดแยกจากแหนมเห็ดมีคุณสมบัติเป็นโพรไบโอติกที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อก่อโรคบางชนิดได้ ดังนั้นผู้วิจัยต้องการทราบว่าผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดในแต่ละสูตรมีความสามารถยับยั้งเชื้อก่อโรคชนิดต่าง ๆ ได้หรือไม่ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 2.10 และ ภาพที่ 2.11

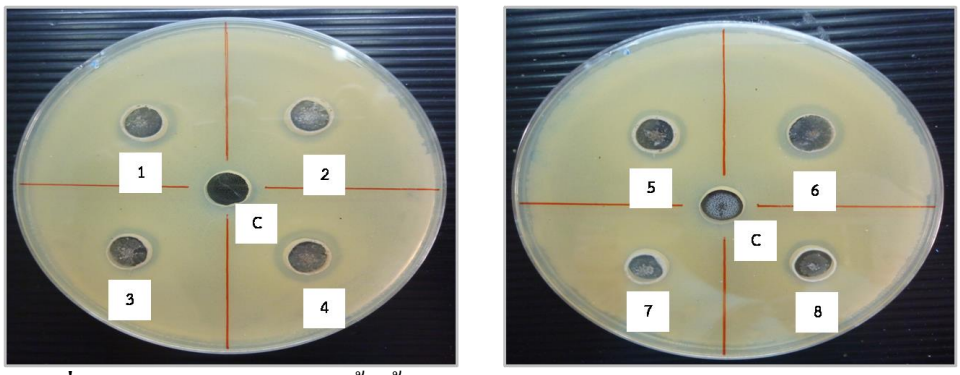
ตารางที่ 2.10 ระดับความเป็นกรด-ด่างและการยับยั้งเชื้อก่อโรคของผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ

สูตรที่	ระดับความเป็นกรด-ด่าง	ความกว้างของโซนใส (เซนติเมตร)				
		S. aureus	*S. typhi*	*B. subtilis*	*B. cereus*	*E.coli*
1	4.22	1.17	1.30	1.10	ND	ND
2	4.24	1.20	1.25	1.12	ND	ND
3	4.22	1.15	1.17	1.15	ND	ND
4	4.22	1.22	1.35	1.30	ND	ND
5	4.30	1.20	1.15	1.20	ND	ND
6	4.21	1.30	1.20	1.25	ND	ND
7	4.20	1.05	ND	1.05	ND	ND
8	4.27	1.07	ND	1.10	ND	ND

หมายเหตุ: cork borer มีขนาด 1.0 เซนติเมตร, ND คือ ไม่เกิดการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์

ผลการทดลองพบว่าแหนมเห็ดทั้ง 8 สูตรมีความสามารถยับยั้งเชื้อก่อโรคได้แตกต่างกัน และแหนมเห็ดทั้ง 8 สูตรไม่สามารถยับยั้ง *Bacillus cereus* TISTR 1395 และ *Escherichia coli* TISTR 780 เมื่อทดลองซ้ำอีกครั้งพบว่าแหนมเห็ดทุกสูตรสามารถ

ยับยั้งได้เฉพาะ *B. cereus* ดังนั้นผลการยับยั้งเชื้อก่อโรคชนิดต่าง ๆ ของแหนมเห็ดจะขึ้นอยู่กับการผลิตแหนมเห็ดในแต่ละครั้ง เนื่องจากปริมาณจุลินทรีย์แบคทีเรียกรดแลกติกที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ สารที่จุลินทรีย์ผลิตขึ้น เช่น ปริมาณกรดแลกติก เป็นต้น ที่มีผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่น (Axelsson, 1993) และแบคทีเรียกรดแลกติกบางสายพันธุ์ยังมีคุณสมบัติของโพรไบโอติกที่สามารถยับยั้งเชื้อก่อโรคได้ นอกจากนี้แบคทีเรียกรดแลกติกหลายสายพันธุ์ที่แยกจากอาหารหมักดองยังสามารถผลิตแบคเทอริโอซินที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อก่อโรคได้ (Leelavatcharamas *et al*., 2011) แบคทีเรียกรดแลกติกที่ผลิตแบคเทอริโอซินที่คัดแยกได้จากอาหารหมักชนิดต่าง ๆ ได้แก่ แบคทีเรียกรดแลกติกสายพันธุ์ *Lactococcus lactis, Lactobacillus plantarum, Enterococcus durans*, *Lactobacillus amylolyticus* และ *Lactobacillus oris* เป็นต้น (Grosu-Tudor *et al*., 2014) ชนิดของแบคเทอริโอซินที่ผลิตโดยแบคทีเรียกรดแลกติกได้แก่ Nisin ผลิตโดย *Lactococcus lactis* subsp (*Streptococcus lactis*), Plantaricin W α และ Plantaricin 1.25 β ผลิตโดย *Lactobacillus plantarum* และ Acidocin J1132 β ผลิตโดย Lactobacillus acidophilus (Toomula *et al*., 2011)



ภาพที่ 2.11 ตัวอย่างการยับยั้งเชื้อก่อโรค *Bacillus cereus* TISTR 1395 ของผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ

2.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลิตแหนมเห็ดตามอัตราส่วนสูตรดั้งเดิมและอัตราส่วนข้าวมีสีทุกสูตร หมักแหนมเห็ดเป็นเวลา 5 วัน จากนั้นนำแหนมเห็ดแต่ละสูตรประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ด้วยวิธีการทดสอบแบบให้คะแนนความชอบ (9 -Points Hedonic scale) ทั้งในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ

สูตรที่	คุณลักษณะในการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
1	6.55±1.24^{a}	6.35±1.10^{ns}	6.20±1.00^{b}	6.27±1.27^{a}^{b}	6.70±10.8^{ab}
2	6.43±1.18^{a}	6.10±1.28^{ns}	6.35±0.99^{ab}	6.17±1.12^{a}^{bc}	6.72±1.10^{a}
3	6.32±1.05^{a}	6.27±1.15^{ns}	6.08±1.03^{b}	6.12±0.98^{a}^{bc}	6.42±0.87^{ab}
4	6.42±1.07^{a}	6.37±1.07^{ns}	6.40±1.18^{ab}	6.33±1.05^{a}^{b}	6.50±0.91^{ab}
5	6.43±1.01^{a}	6.45±0.99^{ns}	6.65±1.05^{a}	6.50±1.09^{a}	6.77±0.73^{a}
6	6.53±0.80^{a}	6.32±0.84^{ns}	6.67±0.69^{a}	6.42±0.88^{a}^{b}	6.57±0.61^{ab}
7	6.45±1.13^{a}	6.05±1.14^{ns}	6.02±0.99^{b}	6.05±0.93^{b}^{c}	6.33±0.66^{b}
8	5.42±1.36^{b}	6.22±1.13^{ns}	6.25±0.68^{ab}	5.88±0.85^{c}	6.42±0.73^{ab}

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b,... ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงว่าค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนตัวอักษร ns แสดงว่าค่าเฉลี่ยของข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ของแหนมเห็ด พบว่าสีของแหนมเห็ดจากข้าวสีทุกสูตรมีคะแนนสูงกว่าแหนมเห็ดข้าวขาว และมีค่าเฉลี่ยของข้อมูลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่กลิ่นของแหนมเห็ดทุกสูตรค่าเฉลี่ยของข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อพิจารณาในภาพรวมพบว่า แหนมเห็ดสูตรที่ 5 ซึ่งประกอบด้วยข้าวไรซ์เบอรี่ 100 เปอร์เซ็นต์ มีคะนนทางประสาทสัมผัสเรื่องสีและรสชาติอยู่ในกลุ่มที่มีคะแนนสูง และมีคะแนนด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบรวมสูงที่สุด ประกอบกับการทดลองเรื่องคุณค่าและคุณประโยชน์ของแหนมเห็ดด้านต่าง ๆ จากการทดลองก่อนหน้านี้พบว่าแหนมเห็ดสูตรที่ 5 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และมีค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด และยังมี

ความสามารถในการยับยั้งเชื้อก่อโรคชนิดต่าง ๆ ได้ ดังนั้นจากเหตุผลประกอบกันจึงเลือกเฉพาะแหนมเห็ดสูตรที่ 5 (ข้าวไรซ์เบอรี่ 100 เปอร์เซ็นต์) เพื่อศึกษาอายุการเก็บของแหนมเห็ดต่อไป

แหนมเห็ดนางรมที่ผสมข้าวในอัตราส่วน 40:60 มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทั้งในด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะปรากฏ ความแน่นเนื้อ และความชอบรวม สูงกว่า แหนมเห็ดนางรมที่ผสมข้าวในอัตราส่วน 50:50 และ 60:40 และแหนมเห็ดนางรมที่ผสมข้าวเหนียวขาวมีคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความแน่นเนื้อ ลักษณะปรากฏ และความชอบรวมสูงที่สุด ในขณะที่แหนมเห็ดข้าวเหนียวดำมีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีต่ำที่สุด สีของแหนมเห็ดข้าวเหนียวดำมีสีเข้มมาก (Chockchaisawasdee *et al*., 2010) การทดลองของนิษฐ กานต์ ประดิษฐ์ศรีกุล และคณะ (2559) พบว่าเมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสแหนมเห็ดนางฟ้าที่ประกอบด้วยเห็ดนางฟ้า ข้าวเหนียวดำ และดอกโสน พบว่าแหนมเห็ดนางฟ้าที่มีอัตราส่วนของเห็ดนางฟ้า:ข้าวเหนียวดำ:ดอกโสนเท่ากับ 40:25:35 ผู้บริโภคให้คะแนนเฉลี่ยด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมสูงที่สุด

2.6 อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์แหนมเห็ด

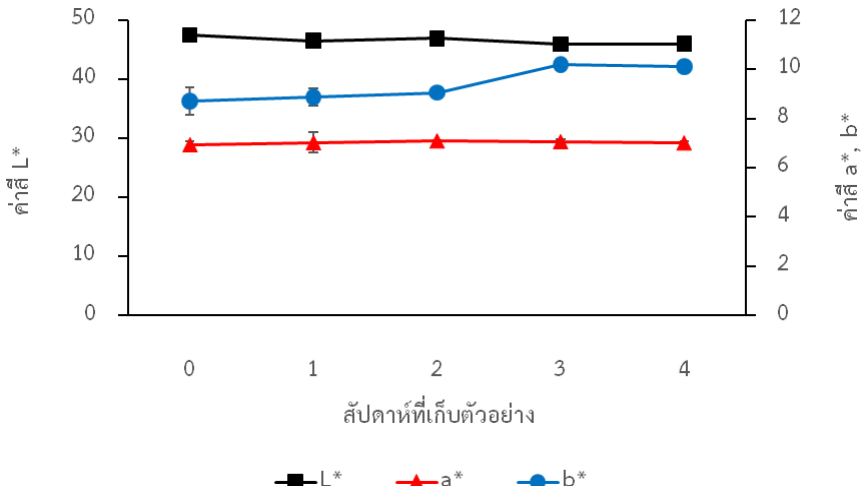
หลังจากคัดเลือกสูตรแหนมเห็ดที่ดีที่สุด คือแหนมเห็ดสูตรที่ 5 ซึ่งประกอบด้วยข้าวไรซ์เบอรี่เพียงชนิดเดียว ทำการผลิตแหนมเห็ดตามอัตราส่วนและหมักแหนมเห็ดเป็นเวลา 5 วัน หลังจากนั้นนำแหนมเห็ดเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำการตรวจสอบอายุการเก็บแหนมเห็ดโดยตรวจสอบแหนมเห็ดทุกๆ 1 สัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2.12 ภาพที่ 2.12 และภาพที่ 2.13

ตารางที่ 2.12 ค่าทางกายภาพและเคมีของแหนมเห็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์

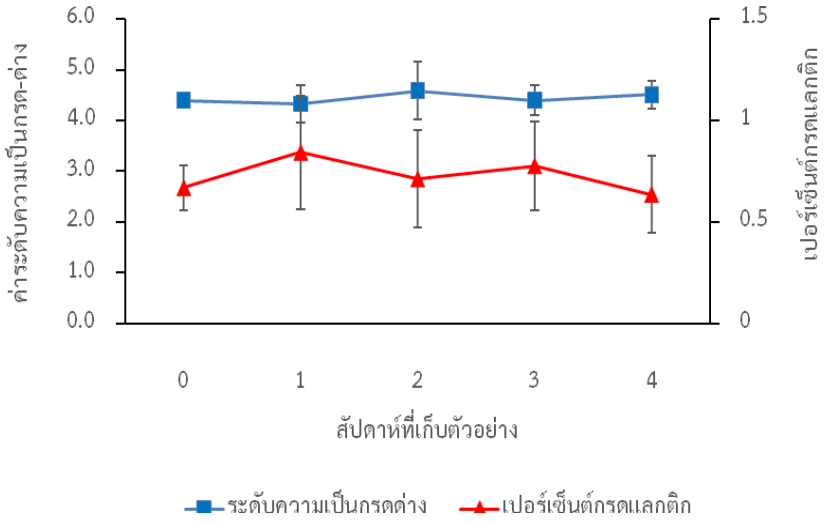
สัปดาห์ที่	ค่าสี			ระดับความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณกรดแลกติก (เปอร์เซ็นต์)
	L	a*	b*		
0	47.47±0.79^{a}	6.93±0.13^{ns}	8.70±0.55^{b}	4.40±0.06^{ns}	0.669±0.11^{ns}
1	46.51±1.13^{ab}	7.02±0.42^{ns}	8.86±0.35^{b}	4.33±0.37^{ns}	0.843±0.28^{ns}
2	46.89±0.34^{ab}	7.09±0.04^{ns}	9.05±0.09^{b}	4.59±0.56^{ns}	0.713±0.24^{ns}
3	45.91±0.0	7.06±0.	10.19±0.2	4.40±0.3	0.777±0.

	3^{b}	10^{ns}	4^{a}	0^{ns}	22^{ns}
4	45.97 ± 0.34^{b}	7.01 ± 0.05^{ns}	10.10 ± 0.21^{a}	4.51 ± 0.28^{ns}	0.636 ± 0.19^{ns}

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b,... ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงว่าค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนตัวอักษร ns แสดงว่าค่าเฉลี่ยของข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)



ภาพที่ 2.12 ค่าสี L*, a* และ b* ของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ ที่อายุการเก็บสัปดาห์ต่าง ๆ



ภาพที่ 2.13 ระดับความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดแลกติก (เปอร์เซ็นต์) ของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ ที่อายุการเก็บสัปดาห์ต่าง ๆ

ผลการศึกษาอายุการเก็บของแหนมเห็ดพบว่าค่าสี a* มีค่าคงที่ตลอดอายุการเก็บเป็นเวลา 4 สัปดาห์ และค่าเฉลี่ยของข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ส่วนค่าสี L* ของแหนมเห็ดมีค่าลดลงเล็กน้อย นั่นคือผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่าสี b* มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แสดงว่าเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้นทำให้แหนมเห็ดมีสีค่อนไปทางสีเหลืองเพิ่มขึ้น ส่วนค่าระดับความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดแลกติก มีค่าคงที่ตลอดอายุการเก็บเป็นเวลา 4 สัปดาห์ และค่าเฉลี่ยของข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ผลการศึกษาอายุการเก็บของแหนมเห็ดทางด้านจุลินทรีย์แสดงในตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด แบคทีเรียกรดแลกติก ยีสต์และรา ของแหนมเห็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์

สัปดาห์ที่	จุลินทรีย์ทั้งหมด cfu/g	แบคทีเรียกรดแลกติก cfu/g	ยีสต์และรา cfu/g	โคลิฟอร์ม MPN
0	5.05×10^8	2.53×10^8	<10	< 3
1	3.74×10^8	2.41×10^8	<10	< 3
2	1.80×10^8	1.38×10^8	<10	< 3
3	1.71×10^7	1.67×10^8	<10	< 3
4	2.11×10^8	1.59×10^8	<10	< 3

ผลการทดลองพบว่าเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียกรดแลกติกมีปริมาณใกล้เคียงกันโดยมีจำนวนเชื้อประมาณ 10^8 cfu/g เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียกรดแลกติกมีจำนวนลดลงเล็กน้อยแต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ และผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดข้าวไรซ์เบอรี่มีจำนวนเชื้อยีสต์และรา <10 cfu/g และจำนวน *E. coli* โดยวิธี MPN <3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม ตลอดอายุการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ซึ่งผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดมีคุณภาพด้านจุลินทรีย์ได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแหนมเห็ด (มผช) สอดคล้องกับนิษฐกานต์ ประดิษฐ์ศรีกุล และคณะ (2559) ที่พบว่าปริมาณยีสต์และราในผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดนางฟ้าจากข้าวเหนียวดำ และดอกโสน มีค่า <10 cfu/g เมื่ออายุการเก็บตั้งแต่วันที่ศูนย์ถึงวันที่เก้า และสอดคล้องกับผลการทดลองของ Chockchaisawasdee *et al*., (2010) ที่พบว่าจำนวนเชื้อยีสต์และราในผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดมีค่าต่ำกว่า 10 cfu/g และ *E. coli* มีค่าน้อยกว่า 3 MPN/g

การทดลองของนิษฐกานต์ ประดิษฐ์ศรีกุล และคณะ (2559) ศึกษาอายุการเก็บของแหนมเห็ดนางฟ้าจากข้าวเหนียวดำ และดอกโสน หลังจากหมักที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3

วัน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน และเก็บตัวอย่างทุก 3 วัน พบว่าค่าระดับความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรดแลกติก และจำนวนจุลินทรีย์เปลี่ยนแปลงไม่มากนัก โดยมีค่าระดับความเป็นกรด-ด่างเปลี่ยนแปลงจากวันที่ศูนย์ถึงวันที่ 9 อยู่ในช่วง 3.96±0.02 ถึง 3.75 ±0.01 ซึ่งมีค่าระดับความเป็นกรด-ด่างลดลงเล็กน้อย และปริมาณกรดแลกติกมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และอยู่ในช่วง 0.50±0.02 ถึง 0.64 ±0.02
ส่วนปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียกรดแลกติกมีแนวโน้มคงที่และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวันที่ 9 ของอายุการเก็บ

มีปริมาณแบคทีเรียเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้นมากกว่า >300x10^3 เป็น >300x10^8 cfu/g ในขณะที่แบคทีเรียกรดแลกติกมีปริมาณสูงที่สุดในวันที่ 2 มีค่าเท่ากับ 179 x10^8 cfu/g หลังจากนั้นมีค่าลดลงเป็น >300x10^8 cfu/g ในวันที่ 3

2.7 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดข้าวมีสี

คณะผู้วิจัยดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีและผลที่ได้จากการทดลองให้กับเกษตรกรกลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพ ต.ขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช โดยดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้า เมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2561 ซึ่งผู้เข้าอบรมเป็นเกษตรที่อยู่ในกลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพและเกษตรผู้สนใจในละแวกใกล้เคียง เกษตรที่เป็นสมาชิกของกลุ่มทำก้อนเชื้อเห็ดและส่งขายดอกเห็ดเป็นอาชีพอยู่แล้ว ดังนั้นจึงมีวัตถุดิบคือดอกเห็ดที่เหลือจาการขายและดอกเห็ดที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งไม่สามารถส่งขายได้หรือขายไม่ได้ราคา โดยคณะผู้วิจัยอธิบายสรุปย่อการดำเนินการวิจัยของโครงการและผลการทดลองที่สำคัญให้เกษตรกรทราบ หลังจากนั้นให้เกษตรกรฝึกปฏิบัติการทำแหนมเห็ดนางฟ้าที่ผสมข้าวไรซ์เบอรี่ และมอบวัสดุอุปกรณ์ เช่น เครื่องครัว บรรจุภัณฑ์ และฉลากแหนมเห็ด เพื่อให้เกษตรกรนำไปใช้ผลิตแหนมเห็ด การถ่ายทอดเทคโนโลยีดังแสดงในภาพที่ 2.14 และภาพที่ 2.15

ภาพที่ 2.14 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดให้กับเกษตรกร กลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพ ต. ขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช เมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2561

ภาพที่ 2.15 ฉลากและบรรจุภัณฑ์ของแหนมเห็ดข้าวไรซ์เบอรี่

สรุปผลการทดลอง

การพัฒนาแหนมเห็ดนางฟ้าซึ่งเปรียบเทียบสูตรที่มีการเติมเชื้อโยกิร์ตทางการค้าและสูตรที่ไม่เติมเชื้อ พบว่าแหนมเห็ดสูตรที่เติมเชื้อโยเกิร์ตมีปริมาณเชื้อ ระดับความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดแลกติก ลักษณะทางกายภาพ และคุณค่าทางโภชนาการที่ดีกว่าแหนมเห็ดสูตรที่ไม่มีการเติมเชื้อ เมื่อเปรียบเทียบการใช้แห่งคาร์บอนของข้าวขาวและข้าวสี พบว่าแหนมเห็ดสูตรข้าวสีมีคุณลักษณะที่ดีกว่าแหนมเห็ดสูตรข้าวขาว นอกจากนี้เมื่อทดสอบคุณประโยชน์จากแหนมเห็ดข้าวสีพบว่า แหนมเห็ดจากข้าวสีมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ค่าการต้านทานอนุมูลอิสระ และสารแอนโทไซยานินสูงกว่าข้าวขาว และแหนมเห็ดทุกสูตรมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อก่อโรคบางชนิดได้ เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า แหนมเห็ดสูตรที่ 5 คือแหนมเห็ดที่ผสมข้าวไรซ์เบอรี่ชนิดเดียว ผู้บริโภคให้คะแนนทาง

ประสาทสัมผัสความชอบรวมสูงที่สุด และเมื่อศึกษาอายุการเก็บของแหนมเห็ดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าค่าทางกายภาพ-เคมี และจุลินทรีย์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดให้กับเกษตรกรกลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพ เพื่อเกษตรกรจะได้นำความรู้ที่ได้รับไปผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าขายเพื่อเพิ่มรายได้

บรรณานุกรม

จุฑามาศ ถิระสาโรช และ เฉลิมพล ถนอมวงค์ (2558). การผลิตเครื่องดื่มสุขภาพจากข้าวหอมนิล. วารสาร
วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 43(3): 395-402.
ชื่นจิต สีพญา และ จอย ผิวสะอาด (2558). ไรซ์เบอรี่ ข้าวดี มีประโยชน์. สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2 หน้า
โชตินภา เหล่าไพบูลย์ (2552). การผลิตแหนมเห็ดโปรไบโอติกโดยใช้แบคทีเรียแลคติคเป็นเชื้อเริ่มต้น
วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น 250 หน้า.
นิษฐกานต์ ประดิษฐศรีกุล, เสน่ห์ บัวสนิท, ทศพร นามโฮง, ศิรัญญา โพธิคำ และสุจิตรา แจ้งมงคล (2559).
การพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมแห็ดนางฟ้า. การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ครั้งที่ 1, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์พระนครศรีอยุธยาหันตรา อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา.
นงลักษณ์ สายเทพ. 2546. การคัดเลือกแลคติกแอสิดแบคทีเรียสำหรับการผลิตแหนมเห็ดนางรม.
วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 111 หน้า.
ปรีดา ภูมี. 2555. บทปฏิบัติการอาหารและการให้อาหารสัตว์น้ำ. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
การประมงมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง. 227 หน้า.
อุไรวรรณ วัฒนกุล, วัฒนา วัฒนกุล และ ชุตินุช สุจริต (2556). ผลของอุณหภูมิในการแช่ งอก และหุงต้ม
ต่อปริมาณไทอะมีน, GABA, สารต้านอนุมูลอิสระ ในข้าวมอลต์และข้าวกล้องงอกนึ่งสังข์หยดพัทลุง. รายงานฉบับสมบูรณ์ ของสำนักงานบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษาปีงบประมาณ 2556, 213 หน้า.
Aida F.M.N.A., Shuhaimi M., Yazid M. and Maaruff A.G. (2009). Mushroom as a potential
source a potential source of prebiotics: a review. *Trends in Food Sciences & Technology*, 20:567-575.
Abdel-Aal, E.S.M. and Huci, P. (1999). A rapid method for quatifying total anthocyanins in
aleurone and purple pericarp wheats. *Cereal Chem,* 76: 350-354.

Abdel-Aal, E.M., Young, J.C. and Rabalski, I. (2006). Anthocyanin composition in black, blue, pink, purple and red cereal grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 4696-4704

AOAC. (2 0 0 0). Offificial Methods of AOAC International. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Inc. USA.

Axelsson, L .(1993). Lactic acid bacteria. New York: Marcel Dekker Co.

Bao H.N.D., Ushio H., and Ohshima T. (2008). Antioxidative activity and antidiscoloration efficacy of ergothioneine in mushroom (*Flammaulina velutipes*) extract added to beef and fish meats. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 56: 10032-10040.

Buckee G.K. (1994). Determination of total nitrogen in barley, malt and beer by Kjeldahl procedures and the Dumas combustion method. Collaborative trial. *Journal of Institute of brewing*, 100: 57-64.

Chandrasekhar K., Sreevani S., Seshapani P., Sreedevi B. and Pramodhakumari J. (2013). Effectof Cocoti palm wine on gastro intestine organism, probiotic *E. coli Nissle* 1917. *International Journal of Current Pharmaceutical Research,* 5(2): 90-92.

Chockchaisawasdee, S., Namjaidee, S., Ponchana, S. and Stahopoulos, C.E. (2010). Development of fermented oyster-mushroom sausage. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 3(01): 35-43.

Grosu-Tudor, S.S., Stancu, M.M., Pelinescu, D. and Zamfir, M. (2014). Characterization of some bacteriocins produced by lactic acid bacteria isolated from fermented foods. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 30(9):2459-2469.

Hearst R., Nelson D., McCollum G., Millar B.C., Maeda Y. and Goldsmith C.E. (2009). An

examination of antibacterial and antifungal properties constituents of Shitake
(*Lentinula edodes*) and Oyster (*Pleurotus ostreatus*) mushroom. *Complementary*
Therapies in Clinical Practice, 15: 5-7.

Hu, C., Zawistowski,J. Ling, W. and Kitts, D.D. 2003. Black rice (*Oryza sativa* L.*indica*) pigmented
fraction suppresses both reactive oxygen species and nitric oxide in chemical and biological model systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(18):5271-5277.

Leelavatcharamas, V., Arbsuwan, N., Apiraksakorn, J., Laopaiboon, P. and Kishida, M.
(2011). Thermotolerant bacteriocin-producing lactic acid bacteria isolated from thai
local fermented foods and their bacteriocin productivity. *Biocontrol Science*. 16(1):33-40.

Phanturat, P. (2008). Characterization and used of proteinase from Pyloric Caeca of bigeye snapper (*Priacanthus macracanthus*) for production of gelatin hydrolysate with antioxidative activity. Agro-Industry, Prince of Songkla University. Master of science in food technology: 122 pp.

Sanchez, C. (2004). Mini-review: modern aspects of mushroom culture technology.
Applied Microbiology and Biotechnology, 64: 756-762.

Sompong, R., S. Siebenhandl-Ehn, G. Linsberger-Martin, and E. Berghofer. (2011). Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand,
China and Sri Lanka. Food Chemistry 124 (1):132-140.

Suttajit M., Immark, S. Teerajan,S. Suttajit, S. and Chiyasut C. (2006). Antioxidative activity
and polyphenol content in different varieties of Thai rice grains. Proceedings of
Asia Pacific Clinical Nutrition Society. Joint 8th ISCN and 5th APCNS conference
2006. Available Source: http://www.healthy eating club.com/APJCN/, April 2017.

Tao H., Zhang L. and Cheung, P.C.K. (2006). Physicochemical properties and antitumor

activities of water-soluble native and sulfated hyperbranched mushroom polysaccharides. *Carbohydrate Research*, 341: 2261-2269.

Tangkanakul, P., Trakoontivakorn, G., Auttaviboonkul, P., Niyomvit, B. and Wongkrajang, K. (2006). Antioxidant activity of northern and northeastren Thai foods containing indigenous vegetables. *Kasetsart Journal*, (Nat. Sci.) 40 (Suppl.): 47-58.

Toomula, N., Kumar, S.D., Kumar, A. R., Bindu, H.K. and Raviteja, Y. (2011). Bacteriocin producing probiotic lactic acid bacteria. Journal of Microbial and Biochemical Technology, 3(5): 121-124.

Tsai S. Y., Huang S. J., Lo S. H., Wu T. P., Lian P. Y. and Mau J.L. (2009). Flavor components and antioxidant properties od several cultivated mushrooms. *Food Chemistry*, 113: 578-584.

Wasser S.P. (2002). Midicinal mushrooms as a source of antitumor and immonomudulating polysaccharides. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 60: 258-274.

Yingngam, B., Monschein, M. and Brantner, A. (2014). Ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from Cratoxylum formosum ssp. Leaves using central composite design and evaluation of its protective ability against H_2O_2-induced cell death. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine* 7 (Suppl 1): s497-s505.

Zhuang, C., Mizuno, T., Shimada, A., Ito, H., Suzuki, C., Mayuzumi, Y., Okamoto, H., Ma Y., and Li, J. (1993). Antitumor protein-containing polysaccharides from a Chinese mushroom *Fengweigu* or *Houbitake*, *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Sings. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 57(6): 901-906.

ภาคผนวก

<u>ภาคผนวก ก.</u> กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์

1. คณะผู้วิจัยดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้า ให้กับกลุ่มเกษตรกร ณ กลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพ จำนวน 2 ครั้ง โดยครั้งที่ในวันที่ 21 กรกฎาคม 2560 ก่อนเริ่มทำการวิจัยโดยใช้สูตรแหนมเห็ดนางฟ้าสูตรดั้งเดิมที่ยังไม่ได้ผสมข้าวมีสีชนิดต่าง ๆ ดังแสดงภาพในผลการทดลอง

2. หลังจากผู้วิจัยดำเนินการวิจัยจนเสร็จสิ้นแล้วคณะผู้วิจัยดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดข้าวมีสีให้กับกลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้าเมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2561 ดังแสดงภาพในผลการทดลอง

เกษตรกรและผู้ที่สนใจได้รับความรู้จากการอบรมครั้งนี้ นอกจากนี้คณะผู้วิจัยได้มอบวัสดุอุปกรณ์เครื่องครัว บรรจุภัณฑ์ และฉลากแหนมเห็ด ให้กับกลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพเพื่อนำไปใช้ในการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าขายในช่วงที่ดอกเห็ดล้นตลาด ราคาตกต่ำ และมีปริมาณดอกเห็ดไม่ได้คุณภาพเหลือทิ้ง ซึ่งเกษตรกรมีตลาดที่สามารถขายแหนมเห็ดนางฟ้าได้หลายแหล่ง เช่น ตลาดประชารัฐคนไทยยิ้มได้ ณ สวนสร้างบุญ ต.เขาแก้ว อ. ลานสกา ตลาดไทยนิยม แหล่งวางขายสินค้า OTOP ที่ปั๊มปตท. ตรงข้ามกับที่ว่าการอำเภอลานสกา และตลาดนัดต่าง ๆ เช่น ตลาดนัดชุมชนดั้งเดิมอำเภอลานสกา และตลาดนัดในคีรีวงศ์

<u>ภาคผนวก ข.</u> ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้และกิจกรรมที่ดำเนินการมาและผลที่ได้รับตลอดโครงการ

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผน	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับ
1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าโดยการใช้เชื้อทางการค้าและเชื้อธรรมชาติ	ทดลองโดยเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าที่เติมเชื้อและไม่เติมเชื้อ	เป็นไปตามกิจกรรมที่วางแผนไว้	ทราบว่าแหนมเห็ดสูตรที่เติมเชื้อและไม่เติมเชื้อแตกต่างกันอย่างไร และสูตรไหนดีที่สุด
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าโดยการใช้วัตถุดิบจากข้าวมีสีชนิดต่าง ๆ	ทดลองโดยเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าเติมแหล่งคาร์บอนจากข้าวสีชนิดต่าง ๆ	เป็นไปตามกิจกรรมที่วางแผนไว้	ทราบว่าแหนมเห็ดสูตรที่เติมข้าวมีสีและข้าวขาวมีคุณสมบัติแตกต่างกันอย่างไร และสูตรไหนดีที่สุด
3. เพื่อศึกษาคุณสมบัติที่มีประโยชน์ด้านต่าง ๆ ของแหนมเห็ดที่ผลิตได้	ทดลองเปรียบเทียบคุณสมบัติที่มีประโยชน์ด้านต่าง ๆ ในแหนมเห็ด เช่น ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด การต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณแอนโทไซยานิน เป็นต้น	เป็นไปตามกิจกรรมที่วางแผนไว้	ทราบคุณสมบัติที่มีประโยชน์ของแหนมเห็ดข้าวสีสูตรต่าง ๆ
4. เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดให้กับเกษตรกรผู้ผลิตเห็ดนางฟ้า	ถ่ายทอดความรู้ให้เกษตรและมอบวัสดุอุปกรณ์ในการผลิตแหนมเห็ดให้กับเกษตรกร	เป็นไปตามกิจกรรมที่วางแผนไว้	เกษตรกรได้รับความรู้และฝึกปฏิบัติการผลิตแหนมเห็ด ใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มอบให้เพื่อนำไปผลิตแหนมเห็ดสร้างรายได้

ภาคผนวก ค. ข้อมูลการทดลอง

1. การวิเคราะห์ค่าสี

1.1 อุปกรณ์

- เครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ Hunter lab รุ่น MiniScan EZ ประเทศสหรัฐอเมริกา

1.2 วิธีการ

- เปิดเครื่องสำรองไฟ คอมพิวเตอร์ และกดปุ่มเปิดเครื่องวัดค่าสี
- เข้าโปรแกรมวัดค่าสี ทำการสอบเทียบเครื่องโดยใช้แผ่นสีขาวและแผ่นสีดำ
- นำชิ้นตัวอย่างใส่ในจานเพลตพลาสติก โดยต้องใส่ตัวอย่างให้เต็มจานเพลตพลาสติก และ
  ไม่ให้แสงผ่านตัวอย่างได้
- นำจานเพลตพลาสติกที่มีตัวอย่างวางบนเครื่องตรงช่องวัดค่าสี
- กดปุ่ม Read Sample เครื่องจะวิเคราะห์อ่านค่าสีโดยอัตโนมัติ
- เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองล้างทำความสะอาดอุปกรณ์
- กดปุ่มปิดเครื่องวัดค่าสี ON/OFF

2. การวิเคราะห์ค่าลักษณะเนื้อสัมผัส

2.1 อุปกรณ์

- เครื่องวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัส Texture Analyser รุ่น TA.XTplus บ. จาร์พาเท็คเซ็นเตอร์ จำกัด

2.2 วิธีการ

- เปิดเครื่องสำรองไฟ คอมพิวเตอร์ และกดปุ่มเปิดเครื่อง Texture Analyser
- เข้าโปรแกรม Texture Exponent ทำการสอบเทียบเครื่องโดยวิธีการ Calibrate
  Force โดยลูกตุ้มน้ำหนัก 1,000 กรัม
- เข้าเลือก application ดาวน์โหลด project ที่ทำการวัดทดสอบตัวอย่าง
- กด T.A. Setting กำหนดค่าการทดสอบตัวอย่าง
- นำตัวอย่างวางบนเครื่อง Texture Analyser
- กด T.A. Run a Test ทำการวัดทดสอบตัวอย่าง
- กด Run Macro วิเคราะห์ผลการทดลอง
- เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองล้างทำความสะอาดอุปกรณ์
- กดปุ่มปิดเครื่อง Texture Analyzer ON/OFF

3. การวิเคราะห์ร้อยละกรดแลกติก (AOAC, 2000)

ปิเปตสารละลายมาตรฐาน KHP ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล มา 25 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร ไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียมไว้ โดยใช้ฟีนอลทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ และคำนวณหาค่า normality ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

ความเข้มข้นมาตรฐานของ NaOH (N1) = $N_2 \times V_2 / V_1$

กำหนดให้ N1 = ความเข้มข้นมาตรฐานของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (N)
V1 = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรต
N2 = ความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานของ KHP (N)
V2 = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน KHP ที่ใช้ในการไตเตรต

การวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์กรดแลกติก

- นำตัวอย่าง 3 กรัม เจือจางด้วยน้ำกลั่น 27 มิลลิลิตร
- หยดฟีนอลทาลีนเข้มข้นร้อยละ 1 จำนวน 3 หยด
- ไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล
- คำนวณหาเปอร์เซ็นต์กรดแลกติก

ร้อยละกรดแลกติก = $\frac{\text{M.V. กรดแลกติก} \times \text{ปริมาตร NaOH ที่ใช้} \times \text{ความเข้มข้นของ NaOH} \times 100}{1{,}000 \times \text{ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้}}$

หมายเหตุ น้ำหนักโมเลกุลของกรดแลกติก ($C_3H_6O_3$) = 90.8

4. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นด้วยเครื่องอินฟราเรด

4.1 อุปกรณ์

เครื่องวิเคราะห์ความชื้นโดยใช้แสงอินฟาเรด (Infrared Moisture Determination) Balance ยี่ห้อ KETT รุ่น FD620

4.2 วิธีการ

เปิดเครื่อง กดปุ่ม TARE และชั่งตัวอย่างบดเรียบร้อยแล้วในถาดของเครื่องอินฟาเรด จำนวน 3 กรัม หลังจากนั้นกดปุ่ม Start เครื่องจะเริ่มทำงานเป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นจดบันทึกค่าที่ได้ นำไปลบด้วย 100 จะได้เป็นค่าความชื้นร้อยละ

5. การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า **(AOAC, 2000)**

5.1 อุปกรณ์

- ตู้อบ (Hot air oven) ยี่ห้อ Memmert
- เตาเผาอุณหภูมิสูง (Muffle furnace) (Carbolite) รุ่น CSF 1100
- ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (Porcelain crucible) ยี่ห้อ Duran
- โถดูดความชื้น (Desiccators)
- เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น AB204-S, Switzerland

5.2 วิธีการ

- เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมงปิดสวิตซ์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30-40 นาทีเพื่อให้อุณหภูมิภายในเผาลดลงก่อนนำออกจากเตาเผาใส่ในโถดูดความชื้นปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องชั่งน้ำหนัก
- เผาซ้ำอีกครั้งละประมาณ 30 นาทีโดยทำเหมือนข้อที่แล้ว จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง 2ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม (W3)
- ชั่งตัวอย่างบดเรียบร้อยแล้วให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 3 กรัม (W1) ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่ทราบ น้ำหนักแน่นอนแล้วนำไปเผาในตู้ควันจนหมดควันแล้วจึงนำเข้าเตาเผาอุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสและทำซ้ำ เช่นเดียวกับข้อที่ผ่านมา (W2)

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)} = \frac{(W3-W2) \times 100}{W1}$$

เมื่อ W3 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบและน้ำหนักของเถ้าหลังการเผา
W2 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องหลังอบ
W1 = น้ำหนักตัวอย่าง

6. การวิเคราะห์ปริมาณไขมันด้วย **Soxhlet** ดัดแปลงจาก **(AOAC, 2000)**

6.1 อุปกรณ์

- เครื่องวิเคราะห์ไขมัน ยี่ห้อ FOSS รุ่น 2050 บริษัท สิทธิพร แอสโซซิเอ สจำกัด
- ตู้อบ (Hot air oven) ยี่ห้อ Memmert
- เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น AB204-S ประเทศ Switzerland

- โถดูดความชื้น (Desiccators) ยี่ห้อ Duran

6.2 สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์หรือเฮกเซน

6.3 วิธีการ

- เอาถ้วยอะลูมิเนียมมีขนาดความจุ 250 มิลลิลิตรอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นและชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (W2)
- นำตัวอย่างที่ผ่านการบดเรียบร้อยแล้ว ชั่งน้ำหนัก 3 กรัม ใส่ใน Thimble โดยใส่สำลีรองที่ก้น Thimble ก่อนใส่ตัวอย่างแล้วนำสำลีวางบนตัวอย่างอีกชั้นหนึ่ง (W1)
- นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมงใส่ในโถดูดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็น
- ใส่เข้าเครื่องโดยใช้ Thimble holder แล้วกดปุ่มขึ้น-ลง โดย Thimble จะถูกดึงขึ้นไปบนสุด จัดตำแหน่ง Thimble ให้ตรงกับแม่เหล็ก
- เอาถ้วยอะลูมิเนียมที่อบแห้งและชั่งน้ำหนักแล้ววางบน Cup holder แล้วนำเข้าเครื่องหลังจากนั้นกดปุ่มขึ้น-ลง เติมตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ลงในขวดหาไขมันประมาณ 70-90 มิลลิลิตรแล้ววางบนเตากดปุ่ม Start เครื่องก็จะทำงานตามโปรแกรมที่ตั้งไว้
- เมื่อครบ 2.15 ชั่วโมงแล้วให้กดปุ่มขึ้น-ลง เพื่อนำถ้วยออกมา หลังจากนั้นจึงเอา Thimble ออกมาตามลำดับ โดยกดปุ่มขึ้นลงเช่นเดียวกัน
- นำถ้วยอะลูมิเนียมอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสจนแห้งทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (W3)
- ชั่งน้ำหนักแล้วอบซ้ำชั่งน้ำหนักแล้วอบซ้ำครั้งละ 30 นาทีจนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

คำนวณหาปริมาณไขมันจากสูตร $= \frac{(W3-W2) \times 100}{W1}$

เมื่อ W3 = น้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียมรวมไขมัน

W2 = น้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียม

W1 = น้ำหนักตัวอย่าง

7. การวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใยดัดแปลงจาก (AOAC, 2000)

7.1 อุปกรณ์

- ตู้อบ (Hot air oven) ยี่ห้อ Memmert
- เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น AB204-S, Switzerland
- ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (Porcelain crucible)
- เครื่องวิเคราะห์เยื่อใยยี่ห้อ VELP
- Column
- โถดูดความชื้น (Desiccator) ยี่ห้อ Duran

7.2 วิธีการ

- อบถ้วย Crucible ในตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสระยะเวลา 1 ชั่วโมงนำออกจากตู้อบและปล่อยให้เย็นในโถอบแห้ง
- ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมัน 1 กรัม แล้วบันทึกน้ำหนัก (F0)
- นำถ้วย Crucible ที่มีตัวอย่างเข้าเครื่องวิเคราะห์เยื่อใย
- ใส่สารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้นร้อยละ 1.25 ลงใน Column ปริมาตร 150 มิลลิลิตร ใช้เวลาในการย่อยตัวอย่าง 30 นาที
- เมื่อครบระยะเวลาย่อยให้ล้างตัวอย่างด้วยน้ำร้อนจนหมดฟอง (ปรับ pH เป็นกลาง)
- เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.25 ลงใน Column ปริมาตร 150 มิลลิลิตรใช้เวลาในการย่อยตัวอย่าง 30 นาที
- เมื่อครบระยะเวลาย่อยให้ล้างตัวอย่างด้วยน้ำร้อนจนหมดฟอง (เช็ค pH เป็นกลาง)
- นำถ้วย Crucible ที่มีตัวอย่างล้างด้วย Acetone ประมาณ 3 ครั้งครั้งละ 25 มิลลิลิตร
- อบตัวอย่างที่ผ่านการย่อยในตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสระยะเวลา 1 ชั่วโมงนำออก

จากตู้อบและปล่อยให้เย็นในโถอบแห้งชั่งน้ำหนัก (F1)

- เผาตัวอย่างที่ผ่านการอบในเครื่องเผาอุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสระยะเวลา 3 ชั่วโมงนำ

ออกจากตู้อบและปล่อยให้เย็นในโถอบแห้งชั่งน้ำหนัก (F2)

$$\text{ปริมาณเส้นใยอาหาร (ร้อยละ)} = \frac{(F1) - (F2)}{(F0)} \times 100$$

เมื่อ F0 = น้ำหนักตัวอย่าง

F1 = น้ำหนักถ้วยพร้อมตัวอย่างหลังอบ

F2 = น้ำหนักถ้วยและเถ้าหลังการเผา

8. <u>การวิเคราะห์โปรตีน</u> (ดัดแปลงจาก Buckee (1994)

8.1 อุปกรณ์

- เครื่องวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน/โปรตีน รุ่น FP-528 บริษัท สีโก้ อินตรูเมนท์ส

8.2 วิธีการ

- ขั้นตอนการทำงานของเครื่องเริ่มต้นจากการชั่งตัวอย่างที่ผ่านการบดเรียบร้อยแล้วจำนวน 250-350 มิลลิกรัม ใน Tin Foil สำหรับตัวอย่างของแข็ง หรือ Tin Capsule สำหรับตัวอย่างของเหลวตัวอย่างถูก Drop ในเตาเผาชนิด U-tube อัตโนมัติ
- เผาตัวอย่างในบรรยากาศออกซิเจน (99.99%) ที่อุณหภูมิ 850-950 องศาเซลเซียส โดยธาตุดีบุกที่ใช้บรรจุตัวอย่างจะทำให้เกิดปฏิกิริยาคายความร้อนภายใต้บรรยากาศออกซิเจน (Exothermic Reaction) ทำให้อุณหภูมิเผาตัวอย่างจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วถึง 1800 องศาเซลเซียส ทำให้ตัวอย่างถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์
- กำจัดน้ำในก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้ด้วยอุปกรณ์กำจัดน้ำ (Thermoelectric Cooler) โดยลดอุณหภูมิลงให้เหลือ 5 องศาเซลเซียส ทำให้น้ำ และซัลเฟอร์บางส่วนถูกกำจัดออกไป แล้วผ่านไปยัง Particle filter เพื่อกำจัดฝุ่นผงขนาดเล็ก และเกลือก่อนเข้าสู่ Ballast Tank
- หลังจากนั้น Software จะคำนวณ Percent Nitrogen อย่างอัตโนมัติ และคำนวณค่า Percent Crude Protein อย่างอัตโนมัติด้วย Factor ที่กำหนดไว้เช่น Factor =6.25 สำหรับอาหารและอาหารสัตว์ (Food and Feed) Factor=5.70 สำหรับเมล็ดข้าวสาลี (Wheat) Factor =5.25 สำหรับเมล็ดข้าวโพด (Corn) ขั้นตอนทั้งหมดนี้ใช้เวลาเพียง 3 นาที

9. <u>การวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต</u> (ปรีดา ภูมี, 2555)

การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในตัวอย่าง โดยทั่วไปคำนวณจากผลต่างของน้ำหนักแห้ง กับปริมาณองค์ประกอบส่วนที่เป็นโปรตีน ไขมันและเถ้า

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) = น้ำหนักแห้ง–(โปรตีน + ไขมัน + เถ้า)

หมายเหตุ: น้ำหนักแห้ง =100-ความชื้น

10. การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน **DPPH radical scavenging assay**

10.1 อุปกรณ์

- Microtube 2 ml
- Auto pipet 1 ml และ 5 ml พร้อม tip
- เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
- เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) ยี่ห้อ Biochrom รุ่น Libra S12
- เครื่องปั่น (Blender) ยี่ห้อ SHARP รุ่น EM-ICE POWER
- เครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วสูง (Centrifuge) ยี่ห้อ HERMLE รุ่น Z36HK
- Magnetic stirrer

10.2 สารเคมี

- Folin-ciocalteu's phenol reagent
- Na_2CO_3 (BHD)
- 2,2-Diphenyl-1-picrythydrazyl (DPPH)
- Absolute ethanol (QREC)

การเตรียมสารเคมี

1. สารเคมีสำหรับการหาปริมาณฟีนอลิก
   1.1. เตรียม 10% Folin-ciocalteu's phenol reagent โดยดูดสาร Folin มา 5 ml ผสมกับน้ำกลั่น 45 ml เก็บในขวดสีชา ในตู้เย็น
   1.2. 7.5% Na_2CO_3 ชั่งสาร Na_2CO_3 (anhydrous) มา 7.5 g ละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 ml เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง
2. สารเคมีสำหรับการทดสอบความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH
   2.1. ชั่ง DPPH มา 0.0039 g ละลายด้วย absolute ethanol 50 ml ในบิกเกอร์ จากนั้นจึงเทใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 ml แล้วเติมน้ำกลั่นจนเต็มปริมาตร จะได้ 0.1 mM DPPH ที่ละลายใน 50% ethanol ปริมาตร 100 ml เก็บไว้ในขวดสีชาในตู้เย็น (เก็บไว้ใช้ได้ประมาณ 3 วัน)

3. เตรียมตัวทำละลายสำหรับสกัดตัวอย่าง

3.1. เตรียม 50% ethanol สำหรับใช้สกัดตัวอย่าง โดยการนำ absolute ethanol มาเจือจางด้วยน้ำกลั่น ให้ได้ปริมาตร 500 ml ในขวดปรับปริมาตร

10.3 วิธีการทดลอง

1. การเตรียมตัวอย่าง

1) นำแหนมมาปั่นด้วยเครื่องปั่นจนละเอียด
2) ชั่งน้ำหนักมา 10 g
3) เติม 50% ethanol ปริมาตร 50 ml
4) นำไปกวนผสมบน magnetic stirrer เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
5) นำไปเหวี่ยงแยกตะกอนออกด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วสูง ที่ 6000g อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 10 นาที
6) นำส่วนใสที่ได้ไปกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1
7) เก็บสารที่ได้ไว้ในตู้เย็นเพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

2. การวิเคราะห์สารฟีนอลิก

1) ดูดตัวอย่าง 0.5 ml (blank คือน้ำกลั่น)
2) เติมน้ำกลั่น 5 ml
3) เติม 10% folin 1 ml
4) เติม 7.5% Na_2CO_3 1 ml
5) ตั้งไว้ในที่มืด 40 นาที
6) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร

<u>การคำนวณ</u>

$$\text{mgGAE/g sample} = \frac{(OD_{765} - 0.0012) \times \text{ปริมาตรตัวอย่าง (ml)}}{0.0068 \times \text{น้ำหนักตัวอย่าง (g)} \times 1000}$$

V = ปริมาตรตัวอย่างทั้งหมดตอนสกัด (50 ml)

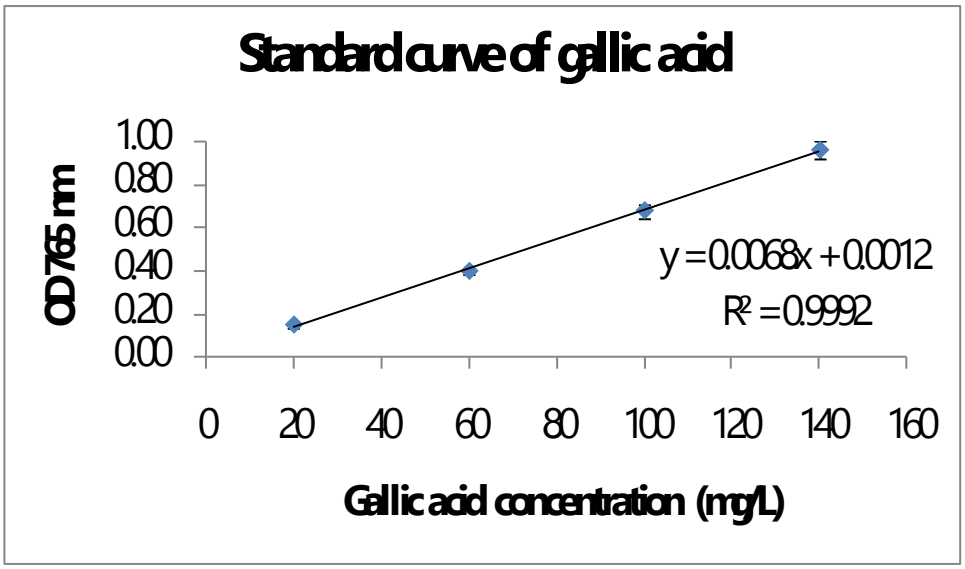
g = น้ำหนักตัวอย่างแหนมเริ่มต้น (10 g)

หมายเหตุ : ค่าสัมประสิทธิ์ได้มาจากกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก

<u>การทำกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก</u>

นำกรดแกลลิกมา 0.05 g ละลายด้วย absolute ethanol 50 ml จะได้ ความเข้มข้น 1,000 mg/l จากนั้นจึงนำมาเจือจางต่อโดยการดูดสารมา 25 ml ผสมกับ

absolute ethanol 25 ml จะได้ความเข้มข้น 500 mg/l นำมาเจือจางต่อจนมีความเข้มข้น 20, 60, 100 และ 140 mg/l จากนั้นจึงนำไปทำปฏิกิริยาดังวิธีการวิเคราะห์สารฟีนอลิกข้างต้น



3. การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในรูปของ Scavenging ability
    1) ดูดตัวอย่าง 0.3 ml
    2) เติม 0.1mM DPPH 1.5 ml
    3) ผสมให้เข้ากัน
    4) เก็บไว้ในที่มืด 40 นาที
    5) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร

หมายเหตุ : set 0 ด้วยน้ำกลั่นและล้าง cuvette quartz ด้วย 95% ethanol ระหว่างเปลี่ยนความเข้มข้น

<u>การคำนวณ</u>

Scavenging ability (%) = (A_0-A_1) X 100/A_0 ---------- (1)

เมื่อ A_0 = $OD_{control}$ (absolute ethanol 0.3 ml + DPPH 1.5 ml)

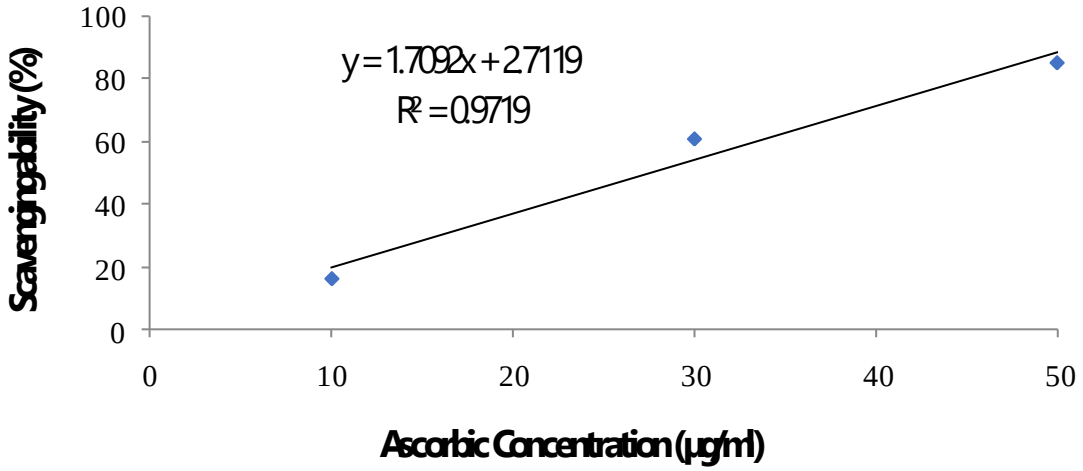
A_1 = OD_{Sample} (sample 0.3 ml + DPPH 1.5 ml)

<u>การทำกราฟมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก</u>

นำ Ascorbic acid (Ajax Finechem) มา 0.05 g ละลายด้วยน้ำกลั่น 50 ml จะได้ ความเข้มข้น 1,000 µg/ml จากนั้นจึงนำมาเจือจางต่อโดยการดูดสารมา 5 ml ผสมกับน้ำกลั่น 45 ml ในขวดปรับปริมาตรขนาด 50 ml จะได้ความเข้มข้น 100 µg/ml นำมา

เจือจางต่อจนมีความเข้มข้น 10, 30, 50 และ 70 µg/mlจากนั้นจึงนำไปทำปฏิกิริยา ดังวิธีการวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้ง DPPH ข้างต้น

นำค่า Scavenging ability (%) ของ Ascorbic acid ที่ความเข้มข้นต่างๆ มาเขียนกราฟด้วยโปรแกรม Excel และนำค่าที่ได้จากสมการของกราฟมาคำนวณ Antioxidant capacity ในหน่วยของค่า mg Vit. C equiv./g sample (Tangkanakul *et al*., 2006)



<u>การคำนวณ</u>

ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (Antioxidant capacity) เมื่อเทียบในรูปของกรดแอสคอบิก

$$\text{mg. Vit. C equiv./g sample} = \frac{(\%\ \text{Scavenging} - C)}{\text{Slope}} \times \frac{\text{Volume}}{1{,}000 \times W}$$

เมื่อ % Scavenging คือ ค่าที่ได้จากการคำนวณตามสมการ (1)

C คือ จุดตัดแกน x ซึ่งเป็นค่าคงที่ที่ได้จากสมการของกราฟมาตรฐานกรดแอสคอบิก ในที่นี้คือ 2.7119

Slope คือ ความชันที่ได้จากกราฟมาตรฐานกรดแอสคอบิก ในที่นี้คือ 1.7092

Volumeคือ ปริมาตรของสารสกัดทั้งหมด (50 mL)

W คือ น้ำหนักของตัวอย่างแหนม (10 g)

<u>11.การวิเคราะห์ปริมาณสีแอนโทไซยานิน ดัดแปลงตามวิธีการของ Abdel-Aal and Huci (1999)</u>

11.1 อุปกรณ์

- กรวยกรอง
- กระดาษกรอง
- ขวดปรับปริมาตร
- เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง
- เครื่องปั่นแห้ง
- 10.2 สารเคมี

11.2 สารเคมี

- สารละลายบัฟเฟอร์โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCL) พีเอช 1.0 ความเข้มข้น 0.025 M
- สารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมอะซิเตท (CH_3COOH) พีเอช 4.5 ความเข้มข้น 0.4 M

11.3 วิธีการ

- บดผสมแหนมเห็ดให้ละเอียด และชั่งตัวอย่างแหนมเห็ด 10 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ เติมน้ำกลั่นปริมาตร 20 มิลลิลิตร (1:3)
- นำตัวอย่างไปเขย่าด้วยความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 45 นาที ที่อุณหภูมิห้อง
- กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 เป็นเวลาประมาณ 1.5 ชั่วโมง
- เมื่อได้สารละลายจากแหนมเห็ดนำมาปรับปริมาตรให้ได้เท่ากับ 25 มิลลิลิตร
- ดูดสารละลายจากแหนมเห็ดปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรจำนวน 2 ขวด
- ขวดปรับปริมาตรที่ 1 เจือจางตัวอย่างสารละลายจากแหนมด้วยสารละลายบัฟเฟอร์โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCL) พีเอช 1.0 และขวดปรับปริมาตรที่ 2 เจือจางตัวอย่างสารละลายจากแหนมด้วยสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมอะซิเตท (CH_3COOH) พีเอช 4.5
- ทิ้งไว้ให้เข้าสู่สมดุล 15 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่เจือจางด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ทั้งพีเอช 1.0 และ 4.5 ที่ความยาวคลื่น 520 และ 700 นาโนเมตร
- คำนวณปริมาณแอนโธไซยานินตาสูตร

ปริมาณแอนโธไซยานิน (มิลลิกรัม/ลิตร) = (A_{diff} x Mw x 1000 x dilution factor)/ ($\sum$ x1)

เมื่อ A_{diff} = ($A_{520\text{-blank}}$-A_{700}) pH1.0 – ($A_{520\text{-blank}}$-A_{700})pH4.5

Mw = 449.2

$\sum$ = 26,900
Dilution factor = 5

12. การตรวจสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อก่อโรคชนิดต่าง ๆ

- การตรวจสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อก่อโรคชนิดต่าง ๆ ของแหนมเห็ดโดยวิธี Well diffusion method ดัดแปลงจากวิธีการ Chandrasekhar *et al.* (2013)

1. ถ่ายเชื้อก่อโรค 1 loop ได้แก่ *S. aureus* TISTR 1466, *S. typhi*, *B. cereus, B. subtilis* และ *E. coli* ในอาหาร Nutrient broth บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้น subculture ในอาหารใหม่อีกครั้ง หลังจากนั้นถ่ายเชื้อปริมาตร 100 ไมโครลิตร ในอาหาร Nutrient broth บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ก่อนนำมาทดสอบ

2. เตรียมสารละลายแหนมเห็ดที่หมักเป็นเวลา 5 วัน และเจือจางกับน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ ให้มีความเข้มข้น 2 เท่า

3. ดูดสารละลายเชื้อก่อโรคปริมาตร 100 ไมโครลิตร spread บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient agar หลังจากนั้นเจาะหลุมอาหารเลี้ยงเชื้อด้วย cork borer ขนาด 1.0 เซนติเมตร

4. หยดสารละลายแหนมปริมาตร 200 ไมโครลิตร ในหลุม และน้ำกลั่น 200 ไมโครลิตร เป็นกลุ่มควบคุม บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บันทึกการเกิดโซนใสเป็นหน่วยเซนติเมตร

13. การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อยีสต์และรา

ชั่งตัวอย่างแหนมเห็ด 10 กรัม เจือจางตัวอย่างให้ได้ระดับความเข้มข้นที่ 10^{-2}- 10^{-3} แล้วทำการปิเปตสารละลายตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเพาะที่มี Potato Dextrose Agar (ที่ปรับค่า pH ด้วยสารละลาย tartaric acid เข้มข้นร้อยละ 10) บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีของราและยีสต์ รายงานผลเป็นหน่วย cfu/g

14. ค่า MPN เชื้อกลุ่ม coliform และ *Escherichia coli*

การเจือจางตัวอย่าง

1. นำตัวอย่างแหนมเห็ดและ peptone water ปลอดเชื้อเข้มข้นร้อยละ 0.1 จำนวน 225 มิลลิลิตร ปั่นให้เข้ากันในเครื่อง stomacher ประมาณ 2 นาที จะได้ตัวอย่างอาหารเจือจาง 1 : 10

2. ใช้ปิเปตขนาด 10 มิลลิลิตรดูดตัวอย่างอาหารเจือจาง 1:10 ใส่ใน peptone water ปลอดเชื้อเข้มข้นร้อยละ 0.1 จำนวน 90 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ได้ตัวอย่างอาหารเจือจาง 1 : 100 ทำเช่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างอาหารเจือจาง 1: 1,000

<u>การตรวจนับจำนวนขั้นแรก (presumptive test)</u>

1. ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างความเจือจาง 1 : 1,000, 1 : 100 และ 1 : 10 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในอาหาร LST ความเจือจางละ 3 หลอด

2. บ่มอาหารที่อุณหภูมิ 37 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส 24 และ 48 ชั่วโมง

3. สังเกตการเกิดก๊าซในหลอดดักก๊าซในหลอดอาหารแต่ละหลอดหลังจากบ่มเชื้อไว้ 24 ชั่วโมง หากหลอดใดไม่เกิดก๊าซ บ่มเชื้อต่ออีก 24 ชั่วโมง ตรวจผลเช่นเดียวกัน

4. สังเกตการเกิดก๊าซบันทึกจำนวนหลอดที่เกิดก๊าซ ในแต่ละความเจือจางเปิดตาราง MPN (most probable number) รายงานผลเป็น MPN โคลิฟอร์มแบคทีเรียขั้นแรกต่อกรัม

<u>การตรวจนับจำนวนขั้นยืนยัน (confirmed test)</u>

1. ถ่ายเชื้อจากหลอดที่เกิดก๊าซในอาหาร LST ลงในอาหาร EC หลอดต่อหลอด โดยใช้ loop

2. นำหลอดอาหาร EC บ่มที่อุณหภูมิ 37 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง บันทึกผล หลอดที่เกิดก๊าซ นำไปเปิดตาราง MPN รายงานผลเป็น MPN ของแบคทีเรียโคลิฟอร์มขั้นยืนยันต่อกรัม

<u>การตรวจนับฟีคัลโคลิฟอร์ม</u>

1. ถ่ายเชื้อจากหลอดที่เกิดก๊าซในชั้นแรก (LST) ลงในอาหารเหลว EC หลอดต่อหลอดโดยทำทุกหลอดที่เกิดก๊าซ

2. บ่มหลอดอาหาร EC ที่อุณหภูมิ 45.5 $\pm$ 0.5 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง

3. บันทึกผลจำนวนหลอดที่เกิดก๊าซในแต่ละความเจือจาง นำไปเปิดตาราง MPN รายงานผลเป็น MPN ของฟีคัลโคลิฟอร์มต่อกรัม

<u>15.การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส</u>

ผลิตแหนมเห็ดตามอัตราส่วนสูตรดั้งเดิมและอัตราส่วนข้าวมีสีทุกสูตรและหมักแหนมเห็ดเป็นเวลา 5 วัน จากนั้นนำแต่ละสูตรที่ได้มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ด้วยวิธีการทดสอบแบบให้คะแนนความชอบ (9 -Points Hedonic scale) ทั้งในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมแบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

โดยการให้คะแนนความชอบ แบบ 9 point-Hedonic Scale

ผลิตภัณฑ์ :.....แหนมเห็ด.....

ชื่อ-สกุลผู้ทดสอบ..... วันที่ทดสอบ ..... ครั้งที่.....

<u>คำแนะนำ</u> ให้ระบุตัวเลขของความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ในแต่ละคุณลักษณะของคุณภาพ โดยกำหนด<u>ตัวเลขของความชอบ</u> ดังนี้

1 =ไม่ชอบมากที่สุด 2 =ไม่ชอบมาก 3 =ไม่ชอบปานกลาง 4 =ไม่ชอบเล็กน้อย

5 = เฉย ๆ 6 =ชอบเล็กน้อย 7= ชอบปานกลาง 8= ชอบมาก 9= ชอบมากที่สุด

<u>ข้อปฏิบัติ</u> **กรุณาบ้วนปากก่อนการทดสอบตัวอย่าง และจิบน้ำระหว่างเริ่มตัวอย่างใหม่**

คุณลักษณะ	**ตัวอย่าง 674**	**ตัวอย่าง 883**	**ตัวอย่าง 265**	**ตัวอย่าง 931**	**ตัวอย่าง 429**	**ตัวอย่าง 397**	**ตัวอย่าง 746**	**ตัวอย่าง 512**
สี								
กลิ่น								
รส								
ลักษณะเนื้อสัมผัส								
ความชอบรวม								

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

ขอขอบคุณผู้เข้าร่วมประเมินทุกท่าน

คณะผู้วิจัย

สัญญาเลขที่

RDG60T0116

การศึกษาการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าและคุณประโยชน์ด้านต่าง ๆ จากแหนมเห็ด

สรุปรายงานความก้าวหน้า

ตารางเปรียบเทียบผลผลิต (Output) ที่เสนอในข้อเสนอโครงการและที่ดำเนินการได้จริงทั้งหมด

ผลผลิต (Output)		ในกรณีล่าช้า (ผลสำเร็จไม่ถึง 100%) ให้ท่านระบุสาเหตุและการแก้ไขที่ท่านดำเนินการ
กิจกรรมในข้อเสนอโครงการ/หรือจากการปรับแผน	ผลสำเร็จ (%)	
1. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เตรียมวัตถุดิบ และสั่งซื้อ สารเคมี และคณะผู้วิจัยสำรวจพื้นที่พูดคุยกับกลุ่มเกษตรกร และนัดหมายวันถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดสูตรดั้งเดิม	100%	เป็นไปตามกิจกรรมในข้อเสนอโครงการ
2. ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดสูตรดั้งเดิมให้กลุ่มเกษตรกรผู้เพาะเห็ดนางฟ้า ต.ขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช เมื่อวันที่ 21 ก.ค. 2560	100%	เป็นไปตามกิจกรรมในข้อเสนอโครงการ
3. ผลการผลิตแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ โดยการแปรผันวัตถุดิบในส่วนผสมและผลการตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ ทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และคุณค่าทางโภชนาการ (ครบถ้วน) (เปรียบเทียบสูตรที่เติมเชื้อและไม่เติมเชื้อ)	100%	เป็นไปตามกิจกรรมในข้อเสนอโครงการ
4. ผลการผลิตแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ โดยการแปรผันวัตถุดิบในส่วนผสมของข้าวมีสีและผลการตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ ทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และคุณค่าทางโภชนาการ (ครบถ้วน) (เปรียบเทียบอัตราส่วนข้าวมีสีชนิดต่าง ๆ)	100%	เป็นไปตามกิจกรรมในข้อเสนอโครงการ
5. ผลการตรวจสอบคุณสมบัติของสารที่มีประโยชน์จากผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดที่ผลิตจากข้าวมีสีชนิดต่าง ๆ เช่น ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด, ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น และการยับยั้งเชื้อก่อโรคของแหนมเห็ดเป็นต้น	100%	เป็นไปตามกิจกรรมในข้อเสนอโครงการ
6. ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของ	100%	เป็นไปตามกิจกรรมในข้อเสนอโครงการ

ผลิตภัณฑ์แหนมเห็ด และอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์แหนมเห็ด		
7. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดที่ผสมข้าวมีสี ให้กับเกษตรกรผู้เพาะเห็ดนางฟ้า ต.ขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช วันที่ 25 พ.ค. 61	100%	เป็นไปตามกิจกรรมในข้อเสนอโครงการ

ลงนาม

(หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน)

วันที่ 30 กรกฎาคม 2561

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ ต่อ สกว.

-

ลงนาม

(หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน)

วันที่ 30 กรกฎาคม 2561

รายงานฉบับสมบูรณ์

การผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วและเปลือกผลไม้

The production of charcoal briquette by used mushroom loaf and fruit rinds

โดย ผศ.ดร.กิตติภูมิ ศุภลักษณ์ปัญญา และคณะ

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

27 พฤษภาคม 2561

สัญญาเลขที่ RDG60T0116

รายงานฉบับสมบูรณ์

การผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วและเปลือกผลไม้

The production of charcoal briquette by used mushroom loaf and fruit rinds

	คณะผู้วิจัย	สังกัด
1.	ผศ.ดร.กิตติภูมิ ศุภลักษณ์ปัญญา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
2.	ดร.รวมพร นิคม	มหาวิทยาลัยทักษิณ
3.	นายสุวัฒนา นิคม	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

ชุดโครงการ “การพัฒนาอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม” ปีงบประมาณ 2560
สนับสนุนโดย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานฉบับนี้เป็นของผู้วิจัย วช. - สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปผู้บริหาร

จากการดำเนินโครงการ “การผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วและเปลือกผลไม้” ซึ่งได้ทำการร่วมศึกษาในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้เพาะเห็ดขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตเห็ดนางฟ้ามีใช้ประโยชน์ และให้เกิดมูลค่า โดยการดำเนินงานได้ทำการผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว ซึ่งเป็นของเหลือทิ้งในกลุ่ม หลังจากการเก็บดอกเห็ดจนครบอายุ ร่วมกับเปลือกผลไม้ซึ่งมีการปลูกมากในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช คือ มังคุด และทุเรียน โดยจากการศึกษาพบว่า ถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วมีเถ้าสูง และปริมาณความร้อนต่ำ ซึ่งไม่เหมาะสมในการนำมาผลิตถ่านอัดแท่ง แต่สามารถแก้ไขด้วยการผสมกับเปลือกทุเรียน หรือเปลือกมังคุด อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า การใช้ถ่านเปลือกทุเรียนผสมร่วมกับถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว ในอัตราส่วน 8:2 จะมีคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงผ่านเกณฑ์มาตรฐานชุมชน และมีความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุด เนื่องจากเปลือกทุเรียนไม่มีการใช้ประโยชน์ใดๆ ดังนั้นต้นทุนวัตถุดิบจึงต่ำมาก แต่ในกรณีเปลือกมังคุด มีการใช้ประโยชน์ต่างๆ ได้แก่ การผลิตน้ำมังคุด การผลิตสีจากเปลือกมังคุด ส่งผลให้เปลือกมังคุดมีมูลค่าเพิ่มขึ้น

บทคัดย่อภาษาไทย

การผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว และเปลือกผลไม้ได้แนวคิดจากการใช้ประโยชน์จากของเสียทางเกษตรกรรม เช่น ก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน ซึ่งมีมากในจังหวัดนครศรีธรรมราช งานวิจัยนี้จึงศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วผสมเปลือกมังคุด และก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วผสมเปลือกทุเรียนในอัตราส่วนผสมที่ 0:10, 2:8, 4:6, 6:4 8:2 และ 10:0 โดยน้ำหนัก ทำการอัดแท่งถ่าน และมีการทดสอบคุณสมบัติค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM และเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ผลการทดสอบ พบว่า ถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วผสมเปลือกมังคุด ในอัตราส่วนผสม 4:6 และ ถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วผสมเปลือกทุเรียนในอัตราส่วนผสม 2:8 มีค่าความร้อนใกล้ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มผช. ที่กำหนดไว้ว่าถ่านอัดแท่งจะต้องมีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 5,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วผสมเปลือกทุเรียนในอัตราส่วน 2:8 มีต้นทุนการผลิต เท่ากับ 8.46 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อมีกำลังการผลิตที่ 54.5 กิโลกรัม/วัน จะสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลาประมาณ 2.2 ปี ซึ่งผลการศึกษาวิจัยสามารถนำไปส่งเสริมให้เกษตรกรนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ ก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วและเปลือกทุเรียนมาใช้ประโยชน์ในการเพิ่มมูลค่าได้

Abstract

The production of charcoal briquette from used mushroom loaf and fruit rinds was the idea derived the utilization of agricultural waste such as mushroom loaf, durian peel and mangosteen peel which are abundant in the Nakhon Si Thammarat Province. This research studied the production of charcoal briquette by mixing the mushroom loaf, which was an ingredient with durian peel and mangosteen peel at the mixing ratio of 0:10, 2:8, 4:6, 6:4, 8:2 and 10:0 by weight. The properties of briquette were analyzed according to ASTM to be in accordance with Thai Community Product Standard as well as humidity test, and the extinguish duration were tested. The test result revealed that charcoal briquette from mushroom loaf mixed with durian peel at the mixing ratio of 2:8 and the charcoal briquette mixed with mangosteen peel at the mixing ratio of 4:6 had similar calorific value which was higher than Thai Community Product Standard which stated that charcoal briquette shall not have less calorific value lower than 5,000 kilocalories per kilogram. The results of economics analysis found that the production cost of the charcoal briquette from mushroom loaf mixed with durian peel at the mixing ratio of 2:8 was 8.46 Baht/kg of charcoal, when the productivities are 54.5 kg/day, the payback period is approximately 2.2 years. The results of study should be encourage the utilization of agricultural wastes such as mushroom loaf and durian peel to increase wastes value added that would be conformed to the main objectives of the research.

สารบัญ

หัวข้อ			หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย			4
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ			5
สารบัญ			6
สารบัญตาราง			7
สารบัญภาพ			8
บทที่ 1	**บทนำ**		9
	1.1	ความสำคัญ และที่มาของปัญหา	10
	1.2	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	11
	1.3	ขอบเขตของการวิจัย	11
	1.4	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ	11
	1.5	กรอบแนวความคิดของการวิจัยและขั้นตอนการวิจัย	11
	1.6	การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง	12
	1.7	วิธีการดำเนินการวิจัย	15
	1.8	แผนงานโครงการ	22
บทที่ 2	**ผลการทดลอง**		23
	2.1	อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียนในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง	24
	2.2	บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเชื้อเพลิงอัดแท่ง	28
	2.3	ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งผสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน	29
บทที่ 3	**สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ**		35
บรรณานุกรม			38
ภาคผนวก (ประกอบด้วย)			
	ก	การคำนวณ NPV และ IRR	42
	ข	บทความสำหรับเผยแพร่	43
	ค	ภาพกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี	51
	ง	ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้และกิจกรรมที่ดำเนินการมาและผลที่ได้รับตลอดโครงการ	52
ตารางเปรียบเทียบ Output ที่เสนอในข้อเสนอโครงการและได้จริง			53

สารบัญตาราง

		หัวข้อ	หน้า
บทที่ 1			
ตารางที่	1.1	ปัจจัยที่วิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิง	19
บทที่ 2			
ตารางที่	2.1	คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว เปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุด	24
ตารางที่	2.2	ร้อยละของผลผลิตถ่านที่ผลิตได้จากวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ	25
ตารางที่	2.3	คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วต่อเปลือกมังคุด	26
ตารางที่	2.4	คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วต่อเปลือกทุเรียน	26
ตารางที่	2.5	ปริมาณความชื้น และปริมาณความร้อนของถ่านอัดแท่ง ซึ่งเก็บด้วยบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ	28
ตารางที่	2.6	รายการราคาต้นทุนของเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน	29
ตารางที่	2.7	รายการราคาต้นทุนผันแปรของการผลิตถ่านอัดแท่ง	30
ตารางที่	2.8	น้ำหนักของถ่านที่ได้จากการเผาต่อครั้ง	30
ตารางที่	2.9	ค่าวัตถุดิบในการผลิตถ่านต่อกิโลกรัม	31
ตารางที่	2.10	ค่าน้ำ และค่าแป้งมันในการผลิตถ่านต่อกิโลกรัม	31
ตารางที่	2.11	รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการผลิตถ่านต่อกิโลกรัม	31
ตารางที่	2.12	ปริมาณถ่าน รายรับ และค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการผลิตถ่านต่อปี	32
ตารางที่	2.13	ผลการวิเคราะห์การคำนวณหา NPV	33

สารบัญภาพ

		หัวข้อ	หน้า
บทที่ 1			
ภาพที่	1.1	การบรรจุชีวมวลลงในเตาเผาถ่าน	15
ภาพที่	1.2	การจุดไฟเตาเผาถ่าน	15
ภาพที่	1.3	ลักษณะควันขณะไล่ความชื้นและควันบ้า	16
ภาพที่	1.4	ลักษณะควันใสก่อนทำการปิดหน้าเตาให้เหลือประมาณ 1 ใน 4	16
ภาพที่	1.5	ลักษณะควันใสก่อนทำการเปิดหน้าเตา	17
ภาพที่	1.6	การปิดปล่องทุกปล่อง และปิดหน้าเตา	17
ภาพที่	1.7	การอัดถ่านแท่ง	18
บทที่ 4			
ภาพที่	2.1	ลักษณะถ่านที่ได้จากการศึกษา	24
ภาพที่	2.2	ถ่านอัดแท่ง และบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลอง	28

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาด้านพลังงาน เนื่องจากแหล่งพลังงานธรรมชาติไม่เพียงพอต่อการใช้งานในประเทศ จึงเป็นประเด็นสำคัญที่มีผลต่อการแข่งขันของประเทศในเวทีโลก จึงจำเป็นต้องมีการเตรียมพร้อมทางด้านพลังงาน จัดหาแหล่งพลังงานธรรมชาติเพิ่มขึ้น โดยพลังงานจากแหล่งพลังงานทดแทนเป็นมาตรการสำคัญต่อเศรษฐกิจ และความมั่นคงทางด้านพลังงานของประเทศ รวมถึงปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชาชนมากกว่าร้อยละ 50 ประกอบอาชีพเกษตรกรรม โดยประเทศไทยยังมีวัสดุเหลือทิ้งจากการทำเกษตรกรรมอยู่มาก และยังมิได้นำมาใช้ประโยชน์อย่างจริงจัง เช่น แกลบ กากอ้อย มูลสัตว์ ซังข้าวโพด เป็นต้น โดยการเพาะเห็ดเป็นอาชีพหนึ่งที่มีผู้ประกอบการเพิ่มขึ้นอย่างมาก หลังจากเก็บดอกเห็ดแล้วจะมีก้อนเชื้อเห็ดที่ไม่ใช้แล้วถูกนำมาทิ้งจำนวนมาก ซึ่งขยะเหล่านี้มีความชื้นสูงไม่เหมาะที่จะนำไปเผา จึงถูกนำไปทิ้งตามที่ต่างๆ ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาการใช้ประโยชน์จากก้อนเชื้อเห็ดเพื่อนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพื่อให้ผู้เพาะเห็ดสามารถนำเชื้อเพลิงดังกล่าวกลับมาใช้เป็นพลังงานทดแทนในการหุงต้ม หรือนำมาใช้เพื่อการนึ่งฆ่าเชื้อถุงเห็ดเพื่อการผลิตก้อนเชื้อเห็ดใหม่จะช่วยลดต้นทุนการผลิตเห็ด เพิ่มมูลค่าสิ่งที่ไม่ใช้แล้ว และที่สำคัญที่สุดเพื่อลดปริมาณขยะซึ่งอาจก่อให้เกิดมลพิษตามมา

ผลไม้สำคัญของประเทศไทยซึ่งมีพื้นที่ปลูกมากในภาคใต้ และภาคตะวันออกโดยเฉพาะในจังหวัดจันทบุรี ชุมพร และนครศรีธรรมราช ได้แก่ มังคุด และทุเรียน โดยมังคุดจะออกผลผลิตเป็นจำนวนมากในช่วงเดือน พฤษภาคม ถึง สิงหาคม และจากรายงานของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรพบว่าในปี พ.ศ.2553 (กรมพัฒนาสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 25531) มีผลผลิตมังคุดออกมาเท่ากับ 250,508 ตัน มังคุดเป็นพืชที่ไม่มีการตัดแต่งกิ่ง เมื่อพิจารณาถึงส่วนประกอบที่จะนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ก็จะประกอบด้วย ใบ และเปลือกของมังคุด โดยเฉพาะเปลือกมังคุด โดยประมาณว่าในมังคุดสด 1 กิโลกรัมจะมีเปลือกประมาณ 50% ของน้ำหนัก อย่างไรก็ตามเปลือกมังคุดมีอัตราส่วนของน้ำที่สูง และมีความเป็นรูพรุนสูง ดังนั้นเมื่อทำให้แห้งก็พบว่าน้ำหนักจะลดลงเป็นจำนวนมาก และทุเรียนเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เปลือกทุเรียนเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการบริโภค จากการแปรรูปผลิตภัณฑ์ เช่น ทุเรียนทอดกรอบ ทุเรียนกวน ผลผลิตทุเรียนในแต่ละปีประมาณ 686,478 ตันต่อปี เมื่อคิดเป็นปริมาณเปลือกเท่ากับ 462,688.2 ต่อปี ดังนั้นการพัฒนาเปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียนเพื่อเป็นพลังงานทดแทนจึงมีความน่าสนใจอย่างยิ่ง

เชื้อเพลิงอัดแท่งเป็นแนวทางหนึ่งที่นำเอาวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้ให้เป็นประโยชน์ โดยนำมาทดแทนไม้ฟืนและถ่าน วัสดุเหลือใช้พวกชีวมวลจากพืช หรือของเหลือทิ้งจากการเกษตรสามารถเปลี่ยนรูปให้เป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณค่าด้วยกระบวนการอัดแท่ง ทำให้มีความหนาแน่นสูงขึ้น เนื่องจากวัสดุทางการเกษตรก่อนการอัดแท่งมีความหนาแน่นต่ำ ไม่สะดวกในการขนส่งและเก็บรักษา วัสดุทางการเกษตรก่อนการอัดแท่งมีค่าความร้อนเท่ากับ 1/3 ของถ่านหินโดยน้ำหนัก แต่เมื่ออัดแท่งแล้วสามารถเพิ่มค่าความร้อนเป็น 2/3 ของถ่านหินโดยน้ำหนัก อีกทั้งเชื้อเพลิงอัดแท่งมีคุณสมบัติทางกายภาพ และความร้อนที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มในครัวเรือนได้ ปราศจากมลภาวะ เนื่องจากไม่มีกำมะถัน ฟอสฟอรัส และขี้เถ้า ปล่อยออกมา

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว ซึ่งเป็นชีวมวลราคาถูก เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน ซึ่งเป็นของเสียทางเกษตรกรรม ซึ่งมีมากในจังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อใช้แทนไม้ฟืน และมีประสิทธิภาพในการให้ความร้อนเพียงพอต่อการประกอบอาหาร มีราคาประหยัด และเป็นแนวทางในการนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมไปใช้พัฒนาวัตถุดิบอื่นๆ ในท้องถิ่นให้มีคุณค่าเกิดประโยชน์ในด้านเชื้อเพลิงต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียนในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

1.2.2 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งผสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งผสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน

1.3.2 ศึกษากระบวนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งด้วยวิธีอัดแท่งแบบไม่ใช้ความร้อน โดยใช้เครื่องอัดแบบเกลียว

1.3.3 ทดลองทำเชื้อเพลิงอัดแท่งผสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วต่อเปลือกมังคุด และก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วต่อเปลือกทุเรียน ที่อัตราส่วน 0:10, 2:8, 4:6, 6:4 8:2 และ 10:0 โดยน้ำหนัก เพื่อหาอัตราส่วนที่มีคุณสมบัติทางความร้อนดีที่สุด

1.3.4 ศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งผสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วและเปลือกมังคุด โดยพิจารณาจากงบกระแสเงินสดสุทธิระยะเวลาคืนทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน และอัตราผลตอบแทนภายใน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

1.4.1 สามารถนำก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียนมาใช้ให้เกิดประโยชน์และลดค่าใช้จ่ายในการกำจัด

1.4.2 สามารถนำเศษวัสดุธรรมชาติมาเป็นพลังงานทดแทน

1.4.3 ทำให้ทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งอัดแท่งผสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน

1.5 กรอบแนวความคิดของการวิจัยและขั้นตอนการวิจัยในภาพรวม

งานวิจัยนี้มีแนวความคิดในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว ซึ่งเป็นชีวมวลราคาถูก ร่วมกับเปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน ซึ่งเป็นของเสียทางเกษตรกรรม ซึ่งมีมากในจังหวัดนครศรีธรรมราช

เพื่อใช้แทนไม้ฟืน โดยจะทำการศึกษาเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียนในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง รวมทั้งความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งผสมดังกล่าว

1.6 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

Owen และคณะ (2001) ได้ศึกษาการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ทาง การเกษตร เช่น ต้นข้าวโพด ฟาง หญ้า ใบไม้เป็นต้น โดยบดเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรให้เป็นชิ้นเล็กๆ ขนาด cornflake เติมน้ำแล้วนำมาอัดเป็นแท่ง โดยแท่งเชื้อเพลิงจะมีลักษณะคล้ายโดนัท นำไปตากให้แห้ง สามารถนำไปใช้แทนฟืนและถ่านไม้ได้ โดยให้ความร้อนสูงและติดไฟได้นาน นอกจากนี้ยังได้ทดลองทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษใบไม้กิ่งไม้และขยะจากจดหมายเก่า พบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งนี้สามารถจุดติดไฟได้ง่ายโดยใช้เวลาเพียง 2 นาที และให้อุณหภูมิสูงสุดถึง 816°C ในขณะที่ฟืนไม้ใช้เวลาในการจุดติดไฟนานกว่าและให้อุณหภูมิสูงสุดที่ 733°C

สุริยา (2544) ได้ศึกษาการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากส่วนผสม กากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียและเศษชิ้นไม้สับของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ โดยการนำกากตะกอนจากระบบบำบัด น้ำเสียของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษมาผสมกับเศษชิ้นไม้สับจากการสับไม้ก่อนเข้าขบวนการผลิตเยื่อกระดาษจำนวน 11 อัตราส่วนผสม ได้แก่ 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80, 10:90 และ 0:100 โดยน้ำหนัก แล้วอัดเป็นแท่งเผาให้เป็นถ่านเชื้อเพลิง ทำการศึกษา คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง และศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตและการลงทุน พบว่าอัตราส่วนผสมระหว่างกากตะกอนและชิ้นไม้สับตั้งแต่ 100:0 ถึง 40:60 โดยน้ำหนัก สามารถอัดเป็นรูปแท่งได้ โดยส่วนผสมที่มีเศษชิ้นไม้สับเพิ่มขึ้นจะอัดเป็นรูปได้ยากขึ้น ใช้เวลาในการอัดมากขึ้น เมื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิง คือ ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย คาร์บอนคงตัว กำมะถันรวม และค่าความร้อน แล้วพบว่า อัตราส่วนผสม 70:30 มีคุณสมบัติดีที่สุด โดยมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับฟืนแกลบ เมื่อศึกษาด้านการลงทุนพบว่า อัตราผลตอบแทนการลงทุนอยู่ที่ร้อยละ 30.73 ณ ราคาขาย 9 บาท/กิโลกรัม และหากนำไปผลิตเป็นถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจะให้ค่า ตอบแทนสูงกว่าการนำไปเป็นเชื้อเพลิงในเตาเผา

เจิดจันทร์ และวิมลวรรณ (2553) ได้ทำการศึกษาศักยภาพของถ่านอัดแท่งจากก้อนเพาะเห็ดที่ใช้แล้ว พบว่า การใช้ถ่านก้อนเพาะเห็ด 3000 กรัม ใช้แป้งมันสำปะหลัง 300 กรัม และน้ำ 250 มิลลิลิตร เป็นตัวประสาน เป็นสภาวะการทดลองที่เหมาะสมที่สุด โดยให้ความร้อน 4104 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และมีเถ้าร้อยละ 31.77 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน พบว่าค่าดังกล่าวไม่ผ่านเกณฑ์ โดยเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่งต้องมีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 5000 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ค่าเถ้า ไม่เกินร้อยละ 10 จึงควรมีการศึกษาเพื่อพัฒนาคุณภาพของถ่านอัดแท่งจากก้อนเพาะเห็ดที่ใช้แล้วต่อไป

จารุณี แสงสุวรรณวาว (2530) ได้ศึกษาการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษวัสดุเกษตรผสมกากส่าเหล้าและกากน้ำตาล เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนฟืนและถ่านโดยเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตทำจากเศษวัสดุเกษตร 3 ชนิด คือ กากอ้อย แกลบ และซังข้าวโพด ที่สับให้เป็นชิ้นเล็กๆ ผสมกับกากส่าเหล้าและกากน้ำตาลเป็นตัวเชื่อมประสานแล้วอัดแท่งด้วยเครื่องอัด นำแท่งเชื้อเพลิงที่ยังมีความชื้นสูงมาตากให้แห้งโดยเปรียบเทียบ 3

วิธีคือ (1) อบในตู้อบไฟฟ้า อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน (2) ตากในตู้อบแสงอาทิตย์ อุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 3-4 วัน และ (3) ตากบนแผ่นสังกะสีใช้เวลา 3-4 วัน แท่งเชื้อเพลิงจะมีความชื้นเหลือประมาณร้อยละ 5-6 สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการ หุงต้มและกิจกรรมในครัวเรือนได้ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบและคุณสมบัติทั่วไปของเชื้อเพลิงเขียวเปรียบเทียบกับฟืนและถ่านไม้ มะขามเทศปรากฏว่าเชื้อเพลิงเขียวมีองค์ประกอบและคุณสมบัติคล้ายกับฟืน คือให้ค่าความร้อนเฉลี่ยประมาณ 4,000 kcal/kg แต่มีค่าความร้อนน้อยกว่าถ่านไม้มะขามเทศซึ่งให้ค่าความร้อนเฉลี่ย 7,390 kcal/kg ส่วนประสิทธิภาพในการใช้งานของความร้อนเมื่อใช้กับเตาเชื้อเพลิงเขียว

ธเนศ และคณะ (2557) ได้ทำการศึกษาสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของถ่านเปลือกมังคุด พบว่า ถ่านเปลือกมังคุดมีค่าความร้อน 26,745.75±1,076.64 kJ/kg และเถ้าร้อยละ 3.02±0.94

อัจฉรา และคณะ (2554) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุดมาใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยนำมาผสมกับแป้งมันสาปะหลังหรือโมลาสซึ่งเป็นตัวประสานที่อัตราส่วนต่างๆ กันแล้วอัดเป็นแท่งโดยวิธีอัดแบบเย็น พบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งมีค่าความร้อนอยู่ในช่วง 3,400-4,348 cal/g และค่าความร้อนที่ได้จากเปลือกทุเรียนที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานมีค่าความร้อนสูงที่สุด 4,348 cal/g ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าความร้อนที่ได้จากฟืนไม้ เชื้อเพลิงอัดแท่งมีค่าความชื้นและปริมาณเถ้าต่ำ

ปัจจุบันมีการวิจัยพัฒนาคุณภาพของถ่านให้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการใช้ประโยชน์โดยการนำวัสดุที่เหลือใช้จากการเกษตร เช่น ขี้เลื่อย เปลือกไมกะลามะพร้าว นำมาเผาให้เป็นผงถ่านหรือคาร์บอน แล้วผสมกับตัวประสาน นำไปอัดแท่งอบให้แห้งจะได้ถ่านอัดแท่ง (ศูนย์วิจัยการผลิตถ่านป่าไม้เขตสระบุรี. 2546) ที่มีคุณสมบัติพิเศษ คือ ไมมีควัน ไมมีกลิ่น ไมแตกประทุ เถ้าน้อยไมเกิดการฟุ้งกระจายไม่ทำลายสุขภาพ ให้ความร้อนสูงสม่ำเสมอ และทนทานกว่าการใช้ถ่านไม้ถึง 2.5 เทา สารตกค้างที่ถูกปลดปล่อยออกมาในขณะเผาถ่านและหลังการเผาถ่าน เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์เกิดขึ้นได้หลายลักษณะ เช่น ภูเขาไฟระเบิด การหายใจของสิ่งมีชีวิต หรือการเผาไหม้ของสารประกอบอินทรีย์ก๊าซนี้เป็นวัตถุดิบสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชเพื่อใช้คาร์บอน และออกซิเจนในการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรต จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงนี้พืชจะปล่อยก๊าซออกซิเจนออกมาสู่บรรยากาศ อย่างไรก็ตามถ่านอัดแท่งจากเศษวัตถุดิบธรรมชาติจะไม่ส่งผลกระทบทางด้านสุขภาพของผู้ใช้ถ่านอัดแท่ง ไมมีสารตกค้างกับผู้ใช้ถ่านอัดแท่งปลอดภัยไม่มีสารตกค้าง และไมทำลายสุขภาพ เพราะถ่านได้ถูกเผาไหม้ด้วยอุณหภูมิมากกว่า 800 องศาเซลเซียส และไม่มีสารก่อมะเร็ง ถ่านอัดแท่งได้ผ่านกระบวนการทำให้สุกแล้วจึงทำการอัดแท่ง (สามารถทดสอบกับถ่านทั่วไปได้โดยการนำไปต้มน้ำร้อน หากก้นหม้อเป็นเขม่าสีดำ แสดงว่าถ่านที่ใช้ถูกเผามาไมสุกและมีสารก่อมะเร็ง) (กิติพงษ, 2547)

ปัจจัยเสี่ยงด้านมลพิษทางอากาศที่มีผลต่อสุขภาพ

ปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญที่สุด คือ การเกิดมลพิษทางอากาศจากการเผาไหม้ของไม้ ได้แก่ เขม่าควัน ฝุ่นละออง ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และสารอินทรีย์ชนิดต่างๆ

1. สารทาร์ (Tar) เกิดจากถ่านที่มีคุณภาพไม่ดี คือ ถูกเผาในที่อุณหภูมิไม่สูงพอ มีปริมาณถ่าน (Fixed carbon) ไม่ถึง 85% จึงมีสารระเหยปะปนออกมาในขณะติดไฟ ทาร์ หรือน้ำมันดิน ประกอบด้วย สารอินทรีย์หลายชนิด เกาะกันเป็นสีน้ำตาลเป็นสารก่อให้เกิดมะเร็งของอวัยวะต่าง ๆ ได้ เช่น มะเร็งปอด กล่องเสียง หลอดลม หลอดอาหาร ไต กระเพาะ ปัสสาวะ โดยร้อยละ 50 ของทาร์จะไปจับที่ปอด ทำให้เกิดการระคายเคือง อันเป็นสาเหตุของการไอเรื้อรัง มีเสมหะ

2. เบนโซไพรีน (Benzopyrene) และ ไดเบนซานทราซีน (Dibenzanthracene) ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ในกลุ่มโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic aromatic hydrocarbons :PAH) มักพบในเขม่าที่เกิดจากการเผาชีวมวล ได้แก่ ไม้ ถ่านหิน น้ำมันเชื้อเพลิง คนที่ทำงานสัมผัส กับเขม่าควันจากการเผาไม้ และถ่านเป็นเวลานาน เช่น อาชีพเผาถ่านทำความสะอาดปล่องไฟ หรือแม้แต่ผู้จำหน่าย และผู้บริโภคอาหารปิ้งย่างด้วยเตาถ่าน เป็นต้น จะได้สัมผัสกับเขม่าซึ่งมีสารเบนโซไพรีน และสารไดเบนซานทราซีน ก็จะมีโอกาสทำให้เกิดมะเร็งในอวัยวะหลายชนิด

3. ฝุ่นละออง สามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของคน สัตว์ พืช เกิดความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือน ทำให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญต่อประชาชน บดบังทัศนวิสัย ทำให้เกิดอุปสรรคในการคมนาคมขนส่ง ฝุ่นละอองขนาดเล็กจะมีผลกระทบต่อสุขภาพเป็นอย่างมาก เมื่อหายใจเข้าไปในปอดจะเข้าไปอยู่ในระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง ผู้ที่ได้รับฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในระดับหนึ่งจะทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ (Asthma) ส่วนผู้ที่ได้รับฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน จะทำให้มีผู้ป่วยที่เป็นโรคเกี่ยวกับหัวใจและโรคปอด และเกี่ยวโยงกับการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรโดยเฉพาะผู้ป่วยที่เป็นผู้สูงอายุ ผู้ป่วยโรคหัวใจ โรคหืดหอบ และเด็กจะมีอัตราเสี่ยงสูงกว่าคนปกติด้วย

4. โลหะหนัก ในการเผาถ่านไม้ มักพบสารแคดเมียมในสถานะเป็นไอ เมื่อมีการเผาไม้ถึงอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสหรือสูงกว่า แต่ไอตะกั่วจากการเผาไม้ จะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียสหรือสูงกว่าโรคที่เกิดจากแคดเมียมมักเป็นชนิดเรื้อรัง โดยการได้รับแคดเมียมติดต่อกันเป็นเวลานาน เช่น โรคปอดเรื้อรัง โรคหัวใจ โรคไตอักเสบ โรคกระดูก โรคความดันโลหิตสูง และโรคมะเร็ง เป็นต้น

5. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เกิดขณะการเผาถ่านถึงขั้นตอนการไล่สารระเหิด ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เมื่อเข้าสู่ร่างกายทางระบบทางเดินหายใจจะเป็นพิษต่อร่างกาย เพราะเข้าแทนที่ออกซิเจนในกระแสโลหิต ทำให้ร่างกายไม่สามารถใช้ก๊าซออกซิเจนได้ การหายใจเอาก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เข้าไปในร่างกายทีละน้อยๆ เป็นประจำ จะทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ คลื่นไส้ ตาพร่า ความคิดสับสน ประสาทหลอนร่างกายอ่อนแอ หัวใจเต้นถี่ การหายใจถี่ขึ้น และเป็นลมหมดสติถ้ามีอาการมาก ๆ จะมีอาการชักกระตุก หัวใจเต้นอ่อนแรง การหายใจช้าลง และมีโอกาสเสียชีวิตได้ กรณีที่ได้รับก๊าซพิษนี้ปริมาณสูงในทันทีทันใด จะทำให้มีอาการเริ่มแรกเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ก่อนที่จะหมดสติ และเสียชีวิตโดยไม่สามารถช่วยตัวเองได้ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มิได้เป็นก๊าซที่สะสมในร่างกายเหมือนพวกโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว แคดเมียม หรือแมงกานีส เป็นต้นดังนั้น หลังจากที่ได้รับก๊าซนี้ในปริมาณไม่มากร่างกายสามารถกำจัดออกจากกระแสโลหิตได้ภายใน 8-10 ชั่วโมง

แนวทางการควบคุมปัจจัยเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม

ในการแก้ไขปัญหา หรือควบคุมปัจจัยเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการประกอบกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ประเภท การเผาถ่าน หรือการสะสมถ่าน มีหลักการสำคัญคือ

1. การควบคุมปัจจัยเสี่ยงจากกลิ่น และควันไฟ การเลือกใช้เตาเผาที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งต้องพิจารณาตั้งแต่ขั้นตอนแรกของการผลิต คือ การเลือกวัตถุดิบที่สำคัญ ได้แก่ ไม้ โดยไม้ที่นำมาทำถ่านต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 20 ต่อมาเป็นการเลือกเตาที่มีความหนาแน่น และต้องสามารถเก็บรักษาความร้อนได้คงที่ จะทำให้การเผามีอุณหภูมิสูงและเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่า ซึ่งจะเป็นผลให้การเผาถ่านมีควันน้อยมาก หรือพัฒนาไปในระดับไม่มีควันเลย

2. การควบคุมปัจจัยเสี่ยงจากฝุ่นละออง ฝุ่นละอองถือว่าเป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญของการประกอบกิจการประเภทนี้ พนักงานผู้ปฏิบัติงานและประชาชนที่อาศัยในบริเวณใกล้เคียงย่อมได้รับผลกระทบจากปัญหาดังกล่าว ดังนั้นเจ้าหน้าที่ ต้องพิจารณาเลือกแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสมกับสภาพสถานประกอบกิจการเช่น กรณีที่เป็นโรงงานผลิตถ่านขนาดใหญ่มีกำลังการผลิตสูง จำเป็นต้องเลือกวิธีการจัดการฝุ่นละอองที่มีคุณภาพ เป็นต้น (กรมอนามัย, 2555)

1.7 วิธีดำเนินการวิจัย

1.7.1 ศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียนในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

- ทำการคัดแยกสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ออกจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน นำไปตากแดดจนแห้งสนิท แล้วนำไปเผาให้เป็นถ่าน ด้วยเตาแบบถัง 200 ลิตร เนื่องจากเป็นการใช้เทคโนโลยีแบบง่าย ราคาถูก โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. นำชีวมวลชั่งน้ำหนัก เรียงชีวมวลลงไปในเตาเผาถ่านประมาณ 3 ใน 4 ของเตา หลังจากจุดไฟหน้าเตา

ภาพที่ 1.1 การบรรจุชีวมวลลงในเตาเผาถ่าน

2. เริ่มทำการจุดไฟเตา บริเวณหน้าเตาที่ช่องเชื้อเพลิง โดยจุดที่จุดไฟอยู่บริเวณปากของช่องเชื้อเพลิงเติมฟืนเรื่อยๆ ช่วงนี้จะใช้เวลาประมาณ 2-4 ชั่วโมง ขึ้นกับความชื้นของวัสดุที่นำมาเผา

ภาพที่ 1.2 การจุดไฟเตาเผาถ่าน

3. สังเกตควันที่ปล่องควัน และท่อเร่งไฟ ขณะทำการไล่ความชื้น ควันที่ออกมาจะมีสีขาว ควันจะมีกลิ่นเหม็น ซึ่งเป็นกลิ่นกรดประเภท เมทานอล ที่อยู่ในเนื้อ อุณหภูมิบริเวณปากปล่องควันประมาณ 55-60 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิภายในเตาประมาณ 150 องศาเซลเซียส ถ้าความชื้นถูกไล่หมด และไม้ในเตาเริ่มติดไฟ (ประมาณ 2-4 ชั่วโมง หลังจากจุดเตา) จะเห็นควันที่ปล่องควัน ลักษณะเป็นควันขาวขุ่นปนเทาพุ่งออกมาจำนวนมาก เรียกว่าควันบ้า

ลักษณะควันขณะไล่ความชื้น

ลักษณะของควันบ้า

ภาพที่ 1.3 ลักษณะควันขณะไล่ความชื้นและควันบ้า

4. เมื่อเกิดควันบ้าให้ หยุดป้อนเชื้อเพลิง รอจนกระทั่งควันใส ทำการปิดหน้าเตาให้เหลือไว้ประมาณ 1 ใน 4

ลักษณะควันใส

ทำการปิดหน้าเตาให้เหลือไว้ประมาณ 1 ใน 4

ภาพที่ 1.4 ลักษณะควันใสก่อนทำการปิดหน้าเตาให้เหลือประมาณ 1 ใน 4

5. หลังจากควันเริ่มใส มีเฉพาะไอร้อนออกจากปล่องควัน (ปล่องสุดท้าย) ให้เปิดหน้าเตาเพื่อให้อากาศเข้าไปทำปฏิกิริยากับถ่านซึ่งจะทำให้ถ่านบริสุทธิ์ขึ้น ลดสารก่อมะเร็ง โดยขั้นตอนนี้จะใช้เวลาประมาณ 30 นาที

ลักษณะควันใส

เปิดหน้าเตา เพื่อให้อากาศเข้าไปทำปฏิกิริยากับถ่าน

ภาพที่ 1.5 ลักษณะควันใสก่อนทำการเปิดหน้าเตา

6. เมื่อครบ 30 นาที ให้ปิดปล่องทุกปล่อง ปิดหน้าเตาพร้อมใช้ดินเหนียวยาหน้าเตาป้องกันอากาศเข้า (หากมีรอยรั่ว ณ จุดอื่นต้องปิดรอยรั่วทั้งหมด) ทิ้งให้เตาเผาถ่านเย็นตัวลง ประมาณ 3-4 ชั่วโมง หรือทิ้งไว้ค้างคืน ตอนเช้าสามารถเปิดเตาเก็บถ่านและเผาต่อในครั้งต่อไปได้

ภาพที่ 1.6 การปิดปล่องทุกปล่อง และปิดหน้าเตา

8. นำถ่านทั้งหมดไปชั่งน้ำหนัก ทำการอัดแท่ง (ประริญา, 2546)

- นำถ่านก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียนที่ได้จากการเผามาบดด้วยเครื่องบดละเอียดจนเป็นผงถ่านนำไปร่อนด้วยเครื่องร่อนคัดขนาดโดยใช้ขนาดตะแกรงเบอร์ 30 mesh ให้ได้ขนาดอนุภาคของผงถ่านน้อยกว่า 30 mesh

- ผสมถ่านก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วต่อเปลือกมังคุด และก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วต่อเปลือกทุเรียน ที่อัตราส่วน 0:10, 2:8, 4:6, 6:4 8:2 และ 10:0 โดยน้ำหนัก โดยถ่านทุกชนิดนำมาผสมกับน้ำและแป้งมันในอัตราส่วน ถ่าน:น้ำ:แป้งมัน 10:8:2 โดยน้ำหนักเพื่อช่วยให้ยึดเกาะกันได้ดี ทำการอัดแท่งแบบเย็น และตัดเชื้อเพลิงออกเป็นท่อน ๆ

ภาพที่ 1.7 การอัดถ่านแท่ง

- นำเชื้อเพลิงที่อัดแท่งแล้วไปทำการตากบนแผ่นสังกะสี โดยทำการตากแดดเป็นเวลา 1 เดือน เพื่อลดความชื้น และทำให้แข็งตัวเกาะกันแน่น และในขณะตากแท่งเชื้อเพลิงให้ทำการกลับแท่งเชื้อเพลิง เพื่อให้แท่งเชื้อเพลิงแห้งสม่ำเสมอ และไม่เกิดการบิดงอ เมื่อเชื้อเพลิงแห้งดีแล้วบรรจุลงพลาสติกปิดให้แน่น

- นำเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิง เปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงอัดแท่งทั่วไป ได้แก่ ค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง ปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย ปริมาณคาร์บอนคงตัว ค่าความร้อน และวิเคราะห์ประสิทธิภาพของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่ง

1.7.2 ศึกษาหาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเชื้อเพลิงอัดแท่ง

- นำเชื้อเพลิงอัดแท่งในสภาวะที่ดีที่สุด จัดเก็บในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด คือ พลาสติก และกล่องกระดาษ ขนาด 1 kg จัดเก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 เดือน ทำการสุ่มตัวอย่างมาวัด ปริมาณความชื้น และปริมาณความร้อน ทุกๆ 1 เดือน เพื่อหาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

1. ค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง

ค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่ง = $m/V = m/[\pi(D^2-d^2)h/4]$

เมื่อ m = มวลของเชื้อเพลิงอัดแท่ง (กรัม)

V = ปริมาตรของเชื้อเพลิงอัดแท่ง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของแท่งเชื้อเพลิง (เซนติเมตร)

d = เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของแท่งเชื้อเพลิง (เซนติเมตร)

h = ความยาวของแท่งเชื้อเพลิง (เซนติเมตร)

2. ผลผลิตสุทธิ (Yield)

$$\text{ผลผลิตสุทธิ} = \frac{\text{น้ำหนักถ่าน}}{\text{น้ำหนักวัตุดิบแห้} - \text{น้ำหนักถ่าน}} \times 100$$

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิง จะทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1.1 ปัจจัยที่วิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิง

ปัจจัย	วิธีวิเคราะห์
ปริมาณความชื้น (Moisture content)	ASTM D5142
ปริมาณสารระเหย (Volatile matter)	ASTM D5142
ปริมาณเถ้า (Ash content)	ASTM D5142
ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon)	จากการคำนวณ
ค่าความร้อน (Heating value)	Bomb calorimeter

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่ง

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งเป็นการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนของถ่านเชื้อเพลิง ที่ได้ทดสอบแล้วว่ามีคุณสมบัติเหมาะสมในการเป็นเชื้อเพลิงหรือไม่ (ธารินี, 2548) โดยมีขั้นตอนดังนี้

- นำน้ำสะอาด 4000 กรัม ใส่ในหม้อหุงต้มเบอร์ 24 พร้อมฝาปิด ทำการวัดอุณหภูมิน้ำ
- เสียบเทอร์โมมิเตอร์ไว้ในหม้อมิให้สัมผัสกับก้นหม้อ
- นำถ่านอัดแท่ง 500 กรัม ชุบน้ำมันก๊าดปริมาณ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร เพื่อเป็นเชื้อไฟ
- จุดเชื้อเพลิงในเตา บันทึกอุณหภูมิน้ำในหม้อทุกๆ 3 นาที เมื่อน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส ให้เปลี่ยนหม้อใหม่ บันทึกอุณหภูมิทุกๆ 3 นาที จนกระทั่งน้ำสุดท้ายไม่เพิ่มขึ้นอีก

การคำนวณหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนจากสมการ

$$u = \frac{(ms\sum_{i=1}^{n}(t_{2i}-t_{1i})+ms(t_3-t_1))\ x\ 100}{Wq}$$

เมื่อ u = ประสิทธิภาพการใช้ความร้อนของเชื้อเพลิง *(ร้อยละ)*

W = น้ำหนักของเชื้อเพลิง *(กรัม)*

q = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (แคลอรีต่อกรัม)

m = น้ำหนักน้ำในหม้อ (กรัม)

s = ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ 1 แคลอรีต่อกรัม องศาเซลเซียส

t_{1i} = อุณหภูมิของน้ำเริ่มต้นในหม้อที่ I (องศาเซลเซียส)

t_{2i} = อุณหภูมิของน้ำเดือดในหม้อที่ I (องศาเซลเซียส)

t_1 = อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำหม้อแรก (องศาเซลเซียส)

t_3 = อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำหม้อสุดท้าย (องศาเซลเซียส)

1.7.3 ศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งผสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน

งานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว เปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุด เพื่อประเมินความเหมาะสมในทางปฏิบัติ โดยวิเคราะห์ผลตอบแทนของโครงการเพื่อประเมินว่าผลประโยชน์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบดังกล่าวมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งมีความคุ้มค่ากับต้นทุนการลงทุนและการบริหารจัดการหรือไม่ สามารถเป็นทางเลือกให้เกษตรกรใช้เป็นแนวทางจัดการวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและสามารถดาเนินการได้อย่างยั่งยืนหรือไม่ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ การวิเคราะห์ผลตอบแทนของโครงการตัวชี้วัดผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (net present value, NPV) อัตราผลตอบแทนภายใน (internal rate of return, IRR) และระยะเวลาคืนทุน (payback period, PB) การคำนวณตัวชี้วัดแต่ละตัวมีรายละเอียด
ดังต่อไปนี้

1.7.3.1 ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย (Cost of Production) ในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตถ่านอัดแท่ง คือ การวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยในการผลิตถ่านอัดแท่ง แม้จะมีการลงทุนสูงแต่การอัดเย็นจะมีต้นทุนเครื่องจักรต่ำกว่าการอัดแบบร้อนมาก แต่การอัดแบบเย็นจะมีเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการผลิตที่มากกว่า ได้แก่ เครื่องบดถ่าน ถังผสมวัสดุ เครื่องอัดแท่ง ถัง 200 ลิตร ในครั้งแรกต้นทุนสูง ในการคิดจุดคุ้มทุนของการผลิตถ่านอัดแท่งจะทำการเปรียบเทียบระหว่างรายได้และกำไรที่ได้รับต่อ 6 ปีในการผลิตถ่านอัดแท่ง โดยพิจารณาจากสมรรถนะ และต้นทุนการผลิตต่อหน่วย ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้กำหนดระยะเวลาในการวิเคราะห์ระยะเวลาที่สามารถใช้เครื่องจักร เท่ากับ 6 ปีหรือ 1,560 วัน

1. ต้นทุนในการผลิตถ่านอัดแท่ง ได้แก่

- เครื่องบด ถังผสมวัสดุ เครื่องอัดแท่ง

อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ผลิตถ่านพร้อมกับค่าใช้จ่ายอื่นๆ ดังนี้

- ถัง 200 ลิตร มีฝาปิด
- ถังผสมวัสดุ
- วัตถุดิบ ได้แก่ ก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว เปลือกมังคุด เปลือกทุเรียน
- แป้งมันสำปะหลัง
- ค่าแรงงาน ค่าไฟ ค่าน้ำ เป็นต้น

1.7.3.2 ระยะคืนทุน (Payback Period) ได้แก่ ระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับค่าลงทุนของโครงการ โดยจะพิจารณาจำนวนปีที่จะได้รับผลตอบแทนคุ้มกับเงินลงทุนกรณีกระแสเงินสดเข้าสุทธิเท่ากันทุกปี สามารถคำนวณได้ดังนี้

ระยะเวลาคืนทุน = เงินสดจ่ายลงทุนสุทธิเริ่มโครงการ / เงินสดรับสุทธิรายปี

1.7**.3.3 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value หรือ NPV)** คือ มูลค่าปัจจุบันของกระแสตอบแทนสุทธิหรือกระแสเงินสดของโครงการ ซึ่งคำนวณได้ด้วยการทำส่วนลดกระแสผลตอบแทนสุทธิตลอดชั่วอายุของโครงการให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน หรืออาจคำนวณหาจากความแตกต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของกระแสผลตอบแทนรวม และมูลค่าปัจจุบันของกระแสต้นทุนรวม สามารถคำนวณได้ดังนี้

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ = ผลต่างของมูลค่ากระแสผลตอบแทนรวมกับต้นทุนรวม

$$= \sum_{t=1}^{n} \frac{CF_t}{(1-i/100)^t}$$

โดยที่ n คือ อายุของโครงการ (ปี)

t คือ ดัชนีชี้เลขปีในช่วงเวลาของโครงการ (ปี) t = 1, 2, 3,...,n

CF_t คือ กระแสเงินสดสุทธิของโครงการในปีที่ t เท่ากับ กระแสเงินสดรับในปีที่ t - กระแสเงินสดจ่ายในปีที่ t (บาท)

I คือ อัตราคิดลด หรือ อัตราผลตอบแทนที่ต้องการ (%)

เกณฑ์ในการตัดสินใจ

ก. ในกรณีที่มูลค่าปัจจุบันสุทธิมากกว่า 0 หมายความว่า มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจ่าย แสดงว่า โครงการนั้นให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุน

ข. ในกรณีที่มูลค่าปัจจุบันสุทธิน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0 หมายความว่า มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับน้อยกว่าหรือเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจ่าย แสดงว่า โครงการนั้นให้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่ากับการลงทุน ควรนำเงินที่จะลงทุนไปฝากธนาคารเพื่อรับดอกเบี้ยหรือนำเงินไปลงทุนในโครงการอื่นที่ให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากว่า (กิติพงษ์, 2547)

1.7.3.4 อัตราผลตอบแทนภายใน (internal rate of return, IRR) หมายถึง อัตราผลตอบแทนที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดสุทธิตลอดอายุโครงการมีค่าเท่ากับศูนย์ แสดงถึงอัตราผลตอบแทนเฉลี่ยของโครงการตลอดอายุโครงการ IRR สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$0 = \sum_{t=1}^{n} \frac{CF_t}{(1+IRR/100)^t}$$

โดยที่ n คือ อายุของโครงการ (ปี)

t คือ ดัชนีชี้เลขปีในช่วงเวลาของโครงการ (ปี) t = 1, 2, 3,...,n

CF_t คือ กระแสเงินสดสุทธิของโครงการในปีที่ t เท่ากับ กระแสเงินสดรับในปีที่ t - กระแสเงินสดจ่ายในปีที่ t (บาท)

IRR คือ อัตราผลตอบแทนภายใน (%)

ซึ่งมีเกณฑ์ในการตัดสินใจ คือ การลงทุนโครงการให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าเมื่อ IRR ≥ ต้นทุนของเงินทุนของโครงการ โดยงานวิจัยนี้กำหนดให้ต้นทุนเงินลงทุนของโครงการเท่ากับอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ของธนาคารพาณิชย์

1.8 แผนงานโครงการ

กิจกรรม/ขั้นตอนการดำเนินงาน	เดือนที่					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
1.รวบรวมเอกสารและวางแผนการทดลอง						
2.จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์						
3. กิจกรรมที่ 1 ศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียนในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง						
4. กิจกรรมที่ 2 ศึกษาหาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเชื้อเพลิงอัดแท่ง						
5. กิจกรรมที่ 3 ศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งผสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน						
6.ประเมินผลและวิเคราะห์ข้อมูล						
7.จัดทำรายงานและเผยแพร่						

ปีที่	เดือนที่	ผลงานที่คาดว่าจะสำเร็จ
1	1 – 2	1. ข้อมูลจากการสืบเอกสาร วัสดุ อุปกรณ์ ที่พร้อมดำเนินการ 2. ได้รายงานความก้าวหน้าระยะ 2 เดือน
	3– 6	1. ได้อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียนในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง พร้อมข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงอัดแท่งทั่วไป 2. ได้รายงานความก้าวหน้าระยะ 6 เดือน

	7-12	1. ข้อมูลความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งผสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน 2. ได้บรรจุภัณฑ์ 1 รูปแบบ 3. ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งผสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน 4. ผลการประเมินและวิเคราะห์ข้อมูล 5. ได้รายงานฉบับสมบูรณ์

บทที่ 2

ผลการทดลอง

คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของวัตถุดิบในการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้ ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว เปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุดก่อนที่จะนำมาทำการเผา ซึ่งได้แสดงผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว เปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุด

คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิง (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว	เปลือกมังคุด	เปลือกทุเรียน
ความชื้น	12.40±1.15	7.57±0.68	8.57±0.78
สารระเหย	60.60±2.72	82.9±3.06	79.30±3.90
คาร์บอนคงตัว	14.83±0.94	5.33±0.45	7.54±0.66
เถ้า	13.27±1.15	4.54±0.44	4.07±0.39
ค่าความร้อน (cal/g)	1,701±86.5	4,240±335.7	3,945±508.7

จากตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของวัตถุดิบต่างๆ ที่ทำการศึกษา พบว่า ก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วมีค่าความชื้น และเถ้าในปริมาณสูง ซึ่งส่งผลต่อค่าความร้อน ทำให้มีค่าต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเปลือกมังคุดและเปลือกทุเรียน โดยเปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุด มีค่าความร้อนซึ่งใกล้เคียงกับฟืนไม้ทั่วไปที่ 4,390 cal/g (เอกลักษณ์ และคณะ, 2556) ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพของถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว จึงมีความเป็นไปได้ด้วยการผสมถ่านจากเปลือกมังคุด หรือถ่านจากเปลือกทุเรียนเพื่อเพิ่มปริมาณความร้อน และลดปริมาณเถ้าลง

2.1 อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียนในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

จากการเผาถ่านก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว ถ่านเปลือกมังคุด และถ่านเปลือกทุเรียน ได้ถ่านแสดงดังภาพที่ 2.1 และผลผลิตถ่านสุทธิ (Yield, %) แสดงดังตารางที่ 2.2

ภาพที่ 2.1 ลักษณะถ่านที่ได้จากการศึกษา (ก. ถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว ข.ถ่านจากเปลือกมังคุด ค. ถ่านจากเปลือกทุเรียน)

ตารางที่ 2.2 ร้อยละของผลผลิตถ่านที่ผลิตได้จากวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ

ชนิดวัตถุดิบ	น้ำหนักเฉลี่ยของวัตถุดิบ/การเผา 1 ครั้ง (kg)	น้ำหนักเฉลี่ยถ่านที่เกิดขึ้น /การเผา 1 ครั้ง (kg)	ผลผลิตถ่านสุทธิ (Yield, %)
ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว	16.98±1.09	5.25±0.44	44.70±3.57
เปลือกมังคุด	31.67±1.25	11.93±1.02	60.47±5.24
เปลือกทุเรียน	16.17±0.85	5.50±0.48	51.56±4.95

จากตารางที่ 2.2 ซึ่งแสดงร้อยละของผลผลิตถ่านที่ผลิตได้จากวัตถุดิบชนิดต่างๆ พบว่า ในการเผาวัตถุดิบแต่ละชนิด น้ำหนักการป้อนของวัตถุดิบแต่ละชนิดจะไม่เท่ากัน เนื่องจากมีความแตกต่างในส่วนของความหนาแน่น โดยก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว และเปลือกทุเรียนจะมีน้ำหนักเฉลี่ยของการป้อนวัตถุดิบก่อนการเผาใกล้เคียงกัน แต่เปลือกมังคุดจะสามารถป้อนได้น้ำหนักมากที่สุด และเมื่อทำการเผาจนเป็นถ่าน พบว่าเปลือกมังคุดให้ผลผลิตถ่านสุทธิมากที่สุด แต่ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วให้ผลผลิตถ่านสุทธิน้อยที่สุด ซึ่งอาจเนื่องมาจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วที่ใช้ในการเผาเมื่อใส่ลงไปในเตาเผา และในระหว่างการเคลื่อนย้ายเกิดการแตกหักของก้อนเชื้อเห็ด ซึ่งบางส่วนหลุดกลายเป็นเศษขี้เลื่อย หรือก้อนเห็ดขนาดเล็ก เมื่อนำมาใส่เตาเผา เศษขี้เลื่อยดังกล่าวจะตกลงที่ก้นถัง และในระหว่างการเผาไหม้เศษเหล่านั้นก็จะติดไฟอย่างรวดเร็ว โดยไม่สามารถเปลี่ยนไปเป็นถ่านได้ ดังนั้นการเผาก้อนเชื้อเห็ดที่ใช้แล้ว จึงให้ค่าผลผลิตถ่านสุทธิน้อยที่สุด

จากการทดลองผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งด้วยวิธีอัดเย็น จากถ่านก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วต่อเปลือกมังคุด และก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วต่อเปลือกทุเรียน ในอัตราส่วนต่างๆ 6 อัตราส่วน พบว่า ทุกอัตราส่วนผสมสามารถอัดแท่งได้ และเมื่อนำไปตากแดดแล้วไม่แตกหักง่าย โดยตารางที่ 2.3 และ 2.4 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วต่อเปลือกมังคุด และก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วต่อเปลือกทุเรียน ตามลำดับ

ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่งมีผลต่อการนำมาใช้งาน โดยเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีความหนาแน่นสูงจะทำให้มีความสะดวก ประหยัดเนื้อที่ในการเก็บ และประหยัดแรงงานในการขนย้าย เพราะในปริมาตรที่เท่ากันจะทำให้ได้ความร้อนและระยะเวลาในการเผาไหม้สูงกว่า จึงไม่จำเป็นต้องคอยเติม เชื้อเพลิงบ่อยๆ แต่จะมีปัญหาในการจุดติดไฟ ซึ่งถ้าแท่งเชื้อเพลิงมีความหนาแน่นสูงจะจุดติดไฟได้ยาก และถ้าแท่งเชื้อเพลิงมีความหนาแน่นต่ำจะทำให้มีการเผาไหม้อย่างรวดเร็วจนไม่เหมาะกับการใช้งาน (นารา, 2541) จากผลการทดลองในตารางที่ 2.3 และ 2.4 พบว่าความหนาแน่นเฉลี่ยของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วผสมกับเปลือกมังคุดมีค่าอยู่ระหว่าง 0.51-0.79 g/cm^3 และเชื้อเพลิงอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วผสมกับเปลือกทุเรียนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.51-0.54 g/cm^3 โดยความหนาแน่นเฉลี่ยของถ่านเปลือกมังคุดมีค่าสูงสุด ดังนั้นการเพิ่มอัตราส่วนปริมาณถ่านเปลือกมังคุดจึงส่งผลต่อความหนาแน่นเฉลี่ยของเชื้อเพลิงอัดแท่งทำให้มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น

การทดลองเพื่อหาปริมาณความชื้นจากถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วผสมกับเปลือกมังคุด และก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วผสมกับเปลือกทุเรียน ทั้ง 6 อัตราส่วนผสม ตามมาตรฐาน ASTM D

3173 โดยวัดค่าความชื้นที่ยังเหลือ อยู่หลังจากการนำไปตากแห้งตามขั้นตอนการทดลอง ซึ่งผลการทดลองที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 2.3 และตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วต่อเปลือกมังคุด

คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิง (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	อัตราส่วนถ่านก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วต่อเปลือกมังคุด					
	0:10	2:8	4:6	6:4	8:2	10:0
ความหนาแน่น (g/cm^3)	0.79±0.04	0.74±0.04	0.67±0.04	0.62±0.05	0.56±0.05	0.51±0.02
ความชื้น	6.47±0.48	6.37±0.30	6.46±0.36	6.29±0.19	6.51±0.21	6.68±0.27
สารระเหย	44.70±2.34	46.59±2.44	47.80±1.73	51.30±1.80	51.12±1.85	52.24±4.95
เถ้า	5.32±0.44	9.12±1.03	13.49±0.74	18.64±1.10	22.07±1.32	26.68±1.99
คาร์บอนคงตัว	43.51±1.78	37.63±2.04	30.31±2.33	24.85±1.83	19.33±1.49	14.13±1.73
ค่าความร้อน (cal/g)	6,378±30.6	5,756±46.9	5,110±44.9	4,438±94.6	3,831±65.5	3,211±122.9
ประสิทธิภาพของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่ง	34.57±0.74	31.47±0.46	27.53±0.82	24.73±0.63	26.25±0.66	24.83±0.33

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วต่อเปลือกทุเรียน

คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิง (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	อัตราส่วนถ่านก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วต่อเปลือกทุเรียน					
	0:10	2:8	4:6	6:4	8:2	10:0
ความหนาแน่น (g/cm^3)	0.53±0.02	0.54±0.02	0.51±0.01	0.54±0.02	0.52±0.02	0.51±0.02
ความชื้น	6.21±0.49	6.25±0.29	6.41±0.14	6.23±0.20	6.44±0.16	6.68±0.27
สารระเหย	56.72±4.90	56.01±3.29	54.93±3.57	54.48±2.76	52.44±2.59	52.24±4.95
เถ้า	7.97±0.51	12.57±0.74	15.04±0.97	20.58±1.11	22.13±1.35	26.68±1.99

คาร์บอนคงตัว	29.09±4.78	26.71±1.96	23.36±1.85	20.06±1.72	16.13±1.16	14.13±1.73
ค่าความร้อน (cal/g)	5,880±21.6	5,303±43.6	4,763±35.7	4,253±65.3	3,726±64.1	3,211±122.9
ประสิทธิภาพของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่ง	32.52±0.55	29.55±0.55	27.44±1.07	25.69±0.97	25.26±0.69	24.83±0.33

จากค่าข้อมูลในตารางที่ 2.3 และตารางที่ 2.4 แสดงให้เห็นว่าค่าความชื้น (Moisture content) ในทุกอัตราส่วน มีค่าความชื้นใกล้เคียงกัน โดยมีค่าชื้นต่ำกว่า 8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถ่านจากทุกอัตราส่วนผสมนั้นมีปริมาณความชื้นตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ที่ได้กำหนดไว้ว่าความชื้นของถ่านอัดแท่งควรมีค่าไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนัก

จากค่าข้อมูลในตารางที่ 2.3 และตารางที่ 2.4 แสดงค่าสารระเหย (Volatile matters) ของถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วผสมกับเปลือกมังคุด และก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วผสมกับเปลือกทุเรียน ในทุกอัตราส่วน โดยถ่านจากเปลือกมังคุดมีปริมาณสารระเหยน้อยที่สุดเท่ากับ 44.70 เปอร์เซ็นต์ และถ่านจากเปลือกทุเรียนมีปริมารสารระเหยมากที่สุด เท่ากับ 56.72 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ถ่านที่ดีนั่นปริมาณสารระเหยควรมีค่าน้อยที่สุด เพราะสารระเหยในถ่านนั้น รวมไปถึงปริมาณควันที่ออกมาจากถ่านแต่ละอัตราส่วนด้วย อย่างไรก็ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ของถ่านอัดแท่งไม่ได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานของค่าสารระเหยไว้

จากค่าข้อมูลในตารางที่ 2.3 และตารางที่ 2.4 แสดงค่าปริมาณเถ้า (Ash content) ในทุกส่วนผสม โดยถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วมีค่าปริมาณเถ้าสูงถึง 26.68 เปอร์เซ็นต์ และถ่านจากเปลือกมังคุดมีปริมาณเถ้าต่ำที่สุด 5.32 เปอร์เซ็นต์ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547 (ข)) ต้องมีปริมาณเถ้าไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ซึ่งการเพิ่มปริมาณก้อนเชื้อเห็ดส่งผลโดยตรงต่อการเพิ่มปริมาณเถ้า ซึ่งอัตราส่วนผสมของถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วผสมกับเปลือกมังคุด ต้องไม่เกิน 2 : 8 โดยปริมาณเถ้ายังคงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ในกรณีของถ่านอัดแท่งจากของก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วและเปลือกทุเรียนมีค่าปริมาณเถ้าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ซึ่งค่าปริมาณเถ้าจะต้องมีค่าน้อย เพราะปริมาณเถ้าจะมีผลต่อการลุกไหม้ของไฟและความร้อนที่ได้จึงต้องมีการควบคุมปริมาณเถ้าให้น้อยที่สุด

การทดสอบค่าคาร์บอนคงตัวตามมาตรฐาน ASTM D 3172 ซึ่งการหาค่าคาร์บอนคงตัวนั้นหาได้จากเอาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น, เปอร์เซ็นต์สารระเหย และ เปอร์เซ็นต์ปริมาณเถ้า นำไปลบ 100 ก็จะได้เปอร์เซ็นต์คาร์บอนคงตัว ซึ่งผลการทดลองที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 2.3 และตารางที่ 2.4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) ในทุกอัตราส่วนผสม โดยถ่านจากเปลือกมังคุดมีค่าคาร์บอนคงตัวสูงสุดเท่ากับ 43.51 เปอร์เซ็นต์ และถ่านก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้ามีค่าคาร์บอนคงตัวต่ำที่สุด เท่ากับ 14.13 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการเพิ่มอัตราส่วนของถ่านก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าส่งผลให้ค่าคาร์บอนคงตัวมีแนวโน้มลดลง ซึ่งถ่านที่ดีต้องมีค่าปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงเพราะค่าคาร์บอนคงตัวที่อยู่ในถ่านนั่นจะทำให้การติดไฟดีขึ้น อย่างไรก็ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ของถ่านอัดแท่งไม่ได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานของค่าคาร์บอนคงตัวไว้

จากค่าข้อมูลในตารางที่ 2.3 และตารางที่ 2.4 แสดงค่าปริมาณความร้อน (Heating value) โดยถ่านจากเปลือกมังคุดมีค่าปริมาณความร้อนสูงที่สุด เท่ากับ 6,378 cal/g และถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วมีปริมาณความร้อนต่ำที่สุด 3,211 cal/g ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่งควรมีค่าไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ซึ่งการเพิ่มปริมาณถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดส่งผลโดยให้ปริมาณความร้อนของผลิตภัณฑ์ลดลง ซึ่งอัตราส่วนผสมของถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วผสมกับเปลือกมังคุด ต้องไม่เกิน 4 : 6 และ

อัตราส่วนผสมของถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วผสมกับเปลือกทุเรียน ต้องไม่เกิน 2 : 8 โดยค่าปริมาณความร้อนยังไม่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งค่าปริมาณความร้อนจะต้องมีค่าสูงเพื่อให้ได้ปริมาณความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงนั้นๆ ในปริมาณที่สูง เมื่อมีมวลของเชื้อเพลิงที่เท่ากัน

2.2 บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเชื้อเพลิงอัดแท่ง

นำเชื้อเพลิงอัดแท่งในอัตราส่วนของก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว:เปลือกมังคุด 4 : 6 จัดเก็บในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด คือ พลาสติก (ฟิล์มหด) และกล่องกระดาษ ขนาด 1 kg จัดเก็บที่อุณหภูมิห้อง แสดงดังภาพที่ 2.2 เป็นเวลา 3 เดือน ทำการสุ่มตัวอย่างมาวัด ปริมาณความชื้น และปริมาณความร้อน ทุกๆ 1 เดือน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 2.5

ก ข ค

ภาพที่ 2.2 ถ่านอัดแท่ง และบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลอง (ก. ไม่ใส่บรรจุภัณฑ์ ข.ใส่กล่องกระดาษ ค.ใส่ในฟิล์มหด)

จากการทดลอง พบว่า การเก็บถ่านไว้เป็นระยะเวลานาน จะส่งผลให้ปริมาณความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้น และทำให้ปริมาณความร้อนของถ่านอัดแท่งลดลง เนื่องจากถ่านมีคุณสมบัติในการดูดความชื้น โดยถ่านอัดแท่งซึ่งไม่มีบรรจุภัณฑ์ห่อหุ้ม จะมีปริมาณความชื้นสูงสุด และถ่านอัดแท่งภายในกล่องกระดาษจะมีความชื้นต่ำที่สุด อย่างไรก็ตามการเลือกบรรจุภัณฑ์มีผลต่อต้นทุนที่เกิดขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้วถ่านอัดแท่งที่มีการจำหน่ายในท้องตลาดจะเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีราคาถูก เช่น ถุงปุ๋ยบรรจุถ่านอัดแท่ง 20 กก. ถุงกระดาษบรรจุถ่านอัดแท่ง 3 กก. หรือถุงพลาสติกบรรจุถ่านอัดแท่ง 1 กก. เป็นต้น

ตารางที่ 2.5 ปริมาณความชื้น และปริมาณความร้อนของถ่านอัดแท่ง ซึ่งเก็บด้วยบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ

	คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิง					
	ปริมาณความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			ปริมาณความร้อน (cal/g)		
	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน
พลาสติก	7.45±0.26	7.65±0.20	8.07±0.28	4,709±157	4,561±120	4,417±147
กล่องกระดาษ	7.21±0.08	7.43±0.11	7.55±0.08	4,735±123	4,632±91	4,566±135
ไม่บรรจุ	7.73±0.28	8.47±0.19	8.88±0.33	4,532±117	4,424±171	4,181±179

หมายเหตุ โดยถ่านอัดแท่งจากการทดลองมีความชื้นเริ่มต้น 6.46% และปริมาณความร้อน 5,110 cal/g

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ขอเลือกบรรจุภัณฑ์พลาสติกฟิล์มหดเป็นบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม เนื่องจากสามารถป้องกันความชื้นได้ดีกว่าการไม่ใส่บรรจุภัณฑ์ มีราคาถูก และสะดวกในการใช้งานเมื่อเปรียบเทียบกับกล่องกระดาษ

2.3 ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งผสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน

การประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์ที่เรียกว่าเครื่องชี้คุณค่าทางเศรษฐกิจของโครงการ ซึ่งได้แก่ งบกระแสเงินสดสุทธิ (Net cash flow) ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ (Payback period) มูลค่าปัจจุบันสุทธิของการลงทุน (Net present value) โดยต้องคำนวณหาต้นทุนในการผลิตซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ต้นทุนคงที่ และต้นทุนแปรผัน ต้นทุนคงที่ ได้แก่ ค่าก่อสร้างอาคารโรงงาน ค่าเครื่องอัด ค่าเครื่องบดหยาบ และค่าเตาเผาถ่าน ส่วนต้นทุนแปรผัน ได้แก่ ค่าไฟฟ้า ค่าแรงงาน ค่าบำรุงรักษา ค่าขนส่ง ค่าเกลียวอัด ค่าเผาถ่าน และค่าใช้จ่ายอื่นๆ

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย (Cost of Production)

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย พิจารณาจากราคาเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ในการผลิตถ่านอัดแท่งดังแสดงในตารางที่ 4.6 และราคาต้นทุนผันแปรของการผลิตถ่านอัดแท่งดังแสดงในตารางที่ 4.7

ในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตถ่านอัดแท่ง ทางผู้วิจัยจึงได้กำหนด ระยะเวลาในการวิเคราะห์ระยะเวลาที่สามารถใช้เครื่องจักร เท่ากับ 5 ปี หรือ 1,300 วัน มีรายละเอียดในการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 2.6 รายการราคาต้นทุนของเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน

รายการเครื่องจักรและอุปกรณ์ถ่านอัดแท่ง	ราคา (บาท)
1. เครื่องบด จำนวน 1 เครื่อง* (150-200 กิโลกรัมต่อชั่วโมง 3 hp)[ก]	25,000
2. เครื่องอัดแบบเกลียวตัวหนอนจำนวน 1 เครื่อง* (62.5-250 กิโลกรัมต่อชั่วโมง 3 hp)[ข]	20,000
3. ถัง 200 ลิตร มีฝาปิด จำนวน 50 ใบ / 5 ปี (ใบละ 2,100 บาท)	105,000
4. ถังผสมวัสดุ (Mixing Tank) 5 ใบ / 5 ปี (ใบละ 1,000 บาท)	5,000
5. ค่าบำรุงรักษา / 5 ปี	5,000
ราคาต้นทุนรวม	160,000

ก https://www.gotoknow.org/posts/269478

ข https://www.nanagarden.com/tag/เครื่องอัดถ่านแท่ง

ตารางที่ 2.7 รายการราคาต้นทุนผันแปรของการผลิตถ่านอัดแท่ง

รายการวัสดุและแรงงาน	ราคา (บาท)
1. ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วแห้ง กิโลกรัมละ (เฉพาะค่าขนส่ง)	1.00
2. เปลือกมังคุดแห้ง กิโลกรัมละ (รวมค่าขนส่ง)	4.00
3. เปลือกทุเรียนแห้ง กิโลกรัมละ (เฉพาะค่าขนส่ง)	1.00
3. แป้งมัน กิโลกรัมละ	10
4. ค่าน้ำ ลิตรละ	0.02
5. ค่าไฟฟ้า หน่วยละ	3.5
6. ค่าแรงงาน วันละ (6 ชั่วโมง ทำงาน)	160
7. ค่าไม้ฟืนในการจุดเตา ถังละ	2.0
8. ค่าบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุถ่าน คิดราคาต่อน้ำหนักถ่านกิโลกรัม ละ	1.5

หมายเหตุ

กำหนดให้ ค่าเปลือกมังคุดสด 3 บาท/กก. เปลือกทุเรียน และก้อนเชื้อเห็ด ไม่มีต้นทุน ค่าขนส่ง กก. ละ 1 บาท

ราคากิ่งไม้ทำฟืนราคา 700 บาท/ตัน (https://www.yangpalm.com/2017/02/1000.html)

การคำนวณต้นทุนแปรผัน

จากตารางที่ 2.8 – 2.12 แสดงวิธีการคำนวณต้นทุนของค่าวัตถุดิบในการผลิตถ่านอัดแท่ง ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำ ค่าเชื้อเพลิง และค่าบรรจุภัณฑ์

ตารางที่ 2.8 น้ำหนักของถ่านที่ได้จากการเผาต่อครั้ง

ถ่าน	ค่าวัตถุดิบ /กก.	น้ำหนักวัตถุดิบ (กก.) /ครั้ง/ถัง	ได้ถ่าน (กก.) /ครั้ง/ถัง
ก้อนเห็ดใช้แล้ว	1.00	16.98	5.25
เปลือกมังคุด	4.00	31.67	11.93
เปลือกทุเรียน	1.00	16.17	5.50

กำหนดให้เผา 10 ถัง/วัน

- ถ่านจากก้อนเห็ดใช้แล้ว 100%

ใช้ถังเผาเห็ด 10 ถัง ได้ถ่าน 10*5.25 = 52.5 กก.

- ถ่านจากก้อนเห็ดใช้แล้ว 40% เปลือกมังคุด 60% (ถ่านเปลือกมังคุด 60%)

ใช้ถังเผาเห็ด 6 ถัง ได้ถ่าน 6*5.25 กก./ถัง = 31.5 กก. เผาเปลือกมังคุด 4 ถัง ได้ถ่าน 4*11.93 กก./ถัง = 47.72 กก. รวมได้ถ่าน 79.22 กก./วัน

- ถ่านจากก้อนเห็ดใช้แล้ว 20% เปลือกทุเรียน 80% (ถ่านเปลือกทุเรียน 80%)

ใช้ถังเผาเห็ด 2 ถัง ได้ถ่าน 2*5.25 = 10.5 กก. เผาเปลือกทุเรียน 8 ถัง ได้ถ่าน 8*5.5 กก./ถัง = 44.0 กก. รวมได้ถ่าน 54.5 กก./วัน

ตารางที่ 2.9 ค่าวัตถุดิบในการผลิตถ่านต่อกิโลกรัม

	ค่าวัตถุดิบรวม/วัน	ได้ถ่าน/วัน	ค่าวัตถุดิบ/กก.
ถ่านจากก้อนเห็ดใช้แล้ว	1.0*16.98*10 = 169.8	52.5	3.23
ถ่านเปลือกมังคุด 60%	1.0*16.98*6 + 4.0*31.67*4 = 608.6	79.22	7.68
ถ่านเปลือกทุเรียน 80%	1.0*16.98*2 + 1.0*16.17*8 = 163.3	54.5	2.99

หมายเหตุ ตัวอย่างการคำนวณ

ถ่านเปลือกมังคุด 60% ใช้ก้อนเห็ด 6 ถัง 1.0 บาท/กก. * 16.98 กก./ถัง * 6 ถัง +
ใช้เปลือกมังคุด 4 ถัง 4.0 บาท/กก. * 31.67 กก./ถัง * 4 ถัง

อัตราส่วนถ่าน:น้ำ:แป้งมัน = 10:8:0.5

ตารางที่ 2.10 ค่าน้ำ และค่าแป้งมันในการผลิตถ่านต่อกิโลกรัม

	ใช้แป้งมัน (กก.) /วัน	ใช้น้ำ (ลิตร) /วัน	ค่าน้ำ+แป้งมัน/กก.
ถ่านจากก้อนเห็ดใช้แล้ว	52.5/10*0.5 = 2.63	52.5/10*8 = 42	0.52
ถ่านเปลือกมังคุด 60%	79.22/10*0.5 = 3.96	79.22/10*8 = 63.4	0.52

ถ่านเปลือกทุเรียน 80%	54.5/10*0.5 = 2.72	54.5/10*8 = 43.6	0.52

การคำนวณค่าไฟฟ้า

กำหนดให้ทุกอัตราส่วนใช้เวลาในการบด และการอัด อย่างละ 0.5 ชั่วโมง เท่ากันทุกอัตราส่วน
เครื่องบด และเครื่องอัดใช้พลังงาน 3 แรงม้า 1 ชั่วโมง = 2237 วัตต์-ชั่วโมง = 2.237 หน่วย
ค่าไฟ หน่วยละ 3.5 บาท คิดเป็นค่าไฟฟ้า = 7.83 บาท/วัน
กำหนดให้ค่าแรงวันละ 160 บาท/วัน ใช้คนงาน 1 คน ค่าบรรจุภัณฑ์ 1.5 บาท/กก.

ตารางที่ 2.11 รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการผลิตถ่านต่อกิโลกรัม

	ค่าไฟฟ้า/กก.	ค่าไม้ฟืน/กก.	ค่าแรงงาน/กก.	รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด /กก.
ถ่านจากก้อนเห็ดใช้แล้ว	0.15	0.38	3.03	8.81
ถ่านเปลือกมังคุด 60%	0.10	0.25	2.01	12.06
ถ่านเปลือกทุเรียน 80%	0.14	0.37	2.92	8.44

ตัวอย่างการคำนวณ

ถ่านเปลือกมังคุด 60%

ค่าไฟ 7.83 บาท /79.22 กก. = 0.10 บาท/กก.
ค่าไม้ฟืน 20 บาท / 79.22 กก. = 0.25 บาท/กก.
ค่าแรงงาน 160 บาท / 79.22 กก. = 2.01 บาท/กก.

รวมค่าใช้จ่าย = ค่าวัตถุดิบ+(ค่าน้ำ+แป้งมัน)+ค่าไฟฟ้า+ค่าไม้ฟืนค่าแรงงาน+ค่าบรรจุภัณฑ์
= 7.68 + 0.52 + 0.1 +0.25 + 2.01 + 1.5 = 12.06 บาท

จากตาราง 2.10 และ 2.11 มาคำนวณหาต้นทุนต่อหน่วย คำนวณต้นทุนรวมได้ดังนี้

อัตราส่วนที่ 1 ก้อนเห็ดใช้แล้ว 100% ต้นทุนต่อหน่วยอยู่ที่ 8.81 บาท/กิโลกรัม
อัตราส่วนที่ 2 ก้อนเห็ดใช้แล้ว 40% เปลือกมังคุด 60% ต้นทุนต่อหน่วยอยู่ที่ 12.06 บาท/กิโลกรัม
อัตราส่วนที่ 3 ก้อนเห็ดใช้แล้ว 20% เปลือกทุเรียน 80% ต้นทุนต่อหน่วยอยู่ที่ 8.44 บาท/กิโลกรัม

โดยกำหนด 1 ปี ทำงาน 260 วัน กำหนดราคาขายถ่านอัดแท่งที่มีปริมาณความร้อนไม่ต่ำกว่า 5,000 cal/g เท่ากับ 14 บาท/กก.ในกรณีถ่านจากก้อนเห็ดมีปริมาณความร้อน 3,211 cal/g จึงกำหนดให้มีราคาขายเท่ากับ 3,211*14/5,000 = 9 บาท/กก.

ตารางที่ 2.12 ปริมาณถ่าน รายรับ และค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการผลิตถ่านต่อปี

	ถ่าน (กก.)	รายรับ	ค่าใช้จ่ายทั้งหมด
ถ่านจากก้อนเห็ดใช้แล้ว	13,650	122,850	120,259
ถ่านเปลือกมังคุด 60%	20,597	288,358	248,399
ถ่านเปลือกทุเรียน 80%	14,170	198,380	119,594

ตัวอย่างการคำนวณ

ถ่านเปลือกมังคุด 60% ได้ถ่านวันละ 79.22 กก./วัน * 260 วัน = 20,597 กก.

รายรับ ขาย กก. ละ 14 บาท = 20597*14 = 288,358 บาท

ค่าใช้จ่ายทั้งหมด ค่าใช้จ่าย กก. ละ 12.06 บาท = 20597*12.08 = 248,399 บาท

การวิเคราะห์การคำนวณหา NPV โดยคำนวณจากต้นทุน รายจ่าย และรายรับในแต่ละปีโดยกำหนดอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 6 บาท/ปี เป็นอัตราดอกเบี้ยคงทีตลาดระยะเวลาของโครงการ ดังตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13 ผลการวิเคราะห์การคำนวณหา NPV (โดยคำนวณจากต้นทุน รายจ่าย และรายรับในแต่ละปี โดยกำหนดอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 6 บาท/ปี เป็นอัตราดอกเบี้ยคงที่ตลาดระยะเวลาของโครงการ)

อัตราส่วนผสมของถ่านอัดแท่ง	ต้นทุนเครื่องจักร (บาท)	รายจ่าย (บาท/ปี)	รายรับ (บาท/ปี)	Rt (1-5)	NPVรายปี					NPVt=1-5	คืนทุน(ปี)	IRR
					t=1	t=2	t=3	t=4	t=5			
ถ่านจากก้อนเห็ดใช้แล้ว	160,000	127,474	122,850	-4,624	-4,300	-3,976	-3,682	-3,421	-3,144	-178,496	-	-
ถ่านเปลือกมังคุด 60%	160,000	263,302	288,358	25,056	23,302	21,548	19,794	18,541	17,038	-59,776	6.38	-7.64
ถ่านเปลือกทุเรียน 80%	160,000	126,769	198,380	71,611	66,598	61,585	56,572	52,992	48,695	126,444	2.23	34.64

หมายเหตุ รายจ่าย = รายจ่ายต่อปี + ดอกเบี้ยร้อยละ 6

จากตารางที่ 2.13 จะเห็นได้ว่า ค่า NPV ของถ่านเปลือกทุเรียน 80% มีค่า NPV > 0 แสดงว่าการลงทุนโครงการมีความคุ้มค่า ในกรณีของถ่านเปลือกมังคุด 60% และถ่านจากก้อนเห็ดใช้แล้วมีค่า NPV < 0 แสดงว่าการลงทุนโครงการไม่มีความคุ้มค่า ค่า IRR ของถ่านเปลือกทุเรียน 80% มีค่า IRR > อัตราดอกเบี้ย 6 % แสดงว่าการลงทุนโครงการมีความคุ้มค่า และระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 2.23 ปี ซึ่งมีค่าน้อยกว่าอายุการใช้งานของเครื่องจักร แสดงว่าโครงการมีความเสี่ยงในระดับที่ยอมรับได้ ในกรณีของของถ่านเปลือกมังคุด 60% และถ่านจากก้อนเห็ดใช้แล้วมีค่ามีค่า IRR < อัตราดอกเบี้ย 6% แสดงว่าการลงทุนโครงการไม่มีความคุ้มค่า และระยะเวลาคืนทุนขอของถ่านเปลือกมังคุด 60% มีค่าเท่ากับ 6.38 ปี และค่ามากกว่ากว่าอายุการใช้งานของเครื่องจักร แสดงว่าโครงการมีความเสี่ยงสูง โดยถ่านจากก้อนเห็ดใช้แล้วไม่สามารถคำนวณค่า IRR ได้ เนื่องจากผลดำเนินการขาดทุน จึงทำให้ไม่มีระยะเวลาคืนทุนเช่นกัน เนื่องจากถ่านจากก้อนเห็ดใช้แล้วมีค่าพลังงานต่ำที่สุด เมื่อเทียบค่าวัตถุดิบและค่าดำเนินการต่างๆ กับปริมาณความร้อน ส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตสูง ในกรณีของถ่านจาก เปลือกมังคุด 60% มีค่า IRR และระยะคืนทุน อยู่ตรงกึ่งกลางของถ่านทั้งสามชนิด โดยค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นมา คือ ค่าเปลือกมังคุด ซึ่งปัจจุบันมีความต้องการของตลาดนำเปลือกมังคุดไปสกัดสาร ส่งผลให้เปลือกมังคุดมีมูลค่าเพิ่มขึ้น และมีราคาสูงกว่าก้อนเห็ดใช้แล้ว และเปลือกทุเรียน ดังนั้นถ่านที่ผสมเปลือกมังคุดจึงมีต้นทุนที่สูงขึ้น ถึงแม้ว่าจะมีค่าการให้ความร้อนที่สูงก็ตาม ในกรณีของถ่านจากเปลือกทุเรียน 80% มีค่า IRR สูงสุด และระยะเวลาคืนทุนสั้นที่สุด เนื่องจากเปลือกทุเรียนไม่มีมูลค่า และไม่มีการใช้ประโยชน์ แต่ปริมาณความร้อนของเปลือกทุเรียนมีค่าสูง ส่งผลให้เมื่อนำมาผลิตถ่านต้นทุนในการผลิตจึงมีค่าต่ำที่สุด อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของถ่านที่ได้ลดลง และมูลค่าของถ่านลดลงด้วยเช่นกัน

บทที่ 3

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาศักยภาพการผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว และเปลือกผลไม้เพื่อเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว และเปลือกผลไม้ โดยผู้ทำการวิจัยได้เลือกใช้เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียนในการศึกษา ซึ่งเป็นขยะเหลือทิ้งจากครัวเรือน มาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง แทนการใช้เชื้อเพลิงจากฟืนและถ่านไม้ ซึ่งสรุปผลได้ดังนี้

- ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน สามารถนำมาเผาให้เป็นถ่านได้ถ่าน มีสีดำ น้ำหนักเบา นำมาบดให้เป็นผงละเอียด ผสมกับกาวแป้งเปียกในอัตราส่วน 5: 1 แล้วอัดเป็นแท่ง ตากแดดให้แห้งสนิท สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิงได้

- คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว ร่วมกับเปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุด เนื่องด้วยองค์ประกอบของก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วมีปริมาณเถ้าสูง ดังนั้นเมื่อทำการเผาถ่าน ถ่านที่ได้จึงมีเถ้าสูงเช่นกัน ดังนั้นเมื่อนำมาผสมกับถ่านจากเปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุด พบว่า สามารถผสมระหว่างถ่านก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว 40 เปอร์เซ็นต์ กับถ่านจากเปลือกมังคุด 60 เปอร์เซ็นต์ และ ถ่านก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว 20 เปอร์เซ็นต์ สามารถผสมกับถ่านจากเปลือกทุเรียน 80 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาณเถ้า และค่าอื่นๆ ที่ได้ทำการทดสอบแล้วผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

- เนื่องจากถ่านอัดแท่งสามารถดูดความชื้นได้ ซึ่งส่งผลกระทบต่อปริมาณความร้อนของถ่านอัดแท่งโดยตรง ดังนั้นการเลือกบรรจุภัณฑ์ในการบรรจุถ่านอัดแท่งจึงมีความสำคัญ อย่างไรก็ตามการเลือกชนิดบรรจุภัณฑ์ควรคำนึงถึงต้นทุนที่เกิดขึ้นด้วย โดยจากการวิจัยครั้งนี้พบว่าพลาสติกฟิล์มหดสามารถใช้ในการบรรจุถ่านอัดแท่ง แต่ถ้าถ่านอัดแท่งที่มีน้ำหนักมาก พลาสติกฟิล์มหดอาจไม่เหมาะสม ซึ่งสามารถเปลี่ยนบรรจุภัณฑ์เป็นกล่องกระดาษที่สามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้น

- จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า การผลิตถ่านก้อนเห็ด 20% เปลือกทุเรียน 80% มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สูงที่สุด เนื่องจากเปลือกทุเรียนไม่มีมูลค่า และมีปริมาณความร้อนสูง ซึ่งมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 2.23 ปี อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณก้อนเชื้อเห็ดจะทำให้มูลค่าของถ่านลดลง เนื่องจากปริมาณความร้อนของถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วมีค่าต่ำ และส่งผลให้ระยะเวลาคืนทุนเพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ

- เนื่องด้วยเปลือกผลไม้ และก้อนเชื้อเห็ดมีความชื้นสูง การตากแดดเพียงอย่างเดียว อาจใช้เวลานานในการลดความชื้น และอาจทำให้เกิดราชื้นได้

- ก้อนเชื้อเห็ดค่อนข้างแตกหักง่าย ซึ่งจะส่งผลการร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้ เนื่องจากเศษ หรือผงที่แตกออกมาจะล่วงลงสู่ก้นเตาเผา และเกิดการเผาไหม้ ไม่เกิดเป็นถ่าน

- ถึงแม้ว่าการใช้ถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดที่ใช้แล้ว สามารถผสมได้เพียงร้อยละ 20 อย่างไรก็ตามการผลิตถ่านอัดแท่งเพื่อใช้ในชุมชน อาจไม่ต้องคำนึงถึงเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง จึงสามารถผสมถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดที่ใช้แล้วในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นได้ และไม่มีผลกระทบทางด้านสุขภาพต่อผู้ผลิต และผู้ใช้งาน ตลอดจนสิ่งแวดล้อม

- ในช่วงนอกฤดูกาลมังคุด และทุเรียน ชุมชนสามารถนำวัสดุทางธรรมชาติอื่นๆ ที่มีในท้องถิ่น มาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว เช่น ฟางข้าว เศษไม้ยางพารา และกาลาปาล์ม เป็นต้น เนื่องจากในพื้นที่ จ.นครศรีธรรมราช มีพื้นที่การปลูกยางพารามากที่สุด รองลงมาคือ พื้นที่ปลูกข้าว และปลูกปาล์มน้ำมัน ตามลำดับ อย่างไรก็ตามอัตราส่วนในการผสม จำเป็นที่จะต้องศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2553. รายงานข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจ การเกษตร ปี 2553.

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2555. แนวทางการประกอบกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ประเภทการเผาถ่าน หรือการสะสมถ่าน.สำนักงานกิจการโรงพิมพ์ องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก. 110 หน้า.

กิติพงษ์ ถือสัตย์. 2547. การศึกษาศักยภาพทางการตลาดและความเป็นไปได้ของธุรกิจถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา. นครราชสีมา: ม.ป.พ.

เจิดจันทร์ จันทร์ดี และวิมลวรรณ จำชาติ (2553) การศึกษาศักยภาพของถ่านอัดแท่งจากก้อนเพาะเห็ดที่ใช้แล้ว. http://ecrc-lpru.wixsite.com/energylpru/work1

จารุณี แสงสุวรรณวาว. 2530. การศึกษาการทำเชื้อเพลิงเขียวจากจากเศษวัสดุเกษตรผสมกากส่าเหล้าและกากน้ำตาลเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนฟืนและถ่าน, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเกษตรศาสตร์คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธเนศ ไชยชนะ จอมภพ แววศักดิ์ จตุพร แก้วอ่อน และอุษา อ้นทอง. 2557. สมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของถ่านเปลือกมังคุด. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. 17: 3 ฉบับพิเศษ, 29-36.

ธารินี มหายศนันท์. 2548. การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งสาหรับการผลิตในระดับครัวเรือน. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นารา พิทักษ์อรรณพ, 2541, “การผลิตแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากวัสดุเหลือใช้ทาง อุตสาหกรรม”, เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากวัสดุเหลือใช้, โครงการวิจัยที่ ภ. 31-05, รายงานฉบับที่ 2.

ประริญา ลำไพ. 2546. การศึกษาศักยภาพกากตะกอนน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทอนินทรีย์สารเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. 2549. ชีวมวล. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ :คิว พรินท แมเนจเม้นท์.

สุริยา ชัยเดชทยากูล, 2544, การทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากส่วนผสมกากตะกอนของระบบบำบัด น้ำเสียและเศษชิ้นไม้สับของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา

เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร คณะสิ่งแวดล้อม และทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

อัจฉรา อัศวรุจิกุลชัย, ชลันดา เสมสายัณห์, นัฐพร ประภักดี, ณัฐธิดา เปี่ยมสุวรรณศิริ และนิภาวรรณ ชูชาติ. 2554. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49 หน้า 162-168

เอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร, ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ และ วลัยรัตน์ อุตตมะปรากรม. 2556. เชื้อเพลิงอัดแท่งจากการผลิตร่วมของตะกอนเปียกอุตสาหกรรมผลิตเอทานอล. วารสารวิจัยพลังงาน 10: 43-56.

Owen McDougal, Richard Stanley and Seth C. Holstein, 2001. A unique approach to conservation. Chemical Innovation 31: 22-28.

https://www.gotoknow.org/posts/269478
https://www.nanagarden.com/tag/เครื่องอัดถ่านแท่ง
https://www.yangpalm.com/2017/02/1000.html

ภาคผนวก

ก. การคำนวณ NPV และ IRR

ก้อนเห็ดใช้แล้ว 100%

IRR #NUM! หน่วย : พันบาท

ปี	รายได้ (1)	รายจ่าย (2)	%อัตราส่วนลด 8	ผลตอบแทนสุทธิ	รายได้ปัจจุบัน	รายจ่ายปัจจุบัน	ผลตอบแทนปัจจุบัน (3)	ผลการวิเคราะห์		ผลตอบแทนสุทธิ	%ลดสูง #NUM!	ผลตอบแทนสุทธิ(%ลดสูง)	%ลดต่ำ #NUM!	ผลตอบแทนสุทธิ(%ลดต่ำ)
0	0.00	160,000.00	1.00	-160,000.00	0.00	160,000.00	-160,000.00	B/C	0.73	-160,000.00	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!
1	122,850.00	127,474.00	0.93	-4,624.00	114,250.50	118,550.82	-4,300.32	NPV	-178,496.00	-4,624.00	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!
2	122,850.00	127,474.00	0.86	-4,624.00	105,651.00	109,627.64	-3,976.64	IRR	#NUM!	-4,624.00	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!
3	122,850.00	127,474.00	0.79	-4,624.00	97,051.50	100,704.46	-3,652.96			-4,624.00	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!
4	122,850.00	127,474.00	0.74	-4,624.00	90,909.00	94,330.76	-3,421.76			-4,624.00	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!
5	122,850.00	127,474.00	0.68	-4,624.00	83,538.00	86,682.32	-3,144.32			-4,624.00	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!
6	0.00	0.00									#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!
7	0.00	0.00									#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!
8	0.00	0.00									#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!
	614,250.00	797,370.00	5.00	-183,120.00	491,400.00	669,896.00	-178,496.00			-183,120.00	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!

เปลือกมังคุด 60%

IRR -7.63 หน่วย : พันบาท

ปี	รายได้ (1)	รายจ่าย (2)	%อัตราส่วนลด 8	ผลตอบแทนสุทธิ	รายได้ปัจจุบัน	รายจ่ายปัจจุบัน	ผลตอบแทนปัจจุบัน (3)	ผลการวิเคราะห์		ผลตอบแทนสุทธิ	%ลดสูง -8	ผลตอบแทนสุทธิ(%ลดสูง)	%ลดต่ำ -9	ผลตอบแทนสุทธิ(%ลดต่ำ)
0	0.00	160,000.00	1.00	-160,000.00	0.00	160,000.00	-160,000.00	B/C	0.95	-160,000.00	1.00	-160,000.00	1.00	-160,000.00
1	288,358.00	263,302.00	0.93	25,056.00	268,172.94	244,870.86	23,302.08	NPV	-59,776.00	25,056.00	1.09	27,311.04	1.10	27,561.60
2	288,358.00	263,302.00	0.86	25,056.00	247,987.88	226,439.72	21,548.16	IRR	-7.64	25,056.00	1.18	29,566.08	1.21	30,317.76
3	288,358.00	263,302.00	0.79	25,056.00	227,802.82	208,008.58	19,794.24			25,056.00	1.28	32,071.68	1.33	33,324.48
4	288,358.00	263,302.00	0.74	25,056.00	213,384.92	194,843.48	18,541.44			25,056.00	1.40	35,078.40	1.46	36,581.76
5	288,358.00	263,302.00	0.68	25,056.00	196,083.44	179,045.36	17,038.08			25,056.00	1.52	38,085.12	1.60	40,089.60
6	0.00	0.00												
7	0.00	0.00												
8	0.00	0.00												
	1,441,790.00	1,476,510.00	5.00	-34,720.00	1,153,432.00	1,213,208.00	-59,776.00			-34,720.00	7.47	2,112.32	7.70	7,875.20

เปลือกทุเรียน 80%

IRR 34.71 หน่วย : พันบาท

ปี	รายได้ (1)	รายจ่าย (2)	%อัตราส่วนลด 8	ผลตอบแทนสุทธิ	รายได้ปัจจุบัน	รายจ่ายปัจจุบัน	ผลตอบแทนปัจจุบัน (3)	ผลการวิเคราะห์		ผลตอบแทนสุทธิ	%ลดสูง 35	ผลตอบแทนสุทธิ(%ลดสูง)	%ลดต่ำ 34	ผลตอบแทนสุทธิ(%ลดต่ำ)
0	0.00	160,000.00	1.00	-160,000.00	0.00	160,000.00	-160,000.00	B/C	1.19	-160,000.00	1.00	-160,000.00	1.00	-160,000.00
1	198,380.00	126,769.00	0.93	71,611.00	184,493.40	117,895.17	66,598.23	NPV	126,444.00	71,611.00	0.74	52,992.14	0.75	53,708.25
2	198,380.00	126,769.00	0.86	71,611.00	170,606.80	109,021.34	61,585.46	IRR	34.64	71,611.00	0.55	39,386.05	0.56	40,102.16
3	198,380.00	126,769.00	0.79	71,611.00	156,720.20	100,147.51	56,572.69			71,611.00	0.41	29,360.51	0.42	30,076.62
4	198,380.00	126,769.00	0.74	71,611.00	146,801.20	93,809.06	52,992.14			71,611.00	0.30	21,483.30	0.31	22,199.41
5	198,380.00	126,769.00	0.68	71,611.00	134,898.40	86,202.92	48,695.48			71,611.00	0.22	15,754.42	0.23	16,470.53
6	0.00	0.00												
7	0.00	0.00												
8	0.00	0.00												
	991,900.00	793,845.00	5.00	198,055.00	793,520.00	667,076.00	126,444.00			198,055.00	3.22	-1,023.58	3.27	2,556.97

หมายเหตุ

1. ให้กรอกเฉพาะตัวเลขข้อมูลรายได้และรายจ่ายในแต่ละปี ลงในช่องรายได้(1) และรายจ่าย (2) เท่านั้น ส่วนที่เหลือโปรแกรมจะคำนวณให้เองโดยอัตโนมัติ
2. การหาระยะเวลาคืนทุน หาได้จากผลรวมของผลตอบแทนปัจจุบัน (3) ตั้งแต่ปีที่ 1 ไปจนถึงปีที่ผลรวมของ (3) มีค่าสูงกว่าค่าลงทุนในปีที่ 0 จะได้ระยะเวลาคืนทุนภายในปีนั้น
3. ตารางคำนวณ IRR, NPV, และ B/C ratio สามารถ download ได้จาก website ของสำนักพัฒนาระบบการบริหารการจัดการสหกรณ์

ข. บทความสำหรับเผยแพร่

การผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วและเปลือกผลไม้

กิตติภูมิ ศุภลักษณ์ปัญญา*[1] รวมพร นิคม[2] สุวัฒนา นิคม[3]
1 คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
2 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
3 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

บทคัดย่อ

การผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว และเปลือกผลไม้ได้แนวคิดจากการใช้ประโยชน์จากของเสียทางเกษตรกรรม เช่น ก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน ซึ่งมีมากในจังหวัดนครศรีธรรมราช งานวิจัยนี้จึงศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วผสมเปลือกมังคุด และก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วผสมเปลือกทุเรียนในอัตราส่วนผสมที่ 0:10, 2:8, 4:6, 6:4 8:2 และ 10:0 โดยน้ำหนัก โดยทำการอัดแท่ง และทดสอบคุณสมบัติค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ผลการทดสอบ พบว่า ถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วผสมเปลือกมังคุด ในอัตราส่วนผสม 4:6 และ ถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วผสมเปลือกทุเรียนในอัตราส่วนผสม 2:8 มีค่าความร้อนใกล้ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มผช. ที่กำหนดไว้ว่าถ่านอัดแท่งจะต้องมีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 5,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วผสมเปลือกทุเรียนในอัตราส่วน 2:8 มีต้นทุนการผลิต เท่ากับ 8.44 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อมีกำลังการผลิตที่ 54.5 กิโลกรัม/วัน จะสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลาประมาณ 2.2 ปี ซึ่งผลการศึกษาวิจัยสามารถนำไปส่งเสริมให้เกษตรกรนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ ก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วและเปลือกทุเรียนมาใช้ประโยชน์ในการเพิ่มมูลค่าได้

คำสำคัญ : ถ่านอัดแท่ง ก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว เปลือกมังคุด เปลือกทุเรียน

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาด้านพลังงาน เนื่องจากแหล่งพลังงานธรรมชาติไม่เพียงพอต่อการใช้งานในประเทศ จึงเป็นประเด็นสำคัญที่มีผลต่อการแข่งขันของประเทศในเวทีโลก จึงจำเป็นต้องมีการเตรียมพร้อมทางด้านพลังงาน จัดหาแหล่งพลังงานธรรมชาติเพิ่มขึ้น ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชาชนมากกว่าร้อยละ 50 ประกอบอาชีพเกษตรกรรม โดยประเทศไทยยังมีวัสดุเหลือทิ้งจากการทำ

เกษตรกรรมอยู่มาก และยังมิได้นำมาใช้ประโยชน์อย่างจริงจัง เช่น แกลบ กากอ้อย มูลสัตว์ ซังข้าวโพด เป็นต้น โดยการเพาะเห็ดเป็นอาชีพหนึ่งที่มีผู้ประกอบการเพิ่มขึ้นอย่างมาก หลังจากเก็บดอกเห็ดแล้วจะมีก้อนเชื้อเห็ดที่ไม่ใช้แล้วถูกนำมาทิ้งจำนวนมาก ซึ่งขยะเหล่านี้มีความชื้นสูงไม่เหมาะที่จะนำไปเผา จึงถูกนำไปทิ้งตามที่ต่างๆ ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาการใช้ประโยชน์จากก้อนเชื้อเห็ดเพื่อนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพื่อให้ผู้เพาะเห็ดสามารถนำเชื้อเพลิงดังกล่าวกลับมาใช้เป็นพลังงานทดแทนในการหุงต้ม หรือนำมาใช้เพื่อการนึ่งฆ่าเชื้อถุงเห็ดเพื่อการผลิตก้อนเชื้อเห็ดใหม่ จะช่วยลดต้นทุนการผลิตเห็ด เพิ่มมูลค่าสิ่งที่ไม่ใช้แล้ว และที่สำคัญที่สุดเพื่อลดปริมาณขยะซึ่งอาจก่อให้เกิดมลพิษตามมา

เชื้อเพลิงอัดแท่งเป็นแนวทางหนึ่งที่นำเอาวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้ให้เป็นประโยชน์ โดยนำมาทดแทนไม้ฟืนและถ่าน วัสดุเหลือใช้พวกชีวมวลจากพืช หรือของเหลือทิ้งจากการเกษตรสามารถเปลี่ยนรูปให้เป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณค่าด้วยกระบวนการอัดแท่ง ทำให้มีความหนาแน่นสูงขึ้นอย่างไรก็ตามถ่านอัดแท่งจากก้อนเพาะเห็ดที่ใช้แล้ว มีค่าความร้อน และปริมาณเถ้าไม่ผ่านเกณฑ์ โดยเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน จึงควรมีการศึกษาเพื่อพัฒนาคุณภาพของถ่านอัดแท่งจากก้อนเพาะเห็ดที่ใช้แล้วต่อไป (เจิดจันทร์ และวิมลวรรณ, 2553)

ผลไม้สำคัญของประเทศไทยซึ่งมีพื้นที่ปลูกมากในภาคใต้ และภาคตะวันออกโดยเฉพาะในจังหวัดจันทบุรี ชุมพร และนครศรีธรรมราช ได้แก่ มังคุด และทุเรียน จากรายงานของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร พบว่าในปี พ.ศ.2553 (กรมพัฒนาสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2531) มีผลผลิตมังคุดออกมาเท่ากับ 250,508 ตัน โดยประมาณว่าในมังคุดสด 1 กิโลกรัมจะมีเปลือกประมาณ 50% ของน้ำหนัก อย่างไรก็ตามเปลือกมังคุดมีอัตราส่วนของน้ำที่สูง และมีความเป็นรูพรุนสูง ดังนั้นเมื่อทำให้แห้งก็พบว่าน้ำหนักจะลดลงเป็นจำนวนมาก และทุเรียนเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เปลือกทุเรียนเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการบริโภค จากการแปรรูปผลิตภัณฑ์ เช่น ทุเรียนทอดกรอบ ทุเรียนกวน ผลผลิตทุเรียนในแต่ละปีประมาณ 686,478 ตันต่อปี เมื่อคิดเป็นปริมาณเปลือกเท่ากับ 462,688.2 ต่อปี ดังนั้นการพัฒนาเปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียนเพื่อเป็นพลังงานทดแทนจึงมีความน่าสนใจอย่างยิ่ง

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว ซึ่งเป็นชีวมวลราคาถูก เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน ซึ่งเป็นของเสียทางเกษตรกรรม ซึ่งมีมากในจังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อใช้แทนไม้ฟืน และมีประสิทธิภาพในการให้ความร้อนเพียงพอต่อการประกอบอาหาร มีราคาประหยัด และเป็นแนวทางในการนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมไปใช้พัฒนาวัตถุดิบอื่นๆ ในท้องถิ่นให้มีคุณค่าเกิดประโยชน์ในด้านเชื้อเพลิงต่อไป

วิธีการวิจัย

ทำการคัดแยกสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ออกจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน นำไปตากแดดจนแห้งสนิท แล้วนำไปเผาให้เป็นถ่าน ด้วยเตาแบบถัง 200 ลิตร เนื่องจากเป็นการใช้เทคโนโลยีแบบง่าย ราคาถูก นำถ่านก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียนที่ได้จากการเผามาบด

ด้วยเครื่องบดละเอียดจนเป็นผงถ่านนำไปร่อนด้วยเครื่องร่อนคัดขนาดโดยใช้ขนาดตะแกรงเบอร์ 30 mesh ให้ได้ขนาดอนุภาคของผงถ่านน้อยกว่า 30 mesh ทำการผสมถ่านก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วต่อเปลือกมังคุด และก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วต่อเปลือกทุเรียน ที่อัตราส่วน 0:10, 2:8, 4:6, 6:4 8:2 และ 10:0 โดยน้ำหนัก โดยในทุกอัตราส่วนนำมาผสมกับกาวแป้งเปียกในอัตราส่วน 5: 1 เพื่อช่วยให้ยึดเกาะกันได้ดี ทำการอัดแท่งแบบเย็น และตัดเชื้อเพลิงออกเป็นท่อน ๆ ละ 10 เซนติเมตร

นำเชื้อเพลิงที่อัดแท่งแล้วไปทำการตากบนแผ่นสังกะสี เพื่อลดความชื้น และทำให้แข็งตัวเกาะกันแน่น เมื่อเชื้อเพลิงแห้งดีแล้วบรรจุลงพลาสติกปิดให้แน่น นำเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงอัดแท่งทั่วไป ได้แก่ ค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง ปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย ปริมาณคาร์บอนคงตัว ค่าความร้อน และวิเคราะห์ประสิทธิภาพของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ทำการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว เปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุด โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ การวิเคราะห์ผลตอบแทนของโครงการตัวชี้วัดผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (net present value, NPV) อัตราผลตอบแทนภายใน (internal rate of return, IRR) และระยะเวลาคืนทุน (payback period, PB)

ผลการทดลองและอภิปรายผล

การศึกษาในครั้งนี้ ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว เปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุดก่อนที่จะนำมาทำการเผา ซึ่งได้แสดงผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว เปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุด

คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิง (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว	เปลือกมังคุด	เปลือกทุเรียน
ความชื้น	12.40±1.15	7.57±0.68	8.57±0.78
สารระเหย	60.60±2.72	82.9±3.06	79.30±3.90
คาร์บอนคงตัว	14.83±0.94	5.33±0.45	7.54±0.66
เถ้า	13.27±1.15	4.54±0.44	4.07±0.39
ค่าความร้อน (cal/g)	1,701±86.5	4,240±335.7	3,945±508.7

จากตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของวัตถุดิบต่างๆ ที่ทำการศึกษา พบว่า ก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วมีค่าความชื้น และเถ้าในปริมาณสูง ซึ่งส่งผลต่อค่าความร้อน ทำให้มีค่าต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเปลือกมังคุดและเปลือกทุเรียน โดยเปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุด มีค่าความร้อนซึ่งใกล้เคียงกับฟืนไม้ทั่วไปที่ 4,390 cal/g (เอกลักษณ์ และคณะ, 2556) ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพของถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว จึงมี

ความเป็นไปได้ด้วยการผสมถ่านจากเปลือกมังคุด หรือถ่านจากเปลือกทุเรียนเพื่อเพิ่มปริมาณความร้อน และลดปริมาณเถ้าลง

จากการเผาถ่านก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว ถ่านเปลือกมังคุด และถ่านเปลือกทุเรียน ได้ถ่านแสดงดังภาพที่ 1 และผลผลิตถ่านสุทธิ (Yield, %) แสดงดังตารางที่ 2

ก. ข. ค.

ภาพที่ 1 ลักษณะถ่านที่ได้จากการศึกษา (ก. ถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว ข.ถ่านจากเปลือกมังคุด ค. ถ่านจากเปลือกทุเรียน)

ตารางที่ 2 ร้อยละของผลผลิตถ่านที่ผลิตได้จากวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ

ชนิดวัตถุดิบ	น้ำหนักเฉลี่ยของวัตถุดิบ/การเผา 1 ครั้ง (kg)	น้ำหนักเฉลี่ยถ่านที่เกิดขึ้น/การเผา 1 ครั้ง (kg)	ผลผลิตถ่านสุทธิ (Yield, %)
ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว	16.98±1.09	5.25±0.44	44.70±3.57
เปลือกมังคุด	31.67±1.25	11.93±1.02	60.47±5.24
เปลือกทุเรียน	16.17±0.85	5.50±0.48	51.56±4.95

จากตารางที่ 2 ซึ่งแสดงร้อยละของผลผลิตถ่านที่ผลิตได้จากวัตถุดิบชนิดต่างๆ พบว่า ในการเผาวัตถุดิบแต่ละชนิด น้ำหนักการป้อนของวัตถุดิบแต่ละชนิดจะไม่เท่ากัน เนื่องจากมีความแตกต่างในส่วนของความหนาแน่น โดยก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว และเปลือกทุเรียนจะมีน้ำหนักเฉลี่ยของการป้อนวัตถุดิบก่อนการเผาใกล้เคียงกัน แต่เปลือกมังคุดจะสามารถป้อนได้น้ำหนักมากที่สุด และเมื่อทำการเผาจนเป็นถ่าน พบว่าเปลือกมังคุดให้ผลผลิตถ่านสุทธิมากที่สุด แต่ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วให้ผลผลิตถ่านสุทธิน้อยที่สุด ซึ่งอาจเนื่องมาจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วที่ใช้ในการเผาเมื่อใส่ลงไปในเตาเผา และในระหว่างการเคลื่อนย้ายเกิดการแตกหักของก้อนเชื้อเห็ด ซึ่งบางส่วนหลุดกลายเป็นเศษขี้เลื่อย หรือก้อนเห็ดขนาดเล็ก เมื่อนำมาใส่เตาเผา เศษขี้เลื่อยดังกล่าวจะตกลงที่ก้นถัง และในระหว่างการเผาไหม้เศษเหล่านั้นก็จะติดไฟอย่างรวดเร็ว โดยไม่สามารถเปลี่ยนไปเป็นถ่านได้ ดังนั้นการเผาก้อนเชื้อเห็ดที่ใช้แล้ว จึงให้ค่าผลผลิตถ่านสุทธิน้อยที่สุด

จากการทดลองผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งด้วยวิธีอัดเย็น จากถ่านก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วต่อเปลือกมังคุด และก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วต่อเปลือกทุเรียน ในอัตราส่วนต่างๆ 6 อัตราส่วน พบว่า ทุกอัตราส่วนผสมสามารถอัดแท่งได้ และเมื่อนำไปตากแดดแล้วไม่แตกหักง่าย โดยตารางที่ 3 และ 4 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วต่อเปลือกมังคุด และก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วต่อเปลือกทุเรียน ตามลำดับ

จากผลการทดลองในตารางที่ 3 และ 4 พบว่า ความหนาแน่น ความชื้น และค่าสารระเหย ของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วผสมกับเปลือกมังคุด และเชื้อเพลิงอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วผสมกับเปลือกทุเรียนมีค่าใกล้เคียงกัน โดยถ่านจากทุกอัตราส่วนผสมนั้นมีปริมาณความชื้นตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ที่ได้กำหนดไว้ว่าความชื้นของถ่านอัดแท่งควรมีค่าไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก แต่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ของถ่านอัดแท่งไม่ได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานของค่าสารระเหยไว้

จากตารางที่ 3 และ 4 พบว่า การทดสอบค่าคาร์บอนคงตัว และประสิทธิภาพของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่ง เมื่อทำการเพิ่มอัตราส่วนของถ่านก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าส่งผลให้ค่าคาร์บอนคงตัว และประสิทธิภาพของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งมีแนวโน้มลดลง ซึ่งถ่านที่ดีต้องมีค่าปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงเพราะค่าคาร์บอนคงตัวที่อยู่ในถ่านนั่นจะทำให้การติดไฟดีขึ้น อย่างไรก็ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ของถ่านอัดแท่งไม่ได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานของค่าคาร์บอนคงตัว และประสิทธิภาพของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งไว้

ตารางที่ 4.3 คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วต่อเปลือกมังคุด

คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิง (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	อัตราส่วนถ่านก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วต่อเปลือกมังคุด					
	0:10	2:8	4:6	6:4	8:2	10:0
ความหนาแน่น (g/cm^3)	0.79±0.04	0.74±0.04	0.67±0.04	0.62±0.05	0.56±0.05	0.51±0.02
ความชื้น	6.47±0.48	6.37±0.30	6.46±0.36	6.29±0.19	6.51±0.21	6.68±0.27
สารระเหย	44.70±2.34	46.59±2.44	47.80±1.73	51.30±1.80	51.12±1.85	52.24±4.95
เถ้า	5.32±0.44	9.12±1.03	13.49±0.74	18.64±1.10	22.07±1.32	26.68±1.99
คาร์บอนคงตัว	43.51±1.78	37.63±2.04	30.31±2.33	24.85±1.83	19.33±1.49	14.13±1.73
ค่าความร้อน (cal/g)	6,378±30.6	5,756±46.9	5,110±44.9	4,438±94.6	3,831±65.5	3,211±122.9
ประสิทธิภาพของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่ง	34.57±0.74	31.47±0.46	27.53±0.82	24.73±0.63	26.25±0.66	24.83±0.33

ตารางที่ 4.4 คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วต่อเปลือกทุเรียน

คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิง (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	อัตราส่วนถ่านก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วต่อเปลือกทุเรียน					
	0:10	2:8	4:6	6:4	8:2	10:0
ความหนาแน่น (g/cm^3)	0.53±0.02	0.54±0.02	0.51±0.01	0.54±0.02	0.52±0.02	0.51±0.02
ความชื้น	6.21±0.49	6.25±0.29	6.41±0.14	6.23±0.20	6.44±0.16	6.68±0.27
สารระเหย	56.72±4.90	56.01±3.29	54.93±3.57	54.48±2.76	52.44±2.59	52.24±4.95
เถ้า	7.97±0.51	12.57±0.74	15.04±0.97	20.58±1.11	22.13±1.35	26.68±1.99
คาร์บอนคงตัว	29.09±4.78	26.71±1.96	23.36±1.85	20.06±1.72	16.13±1.16	14.13±1.73

ค่าความร้อน (cal/g)	5,880±21.6	5,303±43.6	4,763±35.7	4,253±65.3	3,726±64.1	3,211±122.9
ประสิทธิภาพของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่ง	32.52±0.55	29.55±0.55	27.44±1.07	25.69±0.97	25.26±0.69	24.83±0.33

ในกรณีของค่าปริมาณเถ้าในทุกส่วนผสม โดยถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วมีค่าปริมาณเถ้าสูงถึง 26.68 เปอร์เซ็นต์ และถ่านจากเปลือกมังคุดมีปริมาณเถ้าต่ำที่สุด 5.32 เปอร์เซ็นต์ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม, 2547 (ข)) ต้องมีปริมาณเถ้าไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ซึ่งการเพิ่มปริมาณก้อนเชื้อเห็ดส่งผลโดยตรงต่อการเพิ่มปริมาณเถ้า ซึ่งอัตราส่วนผสมของถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วผสมกับเปลือกมังคุด ต้องไม่เกิน 2 : 8 โดยปริมาณเถ้ายังคงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ในกรณีของถ่านอัดแท่งจากของก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วและเปลือกทุเรียนมีค่าปริมาณเถ้าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ซึ่งค่าปริมาณเถ้าจะต้องมีค่าน้อย เพราะปริมาณเถ้าจะมีผลต่อการลุกไหม้ของไฟและความร้อนที่ได้จึงต้องมีการควบคุมปริมาณเถ้าให้น้อยที่สุด และค่าปริมาณความร้อน (Heating value) โดยถ่านจากเปลือกมังคุดมีค่าปริมาณความร้อนสูงที่สุด เท่ากับ 6,378 cal/g และถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วมีปริมาณความร้อนต่ำที่สุด 3,211 cal/g ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่งควรมีค่าไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ซึ่งการเพิ่มปริมาณถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดส่งผลโดยให้ปริมาณความร้อนของผลิตภัณฑ์ลดลง ซึ่งอัตราส่วนผสมของถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วผสมกับเปลือกมังคุด ต้องไม่เกิน 4 : 6 และอัตราส่วนผสมของถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วผสมกับเปลือกทุเรียน ต้องไม่เกิน 2 : 8 โดยค่าปริมาณความร้อนยังไม่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งค่าปริมาณความร้อนจะต้องมีค่าสูงเพื่อให้ได้ปริมาณความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงนั้นๆ ในปริมาณที่สูง เมื่อมีมวลของเชื้อเพลิงที่เท่ากัน

ตารางที่ 8 สมมติฐานในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

รายการ	คำอธิบาย
ผลประโยชน์ของโครงการ	กำหนดราคาขายถ่านอัดแท่งที่มีปริมาณความร้อนไม่ต่ำกว่า 5,000 cal/g เท่ากับ 14 บาท/กก
เงินลงทุน	เครื่องบดวัตถุดิบขนาดราคา 35,000 บาท เครื่องอัดแท่งแบบเกลียวราคา 20,000 บาท กำลังการลิต 62.5 กิโลกรัม/ชั่วโมง ถัง 200 ลิตร มีฝาปิด จำนวน 50 ใบ 105,000 บาท ถังผสมวัสดุ 5 ใบ 5,000 บาท ค่าบำรุงรักษา 5,000 บาท
ค่าใช้จ่าย	ค่าแรง = 2.01 บาท/กิโลกรัม (ถ่านเปลือกมังคุด) = 2.92 บาท/กิโลกรัม (ถ่านเปลือกทุเรียน) ค่าไฟฟ้า = 0.10 บาท/กิโลกรัม (ถ่านเปลือกมังคุด) = 0.14 บาท/กิโลกรัม (ถ่านเปลือกทุเรียน) ค่าน้ำประปา + ค่าแป้งมัน = 0.52 บาท/กิโลกรัม แท่งเชื้อเพลิง ค่าวัตถุดิบ = 7.68 บาท/กิโลกรัม (ถ่านเปลือกมังคุด) = 2.99 บาท/กิโลกรัม (ถ่านเปลือกทุเรียน) ค่าเชื้อเพลิง = 0.25 บาท/กิโลกรัม (ถ่านเปลือกมังคุด)

	= 0.37 บาท/กิโลกรัม (ถ่านเปลือกทุเรียน)
จำนวนเชื้อเพลิงที่ผลิต	ถ่านเปลือกมังคุด = 79.22 กิโลกรัม ถ่านเปลือกทุเรียน = 54.5 กิโลกรัม
จำนวนวันที่ผลิต	260 วัน/ปี (รวบรวมวัตถุดิบในชุมชนและผลิต 1 ครั้งต่อสัปดาห์)
อายุของโครงการ	5 ปี

หมายเหตุ ถ่านเปลือกมังคุด คือ ถ่านก้อนเห็ด 40% เปลือกมังคุด 60%

ถ่านเปลือกทุเรียน คือ ถ่านก้อนเห็ด 20% เปลือกทุเรียน 80%

ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า NPV ของถ่านเปลือกทุเรียน 80% มีค่า NPV > 0 แสดงว่าการลงทุนโครงการมีความคุ้มค่า ในกรณีของถ่านเปลือกมังคุด 60% และถ่านจากก้อนเห็ดใช้แล้วมีค่า NPV < 0 แสดงว่าการลงทุนโครงการไม่มีความคุ้มค่า ค่า IRR ของถ่านเปลือกทุเรียน 80% มีค่า IRR > อัตราดอกเบี้ย 6 % แสดงว่าการลงทุนโครงการมีความคุ้มค่า และระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 2.23 ปี ซึ่งมีค่าน้อยกว่าอายุการใช้งานของเครื่องจักร แสดงว่าโครงการมีความเสี่ยงในระดับที่ยอมรับได้ ในกรณีของของถ่านเปลือกมังคุด 60% และถ่านจากก้อนเห็ดใช้แล้วมีค่ามีค่า IRR < อัตราดอกเบี้ย 6% แสดงว่าการลงทุนโครงการไม่มีความคุ้มค่า และระยะเวลาคืนทุนขอของถ่านเปลือกมังคุด 60% มีค่าเท่ากับ 6.38 ปี และค่ามากกว่ากว่าอายุการใช้งานของเครื่องจักร แสดงว่าโครงการมีความเสี่ยงสูง โดยถ่านจากก้อนเห็ดใช้แล้วไม่สามารถคำนวณค่า IRR ได้ เนื่องจากผลดำเนินการขาดทุน จึงทำให้ไม่มีระยะเวลาคืนทุนเช่นกัน เนื่องจากถ่านจากก้อนเห็ดใช้แล้วมีค่าพลังงานต่ำที่สุด เมื่อเทียบค่าวัตถุดิบและค่าดำเนินการต่างๆ กับปริมาณความร้อน ส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตสูง ในกรณีของถ่านจาก เปลือกมังคุด 60% มีค่า IRR และระยะคืนทุน อยู่ตรงกึ่งกลางของถ่านทั้งสามชนิด โดยค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นมา คือ ค่าเปลือกมังคุด ซึ่งปัจจุบันมีความต้องการของตลาดนำเปลือกมังคุดไปสกัดสาร ส่งผลให้เปลือกมังคุดมีมูลค่าเพิ่มขึ้น และมีราคาสูงกว่าก้อนเห็ดใช้แล้ว และเปลือกทุเรียน ดังนั้นถ่านที่ผสมเปลือกมังคุดจึงมีต้นทุนที่สูงขึ้น ถึงแม้ว่าจะมีค่าการให้ความร้อนที่สูงก็ตาม ในกรณีของถ่านจากเปลือกทุเรียน 80% มีค่า IRR สูงสุด และระยะเวลาคืนทุนสั้นที่สุด เนื่องจากเปลือกทุเรียนไม่มีมูลค่า และไม่มีการใช้ประโยชน์ แต่ปริมาณความร้อนของเปลือกทุเรียนมีค่าสูง ส่งผลให้เมื่อนำมาผลิตถ่านต้นทุนในการผลิตจึงมีค่าต่ำที่สุด อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของถ่านที่ได้ลดลงและมูลค่าของถ่านลดลงด้วยเช่นกัน

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาศักยภาพการผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว และเปลือกผลไม้เพื่อเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว และเปลือกผลไม้ โดยผู้ทำการวิจัยได้เลือกใช้เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียนในการศึกษา พบว่า ถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วจะมีปริมาณเถ้าสูง และมีปริมาณความร้อนที่ต่ำ ซึ่งสามารถลดปัญหาดังกล่าวด้วยการผสมกับถ่านจากเปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุด โดยจากถ่านก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว 40 เปอร์เซ็นต์ สามารถผสมกับถ่านจากเปลือกมังคุด 60 เปอร์เซ็นต์ และ ถ่านก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว 20 เปอร์เซ็นต์ สามารถผสมกับถ่านจากเปลือกทุเรียน 80 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาณเถ้า และค่าอื่นๆ ที่ได้ทำการทดสอบแล้ว ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ผลตอบแทน

ทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า การผลิตถ่านก้อนเห็ด 20% เปลือกทุเรียน 80% มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สูงที่สุด เนื่องจากเปลือกทุเรียนไม่มีมูลค่า และมีปริมาณความร้อนสูง ซึ่งมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 2.24 ปี ซึ่งการเพิ่มปริมาณก้อนเชื้อเห็ดจะทำให้มูลค่าของถ่านลดลง เนื่องจากปริมาณความร้อนของถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วมีค่าต่ำ และส่งผลให้ระยะเวลาคืนทุนเพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัย วิสาหกิจชุมชุมกลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้าขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช ที่ได้ร่วมในโครงการวิจัยครั้งนี้ และคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่ได้อนุเคราะห์พื้นที่ อุปกรณ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาเทคโนโลยีโยธา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่ได้อนุเคราะห์นักวิจัยในการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2553. รายงานข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจ การเกษตร ปี 2553.

เจิดจันทร์ จันทร์ดี และวิมลวรรณ จำชาติ (2553) การศึกษาศักยภาพของถ่านอัดแท่งจากก้อนเพาะเห็ดที่ใช้แล้ว. http://ecrc-lpru.wixsite.com/energylpru/work1.

เอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร, ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ และ วลัยรัตน์ อุตตมะปรากรม. 2556. เชื้อเพลิงอัดแท่งจากการผลิตร่วมของตะกอนเปียกอุตสาหกรรมผลิตเอทานอล. วารสารวิจัยพลังงาน 10: 43-56.

ค. ภาพการถ่ายทอดเทคโนโลยี

การผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วและเปลือกผลไม้ ณ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้เพาะเห็ดขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช ในวันที่ 25 พฤษภาคม 2561

ง. ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้และกิจกรรมที่ดำเนินการมาและผลที่ได้รับตลอดโครงการ

วัตถุประสงค์โครงการ	กิจกรรมที่วางแผน	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับตลอดโครงการ
1. ศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียนในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง	นำวัตถุดิบแต่ละชนิดมาทำการเผา เพื่อให้เป็นถ่าน แล้วนำมาทำการบดให้ละเอียด และอัดแท่งด้วยเครื่องอัดไฟฟ้า นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทำการศึกษาคุณสมบัติทางเชื้อเพลิง	ดำเนินการตามกิจกรรมที่วางแผนไว้ แต่มีการเพิ่มการอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแรงกล	ทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วกับ เปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุด ตลอดจนความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตถ่านอัดแท่ง
2. ศึกษาหาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเชื้อเพลิงอัดแท่ง	นำเชื้อเพลิงอัดแท่งในสภาวะที่ดีที่สุด จัดเก็บในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด คือ พลาสติก และกล่องกระดาษ ขนาด 1 kg จัดเก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 เดือน ทำการสุ่มตัวอย่างมาวัด ปริมาณความชื้น และปริมาณความร้อน ทุกๆ 1 เดือน เพื่อหาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม	ดำเนินการตามกิจกรรมที่วางแผนไว้ แต่เปลี่ยนบรรจุภัณฑ์จากพลาสติกเป็นฟิล์มหด เพื่อให้มีความแข็งแรง และสะดวกในการเคลื่อนย้าย	
3. ศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งผสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน	การประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์ที่เรียกว่าเครื่องชี้คุณค่าทางเศรษฐกิจของโครงการ	ดำเนินการตามกิจกรรมที่วางแผนไว้	

สัญญาเลขที่ RDG60T0116

การผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วและเปลือกผลไม้

สรุปรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 3

ตาราง เปรียบเทียบผลผลิต (Output) ที่เสนอในข้อเสนอโครงการและที่ดำเนินการได้จริงในรอบ 12 เดือน

ผลผลิต (Output)		ในกรณีล่าช้า (ผลสำเร็จไม่ถึง 100%) ให้ท่านระบุสาเหตุและการแก้ไขที่ท่านดำเนินการ
กิจกรรมในข้อเสนอโครงการ/หรือจากการปรับแผน	**ผลสำเร็จ (%)**	
1. ข้อมูลจากการสืบเอกสาร วัสดุ อุปกรณ์ ที่พร้อมดำเนินการ **รายละเอียด** จัดเตรียมวัตถุดิบ ได้แก่ รวบรวมวัตถุดิบต่างๆ ในการวิจัย ได้แก่ ก้อนเชื้อเห็ดที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน มาทำการตากแดด เพื่อลดความชื้น	100%	-
2. กิจกรรมที่ 1 ศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียนในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง **รายละเอียด** ได้ทำการทดลองเผาถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุด ทำการผสมและอัดแท่งตามอัตราส่วนต่างๆ ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเชื้อเพลิง	100%	
3. กิจกรรมที่ 2 ศึกษาหาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเชื้อเพลิงอัดแท่ง	100%	
4. กิจกรรมที่ 3 ศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งผสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว เปลือกมังคุด และเปลือกทุเรียน	100%	
5. ประเมินผล วิเคราะห์ข้อมูล และถ่ายทอดเทคโนโลยี	100%	
6. จัดทำรายงานและเผยแพร่	80%	

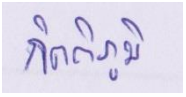
ลงนาม.....

(นายกิตติภูมิ ศุภลักษณ์ปัญญา)

วันที่ 27 พฤษภาคม 2561

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ ต่อ สกว.

-



ลงนาม.....

(หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน)

วันที่ 27 พฤษภาคม 2561

รายงานฉบับสมบูรณ์

การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

Production of Quality Organic Fertilizer from Sajor-caju Mushroom (*Pleurotus sajor-caju*) Waste

โดย นายศรีอุบล ทองประดิษฐ์ และคณะ

กรกฎาคม 2561

สัญญาเลขที่ RDG60T0116

รายงานฉบับสมบูรณ์

การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

Production of Quality Organic Fertilizer from Sajor-caju Mushroom (*Pleurotus sajor-caju*) Waste

	คณะผู้วิจัย		สังกัด
1.	นายศรีอุบล	ทองประดิษฐ์	คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
2.	นายอดุลย์สมาน	สุขแก้ว	คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
3.	นายธีระพงค์	หมวดศรี	คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ชุดโครงการ “การพัฒนาอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม” ปีงบประมาณ 2560

สนับสนุนโดย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานฉบับนี้เป็นของผู้วิจัย วช. - สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปผู้บริหาร

โครงการวิจัย เรื่อง “การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง” ได้ดำเนินการเพื่อแก้ไขปัญหาให้กับพื้นที่เป้าหมายในการทำวิจัย คือ กลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพ ตำบลขุนทะเล อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งกลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพจะผลิตก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้า และมีก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งเป็นจำนวนมากอยู่ 2 ประเภท คือ 1) ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ไม่ได้คุณภาพ ที่เกิดจากกระบวนการผลิตก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้า และก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่เน่าเสียเนื่องจากโดนฝนในระหว่างที่ลูกค้าขนส่งไปยังโรงเพาะเห็ดโดยไม่มีการคลุมปิดก้อนเชื้อเห็ด แล้วเอามาคืนให้กับกลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพ และ 2) ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งหลังจากการผลิตดอกเห็ดแล้ว ทางคณะผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะนำก้อนเห็ดเหลือทิ้งประเภทที่ 2 มาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเป็นการนำของเหลือทิ้งมาเพิ่มประสิทธิภาพและใช้ประโยชน์ โดยดำเนินการศึกษาสูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่ให้ธาตุอาหารต่าง ๆ ที่เหมาะสม และสูตรที่ใช้ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งในปริมาณมากที่สุด ซึ่งผลการวิจัยพบว่า สูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมจะใช้ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งปริมาณร้อยละ 60-70 เมื่อนำสูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมแล้วทดสอบการใส่ต้นกล้าปาล์มสายพันธุ์ลูกผสมโกลด์เด้นเทเนอร่าที่สิ้นสุดระยะ pre-nursery ทำให้ต้นกล้าปาล์มมีอัตราการเจริญที่ดี ใบปาล์มมีสีเขียวเข้มขึ้น และคณะผู้วิจัยได้ถ่ายทอดเทคโนโลยีในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่เหมาะสมให้แก่กลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพ ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดเหลือทิ้งเพื่อการจำหน่ายภายในชุมชนได้

บทคัดย่อภาษาไทย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เหมาะสม แล้วคัดเลือกสูตรปุ๋ยที่เหมาะสมจำนวน 2 สูตรมาผลิตในระดับขยายขนาด และศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งต่อการเจริญของต้นกล้าปาล์มโดยวิธีการเพาะเลี้ยงต้นกล้าปาล์มในถุงใหม่ที่มีดินผสมแกลบต่อปุ๋ยอินทรีย์ จำนวน 5 ระดับ คือ 1:0, 1:1, 1:2, 1:3 และ 1:4 ผลการวิจัยพบว่า สูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมที่ให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด และให้ค่าเฉลี่ยของร้อยละธาตุอาหารต่าง ๆ ที่เพิ่มขึ้นหลังการหมัก และสูตรที่ใช้ก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งได้มากที่สุด จำนวน 2 สูตร คือ สูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่หมักจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3 เมื่อนำไปผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งในระดับขยายขนาด สูตรปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 จะให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปริมาณสูงที่สุด ส่วนปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 3 จะให้มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงและระดับของปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมใส่แล้วทำให้ต้นปาล์มมีความสูง คือ ระดับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทั้งสองสูตรเท่ากับ 1:1 และ 1:2 จะได้สีของใบปาล์มที่มีลักษณะเขียวเข้มขึ้น

Abstract

The objective of this research was to study the organic fertilizer from the sajor-caju mushroom (*Pleurotus sajor-caju*) waste. Then the appropriate fertilizer formula was selected from 2 formulas to the scale produce. The effect of organic fertilizer application on the growth of palm seedlings was studied by using palm seedling culture in a new bag containing 5 different organic fertilizer (1: 0, 1: 1, 1: 2, 1: 3 and 1: 4.). The research found that appropriate organic fertilizer that provided total nitrogen, total phosphorus, and total potassium. The average percentage of nutrients increased after fermentation. The formula used to dispose of the mushroom residue as much as possible were 2 formulas of organic fertilizer, fermented from mushroom 2 and 3 formulas. When used to produce organic fertilizer from the sajor-caju mushroom waste in the enlarged scale. The second formulas will give the highest content of total nitrogen and total potassium. While organic fertilizer formulation 3 provided a high phosphorus content and appropriate level of organic fertilizer. As a result, palm trees have higher height. The 1: 1 and 1: 2 ratios of organic fertilizers were found to be the color of dark green palm

สารบัญ

หัวข้อ			หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย			ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ			ข
สารบัญ			ค
สารบัญตาราง			ง
สารบัญภาพ			จ
บทที่ 1	**บทนำ**		**1**
	1.1	ความสำคัญ และที่มาของปัญหา	2
	1.2	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
	1.3	ขอบเขตของการวิจัย	3
	1.4	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ	4
	1.5	กรอบแนวความคิดของการวิจัยและขั้นตอนการวิจัย	4
	1.6	การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง	4
	1.7	วิธีการดำเนินการวิจัย	6
	1.8	แผนงานโครงการ	9
บทที่ 2	**ผลการทดลอง**		**10**
บทที่ 3	**สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ**		**25**
บรรณานุกรม			**27**
ภาคผนวก			**30**
	ก	วิธีการวิเคราะห์	31
	ข	บทความสำหรับเผยแพร่	34
	ค	หลักฐานภาพถ่ายการดำเนินโครงการวิจัย	35
	ง	หลักฐานภาพถ่ายการถ่ายทอดเทคโนโลยีโครงการวิจัย	41
ตารางเปรียบเทียบ Output ที่เสนอในข้อเสนอโครงการและได้จริง			**45**
		ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้และกิจกรรมที่ดำเนินการมาและผลที่ได้รับตลอดโครงการ	

สารบัญตาราง

		หัวข้อ	หน้า
บทที่ 1			
ตารางที่	1.1	อัตราส่วนผสมของปุ๋ยอินทรีย์สูตรต่าง ๆ ที่ใช้ศึกษาหาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เหมาะสม	7
บทที่ 2			
ตารางที่	2.1	สมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง	11
ตารางที่	2.2	การเปลี่ยนแปลงค่าสีหลังการหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 49 วัน	13
ตารางที่	2.3	การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรต่าง ๆ ที่หมักเป็นระยะเวลา 49 วัน	14
ตารางที่	2.4	การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรต่าง ๆ ที่หมักเป็นระยะเวลา 49 วัน	15
ตารางที่	2.5	การเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรต่าง ๆ ที่หมักเป็นระยะเวลา 49 วัน	16
ตารางที่	2.6	การเปลี่ยนแปลงค่าสีระหว่างหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3 ในระดับขยายขนาด ที่หมักเป็นระยะเวลา 49 วัน	18
ตารางที่	2.7	การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3 ในระดับขยายขนาด ที่หมักเป็นระยะเวลา 49 วัน	19
ตารางที่	2.8	การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3 ในระดับขยายขนาด ที่หมักเป็นระยะเวลา 49 วัน	20
ตารางที่	2.9	การเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3 ในระดับขยายขนาด ที่หมักเป็นระยะเวลา 49 วัน	20
ตารางที่	2.10	การเปลี่ยนแปลงความสูงของต้นกล้าปาล์มจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3 ในอัตราส่วนผสมดินผสมปุ๋ยอินทรีย์ที่ระดับต่าง ๆ ที่ระยะเวลา เพาะเลี้ยง 90 วัน	22
ตารางที่	2.11	ค่าสีของใบปาล์มพันธุ์ลูกผสมโกลด์เด้นเทเนอร่าที่เพาะเลี้ยงในดินผสมปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 และ 3 ที่ระดับต่าง ๆ ที่ระยะเวลา 90 วัน	24

สารบัญภาพ

		หัวข้อ	หน้า
บทที่ 2			
ภาพที่	2.1	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในระหว่างการหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 49 วัน	12
ภาพที่	2.2	การเปลี่ยนแปลงพีเอชในระหว่างการหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 49 วัน	12
ภาพที่	2.3	สีของปุ๋ยอินทรีย์สูตรต่าง ๆ หลังสิ้นสุดการหมักเป็นระยะเวลา 49 วัน	13
ภาพที่	2.4	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3ในระดับขยายขนาด	17
ภาพที่	2.5	การเปลี่ยนแปลงพีเอชระหว่างหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3 ในระดับขยายขนาด	18
ภาพที่	2.6	ต้นกล้าปาล์มสายพันธุ์ลูกผสมโกลด์เด้นเทเนอร่าที่เพาะเลี้ยงในดินผสมแกลบที่มีปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 และ 3 ในระดับ 1:0, 1:1, 1:2, 1:3 และ 1:4 ที่ระยะเวลา 0 วัน	22
ภาพที่	2.7	ต้นกล้าปาล์มสายพันธุ์ลูกผสมโกลด์เด้นเทเนอร่าที่เพาะเลี้ยงในดินผสมแกลบที่มีปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 และ 3 ในระดับ 1:0, 1:1, 1:2, 1:3 และ 1:4 ที่ระยะเวลา 90 วัน	23

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหา

พื้นที่ในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช ประกอบอาชีพทางการเกษตรกรรมเป็นหลัก ได้แก่ ทำสวนยางพารา สวนปาล์ม ทำนา และปลูกผักสวนครัว เป็นต้น ดังนั้นรายได้หลักของเกษตรกรจะขึ้นอยู่กับผลผลิตที่ได้จากการทำเกษตรเป็นหลัก โดยรายได้ในแต่ละปีของครัวเรือนไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับสภาพเศรษฐกิจของประเทศ และผลผลิตที่ได้ในแต่ละช่วงที่ทำการเพาะปลูก จากการสำรวจข้อมูลในเบื้องต้นของเกษตรในเขตพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช มีการใช้ปุ๋ยเคมี ยาฆ่าแมลง และปุ๋ยเคมีทางการเกษตร ถูกนำมาใช้มาช้านานและเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเร่งเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตรเป็นหลัก โดยไม่คำนึงถึงปัญหาที่จะเกิดขึ้นในระยะยาว ไม่ว่าจะเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อม ปัญหาทางด้านการอุปโภค และบริโภคของประชากร เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีอิทธิพลเป็นอย่างสูงต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในการเพาะปลูกแต่ก็มีข้อดีของการใช้ปุ๋ยทางเคมีคือมีราคาที่ถูกและให้ผลผลิตที่เร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยหมักชีวภาพ (Chiang et al., 2016; Jiang et al., 2015) อย่างไรก็ตามการที่หาหนทางในการพัฒนาสูตรปุ๋ยอินทรีย์ จากแหล่งวัตถุดิบเหลือทิ้งก็เป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยในลดต้นทุน แต่ในเรื่องของประสิทธิภาพของการให้ผลผลิตก็จำเป็นต้องศึกษาต่อไป

ปัจจุบันเกษตรกรกลุ่มผู้ผลิตเห็ดนางฟ้าในตำบลขุนทะเล อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช ต้องประสบกับปัญหาขยะจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่หมดอายุแล้วและไม่ได้คุณภาพ เกษตรกรได้แก้ปัญหาเบื้องต้นด้วยการนำก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งไปใส่ต้นปาล์มโดยตรงซึ่งส่วนประกอบหลัก ๆ ในก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งคือ ขี้เลื่อยยางพารา ยังคงสภาพใหม่ และไม่ย่อยสลายเป็นธาตุอาหารสำหรับใส่ต้นปาล์ม นอกจากนี้ยังส่งผลจากแมลงหรือจุลินทรีย์ที่ก่อโรคที่มีอยู่ในก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้ง อาจจะก่อให้เกิดการระบาดในโรงเรือนเพาะดอกเห็ดใกล้เคียงหรือกับเกษตรที่ทำกล้าเชื้อเห็ดเพื่อจำหน่าย จำเป็นต้องมีการย่อยสลายขี้เลื่อยจากก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งที่เพาะเห็ดนางฟ้าด้วยเชื้อราที่ผลิตเอนไซม์เซลลูเลสก่อนเพื่อเปลี่ยนเป็นธาตุอาหารที่พืชนำไปใช้ได้โดยตรง (Onnby et al., 2015; Rajoka and Malik, 1997; Tejada et al., 2016) นอกเหนือจากโปรตีนจากเนื้อเยื่อของเห็ด รวมทั้งต้องเพิ่มธาตุอาหารอื่น ๆ ลงไปด้วยเพื่อให้ปุ๋ยอินทรีย์มีคุณภาพดีมากขึ้น เช่น ปุ๋ยคอกแห้ง ปุ๋ยขี้วัว ปุ๋ยขี้ไก่ผสมแกลบ สามารถนำมาใส่พืชยืนต้นได้ทุกชนิด (Raza et al., 2016) ซึ่งการนำก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งนำมาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพดีจะเป็นหนทางหนึ่งที่นอกจากการเพิ่มรายได้แล้ว ยังสามารถสร้างกำไรให้กับเกษตรกรอีกทางหนึ่ง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการนำก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งนำมาผลิตปุ๋ยอินทรีย์โดยใช้เชื้อราที่สามารถย่อยเซลลูโลสจากขี้เลื่อยเพื่อให้ได้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพที่เกษตรกรสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเพื่อการจำหน่ายภายในชุมชน เป็นการสร้างประโยชน์และพัฒนาชุมชนให้ดีขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อหาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เหมาะสมต่อต้นกล้าปาล์ม

1.2.2 เพื่อศึกษาการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งด้วยสูตรที่เหมาะสมในระดับขยายขนาด

1.2.3 เพื่อศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งต่อการเจริญของต้นกล้าปาล์ม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 การหาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เหมาะสมต่อต้นกล้าปาล์ม โดยศึกษาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จำนวน 5 สูตร ในถังพลาสติกปิดสนิทที่มีน้ำหนักรวมทั้งหมด 5 กิโลกรัม โดยใช้อัตราส่วนผสมดังนี้ คือ ปริมาณก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งจำนวน 5 ระดับ คือ ร้อยละ 50, 60, 70, 80 และ 90 ส่วนผสมระหว่างมูลไก่และมูลวัวในจำนวน 5 ระดับ คือ ร้อยละ 50, 40, 30, 20 และ 10 และเติมส่วนผสมดังต่อไปนี้ในอัตราส่วนคงที่ในปุ๋ยอินทรีย์ทุกสูตร คือ สารเร่ง พด.1 (สำหรับเร่งการย่อยสลาย) จำนวน 100 กรัมต่อปุ๋ยอินทรีย์ 1,000 กิโลกรัม น้ำปุ๋ยหมักชีวภาพ 1 ลิตรต่อ 100 กิโลกรัม และกากน้ำตาล 5 กิโลกรัมต่อปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัม แล้วหมักเป็นระยะเวลา 49 วัน วัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ พีเอช และธาตุอาหารต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด, ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด ทำการคัดเลือกสูตรปุ๋ยโดยพิจารณาจากธาตุอาหารต่าง ๆ และสูตรที่ใช้ก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งได้มากที่สุด จำนวน 2 สูตร

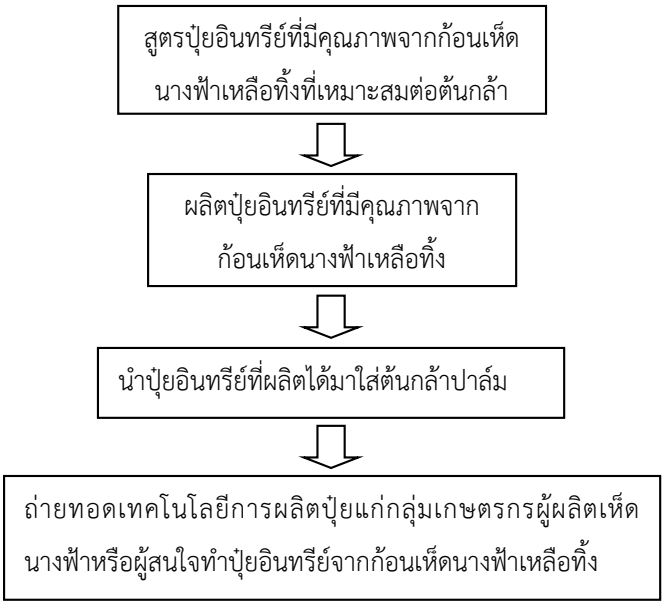
1.3.2 การศึกษาการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งด้วยสูตรที่เหมาะสมในระดับขยายขนาด โดยนำสูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่ผ่านการคัดเลือกจำนวน 2 สูตรมาผลิตในระดับขยายขนาดที่มีน้ำหนักรวมทั้งหมด 200 กิโลกรัม แล้วหมักเป็นระยะเวลา 49 วัน วัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ พีเอช ทุก ๆ 7 วัน และธาตุอาหารต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด, ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด เมื่อเริ่มต้นการหมักและสิ้นสุดการหมัก และเติมสารเร่ง พด.3 เพื่อป้องกันรากและโคนเน่า หลังสิ้นสุดการหมัก จำนวน 25 กรัมต่อปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัม แล้วหมักต่อเป็นระยะเวลา 7 วันก่อนนำไปใช้

1.3.3 การศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งต่อการเจริญของต้นกล้าปาล์ม จะใช้วิธีการเพาะเลี้ยงต้นกล้าปาล์มสายพันธุ์ลูกผสมโกลด์เด้นเทเนอร่าที่สิ้นสุดระยะ pre-nursery (อายุ 3 เดือน) ในถุงเพาะใหม่ที่มีดิน (ที่ผสมแกลบในอัตราส่วน 1:1) ผสมกับปุ๋ยอินทรีย์จำนวน 2 สูตรที่ผลิตในระดับขยายขนาด จำนวน 5 ระดับ คือ 1:0, 1:1, 1:2, 1:3 และ 1:4 แล้ววัดอัตราการเจริญของต้นกล้าปาล์ม ได้แก่ ความสูงของต้นปาล์มและค่าสีของใบปาล์ม ทุก ๆ 10 วัน เป็นระยะเวลา 90 วัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

จะได้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เกษตรกรสามารถผลิตได้และจำหน่ายภายในชุมชน

1.5 กรอบแนวความคิดของการวิจัยและขั้นตอนการวิจัย



1.6 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

มนุษย์เรานำเห็ดมาบริโภคเป็นเวลาช้านาน ซึ่งเห็ดเป็นฟังใจ (fungi) ชั้นสูง ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก ปัจจุบันเราสามารถ เพาะเห็ดในสกุลต่าง ๆ และทำเป็นการค้ามีมูลค่าหลายพันล้านบาทต่อปี เช่นการเพาะเห็ดนางฟ้า เห็ดนางรม เห็ดขอนขาว เป็นต้น จึงเป็นอาชีพที่น่าสนใจ และเป็นทางเลือกอีกอาชีพหนึ่งของเกษตรกร แต่จากผลผลิตของเห็ดจะมีก้อนเชื้อเห็ดเป็นส่วนที่เหลือทิ้งที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์แต่อย่างใด ซึ่งการเปลี่ยนเศษวัสดุเหลือทิ้งดังกล่าวมาผลิตเป็นปุ๋ยที่มีคุณภาพนอกจากเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มต่อเกษตรกร แล้วยังส่งผลโดยตรงการกำจัดปัญหาของเกษตรกร และผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในอานาคต

Tampio และคณะ (2016) ได้ศึกษาผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์แบบเหลวจากการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนของเศษอาหาร พบว่าจุลินทรีย์มีบทบาทที่สำคัญที่สุดในการย่อยสลายเศษอาหารเพื่อให้ได้ปุ๋ยอินทรีย์แบบเหลวที่มีคุณภาพ แต่ในกระบวนของการหมักจำเป็นต้องอาศัยปัจจัยที่เกื้อหนุนและมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้เพื่อเกษตรกรรมต่อไป โดยในเทคโนโลยีที่ได้ศึกษานั้นมีการใช้วิธีการย่อยสลายแอมโมเนียร่วมกับการใช้วิธี Reverse osmosis เพื่อให้ได้ปุ๋ยอินทรีย์แบบน้ำให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

Tejada และคณะ (2016) ศึกษาการใช้งานของปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากกากตะกอนน้ำเสียที่มีต่อผลผลิตของข้าวโพดสำหรับเลี้ยงสัตว์ โดยวัตถุประสงค์ต้องการรักษาความปลอดภัยด้านอาหารทั่วโลก เพื่อรักษาทั้ง

คุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตได้และการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์จากน้ำเสียกากตะกอน (SS) พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของปุ๋ยอินทรีย์ในการเพาะปลูก สามารถให้ความเข้มข้นของโปรตีนข้าวโพดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญโดยประมาณร้อยละ 30 และสามารถเพิ่มผลผลิตมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญโดยประมาณร้อยละ 17

ในกระบวนการหมักของปุ๋ยหมัก สามารถแบ่งออกได้ 2 รูปแบบ คือ การหมักแบบใช้ออกซิเจน คือ เมื่อวัสดุที่ใช้หมักเกิดการย่อยสลายจนได้สารอินทรีย์ตั้งต้น ประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เซลลูโลส ลิกนิน เป็นต้น สารเหล่านี้จะถูกเชื้อจุลินทรีย์จำพวกที่ใช้ออกซิเจนย่อยสลาย เพื่อดึงออกซิเจนมาใช้ในกระบวนการหมักและให้ผลผลิตสุดท้ายจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นฮิวมัส น้ำ ก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และพลังงานความร้อน เกิดขึ้น ส่วนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน โดยอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์จำพวกที่ไม่ใช้ออกซิเจน 2 กลุ่ม คือ เชื้อจุลินทรีย์ที่สร้างกรด และจุลินทรีย์สร้างก๊าซมีเทน ซึ่งทำให้เกิดผลิตภัณฑ์สุดท้าย ประกอบด้วย ก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย และพลังงานความร้อน เกิดขึ้น

บทบาทที่สำคัญของการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จะใช้เชื้อจุลินทรีย์เป็นหัวใจหลักโดยอาศัยจุลรีย์กลุ่มที่สามารถย่อยสลายเซลลูโลสภายในกองปุ๋ยที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้ออกซิเจน และกลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งทั้งสองกลุ่มจะทำหน้าที่ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง จนกระทั่งเกิดการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์จนได้สารอินทรีย์วัตถุ ในกระบวนการย่อยสลายดังกล่าวจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยจุลินทรีย์หลายชนิดรวมกันและอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระยะ คือ ระยะอุณหภูมิปานกลาง (mesophilic phase) เป็นช่วงแรกของการย่อยสลาย จำนวนจุลินทรีย์ค่อยๆเพิ่มจำนวนขึ้น ซึ่งจะมีอุณหภูมิประมาณ 20-45 องศาเซลเซียส ระยะอุณหภูมิสูง (thermophilic phase) เป็นช่วงที่มีการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์เกือบคงที่ และเกิดการย่อยสลายทั่วทั้งกอง โดยอุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้นถึง 45-60 องศาเซลเซียส หรือมากกว่า ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมจะต้องไม่ต่ำกว่า 45 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่เกิดการย่อยสลายมากที่สุดจนทำให้เกิดความร้อนสะสมในกองปุ๋ยหมักอินทรีย์ และระยะอุณหภูมิลดลง (maturation phase) เป็นช่วงที่จุลินทรีย์บางส่วนเริ่มตายลง ปริมาณอินทรีย์ถูกย่อยสลายจนหมด อัตราการย่อยสลายจึงลดลง ทำให้อุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักลดลงตามมา ซึ่งเป็นระยะที่จะเสร็จสิ้นการย่อยสลาย ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ที่น่าสนใจส่วนใหญ่จะเป็นจุลินทรีย์กลุ่มเชื้อรา เช่น *Trichoderma spp. Aspergillus spp.* แต่ก็มีจุลินทรีย์บางกลุ่มที่เป็นเชื้อแบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายเซลลูโลสได้ดี อย่างเชื้อกลุ่ม *Cellulomonas spp.* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่สามารถย่อยใยเนื้อไม้ได้เป็นอย่างดี และสามารถเข้าอยู่ร่วมกับจุลินทรีย์ชนิดอื่นได้อย่างไม่เป็นพิษเป็นภัย เป็นลักษณะเป็นรูปท่อน รูปร่างไม่แน่นอน และมีวงจรระหว่างรูปท่อนและรูปทรงกลม ไม่มีวงจรรูปท่อน รูปทรงกลม แต่เซลล์แก่บางเซลล์อาจเป็นทรงกลม (Rajoka and Malik, 1997) การเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพของการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากวัสดุลิกโนเซลลูโลสอย่างก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เป็นปัญหาอย่างมากนำมาย่อยสลายด้วยเชื้อแบคทีเรียนกลุ่ม *Cellulomonas spp* ก็เป็นแนวทางหนึ่งที่เป็นประโยชน์ ลดปัญหา และสร้างรายได้ต่อเกษตรกรได้ในอนาคต

1.7 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.7.1 การศึกษาสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

นำก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งก่อนที่ก่อนศึกษาการหมักปุ๋ยอินทรีย์ มาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM), ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (OC), สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio), ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด, ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (ในรูป P_2O_5), ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (ในรูป K_2O), ค่าพีเอช (ดิน:น้ำ = 1:1), ค่าการนำไฟฟ้า (EC) (ดิน:น้ำ = 1:5) และค่าความชื้น

1.7.2 การศึกษาหาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เหมาะสมต่อต้นกล้าปาล์ม

1) เตรียมส่วนผสมปุ๋ยอินทรีย์จำนวน 5 สูตร ให้มีน้ำหนักรวมทั้งหมดเท่ากับ 5 กิโลกรัม โดยใช้อัตราส่วนผสมของปริมาณก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งจำนวน 5 ระดับ คือ ร้อยละ 50, 60, 70, 80 และ 90 และส่วนผสมระหว่างมูลไก่และมูลวัวในจำนวน 5 ระดับ คือ ร้อยละ 50, 40, 30, 20 และ 10 (ตารางที่ 1.1) คลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วบรรจุลงในถังพลาสติกจำนวน 3 ถังต่อสูตรปุ๋ย

2) เติมส่วนผสมระหว่างน้ำปุ๋ยหมักชีวภาพ 1 ลิตรต่อ 100 กิโลกรัม และกากน้ำตาล 5 กิโลกรัมต่อปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัม ในอัตราส่วนคงที่ในปุ๋ยอินทรีย์ทุกสูตร เคล้าให้เข้ากัน และเติมสารเร่ง พด.1 จำนวน 10 กรัมต่อปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัม ที่ผ่านการเตรียมในรูปของสารละลาย ในอัตราส่วนคงที่ในปุ๋ยอินทรีย์ทุกสูตร คลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วปรับความชื้นของปุ๋ยอินทรีย์ที่ผสมแล้วให้อยู่ในช่วงร้อยละ 60-70

3) ปิดปากถังพลาสติกที่บรรจุปุ๋ยอินทรีย์ แล้วหมักเป็นระยะเวลา 49 วัน พร้อมพลิกกลับกองปุ๋ยอินทรีย์ทุก ๆ 7 วัน

4) วัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (ด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิทัล ยี่ห้อ ebro รุ่น TTX 100) พีเอช ทุก ๆ 7 วัน และเก็บตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์มาวิเคราะห์ธาตุอาหารต่าง ๆ โดยวิธี AOAC (2000) ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (ด้วยเครื่อง CNS Analyser) ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด (ด้วยเครื่อง ICP-OES) ทุก ๆ 7 วัน และวัดค่าสีของปุ๋ยอินทรีย์หลังสิ้นสุดการหมักด้วยเครื่องวัดสียี่ห้อ Hunter lab รุ่น MiniScan EZ

5) นำข้อมูลร้อยละธาตุอาหารต่าง ๆ ที่เพิ่มขึ้นหลังการหมักของปุ๋ยอินทรีย์สูตรต่าง ๆ มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variances) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยร้อยละธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้นหลังการหมักโดยวิธี Duncan’s Multiple Rang Test (DMRT) (สุรพล, 2528) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อคัดเลือกสูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมและสูตรที่ใช้ก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งได้มากที่สุด จำนวน 2 สูตร สำหรับนำไปศึกษาในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 1.1 อัตราส่วนผสมของปุ๋ยอินทรีย์สูตรต่าง ๆ ที่ใช้ศึกษาหาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เหมาะสม

สูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่	ก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้ง (กิโลกรัม)	มูลไก่ (กิโลกรัม)	มูลวัว (กิโลกรัม)	สารเร่ง พด.1 (กรัม)	น้ำปุ๋ยหมักชีวภาพ (ลิตร)	กากน้ำตาล (กิโลกรัม)
1	50	25	25	10	1	5
2	60	20	20	10	1	5
3	70	15	15	10	1	5
4	80	10	10	10	1	5
5	90	5	5	10	1	5

หมายเหตุ อัตราส่วนสำหรับผลิตปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัม

1.7.3 การศึกษาการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งด้วยสูตรที่เหมาะสมในระดับขยายขนาด

1) เตรียมส่วนผสมปุ๋ยอินทรีย์จำนวน 2 สูตรที่ผ่านการคัดเลือก ให้มีน้ำหนักรวมทั้งหมดเท่ากับ 200 กิโลกรัม โดยใช้อัตราส่วนผสมของปริมาณก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งและส่วนผสมระหว่างมูลไก่และมูลวัวในอัตราส่วนที่กำหนดตามตารางที่ 1.1 คลุกเคล้าให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม

2) เติมส่วนผสมระหว่างน้ำปุ๋ยหมักชีวภาพ 1 ลิตรต่อ 100 กิโลกรัม และกากน้ำตาล 5 กิโลกรัมต่อปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัม ในอัตราส่วนคงที่ในปุ๋ยอินทรีย์ทุกสูตร ผสมให้เข้ากัน และเติมสารเร่ง พด.1 จำนวน 10 กรัมต่อปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัม ที่ผ่านการเตรียมในรูปของสารละลาย ในอัตราส่วนคงที่ในปุ๋ยอินทรีย์ทุกสูตร ผสมให้เข้ากัน แล้วปรับความชื้นของปุ๋ยอินทรีย์ที่ผสมแล้วให้อยู่ในช่วงร้อยละ 60-70

3) นำปุ๋ยอินทรีย์ที่ผสมเรียบร้อยแล้วเทลงในคอกหมักปุ๋ยที่มีขนาดความกว้างxยาวxสูง เท่ากับ 1 เมตรx1.5 เมตรx0.84 เมตร จำนวน 1 คอกต่อสูตรปุ๋ย ปิดปากคอกหมักด้วยพลาสติกสีดำ แล้วหมักเป็นระยะเวลา 49 วัน พร้อมพลิกกลับกองปุ๋ยอินทรีย์ทุก ๆ 7 วัน

4) วัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (ด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิทัล ยี่ห้อ ebro รุ่น TTX 100) พีเอช ทุก ๆ 7 วัน และเก็บตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์มาวิเคราะห์ธาตุอาหารต่าง ๆ โดยวิธี AOAC (2000) ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (ด้วยเครื่อง CNS Analyser) ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด (ด้วยเครื่อง ICP-OES) ก่อนและหลังการหมัก และวัดค่าสีของปุ๋ยอินทรีย์ทุก ๆ 7 วันด้วยเครื่องวัดสีแบบพกพายี่ห้อ Hunter lab รุ่น MiniScan EZ

5) นำข้อมูลค่าสี และร้อยละธาตุอาหารต่าง ๆ ที่เพิ่มขึ้นหลังการหมักของปุ๋ยอินทรีย์จำนวน 2 สูตรหลังสิ้นสุดการหมัก มาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ตัวทดสอบสถิติแบบ t-Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (นงเยาว์, 2552)

6) เติมสารเร่ง พด.3 เพื่อป้องกันรากและโคนเน่า หลังสิ้นสุดการหมัก จำนวน 25 กรัมต่อปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัม แล้วหมักต่อเป็นระยะเวลา 7 วันก่อนนำไปใช้

1.7.4 การศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งต่อการเจริญของต้นกล้าปาล์ม

1) อนุบาลต้นกล้าปาล์มสายพันธุ์ลูกผสมโกลด์เด้นเทเนอร่าที่สิ้นสุดระยะ pre-nursery (อายุ 3 เดือน) ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท เปา-รงค์ ออยล์ ปาล์ม จำกัด ตำบลร่อนพิบูลย์ อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัด นครศรีธรรมราช โดยรดน้ำตอนเช้าทุกวันเป็นระยะเวลา 7 วัน ก่อนนำมาทำการทดลอง

2) เตรียมดินเพาะเลี้ยงโดยใช้ดิน (ที่ผสมแกลบในอัตราส่วน 1:1) ผสมกับปุ๋ยอินทรีย์จำนวน 2 สูตรที่ผลิตในระดับขยายขนาด จำนวน 5 ระดับ คือ 1:0, 1:1, 1:2, 1:3 และ 1:4

3) นำต้นกล้าปาล์มมาเพาะเลี้ยงในถุงเพาะ แล้วบรรจุดินเพาะเลี้ยงที่ผสมปุ๋ยอินทรีย์ที่ระดับต่างๆ ระดับละ 5 ซ้ำ แล้วนำมาวางในที่ ๆ รับแสงแดด และรดน้ำตอนเช้าทุกวัน

4) วัดอัตราการเจริญของต้นกล้าปาล์ม ได้แก่ ความสูงของต้นปาล์มและค่าสีของใบปาล์ม ทุก ๆ 10 วัน เป็นระยะเวลา 90 วัน

5) นำข้อมูลความสูงของต้นปาล์ม และค่าสีของใบปาล์มมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variances) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความสูงของต้นปาล์มและค่าสีของใบปาล์ม โดยวิธี Duncan's Multiple Rang Test (DMRT) (สุรพล, 2528) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

1.8 แผนงานโครงการ

กิจกรรมที่		เดือนที่											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	การค้นคว้าเอกสาร	↔											
2	การเตรียมวัสดุ อุปกรณ์	↔											
3	หาสูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เหมาะสมต่อต้นกล้าปาล์ม		↔	↔	↔								

กิจกรรมที่		เดือนที่											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	ศึกษาการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งด้วยสูตรที่เหมาะสมในระดับขยายขนาด					←	→						
5	ศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งต่อการเจริญของต้นกล้าปาล์ม							←	—	→			
6	การเก็บข้อมูลและรายงานผล		←	—	—	—	—	—	—	→			
7	การถ่ายทอดเทคโนโลยี										←	→	
8	การประเมินผลโครงการ												↔

บทที่ 2
ผลการทดลอง

2.1 ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

จากการศึกษาสมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งก่อนที่จะนำมาศึกษาการหมักปุ๋ยอินทรีย์ แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

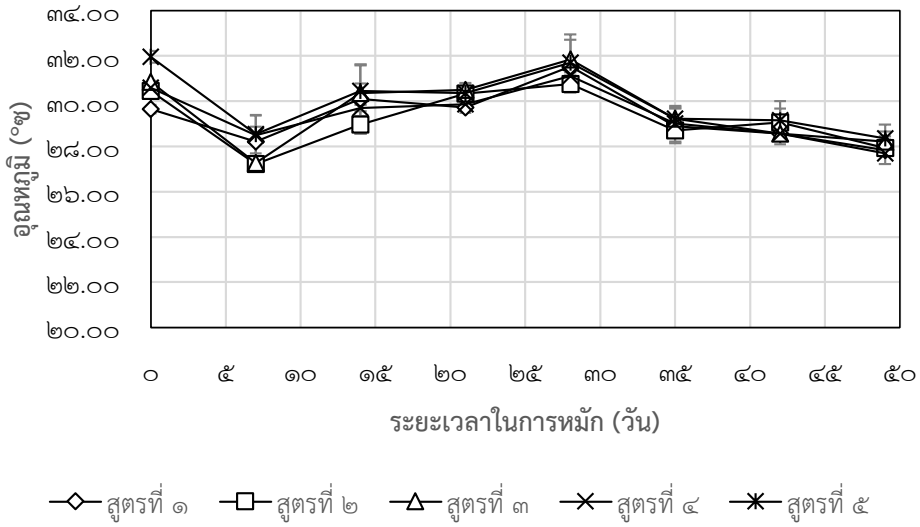
สมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพ	ค่า
1) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM)	ร้อยละ 36.20
2) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (OC)	ร้อยละ 21.00
3) สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)	28 ต่อ 1
4) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด	ร้อยละ 1.12
5) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (ในรูป P_2O_5)	ร้อยละ 0.32
6) ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (ในรูป K_2O)	ร้อยละ 0.77
7) ค่าพีเอช (ดิน:น้ำ = 1:1)	8.44
8) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) (ดิน:น้ำ = 1:5)	3.88
9) ค่าความชื้น	ร้อยละ 51.38

2.2 ผลการศึกษาหาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เหมาะสมต่อต้นกล้าปาล์ม

จากการศึกษาหาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เหมาะสมจำนวน 5 สูตร ที่หมักในถังพลาสติกปิดสนิทที่มีน้ำหนักรวมทั้งหมด 5 กิโลกรัม เป็นระยะเวลา 49 วัน แล้ววัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ พีเอช และวิเคราะห์ธาตุอาหารต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด ทุก ๆ 7 วัน เพื่อคัดเลือกสูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของร้อยละธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้นหลังการหมัก และสูตรที่ใช้ก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งได้มากที่สุด จำนวน 2 สูตร ได้ผลการศึกษามีดังต่อไปนี้ คือ

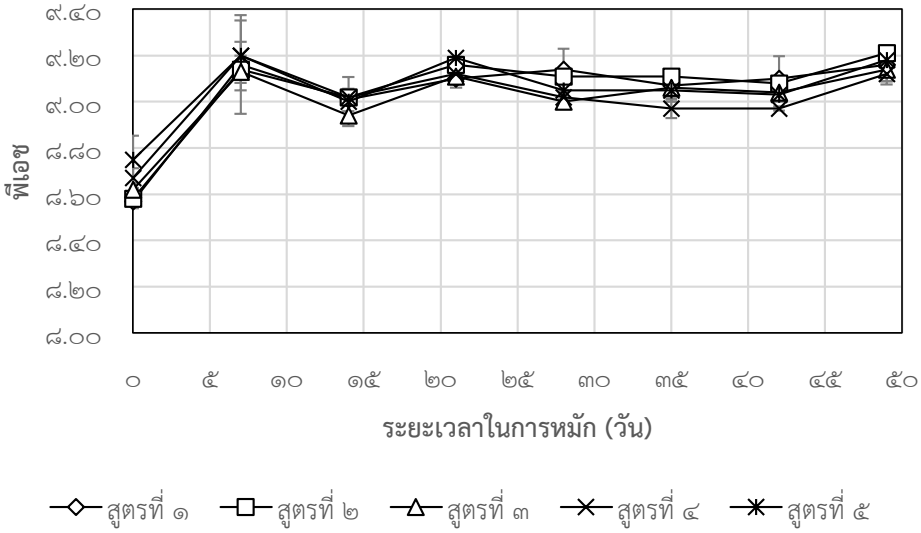
2.2.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและพีเอชระหว่างหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างการหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งจำนวน 5 สูตร ที่หมักในถังพลาสติกปิดสนิทเป็นระยะเวลา 49 วัน พบว่า อุณหภูมิเริ่มต้นเมื่อทำการหมักปุ๋ยอินทรีย์จะอยู่ในช่วง 29.66-31.96 องศาเซลเซียส และมีการเปลี่ยนแปลงอุณภูมิในการหมักเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในช่วงการหมักวันที่ 28 อยู่ในช่วง 30.76-31.83 องศาเซลเซียส และจะลดลงเมื่อใกล้จะสิ้นสุดการหมัก โดยอุณหภูมิเมื่อสิ้นสุดการหมักที่ระยะเวลา 49 วัน จะอยู่ในช่วง 27.70-28.36 องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในระหว่างการหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรต่างๆ เป็นระยะเวลา 49 วัน

การเปลี่ยนแปลงพีเอชระหว่างการหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งจำนวน 5 สูตร ที่หมักในถังพลาสติกปิดสนิทเป็นระยะเวลา 49 วัน พบว่า พีเอชเริ่มต้นเมื่อทำการหมักปุ๋ยอินทรีย์จะอยู่ในช่วง 8.57-8.75 และมีการเปลี่ยนแปลงพีเอชในการหมักเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในช่วงการหมักวันที่ 7 ถึงระยะสิ้นสุดการหมักที่ระยะเวลา 49 วัน อยู่ในช่วง 8.94-9.21 ดังแสดงในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงพีเอชในระหว่างการหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 49 วัน

2.2.2 การเปลี่ยนแปลงค่าสีระหว่างหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

การเปลี่ยนแปลงค่าสีระหว่างการหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งจำนวน 5 สูตร ที่หมักในถังพลาสติกปิดสนิทเป็นระยะเวลา 49 วัน พบว่า ค่าสี L* ของปุ๋ยอินทรีย์หลังสิ้นสุดการหมักเป็นระยะเวลา 49 วัน ทั้ง 5 สูตรมีค่าสีที่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยค่าสี L* จะมีการผันแปรตามสัดส่วนของก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เพิ่มขึ้น โดยสูตรปุ๋ยที่มีสัดส่วนของก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งในปริมาณน้อย (สูตรที่ 1) จะมีค่าสี L* น้อย สีของปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จะมีลักษณะน้ำตาลเข้ม และเมื่อเพิ่มสัดส่วนของก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เพิ่มขึ้น (สูตรที่ 2-5) จะมีค่าสี L* เพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 2.2 และสีของปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จะมีลักษณะน้ำตาลอ่อนลงตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 2.3 ซึ่งสีของปุ๋ยหมักที่หมักจนสมบูรณ์แล้วจะมีสีเข้มขึ้น สีน้ำตาลเข้มหรือสีดำ (Meena et al., 2016)

ตารางที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงค่าสีหลังการหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 49 วัน

สูตรปุ๋ยอินทรีย์ (ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้า:ส่วนผสมมูลไก่และมูลวัว)	**ค่าสี**		
	L*	a*	b*
เริ่มต้นหมัก	29.44^{ก}±0.09	8.75±0.07	20.48±0.32
สูตรที่ 1 (50:50)	23.35^{ฉ}±0.05	7.84±0.12	12.74±0.41
สูตรที่ 2 (60:40)	24.24^{จ}±0.03	9.27±0.04	14.94±0.01
สูตรที่ 3 (70:30)	25.04^{ง}±0.16	8.77±0.07	13.45±0.12
สูตรที่ 4 (80:20)	25.79^{ค}±0.02	8.22±0.05	12.37±0.11
สูตรที่ 5 (90:10)	28.94^{ข}±0.07	9.67±0.01	16.77±0.02

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวสดมภ์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ภาพที่ 2.3 สีของปุ๋ยอินทรีย์สูตรต่าง ๆ หลังสิ้นสุดการหมักเป็นระยะเวลา 49 วัน

2.2.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดระหว่างหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

จากการศึกษาหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งจำนวน 5 สูตร ที่หมักในถังพลาสติกปิดสนิทเป็นระยะเวลา 49 วัน แล้ววิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด พบว่า สูตรปุ๋ยหมักอินทรีย์ที่หมักจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งทุกสูตรมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้น โดยปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 1 และ 2 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 2.37 และ 2.28 ตามลำดับ ที่ระยะการหมัก 49 วัน และมีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์สูตรอื่น ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.3 แต่เมื่อพิจารณาร้อยละของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นพบว่า ปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 3 มีร้อยละของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดเท่ากับ 31.54 รองลงมาคือปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 5 ที่มีร้อยละของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 30.67 และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์สูตรอื่น ๆ แต่เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 5 พบว่าเมื่อสิ้นสุดการหมักจะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดน้อยที่สุด และยังใช้ส่วนผสมของมูลไก่และมูลวัวน้อยที่สุด ดังนั้นจึงพิจารณาคัดเลือกปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรต่าง ๆ ที่หมักเป็นระยะเวลา 49 วัน

สูตรปุ๋ยอินทรีย์ (ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้า:ส่วนผสมมูลไก่และมูลวัว)	**ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (ร้อยละ)**		
	0 วัน	หลังหมัก 49 วัน	ร้อยละที่เพิ่มขึ้น
สูตรที่ 1 (50:50)	$2.02^{ก}$±0.02	$2.37^{ก}$±0.01	$17.17^{ก}$±1.41
สูตรที่ 2 (60:40)	$1.81^{ข}$±0.14	$2.28^{ก}$±0.11	$26.57^{ก}$±15.20
สูตรที่ 3 (70:30)	$1.67^{ขค}$±0.11	$2.19^{ก}$±0.18	$31.54^{ก}$±17.68
สูตรที่ 4 (80:20)	$1.51^{ค}$±0.08	$1.89^{ข}$±0.17	$24.59^{ก}$±7.90
สูตรที่ 5 (90:10)	$1.32^{ง}$±0.04	$1.73^{ข}$±0.10	$30.67^{ก}$±4.41

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวสดมภ์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2.2.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดระหว่างหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

จากการศึกษาหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งจำนวน 5 สูตร ที่หมักในถังพลาสติกปิดสนิทเป็นระยะเวลา 49 วัน แล้ววิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด พบว่า สูตรปุ๋ยหมักอินทรีย์ที่หมักจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งทุกสูตรมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเพิ่มขึ้น โดยปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 1 และ 2 มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 3.03 และ 2.63 ตามลำดับ ที่ระยะการหมัก 49 วัน และมีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์สูตรอื่น ๆ แต่เมื่อพิจารณาร้อยละของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นพบว่า ปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 4 มีร้อยละของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดเท่ากับ 52.87 รองลงมาคือปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 5 ที่มีร้อยละของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 49.07 และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์สูตรอื่น ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.4 แต่ปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 4 และ 5 พบว่าเมื่อสิ้นสุดการหมักจะมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดน้อยที่สุด และยังใช้

ส่วนผสมของมูลไก่และมูลวัวน้อยที่สุด ดังนั้นจึงพิจารณาคัดเลือกปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 และ 3 เพื่อให้สอดคล้องกับผลการคัดเลือกปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ตารางที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรต่าง ๆ ที่หมักเป็นระยะเวลา 49 วัน

สูตรปุ๋ยอินทรีย์ (ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้า:ส่วนผสมมูลไก่และมูลวัว)	**ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (ในรูป P_2O_5) (ร้อยละ)**		
	0 วัน	หลังหมัก 49 วัน	ร้อยละที่เพิ่มขึ้น
สูตรที่ 1 (50:50)	$2.30^{ก}$±0.12	$3.03^{ก}$±0.07	$31.71^{ก}$±5.39
สูตรที่ 2 (60:40)	$2.01^{ข}$±0.06	$2.63^{ข}$±0.02	$31.14^{ก}$±4.35
สูตรที่ 3 (70:30)	$1.68^{ค}$±0.15	$2.22^{ค}$±0.24	$32.49^{ก}$±15.73
สูตรที่ 4 (80:20)	$1.14^{ง}$±0.17	$1.72^{ง}$±0.21	$52.87^{ก}$±25.29
สูตรที่ 5 (90:10)	$0.79^{จ}$±0.13	$1.18^{จ}$±0.16	$49.07^{ก}$±11.90

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวสดมภ์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2.2.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดระหว่างหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

จากการศึกษาหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งจำนวน 5 สูตร ที่หมักในถังพลาสติกปิดสนิทเป็นระยะเวลา 49 วัน แล้ววิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด พบว่า สูตรปุ๋ยหมักอินทรีย์ที่หมักจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งทุกสูตรมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดเพิ่มขึ้น โดยปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 1 และ 2 มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 4.24 และ 3.82 ตามลำดับ ที่ระยะการหมัก 49 วัน และมีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์สูตรอื่น ๆ แต่เมื่อพิจารณาร้อยละของปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นพบว่า ปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 5 มีร้อยละของปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดเท่ากับ 58.37 รองลงมาคือปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 4 ที่มีร้อยละของปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 55.40 และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์สูตรอื่น ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.5 แต่ปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 4 และ 5 พบว่าเมื่อสิ้นสุดการหมักจะมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดน้อยที่สุด และยังใช้ส่วนผสมของมูลไก่และมูลวัวน้อยที่สุด ดังนั้นจึงพิจารณาคัดเลือกปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 และ 3 เพื่อให้สอดคล้องกับผลการคัดเลือกปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ตารางที่ 2.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรต่าง ๆ ที่หมักเป็นระยะเวลา 49 วัน

สูตรปุ๋ยอินทรีย์ (ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้า:ส่วนผสมมูลไก่และมูลวัว)	**ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (ในรูป K_2O) (ร้อยละ)**		
	0 วัน	หลังหมัก 49 วัน	ร้อยละที่เพิ่มขึ้น
สูตรที่ 1 (50:50)	$3.02^{ก}$±0.06	$4.24^{ก}$±0.26	$40.17^{ก}$±8.89
สูตรที่ 2 (60:40)	$2.75^{กข}$±0.17	$3.82^{ก}$±0.21	$39.67^{ก}$±13.33

สูตรที่ 3 (70:30)	2.41^{ข}±0.33	3.28^{ข}±0.21	37.24^{ก}±16.39
สูตรที่ 4 (80:20)	1.75^{ค}±0.22	2.70^{ค}±0.24	55.40^{ก}±17.69
สูตรที่ 5 (90:10)	1.27^{ง}±0.20	2.00^{ง}±0.23	58.37^{ก}±16.29

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวสดมภ์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P≤0.05)

จากการศึกษาหาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เหมาะสมจะพบว่า ปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 4 และ 5 มีร้อยละของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดหลังสิ้นสุดการหมักที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากมีอัตราส่วนของก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งมากและมีส่วนผสมของมูลไก่และมูลวัวน้อย ทำให้มีปริมาณเชื้อราที่ผลิตเอนไซม์เซลลูเลสที่ย่อยสลายเซลลูโลสในขี้เลื่อยจากก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งเป็นธาตุอาหารต่าง ๆ ที่พืชนำไปใช้ได้โดยตรง (Onnby et al., 2015; Rajoka and Malik, 1997; Tejada et al., 2016) ลดน้อยลงด้วย และจากตารางที่ 2.1 พบว่าในก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งยังมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดอยู่เท่ากับร้อยละ 1.12, 0.32 และ 0.77 ตามลำดับ ซึ่งธาตุอาหารที่อยู่ในก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งเหล่านี้เกิดการสลายตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมี แทนที่จะเกิดจากการย่อยสลายด้วยกระบวนการหมักของเชื้อรา ทำให้เมื่อสิ้นสุดการหมักเป็นระยะเวลา 49 วัน จะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดน้อยกว่าปุ๋ยอินทรีย์สูตรอื่น ด้วยเหตุผลเหล่านี้ จึงพิจารณาเลือกสูตรปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 และ 3 สำหรับผลิตในระดับขยายขนาด

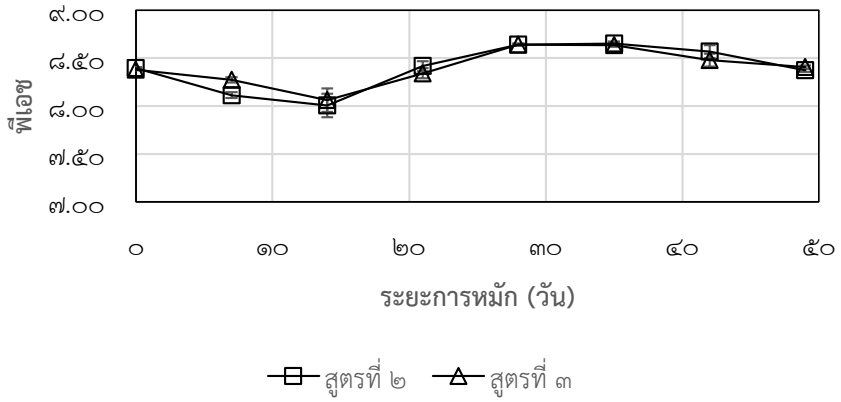
2.3 ผลการศึกษาการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งด้วยสูตรที่เหมาะสมในระดับขยายขนาด

จากการศึกษาการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งด้วยสูตรที่เหมาะสมจำนวน 2 สูตร คือ สูตรที่ 2 และ 3 ในระดับขยายขนาดที่มีน้ำหนักรวมทั้งหมด 200 กิโลกรัม เป็นระยะเวลา 49 วัน แล้ววัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ พีเอช ทุก ๆ 7 วัน และธาตุอาหารต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด, ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด เมื่อเริ่มต้นการหมักและสิ้นสุดการหมัก ได้ผลการศึกษามีดังต่อไปนี้ คือ

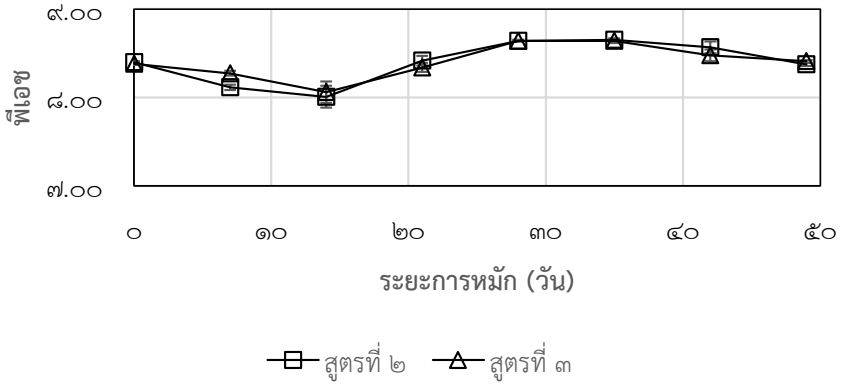
2.3.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและพีเอชระหว่างหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งในระดับขยายขนาด

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างการหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งด้วยสูตรที่เหมาะสมจำนวน 2 สูตร คือ สูตรที่ 2 และ 3 ในระดับขยายขนาด เป็นระยะเวลา 49 วัน พบว่า อุณหภูมิเริ่มต้นเมื่อทำการหมักปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 และ 3 เท่ากับ 31.70 และ 34.30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตลอดการหมักปุ๋ยอินทรีย์ทั้งสองสูตรมีแนวโน้มที่หมือนกัน อุณหภูมิในการหมักปุ๋ยอินทรีย์ทั้งสูตรที่ 2 และ 3 เพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 28 ของการหมัก เท่ากับ 47.17 และ 47.00 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และอุณหภูมิในการหมักปุ๋ยอินทรีย์ทั้งสูตรที่ 2 และ 3 จะลดลงเมื่อสิ้นสุดการหมักที่ระยะเวลา 49 วัน เท่ากับ 33.17 และ 33.53 องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาพที่ 2.4

การเปลี่ยนแปลงพีเอชระหว่างการหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งด้วยสูตรที่เหมาะสมจำนวน 2 สูตร คือ สูตรที่ 2 และ 3 ในระดับขยายขนาด เป็นระยะเวลา 49 วัน พบว่า พีเอชเริ่มต้นเมื่อทำการหมักปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 และ 3 เท่ากับ 8.40 และ 8.38 ตามลำดับ และการเปลี่ยนแปลงพีเอชตลอดการหมักปุ๋ยอินทรีย์ทั้งสองสูตรมีแนวโน้มที่หมือนกัน และเมื่อสิ้นสุดการหมักที่ระยะเวลา 49 วัน พีเอชของปุ๋ยอินทรีย์ทั้งสูตรที่ 2 และ 3 เท่ากับ 8.37 และ 8.41 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างจากค่าพิเอชเริ่มต้น ดังแสดงในภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3 ในระดับขยายขนาด



ภาพที่ 2.5 การเปลี่ยนแปลงพีเอชระหว่างหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3 ในระดับขยายขนาด

2.3.2 การเปลี่ยนแปลงค่าสีระหว่างหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3 ในระดับขยายขนาด

การเปลี่ยนแปลงค่าสีระหว่างการหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3 ที่หมักในระดับขยายขนาดพบว่า ค่าสี L* ของปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 จะค่าน้อยซึ่งจะได้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีลักษณะสี

คล้ำ และมีค่าสีที่มีความแตกต่างทางสถิติ (P≤0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 3 ซึ่งมีค่าสี L* มาก หลังสิ้นสุดการหมักเป็นระยะเวลา 49 วัน ดังแสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 การเปลี่ยนแปลงค่าสีระหว่างหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3 ในระดับขยายขนาด ที่หมักเป็นระยะเวลา 49 วัน

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ค่าสีของปุ๋ยอินทรีย์ที่หมักเป็นระยะเวลา 49 วัน					
	L*		a*		b*	
	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
0	33.94^{ข}±0.85	37.19^{ก}±0.68	9.28^{ข}±0.02	9.74^{ก}±0.06	20.67^{ข}±2.41	21.83^{ก}±2.24
7	34.65^{ข}±0.25	36.68^{ก}±0.26	8.24^{ข}±0.07	8.52^{ก}±0.05	18.69^{ก}±0.16	19.79^{ก}±0.47
14	34.53^{ก}±0.66	36.18^{ก}±0.74	7.23^{ก}±0.17	7.76^{ก}±0.21	18.46^{ก}±0.85	19.97^{ก}±1.11
21	33.73^{ก}±0.65	35.26^{ก}±0.03	7.87^{ข}±0.07	8.28^{ก}±0.16	18.88^{ก}±0.16	20.02^{ก}±0.76
28	34.23^{ก}±0.43	35.20^{ก}±0.29	7.48^{ข}±0.35	8.12^{ก}±0.21	17.78^{ก}±0.57	18.93^{ก}±1.03
35	33.47^{ก}±1.25	34.39^{ก}±1.14	7.92^{ก}±0.21	8.16^{ก}±0.19	18.97^{ก}±2.83	18.42^{ก}±1.50
42	33.25^{ก}±0.59	33.49^{ก}±1.32	7.54^{ก}±0.54	7.96^{ก}±0.26	18.20^{ก}±0.57	18.72^{ก}±2.52
49	31.88^{ข}±0.67	34.11^{ก}±0.82	7.73^{ข}±0.30	8.53^{ก}±0.17	18.91^{ก}±1.77	20.32^{ก}±1.95

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวนอนที่ระยะเวลาเดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P≤0.05)

2.3.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดระหว่างหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3 ในระดับขยายขนาด

จากการศึกษาหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3 ที่หมักในระดับขยายขนาดเป็นระยะเวลา 49 วัน แล้ววิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด พบว่า สูตรปุ๋ยหมักอินทรีย์ที่หมักจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งทั้งสองสูตรมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้น โดยปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 1.95 ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติ (P≤0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 3 ที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 1.80 ที่ระยะการหมัก 49 วัน ดังแสดงในตารางที่ 2.7 แต่เมื่อพิจารณาร้อยละของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นพบว่า ปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 3 มีร้อยละของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดเท่ากับ 38.10 ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติ (P≤0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 3 ที่มีร้อยละของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 25.36 ที่ระยะการหมัก 49 วัน ดังแสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3 ในระดับขยายขนาด ที่หมักเป็นระยะเวลา 49 วัน

สูตรปุ๋ยอินทรีย์	**ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (ร้อยละ)**		
(ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้า:ส่วนผสมมูลไก่และมูลวัว)	0 วัน	หลังหมัก 49 วัน	ร้อยละที่เพิ่มขึ้น
สูตรที่ 2 (60:40)	$1.56^{ก}$±0.01	$1.95^{ก}$±0.02	$25.36^{ข}$±0.03
สูตรที่ 3 (70:30)	$1.30^{ข}$±0.01	$1.80^{ข}$±0.00	$38.10^{ก}$±0.71

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวสดมภ์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P≤0.05)

2.3.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดระหว่างหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3 ในระดับขยายขนาด

จากการศึกษาหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3 ที่หมักในระดับขยายขนาดเป็นระยะเวลา 49 วัน แล้ววิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด พบว่า สูตรปุ๋ยหมักอินทรีย์ที่หมักจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งทั้งสองสูตรมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเพิ่มขึ้น โดยปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 3 มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 2.12 ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติ (P≤0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 ที่มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 1.80 ที่ระยะการหมัก 49 วัน ดังแสดงในตารางที่ 2.8 และเมื่อพิจารณาร้อยละของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นพบว่า ปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 3 มีร้อยละของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดเท่ากับ 82.11 ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติ (P≤0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 ที่มีร้อยละของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 34.03 ที่ระยะการหมัก 49 วัน ดังแสดงในตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3 ในระดับขยายขนาด ที่หมักเป็นระยะเวลา 49 วัน

สูตรปุ๋ยอินทรีย์	**ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (ร้อยละ)**		
(ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้า:ส่วนผสมมูลไก่และมูลวัว)	0 วัน	หลังหมัก 49 วัน	ร้อยละที่เพิ่มขึ้น
สูตรที่ 2 (60:40)	$1.36^{ก}$±0.00	$1.80^{ข}$±0.01	$34.03^{ข}$±0.89
สูตรที่ 3 (70:30)	$1.16^{ข}$±0.00	$2.12^{ก}$±0.02	$82.11^{ก}$±1.89

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวสดมภ์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P≤0.05)

2.3.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดระหว่างหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3 ในระดับขยายขนาด

จากการศึกษาหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3 ที่หมักในระดับขยายขนาดเป็นระยะเวลา 49 วัน แล้ววิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด พบว่า สูตรปุ๋ยหมักอินทรีย์ที่หมัก

จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งทั้งสองสูตรมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดเพิ่มขึ้น โดยปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 2.45 ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 3 ที่มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 2.31 ที่ระยะการหมัก 49 วัน ดังแสดงในตารางที่ 2.9 แต่เมื่อพิจารณาร้อยละของปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นพบว่า ปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 3 มีร้อยละของปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดเท่ากับ 38.37 และมีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 ที่มีร้อยละของปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 31.85 ที่ระยะการหมัก 49 วัน ดังแสดงในตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3 ในระดับขยายขนาด ที่หมักเป็นระยะเวลา 49 วัน

สูตรปุ๋ยอินทรีย์ (ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้า:ส่วนผสมมูลไก่และมูลวัว)	**ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (ร้อยละ)**		
	0 วัน	หลังหมัก 49 วัน	ร้อยละที่เพิ่มขึ้น
สูตรที่ 2 (60:40)	$1.86^{ก} \pm 0.02$	$2.45^{ก} \pm 0.01$	$31.85^{ข} \pm 1.63$
สูตรที่ 3 (70:30)	$1.67^{ข} \pm 0.01$	$2.31^{ข} \pm 0.01$	$38.37^{ก} \pm 0.91$

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย$\pm$SD จากการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวสดมภ์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3 ที่หมักในระดับขยายขนาดเป็นระยะเวลา 49 วัน จะเห็นว่า ปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 3 มีร้อยละที่เพิ่มขึ้นของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมดมากกว่าปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 เนื่องจากมีการใช้ปริมาณก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งมากกว่าสูตรที่ 2 ทำให้มีปริมาณธาตุอาหารที่หลงอยู่ในก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เชื้อเห็ดนางฟ้าไม่สามารถย่อยสลายได้มากตามไปด้วย รวมทั้งมีปริมาณเซลลูโลสที่เป็นขี้เลื่อยซึ่งเป็นส่วนผสมในการทำก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าและสามารถย่อยสลายได้เป็นธาตุอาหารที่มากขึ้นในกระบวนการหมักปุ๋ยอินทรีย์ ดังนั้น ถ้าต้องการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปริมาณสูง ควรเลือกใช้สูตรปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 และถ้าต้องการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งให้มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงควรเลือกใช้สูตรปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 3

2.4 ผลการศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งต่อการเจริญของต้นกล้าปาล์ม

จากศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งต่อการเจริญของต้นกล้าปาล์ม โดยวิธีการเพาะเลี้ยงต้นกล้าปาล์มสายพันธุ์ลูกผสมโกลด์เด้นเทเนอร่าที่สิ้นสุดระยะ pre-nursery (อายุ 3 เดือน) ในถุงเพาะใหม่ที่มีดิน (ที่ผสมแกลบในอัตราส่วน 1:1) ผสมกับปุ๋ยอินทรีย์จำนวน 2 สูตรที่ผลิตในระดับขยายขนาด จำนวน 5 ระดับ คือ 1:0, 1:1, 1:2, 1:3 และ 1:4 แล้ววัดอัตราการเจริญของต้นกล้าปาล์ม ได้แก่ ความสูงของต้นปาล์มและค่าสีของใบปาล์ม ทุก ๆ 10 วัน ระยะเวลาเพาะเลี้ยง 90 วัน ได้ผลการศึกษามีดังต่อไปนี้ คือ

2.4.1 การเปลี่ยนแปลงความสูงของต้นกล้าปาล์มจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3

การเปลี่ยนแปลงความสูงของต้นกล้าปาล์มจากใส่ปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3 โดยวิธีการเพาะเลี้ยงต้นกล้าปาล์มในถุงเพาะที่มีดินผสมปุ๋ยอินทรีย์จำนวน 5 ระดับ พบว่า ต้นกล้าปาล์มที่เพาะเลี้ยงในดินผสมปุ๋ยอินทรีย์ทั้งสองสูตรที่ระดับ 1:1, 1:2, 1:3 และ 1:4 มีความสูงเพิ่มขึ้นในช่วง 57.78-62.56 เซนติเมตร โดยต้นกล้าปาล์มที่เพาะเลี้ยงในดินผสมปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 ที่ระดับ 1:2 มีความสูงมากที่สุดเท่ากับ 62.56 เซนติเมตร ที่ระยะเวลา 90 วัน แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับความสูงของต้นกล้าปาล์มที่เพาะเลี้ยงในดินผสมแกลบที่มีปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 และ 3 ในระดับอื่น ๆ แต่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P\leq0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับต้นกล้าปาล์มที่เพาะเลี้ยงในดินผสมแกลบที่ไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทั้งสองสูตร ที่ระยะเวลา 90 วัน ดังแสดงในตารางที่ 2.10 และลักษณะการเจริญของต้นกล้าปาล์มดังแสดงในภาพที่ 2.6 และ 2.7

เมื่อพิจารณาร้อยละของความสูงต้นกล้าปาล์มที่เพิ่มขึ้น พบว่าเมื่อเพาะเลี้ยงในดินผสมแกลบที่มีปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 ที่ระดับ 1:3 จะทำให้ต้นกล้าปาล์มมีความสูงมากที่สุดเท่ากับ 125.08 เซนติเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับความสูงของต้นกล้าปาล์มที่เพาะเลี้ยงในดินผสมแกลบที่มีปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 และ 3 ในระดับอื่น ๆ ที่ระยะเวลา 90 วัน ดังแสดงในตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 การเปลี่ยนแปลงความสูงของต้นกล้าปาล์มจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3 ในอัตราส่วนผสมดินผสมปุ๋ยอินทรีย์ที่ระดับต่าง ๆ ที่ระยะเวลา เพาะเลี้ยง 90 วัน

สูตรที่	อัตราส่วนดินผสมต่อปุ๋ยอินทรีย์	ความสูงของกล้าปาล์ม (เซนติเมตร)		
		0 วัน	90 วัน	ร้อยละที่เพิ่มขึ้น
2	1:0	28.28^{ก}±1.95	47.92^{ข}±3.79	69.69^{ง}±12.12
	1:1	28.64^{ก}±2.89	58.86^{ก}±3.49	107.12^{กขค}±23.98
	1:2	29.98^{ก}±2.14	62.56^{ก}±5.11	110.21^{กขค}±28.69

	1:3	27.30^{ก}±2.18	61.12^{ก}±3.01	125.08^{ก}±21.23
	1:4	28.30^{ก}±2.66	59.86^{ก}±3.23	113.37^{กข}±26.63
3	1:0	27.64^{ก}±3.43	49.80^{ข}±2.38	81.55^{ค}±15.04
	1:1	30.20^{ก}±3.02	60.50^{ก}±7.79	100.60^{กขค}±19.60
	1:2	29.68^{ก}±3.27	60.24^{ก}±3.59	105.16^{กขค}±27.49
	1:3	28.90^{ก}±3.41	58.06^{ก}±4.48	102.05^{กขค}±15.36
	1:4	30.48^{ก}±3.66	57.78^{ก}±7.59	89.60^{ขค}±12.10

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลองจำนวน 5 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวสดมภ์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P≤0.05)

ภาพที่ 2.6 ต้นกล้าปาล์มสายพันธุ์ลูกผสมโกลด์เด้นเทเนอร่าที่เพาะเลี้ยงในดินผสมแกลบที่มีปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 และ 3 ในระดับ 1:0, 1:1, 1:2, 1:3 และ 1:4 ที่ระยะเวลา 0 วัน

ภาพที่ 2.7 ต้นกล้าปาล์มสายพันธุ์ลูกผสมโกลด์เด้นเทเนอร่าที่เพาะเลี้ยงในดินผสมแกลบที่มีปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 และ 3 ในระดับ 1:0, 1:1, 1:2, 1:3 และ 1:4 ที่ระยะเวลา 90 วัน

2.4.2 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของใบปาล์มจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3

การเปลี่ยนแปลงค่าสีของใบปาล์มจากใส่ปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3 โดยวิธีการเพาะเลี้ยงต้นกล้าปาล์มในถุงเพาะที่มีดินผสมปุ๋ยอินทรีย์จำนวน 5 ระดับ พบว่า ค่าสี L* ค่า a* และค่า b* ของใบปาล์มมีการเปลี่ยนแปลงที่ลดลง ดังแสดงในตารางที่ 2.11 เมื่อพิจารณาค่า a* อย่างเดียว ถ้าค่า a* มีค่าน้อย ๆ ลักษณะสีของใบปาล์มจะมีสีเขียวอ่อน และถ้าโน้มเอียงไปทางที่มีค่า b* และ L* มาก จะได้ลักษณะสีใบปาล์มเป็นสีเขียวซีด ดังปรากฏในสีใบปาล์มที่เพาะเลี้ยงในดินผสมแกลบที่ไม่มีใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งค่า L* และ a* มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสีใบปาล์มที่เพาะเลี้ยงในดินผสมแกลบที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทั้งสองสูตร ที่ระยะเวลา 90 วัน ดังแสดงในภาพที่ 2.7 แต่สีของใบปาล์มที่เพาะเลี้ยงในดินผสมแกลบที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทั้งสองสูตรที่ระดับต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังนั้นเมื่อพิจารณาระดับของปุ๋ยอินทรีย์ที่ใส่ที่ให้ค่าความสูงของต้นปาล์มร่วมด้วยจะพบว่า ที่ระดับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทั้งสองสูตรเท่ากับ 1:1 และ 1:2 ดังแสดงในตารางที่ 2.11 จะทำให้สีของใบปาล์มเขียวเข้มขึ้น ที่ระยะเวลา 90 วัน ดังแสดงในภาพที่ 2.7 แต่ถ้าใส่ปุ๋ยในระดับที่สูงกว่านี้ก็ไม่มีผลต่อสีของใบปาล์ม และเป็นการสิ้นเปลืองด้วย

ตารางที่ 2.11 ค่าสีของใบปาล์มพันธุ์ลูกผสมโกลด์เด้นเทเนอร่าที่เพาะเลี้ยงในดินผสมปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 และ 3 ที่ระดับต่าง ๆ ที่ระยะเวลา 90 วัน

สูตรที่	อัตราส่วนดินผสมต่อปุ๋ยอินทรีย์	ค่าสีของใบปาล์ม					
		0 วัน			90 วัน		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
2	1:0	36.55^{ก}±1.98	-8.21^{กข}±0.48	18.26^{ก}±2.50	33.48^{กข}±1.16	-7.29^{กข}±1.23	15.85^{ก}±1.87
	1:1	36.39^{ก}±1.64	-7.76^{กข}±0.60	17.89^{ก}±2.78	34.35^{ก}±2.25	-7.77^{ก}±0.52	16.92^{ก}±0.97
	1:2	35.90^{ก}±1.30	-8.09^{กข}±0.26	17.68^{ก}±1.01	29.28^{ง}±1.20	-5.18^{จ}±0.30	8.81^{คง}±0.67
	1:3	35.64^{ก}±2.69	-7.48^{ข}±0.74	16.86^{ก}±3.87	29.21^{ง}±1.81	-5.65^{คงจ}±0.58	9.95^{คง}±1.16
	1:4	36.02^{ก}±1.19	-8.10^{กข}±0.52	17.93^{ก}±2.06	29.46^{ง}±1.77	-5.19^{จ}±0.74	8.74^{คง}±1.42
3	1:0	36.87^{ก}±1.49	-7.61^{กข}±0.53	17.73^{ก}±2.38	30.81^{คง}±1.60	-6.03^{คงจ}±0.34	10.24^{คง}±0.84
	1:1	36.86^{ก}±1.35	-8.17^{กข}±0.68	18.73^{ก}±1.91	30.4^{คง}±0.83	-5.56^{งจ}±0.28	9.16^{คง}±0.55
	1:2	36.76^{ก}±1.67	-8.12^{กข}±0.63	18.56^{ก}±2.36	29.79^{คง}±0.67	-6.20^{คง}±0.94	10.69^{ก}±1.66
	1:3	37.10^{ก}±1.07	-8.43^{ก}±0.58	18.99^{ก}±1.98	29.50^{ง}±1.28	-5.65^{คงจ}±0.38	10.20^{คง}±1.08
	1:4	35.60^{ก}±1.29	-7.58^{ข}±0.44	17.05^{ก}±1.43	31.67^{ขค}±1.33	-6.57^{ขค}±0.85	12.43^{ข}±2.11

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลองจำนวน 5 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวสดมภ์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P≤0.05)

บทที่ 3

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

3.1 สรุปผลการทดลอง

สูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เหมาะสมที่ให้ธาตุอาหารต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด และให้ค่าเฉลี่ยของร้อยละธาตุอาหารต่าง ๆ ที่เพิ่มขึ้นหลังการหมัก และสูตรที่ใช้ก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งได้มากที่สุด จำนวน 2 สูตร คือ สูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่หมักจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และ 3 เมื่อนำไปผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งในระดับขยายขนาด สูตรปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 จะให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปริมาณสูงที่สุด ส่วนปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 3 จะให้มีปริมาณฟอสฟอรัสสูง และระดับของปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมใส่แล้วทำให้ต้นปาล์มมีความสูง คือ ระดับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทั้งสองสูตรเท่ากับ 1:1 และ 1:2 จะทำให้ใบปาล์มมีสีเขียวเข้มขึ้น

3.2 ข้อเสนอแนะ

3.2.1 ข้อควรพิจารณาในการเลือกวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ย

1) ก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เหมาะสมต่อการนำมาผลิตปุ๋ยอินทรีย์ควรเลือกก้อนที่ไม่เน่าเสีย ไม่มีสีดำหรือสีเขียว และควรจะแห้ง ไม่มีน้ำแฉะ การเตรียมก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง โดยแกะก้อนเชื้อที่สิ้นสุดการเพาะเห็ดนางฟ้าออกจากถุงแล้วนำมาทำให้ร่วนซุย หากต้องการผลิตในปริมาณมาก ๆ อาจจะใช้การตีด้วยเครื่องผสม

2) มูลขี้ไก่ ควรใช้มูลไก่ไข่ เพราะมีธาตุอาหารมากกว่ามูลไก่เนื้อที่มีแกลบปนมาด้วย

3) มูลวัว ควรเลือกมูลโคที่ร่วนแห้ง ไม่จับกันเป็นแผ่น

3.2.2 การวิเคราะห์ค่าสีของใบปาล์มด้วยเครื่องวัดสี เป็นวิธีที่ง่าย สะดวกในการปฏิบัติ สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงสีของใบปาล์มที่มีสีเขียวได้ในระดับหนึ่ง แต่ถ้าจะได้ข้อมูลที่มีความแม่นยำมากขึ้นควรใช้วิธีการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์จากใบปาล์มโดยตรง

บรรณานุกรม

นงเยาว์ ชูสุข. 2552. เอกสารประกอบการสอน วิชาการวางแผนการทดลองสำหรับสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร, คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

สุรพล อุปดิสสกุล. 2528. การตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 155 น.

AOAC. 2000. Official Methods of analysis of the association of official analytical chemists. *In*. Washington DC.

Brummer, V., Jecha, D., Lestinsky, P., Skryja, P., Gregor, J. and Stehlik, P. 2016. The treatment of waste gas from fertilizer production - An industrial case study of long term removing particulate matter with a pilot unit. Powder Technology. 297: 374-383.

Chiang, P.-N., Tong, O.-Y., Chiou, C.-S., Lin, Y.-A., Wang, M.-K. and Liu, C.-C. 2016. Reclamation of zinc-contaminated soil using a dissolved organic carbon solution prepared using liquid fertilizer from food-waste composting. Journal of Hazardous Materials. 301: 100-105.

Innes, R. 2013. Economics of Agricultural Residuals and Overfertilization: Chemical Fertilizer Use, Livestock Waste, Manure Management, and Environmental Impacts, pp.50-57. *In* Shogren, J. F. (ed) Encyclopedia of Energy, Natural Resource, and Environmental Economics. Elsevier, Waltham.

Jiang, Y., Ju, M., Li, W., Ren, Q., Liu, L., Chen, Y. and Liu, Y. 2015. Rapid production of organic fertilizer by dynamic high-temperature aerobic fermentation (DHAF) of food waste. Bioresource Technology. 197: 7-14.

Meena, M. D., Joshi, P. K., Jat, H. S., Chinchmalatpure, A. R., Narjary, B., Sheoran, P. and Sharma, D. K. 2016. Changes in biological and chemical properties of saline soil amended with municipal solid waste compost and chemical fertilizers in a mustard–pearl millet cropping system. CATENA. 140: 1-8.

Onnby, L., Harald, K. and Nges, I. A. 2015. Cryogel-supported titanate nanotubes for waste treatment: Impact on methane production and bio-fertilizer quality. Journal of Biotechnology. 207: 58-66.

Rajoka, M. I. and Malik, K. A. 1997. Cellulase production by *Cellulomonas biazotea* cultured in media containing different cellulosic substrates. Bioresource Technology. 59 (1): 21-27.

Raza, W., Wei, Z., Ling, N., Huang, Q. and Shen, Q. 2016. Effect of organic fertilizers prepared from organic waste materials on the production of antibacterial volatile organic compounds by two biocontrol *Bacillus amyloliquefaciens* strains. Journal of Biotechnology. 227: 45-53.

Tampio, E., Marttinen, S. and Rintala, J. 2016. Liquid fertilizer products from anaerobic digestion of food waste: mass, nutrient and energy balance of four digestate liquid treatment systems. Journal of Cleaner Production. 125: 22-32.

Tejada, M., Rodríguez-Morgado, B., Gómez, I., Franco-Andreu, L., Benítez, C. and Parrado, J. 2016. Use of biofertilizers obtained from sewage sludges on maize yield. European Journal of Agronomy. 78: 13-19.

ภาคผนวก

ก. วิธีการวิเคราะห์

1. การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนและคาร์บอนโดยเครื่อง CNS Analyser ในปุ๋ยอินทรีย์ (AOAC, 2000)

หลักการ

การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนโดยใช้เทคนิค Classical Kjeldahl มีมาตั้งแต่ ค.ศ.1881 แต่เนื่องจากเทคนิคนี้มีปัญหาเรื่อง ผลการวิเคราะห์ซึ่งไวต่อเมทริกซ์ในตัวอย่าง (matrix sensitivity) ต้องการตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีความเป็นพิษสูง เวลาในการวิเคราะห์ยาวนาน เนื่องจากต้องทำการทดลองถึง 3 ขั้นตอน ได้แก่ การย่อย การกลั่น และการไทเทรต นอกจากนี้ราคาต่อการวิเคราะห์ค่อนข้างสูง ปัจจุบันจึงมีการแทนที่เทคนิค Classical Kjeldahl ด้วยเทคนิค Combustion หรือ Domus method ซึ่งมีข้อดี คือ 1) ผลการวิเคราะห์ไม่ขึ้นอยู่กับเมทริกซ์ของตัวอย่าง (matrix independent) 2) ไม่ต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นพิษ 3) ใช้เวลาในการวิเคราะห์ 4 นาที และ 4) ราคาต่อการวิเคราะห์น้อยกว่าเทคนิค Kjedahl method ประมาณร้อยละ 50

หลักการวิเคราะห์ไนโตรเจนและคาร์บอนด้วยเทคนิค Combustion หรือ Domus method

ชั่งตัวอย่างขนาด 250-350 มิลลิกรัม (สามารถใช้ตัวอย่างได้สูงสุด 1 กรัม) ใน Tin foil หรือ Quick-cap จากนั้นตัวอย่างถูกทำให้หล่นลงไปในเตาเผาชนิด “U-tube” โดยอัตโนมัติโดย Auto Loader เผาตัวอย่างในบรรยากาศออกซิเจน (ร้อยละ 99.99) ที่ 850°ซ โดย Tin จะไม่ทำปฏิกิริยา exothermic อุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วถึง 1,800°ซ ภายใต้บรรยากาศออกซิเจน สภาวะนี้ตัวอย่างจะถูกเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์

Combustion gases ที่เกิดขึ้นประกอบด้วย CO_2, H_2O, NO_2 และ N_2 หลังจากนั้นผ่าน Quartz wool เพื่อกำจัดผงที่เกิดขึ้น และ Steel wool เพื่อกำจัดเกลือ กำจัดน้ำใน Combustion gases ด้วย Thermoelectric cooler อุณหภูมิ 5°ซ ซึ่ง H_2O ร้อยละ 90 จะถูกกำจัดออกไป ช่วยยืดอายุการใช้งานของ consumable ในลำดับต่อไป จากนั้นผ่าน Particle filter เพื่อกำจัดเกลือที่เหลือ ก่อนเข้าสู่ Ballast tank ก๊าซทั้งหมดจะถูกเก็บใน “Ballast tank” ขนาด 4.5 ลิตร และปล่อยให้ก๊าซอยู่ในสภาวะ equilibrium เป็นเวลา 20 วินาที เพื่อให้ก๊าซทั้งหมดเป็นเนื้อเดียวกัน ปริมาณก๊าซที่ใช้ในกระบวนการต่อไปจะใช้เพียง 3 หรือ 10 มิลลิลิตร ด้วย Aliquot loop เพื่อช่วยลดปริมาณการใช้งานของ consumable ลง

ก๊าซจะถูกพาด้วย He ผ่าน Cooper metal/N catalyst ที่ร้อนมีอุณหภูมิ 750°ซ เพื่อกำจัดก๊าซออกซิเจน และเปลี่ยนออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ไปเป็น N_2 กำจัด CO_2 ด้วย NaOH/Silica หรือ Lecosorb และกำจัด H_2O ด้วย Magnesium perchlorate หรือ Anhydrone ที่เกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอน reduction step ของไนโตรเจน และขั้นตอนการกำจัด CO_2

ก๊าซที่เหลือจะเข้าสู่ตัวตรวจวัดชนิด TCD สัญญาณที่ออกจากตัวตรวจวัดจะเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของไนโตรเจนในตัวอย่าง

Thermal conductivity of He = 33 cal/cm/sec/°Cx10^5

Thermal conductivity of N_2 = 5.6 cal/cm/sec/°Cx10^5

จะพบว่า ก๊าซไนโตรเจนมีค่า Thermal conductivity ต่ำกว่าก๊าซฮีเลียม ดังนั้นเมื่อก๊าซไนโตรเจนผ่านเข้ามายัง TC cell จึงทำให้อุณหภูมิของ filament สูงขึ้น และเป็นสาเหตุให้ตรวจวัดสัญญาณของไนโตรเจนได้ หลังจากนั้น Software จะคำนวณร้อยละของไนโตรเจนให้โดยอัตโนมัติ และคำนวณหาร้อยละ Crude Protein ให้โดยอัตโนมัติด้วย factor ที่กำหนดไว้ เช่น

Factor = 6.25 สำหรับอาหารและอาหารสัตว์

Factor = 5.70 สำหรับเมล็ดข้าวสาลี

Factor = 5.25 สำหรับเมล็ดข้าวโพด

2. การหาปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดและโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ (AOAC, 2000)

หลักการ

เป็นวิธีการสำหรับหาค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในรูป P_2O_5 และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในรูป K_2O ของปุ๋ยอินทรีย์

สารเคมี

1) กรด HNO_3 เข้มข้น (ร้อยละ 98)
2) กรด $HClO_4$ เข้มข้น
3) สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส (P) ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร
4) สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม (K) ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

การเตรียมตัวอย่าง

1) บดตัวอย่างปุ๋ยให้ได้น้ำหนักมากกว่าหรือเท่ากับ 225 กรัม
2) ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีความชื้นต้องนำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 และปุ๋ยอินทรีย์ที่แห้งต้องนำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40 อย่างรวดเร็วเพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียหรือการได้รับความชื้นระหว่างการร่อน
3) ผสมตัวอย่างปุ๋ยที่ร่อนได้ให้เข้ากันและเก็บในขวดที่มีฝาปิดสนิท

การย่อยตัวอย่างปุ๋ย

1) ชั่งตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ตัวอย่างละ 1.000 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร (จำนวน 3 ซ้ำ) ใช้ขวดเปล่าอีก 2 ใบเป็นแบลงค์
2) เติมกรดเข้มข้น HNO_3:$HClO_4$ อัตราส่วน 2:1 ลงไป 15 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้ส่วนผสมทั้งหมดคลุกเคล้ากัน
3) นำไปใส่ใน hot plate ในตู้ดูดควัน ที่อุณหภูมิต่ำ ๆ ประมาณ 50-80°ซ และเขย่าไปเรื่อย ๆ จนควันสีน้ำตาลแดงหมดไป (จนเกิดควันสีขาว) จากนั้นจึงค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิอย่างช้า ๆ (เพื่อป้องกันการเดือดอย่างรุนแรง) จนสารละลายเริ่มเดือดและย่อยต่อไปเรื่อย ๆ จนสังเกตเห็นควันสีขาวเต็มขวดและได้สารละลายใส

   <u>หมายเหตุ</u> ระหว่างการย่อยต้องระวังไม่ให้กรดแห้ง ถ้าจำเป็นต้องเติมกรดให้เติมกรดเข้มข้น HNO_3:$HClO_4$ อัตราส่วน 2:1 ลงไป 1 - 2 มิลลิลิตร (ควรยกลงจาก hot plate และปล่อยให้เย็นก่อนเติม)
4) ทิ้งไว้ให้เย็น นำไปกรองใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำ DI จนได้ระดับ แล้วเทใส่ขวดพลาสติก
5) นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ICP-OES
6) เตรียมสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ให้มีความเข้มข้น 0.1, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 6.0 และ 8.0 ไมโครกรัมต่อลิตร และนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ICP เช่นเดียวกับสารละลายตัวอย่าง

การคำนวณ

P และ K (,g/Kg) = $(m)(V_s)(df)/W$

เมื่อ m = ความเข้มข้นของ P และ K ที่อ่านได้จากเครื่อง ICP (mg/L)

V_s = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการย่อย

df = จำนวนเท่าที่เจือจางสารละลายตัวอย่างก่อนนำไปวิเคราะห์

W = น้ำหนักตัวอย่าง

ข. บทความสำหรับเผยแพร่

ผู้วิจัยได้ส่งบทความฉบับเต็มเรื่อง “การศึกษาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง”เข้าร่วมประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 10 ระหว่างวันที่ 1-3 สิงหาคม พ.ศ. 2561 ณ โรงแรมเรือรัษฎา อำเภอเมือง จังหวัดตรัง และกองบรรณาธิการได้ตอบรับการนำบทความฉบับเต็มเข้าสู่กระบวนการตีพิมพ์ลงในวารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยแล้ว และอยู่ระหว่างดำเนินการตามขั้นตอน

ที่ ศธ ๐๕๘๔.๑๑/๙๘

สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
๑๗๙ หมู่ ๓ ตำบลไม้ฝาด อำเภอสิเกา
จังหวัดตรัง ๙๒๑๕๐

๗ พฤษภาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ตอบรับการนำบทความฉบับเต็มเข้าสู่กระบวนการของการตีพิมพ์บทความลงในวารสาร

เรียน คุณศรีอุบล ทองประดิษฐ์

ตามที่ท่านได้ส่งบทความฉบับเต็มเข้าร่วมการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ ๑๐ เรื่อง การศึกษาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง และเลือกการตีพิมพ์บทความฉบับเต็มหลังการประชุมลงในวารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นั้น ในการนี้ กองบรรณาธิการวารสารได้พิจารณาคุณภาพบทความของท่านเป็นการเบื้องต้น ปรากฏว่า **สามารถรับบทความเรื่องดังกล่าว เข้าสู่ระบบการตีพิมพ์บทความของวารสาร**

ทั้งนี้ ท่านจะต้องปรับแก้ไขรูปแบบของบทความตามที่วารสารกำหนด (ดูรายละเอียดได้ที่ http://rdi.rmutsv.ac.th/rmutsvrj) และส่งบทความที่แก้ไขแล้วเข้าสู่ระบบ Online Submission ของวารสารเท่านั้น ภายในวันที่ ๑๐ พฤษภาคม ๒๕๖๑ เพื่อให้กองบรรณาธิการของวารสารดำเนินการในกระบวนการต่อไป หากเลยระยะเวลาดังกล่าวถือว่าท่านสละสิทธิ์การตีพิมพ์ ทั้งนี้ เมื่อ กองบรรณาธิการส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิ (Reviewer) พิจารณาแล้ว จะแจ้งผลการตอบรับหรือปฏิเสธการตีพิมพ์จากข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิอีกครั้ง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิรักษ์ สงรักษ์)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ค. หลักฐานภาพถ่ายการดำเนินโครงการวิจัย

1. ลงพื้นที่ไปสำรวจและขนวัตถุดิบที่พื้นที่เป้าหมายในการทำวิจัย คือ กลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพ ตำบลขุนทะเล อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งกลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพจะผลิตก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าจำหน่ายเพียงอย่างเดียว และมีเพียงก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ไม่ได้คุณภาพ ที่มีลักษณะที่เน่าเสียจากโดนฝนระหว่างที่ลูกค้าขนส่งไปยังโรงเพาะเห็ดโดยไม่มีการคลุมปิดก้อนเชื้อเห็ดขณะขนส่ง ผู้วิจัยได้ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งนี้กลับมาเพื่อทำการวิจัยที่หน่วยงาน และได้เตรียมวัตถุดิบโดยการนำมาผึ่งแดดเพื่อปรับความชื้นให้เหมาะสม รวมทั้งได้เตรียมวัตถุดิบสำคัญอื่น ๆ ได้แก่ มูลไก่ มูลโค น้ำหมักชีวภาพ กากน้ำตาล ไว้พร้อมสำหรับทำการศึกษาหาสูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสม และได้ไปขอรับสารเร่งพด.1 และ 3 จากกรมพัฒนาที่ดิน นครศรีธรรมราช

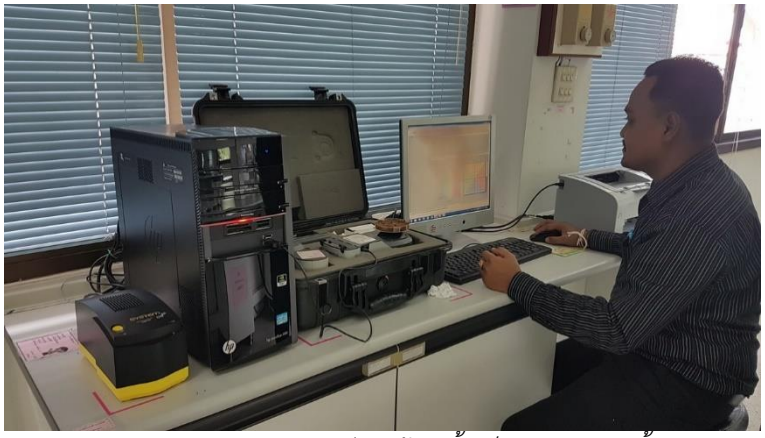
2. การศึกษาหาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เหมาะสม

เตรียมส่วนผสมสำหรับหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

เติมส่วนผสมสำหรับหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งลงในถังพลาสติกที่มีฝาปิดสนิท

การหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งจำนวน 5 สูตร ๆ ละ 3 ซ้ำในถังพลาสติกเป็นระยะเวลา 49 วัน

การวัดค่าพีเอชของปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง



การวัดค่าสีของปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

3. การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งด้วยสูตรที่เหมาะสมในระดับขยายขนาด

การเตรียมคอกหมักปุ๋ยอินทรีย์

การเตรียมส่วนผสมสำหรับหมักปุ๋ยอินทรีย์ในระดับขยายขนาด

การหมักปุ๋ยอินทรีย์ในระดับขยายขนาด

การพลิกกลับกองปุ๋ยอินทรีย์ในระดับขยายขนาด

4. ศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งต่อการเจริญของต้นกล้าปาล์ม

ขอความอนุเคราะห์ต้นกล้าปาล์มจาก บริษัท เปา-รงค์ ออยล์ปาล์ม จำกัด

เพาะเลี้ยงต้นกล้าปาล์มสำหรับศึกษาการใส่ปุ๋ยอินทรีย์

วัดค่าสีของใบปาล์ม

วัดความสูงของต้นปาล์ม

ต้นปาล์มหลังเพาะเลี้ยง 90 วัน

ง. หลักฐานภาพถ่ายการถ่ายทอดเทคโนโลยีโครงการวิจัย

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีโครงการวิจัย เรื่อง “การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง” ให้กับกลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพ ตำบลขุนทะเล อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช เมื่อวันศุกร์ที่ 25 พฤษภาคม 2561

เตรียมการก่อนถ่ายทอดเทคโนโลยีการวิจัย

ตีผสมก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งให้ร่วน

ขนย้ายอุปกรณ์สำหรับถ่ายทอดเทคโนโลยีโครงการวิจัย

กิจกรรมถ่ายทอดเทคโนโลยีโครงการวิจัย

กิจกรรมถ่ายทอดเทคโนโลยีโครงการวิจัย

กิจกรรมถ่ายทอดเทคโนโลยีโครงการวิจัย

กิจกรรมถ่ายทอดเทคโนโลยีโครงการวิจัย

กิจกรรมถ่ายทอดเทคโนโลยีโครงการวิจัย

กระสอบบรรจุปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

บรรจุปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่บรรจุลงกระสอบพร้อมเย็บปากถุง

ตารางเปรียบเทียบ Output ที่เสนอในข้อเสนอโครงการและได้จริง

ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้และกิจกรรมที่ดำเนินการมาและผลที่ได้รับตลอดโครงการ

วัตถุประสงค์โครงการ	กิจกรรมที่วางแผน	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับตลอดโครงการ
1. เพื่อหาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เหมาะสมต่อต้นกล้าปาล์ม	ศึกษาสูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เหมาะสมต่อต้นกล้าปาล์ม จำนวน 5 ระดับ	ศึกษาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จำนวน 5 สูตร คือ ปริมาณก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง จำนวน 5 ระดับ คือ ร้อยละ 50, 60, 70, 80 และ 90 ส่วนผสมระหว่างมูลไก่และมูลวัวในจำนวน 5 ระดับ คือ ร้อยละ 50, 40, 30, 20 และ 10 หมักเป็นระยะเวลา 49 วัน แล้วคัดเลือกสูตรปุ๋ยโดยพิจารณาจากธาตุอาหารต่าง ๆ และสูตรที่ใช้ก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งได้มากที่สุด จำนวน 2 สูตร	ได้สูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่มีคุณภาพ จำนวน 2 สูตร คือ สูตรที่ 2 และ 3
2. เพื่อศึกษาการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งด้วยสูตรที่เหมาะสมในระดับขยายขนาด	ศึกษาการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งด้วยสูตรที่เหมาะสมที่ผ่านการคัดเลือกจำนวน 2 สูตรในระดับขยายขนาดปริมาณ 100 กิโลกรัม เป็นระยะเวลา 45 วัน	ศึกษาการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งด้วยสูตรที่เหมาะสมในระดับขยายขนาด โดยนำสูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่ผ่านการคัดเลือกจำนวน 2 สูตร คือ ปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 และ 3 มาผลิตในระดับขยายขนาด ปริมาณหมด 200 กิโลกรัม หมักเป็นระยะเวลา 49 วัน	ได้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งในระดับขยายขนาด จำนวน 2 สูตร ปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 และ 3 ปริมาณ 200 กิโลกรัม สำหรับนำไปศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์ม
3. เพื่อศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งต่อการเจริญของต้นกล้าปาล์ม	ศึกษาผลของใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งต่อการเจริญของต้นกล้าปาล์มมีอายุ 3-4 เดือน ในปริมาณร้อยละของน้ำหนักดินและต้นต่อน้ำหนักปุ๋ย เท่ากับ 0, 5 10, 15, 20 และ 30 เป็นระยะเวลา 2 เดือน	ศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งต่อการเจริญของต้นกล้าปาล์ม จะใช้วิธีการเพาะเลี้ยงต้นกล้าปาล์มที่สิ้นสุดระยะ pre-nursery (อายุ 3 เดือน) ในถุงเพาะที่มีดินผสมแกลบ (อัตราส่วน 1:1) มาผสมกับปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 และ 3 จำนวน 5 ระดับ คือ 1:0, 1:1, 1:2, 1:3 และ 1:4 เป็นระยะเวลา 90 วัน	ทราบระดับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทั้งสองสูตรเท่ากับ 1:1 และ 1:2 ที่ทำให้ต้นกล้าปาล์มมีอัตราการเจริญที่ดีและสีของใบปาล์มมีสีเขียวเข้มขึ้น

สัญญาเลขที่ RDG60T0116

การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

สรุปรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 3

ตาราง เปรียบเทียบ Output ที่เสนอในข้อเสนอโครงการและที่ดำเนินการได้จริงในรอบ 12 เดือน

Output		ในกรณีล่าช้า (ผลสำเร็จไม่ถึง 100%) ให้ท่านระบุสาเหตุและการแก้ไขที่ท่านดำเนินการ
กิจกรรมในข้อเสนอโครงการ/หรือจากการปรับแผน	ผลสำเร็จ (%)	
1. การค้นคว้าเอกสาร	100%	-
2. การเตรียมวัสดุ อุปกรณ์	100%	-
3. สูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เหมาะสมต่อต้นกล้าปาล์ม	100%	-
4. การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งด้วยสูตรที่เหมาะสมในระดับขยายขนาด	100%	-
5. ผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพจากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งต่อการเจริญของต้นกล้าปาล์ม	100%	-
6. การถ่ายทอดเทคโนโลยี	100%	-

ลงนาม....ศรีอุบล ทองประดิษญ์

(นายศรีอุบล ทองประดิษฐ์)

วันที่.....15 กรกฎาคม 2561

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ ต่อ สกว.

☑ ประชุม..... จำนวน ..... ครั้ง

☑ .....

☐ .....

ลงนาม....ศรีอุบล ทองประดิษญ์

(นายศรีอุบล ทองประดิษฐ์)

วันที่.....15 กรกฎาคม 2561