รายงานงานฉบับสมบูรณ์

การศึกษาการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าและคุณประโยชน์ด้านต่าง ๆ จากแหนมเห็ด

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

โดย ดร.ธณิกานต์ ธรสินธุ์ และคณะ

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

28 สิงหาคม 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

ชื่อโครงการวิจัย การศึกษาการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าและคุณประโยชน์ด้านต่าง ๆ จากแหนมเห็ด

คณะผู้วิจัย ดร.ธณิกานต์ ธรสินธุ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ผศ.ดร.ศิรินาถ ศรีอ่อนนวล คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ผศ.ดร.เสาวณีย์ ชัยเพชร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ปีงบประมาณ 2560

แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

สัญญาเลขที่ RDG60T0116

โครงการวิจัยเรื่องการศึกษาการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าและคุณประโยชน์ด้านต่าง ๆ จากแหนมเห็ด เริ่มต้นจากเกษตรกรจากกลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพ ต.ขุนทะเล อ. ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช ซึ่งผลิตก้อนเห็ดนางฟ้าส่งขายประสบปัญหาเมื่อเห็ดสดล้นตลาดหรือมีราคาต่ำ ทำให้ไม่สามารถเก็บดอกเห็ดได้นาน ทำให้เกษตรกรขาดรายได้ อีกปัญหาคือดอกเห็ดที่ไม่ได้คุณภาพ เช่น ดอกเห็ดมีขนาดเล็ก หรือไม่สมบูรณ์ ทำให้ไม่สามารถขายได้ ต้องถูกทิ้งหรือทำเป็นปุ๋ย ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงต้องการพัฒนาสูตรแหนมเห็ดนางฟ้าให้กับกลุ่มเกษตรกร เพื่อให้เกษตรกรสามารถแปรรูปเห็ดและสามารถเก็บรักษาเห็ดได้นานขึ้น โดยมีการศึกษาดังนี้ 1). การศึกษาและเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าจากเชื้อธรรมชาติและการเติมเชื้อโยเกิร์ตทางการค้าเพื่อศึกษาคุณสมบัติของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ เช่น ปริมาณกรดแลกติก ค่าระดับความเป็นกรด-ด่าง และจำนวนจุลินทรีย์กรดแลกติก หลังจากนั้นเปรียบเทียบความสามารถในการหมักแหนมเห็ดโดยการแปรผันวัตถุดิบได้แก่ ข้าวมีสีชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ข้าวสังข์หยด ข้าวหอมนิล และข้าวไรซ์เบอรี่ เพื่อเป็นแหล่งคาร์บอน(C-source) ในการผลิตแหนมเห็ด โดยการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design ได้สูตรแหนมเห็ดที่ประกอบด้วยข้าวสี 7 สูตร และสูตรดั้งเดิมที่ใช้ข้าวขาว 1 สูตร และศึกษาคุณสมบัติของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ เช่น ปริมาณกรดแลกติก ค่าระดับความเป็นกรด-ด่าง สี และลักษณะเนื้อสัมผัส เป็นต้น หลังจากนั้นศึกษาคุณสมบัติที่มีประโยชน์ของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ เช่น ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic) คุณสมบัติการต้านสารอนุมูลอิสระ (antioxidant) หลังจากนั้นทดสอบทางประสาทสัมผัส และศึกษาอายุการเก็บแหนมเห็ดในตู้เย็นเป็นเวลา 4 สัปดาห์ เพื่อคัดเลือกสูตรแหนมเห็ดที่ดีที่สุด และถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดให้กับเกษตรกรผู้ผลิตเห็ดนางฟ้า ผลการทดลองโดยสรุปมีดังนี้ การเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้า 2 สูตร โดยการหมักด้วยเชื้อธรรมชาติ (ไม่มีการเติมเชื้อ) และเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า (โยเกิร์ตรสธรรมชาติ) แหนมเห็ดสูตรที่เติมเชื้อมีปริมาณกรดแลกติกสูงกว่าและปริมาณกรด-ด่างต่ำกว่าสูตรที่ไม่เติมเชื้อ และแหนมเห็ดสูตรที่เติมเชื้อมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่า

โดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และเยื่อใย ส่วนค่าสีและไม่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้นจึงเลือกเฉพาะสูตรที่เติมเชื้อมาศึกษาต่อ 2). การศึกษาและเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าโดยการใช้วัตถุดิบจากข้าวมีสีชนิดต่าง ๆ พบว่าระดับความเป็นกรดด่างและปริมาณกรดแลกติกมีค่าแตกต่างกัน และแหนมเห็ดทุกสูตรมีค่าระดับความเป็นกรดด่างต่ำกว่า 4.6 ซึ่งตรงตามมาตรฐานแหนมเห็ดชุมชน ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียกรดแลกติกของแหนมเห็ดข้าวสีมีแนวโน้มสูงกว่าสูตรข้าวขาว เมื่อพิจารณาค่าสีพบว่าแหนมเห็ดข้าวขาวมีค่าสีค่อนไปทางสีสว่าง (L*) และค่าสีค่อนไปทางสีเหลือง (b*) ส่วนแหนมเห็ดข้าวสีมีค่าสีค่อนไปทางสีแดง (a*) นอกจากนี้การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการพบว่าแหนมเห็ดสูตรข้าวขาวมีปริมาณเถ้าต่ำที่สุด แต่มีปริมาณไขมันสูงกว่าแหนมเห็ดข้าวสี ส่วนแหนมเห็ดสูตรข้าวสีส่วนใหญ่มีปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และเยื่อใย สูงกว่าแหนมเห็ดข้าวขาว 3). การศึกษาคุณสมบัติที่มีประโยชน์ด้านต่าง ๆ ของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ พบว่าแหนมเห็ดข้าวสีมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่น และปริมาณแอนโทไซยานิน สูงกว่าแหนมเห็ดข้าวขาว โดยเฉพาะแหนมเห็ดสูตรที่ 5 ซึ่งประกอบด้วยข้าวไรซ์เบอรี่ 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ พบว่าแหนมเห็ดสูตรที่ 5 มีคะแนนด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบรวมสูงที่สุด ผลการศึกษาอายุการเก็บของแหนมเห็ดที่ประกอบด้วยข้าวไรซ์เบอรี่ พบว่าแหนมเห็ดสามารถเก็บในตู้เย็นได้เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยลักษณะทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก ส่วนเชื้อยีสต์ รา และโคลิฟอร์มเป็นไปตามมาตรฐาน หลังจากนั้นคณะผู้วิจัยถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าให้กับเกษตรกรกลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพ ต.ขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช เมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2561

<u>สรุปผลและข้อเสนอแนะ</u>

1). การศึกษาและเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าจากเชื้อธรรมชาติและการเติมเชื้อโยเกิร์ตทางการค้า พบว่าการเติมเชื้อเริ่มต้นทำให้แหนมเห็ดมีคุณสมบัติที่ดีกว่า

2). การศึกษาและเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าโดยการใช้วัตถุดิบจากข้าวมีสีชนิดต่าง ๆ พบว่า แหนมเห็ดที่ผลิตจากข้าวสี มีคุณค่าทางโภชนาการและผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงกว่าแหนมเห็ดข้าวขาว โดยเฉพาะอย่างยิ่งแหนมเห็ดสูตรที่ 5 ซึ่งประกอบด้วยข้าวไรซ์เบอรี่เพียงชนิดเดียว

3). แหนมเห็ดนางฟ้าที่ผสมข้าวไรซ์เบอรี่ มีเชื้อจุลินทรีย์จากโยเกิร์ตที่เป็นหัวเชื้อเริ่มต้นในการเจริญของแบคทีเรียกรดแลกติกในผลิตภัณฑ์แหนมเห็ด ช่วยให้เกิดการหมักได้เร็วขึ้นและมีคุณสมบัติที่ดีขึ้น ส่วนการเพิ่มข้าวมีสีในผลิตภัณฑ์แหนมเห็ด นอกจากจะทำให้สีของผลิตภัณฑ์น่ารับประทานมากยิ่งขึ้น ยังทำให้เพิ่มมูลค่าของแหนมเห็ดจากคุณค่าทางโภชนาการของข้าวสีที่เพิ่มขึ้น จึงได้ผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดที่สะอาด ปลอดภัย และน่ารับประทาน นอกจากนี้แหนมเห็ดยังสามารถเก็บในตู้เย็นได้ประมาณ 1 เดือน

4). กระบวนการผลิตแหนมเห็ดที่ไม่ซับซ้อนอาศัยองค์ความรู้ทางเทคโนโลยีชีวภาพในการผลิตแหนมเห็ด ทำให้เกษตรกรที่ได้รับการถ่ายทอดความรู้สามารถนำไปใช้ได้ง่าย ส่งผลให้เกษตรกรสามารถเก็บเห็ดขายได้นานขึ้น และมีรายได้จากการขายผลิตภัณฑ์จากเห็ด ลดปัญหาเห็ดที่มีราคาต่ำและดอกเห็ดที่ไม่ได้คุณภาพ เพิ่มมูลค่าของเห็ดและได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ นอกจากนี้ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นนอกเหนือจากการขายเฉพาะก้อนเห็ดหรือดอกเห็ดสด

5). หน่วยงานภาครัฐควรสนับสนุนการจัดงานเพื่อแสดงสินค้าของกลุ่ม OTOP หรือกลุ่มวิสาหกิจชุมชน มีพื้นที่หรืองานขายสินค้ามากยิ่งขึ้น เพื่อกระตุ้นส่งเสริมและเปิดโอกาสให้กลุ่มเกษตรกรมีพื้นที่ในการจำหน่ายสินค้ามากยิ่งขึ้น

6). ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป แหนมเห็ดที่ผลิตได้เนื้อสัมผัสไม่แน่นเป็นเนื้อเดียวเหมือนกับแหนมหมู การวิจัยต่อไปอาจมีการเติมสารอื่น ๆ เพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสให้ดีขึ้น

บทคัดย่อภาษาไทย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้ต้องการศึกษาการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าจากข้าวชนิดต่าง ๆ ที่ใช้เป็นแหล่งคาร์บอน ชนิดของข้าวที่ใช้ได้แก่ ข้าวขาวหอมมะลิ และข้าวสี (ได้แก่ ข้าวหอมนิล ข้าวสังข์หยด ข้าวไรซ์เบอรี่) โดยศึกษาสูตรและคุณสมบัติของแหนมเห็ดที่ดีที่สุด เริ่มจากการเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าสูตรที่ไม่เติมเชื้อและสูตรที่เติมเชื้อโยเกิร์ตทางการค้า ผลการทดลองพบว่าเมื่อหมักแหนมเห็ดเป็นเวลา 5 วัน แหนมเห็ดสูตรที่เติมเชื้อมีปริมาณแบคทีเรียกรดแลกติกและกรดแลกติกสูงกว่าสูตรที่ไม่เติมเชื้อ ซึ่งมีค่าระดับความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 4.43±0.05 และปริมาณกรดแลกติก 0.940±0.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หลังจากนั้นเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดจากข้าวขาวและข้าวสีในอัตราส่วนต่าง ๆ โดยวิธี mixture design พบว่าแหนมเห็ดข้าวขาวมีความสว่างของค่าสี L* สูงที่สุด (60.61±0.39) แต่มีค่าสี a* (2.37±0.00) ต่ำที่สุด นอกจากนี้มีการวัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสารสีแอนโทไซยานินในแหนมเห็ดทุกสูตร พบว่าสารประกอบฟีนอลิกและสารสีแอนโทไซยานินของแหนมเห็ดมีค่าไม่สูงมาก แต่เมื่อวัดเปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระของข้าวสีมีค่าตั้งแต่ 30.53-78.43 เปอร์เซ็นต์ ส่วนข้าวขาวมีค่า 19.15 เปอร์เซ็นต์ และแหนมเห็ดสูตรที่มีเฉพาะข้าวไรซ์เบอรี่ มีสารประกอบฟีนอลิก สารสีแอนโทไซยานิน และค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าแหนมเห็ดข้าวไรซ์เบอรี่มีคะแนนทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด เมื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ-เคมี และจุลินทรีย์ ของอายุการเก็บแหนมเห็ดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก โดยสรุปเกษตรกรสามารถใช้ความรู้ที่ได้รับจากการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดนำไปผลิตแหนมเห็ดเพื่อการค้าและเพิ่มมูลค่ากับเห็ดได้

Abstract

The aim of the research was to study the production of fermented mushroom (*Pleurotus sajor-caju*) using a variety of rice as carbon source. The rice types comprised white Jasmine rice and coloured rice (specifically the Hom Nin, Sungyod and Riceberry rice). Furthermore, the best fermented mushroom formulas and their properties were evaluated. A comparative study of fermented mushroom, with and without commercial yogurt as a starter, was preliminarily performed. The results showed that, on a fermentation time of 5 days, the amount of lactic acid bacteria and the lactic acid production from fermented mushroom with the starter was higher when compared to the equivalent fermented mushroom without the starter. Additionally, our results showed the pH and the percentage of lactic acid production of fermented mushroom with the starter were ranged between 4.43±0.05 and 0.940±0.01 respectively. Subsequently, fermented mushroom with white rice and coloured rice were arranged in different ratio according to a mixture design. Not surprisingly, the L* colour of fermented mushroom with white rice was the highest and ranged between 60.61±0.39; in contrast, the a* colour was the lowest (2.37±0.00). Moreover, the total phenolic and anthocyanin contents were investigated for all fermented mushroom formulas. In despite of their low concentration, the antioxidant activity of fermented mushroom was ranged between 30.53-78.43 percent for the coloured rice formulas and 19.15 percent for the white one. Into details, the fermented mushroom formula with Riceberry alone showed both the highest total phenolic/anthocyanin contents and the antioxidant activity. In addition, this formula also provided the highest sensory test score among all formulas tested. Further investigations highlighted that the physicochemical and microbial properties of fermented mushroom with Riceberry were maintained when stored at 4° C promising a stable shelf life of the product within 4 weeks of storage. In conclusion, this research has the potential to provide commercial achievements for those local farmers properly trained in the fermented mushroom technology as the production of valued mushrooms in the market.

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	9
	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	29
	2.6	อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์แหนมเห็ด	30
	2.7	การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดข้าวมีสี	32
บทที่ 3	**สรุปผลการทดลอง**		**36**
บรรณานุกรม			38
ภาคผนวก (ประกอบด้วย)			**42**
	ก	บทความสำหรับเผยแพร่	43
	ข	กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์	44
	ค	ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้และกิจกรรมที่ดำเนินการมาและผลที่ได้รับตลอดโครงการ	45
	ง	ข้อมูลการทดลอง เช่น การเตรียมสารเคมี วิธีการวิเคราะห์	46
ตารางเปรียบเทียบ Output ที่เสนอในข้อเสนอโครงการและทำได้จริง			**59**

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	20
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 assay และ Antioxidant capacity ของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ	28
ตารางที่	2.10	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ	29
ตารางที่	2.11	ค่าทางกายภาพและเคมีของแหนมเห็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์	30
ตารางที่	2.12	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด แบคทีเรียกรดแลกติก ยีสต์และรา ของแหนมเห็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์	31

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	19
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	ค่าสี L*, a* และ b* ของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ ที่อายุการเก็บสัปดาห์ต่าง ๆ	30
ภาพที่	2.12	ระดับความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดแลกติก (เปอร์เซ็นต์) ของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ ที่อายุการเก็บสัปดาห์ต่าง ๆ	31
ภาพที่	2.13	การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดให้กับเกษตรกร กลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพ ต. ขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช เมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2561	33
ภาพที่	2.14	ฉลากและบรรจุภัณฑ์ของแหนมเห็ดข้าวไรซ์เบอรี่	33

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 พืชสมุนไพรและพืชที่มีคุณสมบัติทางยาจึงเป็นตัวเลือกของผู้บริโภคมากขึ้น

เห็ดเป็นพืชอาหารที่มีมานานและมีหลากหลายสายพันธุ์ อุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ เช่น โปรตีน วิตามิน เกลือแร่ และเส้นใยที่ไม่สามารถย่อยได้ (dietary fiber) แต่มีปริมาณไขมันและแคลอรีต่ำ นอกจากนี้มีงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่เกี่ยวกับประโยชน์ของเห็ดที่มีคุณสมบัติทางยาที่สำคัญ 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 และได้ผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดที่สะอาด ปลอดภัย น่ารับประทาน และยังสามารถเก็บผลิตภัณฑ์จำหน่ายได้นานกว่าการขายดอกเห็ดสดอีกด้วย 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 ได้แก่ ข้าวสังข์หยด ข้าวหอมนิล และข้าวไรซ์เบอรี่ เป็นต้น เป็นส่วนผสมในการผลิตแหนมเห็ด หลังจากนั้นศึกษาคุณสมบัติของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ เช่น ปริมาณกรดแลกติก ค่าระดับความเป็นกรด-ด่าง สี และลักษณะเนื้อสัมผัส เป็นต้น หลังจากนั้นจะศึกษาคุณสมบัติที่มีประโยชน์ของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ เช่น คุณสมบัติการต้านสารอนุมูลอิสระ (antioxidant) และการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค (antimicrobial) หลังจากนั้นทดสอบทางประสาทสัมผัส และศึกษาการเก็บรักษาแหนมเห็ด เพื่อคัดเลือกสูตรแหนมเห็ดที่ดีที่สุด

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

กรอบแนวความคิดและแนวทางการวิจัยเรื่องนี้ต้องการศึกษาการผลิตแหนมเห็ดโดยเฉพาะวัตถุดิบที่ใช้ผลิตแหนมเห็ดซึ่งเป็นแหล่งคาร์บอน (C-source) ที่ได้จากข้าวมีสีชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ข้าวสังข์หยด ข้าวหอมนิล และข้าวไรซ์เบอรรี่ เป็นต้น นอกจากจะเพิ่มสีสัน เช่น สีแดง สีม่วงเข้ม ถึงสีดำให้กับผลิตภัณฑ์แหนมเห็ด ทำให้น่ารับประทานยิ่งขึ้น ยังเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับแหนมเห็ดอีกด้วย เนื่องจากในข้าวมีสีส่วนใหญ่จะมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) หรือมีสารแอนโทไซยานิน (antocyanin) ซึ่งจะช่วยส่งเสริมคุณค่าทางโภชนาการของแหนมเห็ด โดยทั่วไปการหมักแหนมเห็ดจะมีเชื้อตามธรรมชาติที่ติดมากับวัตถุดิบได้แก่แบคทีเรียกรดแลกติกจะเปลี่ยนวัตถุดิบแหล่งคาร์บอนในแหนมเห็ดให้กลายเป็นกรดแลกติกที่มีรสเปรี้ยว แต่การเติมเชื้อจุลินทรีย์ลงไปทำให้ปริมาณเชื้อมากขึ้น 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 สายพันธุ์ที่จัดเป็นสายพันธุ์เห็ดที่สามารถกินได้ โดยส่วนใหญ่การเจริญเติบโตของเห็ดจะพบในป่าที่ชุ่มชื้นและถ้ามีการเพาะเลี้ยงเห็ด จะเป็นการเพาะเลี้ยงเพื่อสรรพคุณทางยา โดยเฉพาะในแถบประเทศฝั่งตะวันออก (Sanchez, 2004) และมีประมาณ 20-35 สายพันธุ์ที่มีการเพาะเลี้ยงเพื่อส่งออกหรือผลิตในอุตสาหกรรม ประเทศจีนเป็นประเทศผู้ผลิตเห็ดและส่งออกเห็ดรายใหญ่ของโลกซึ่งสามารถผลิตได้มากกว่า 1.5 ล้านตัน ในปี 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 และโพลีเซคคาไรด์ หลายชนิดที่มีฤทธิ์การต้านมะเร็งในหนูได้

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

1.6.2 ข้าวมีสี

ข้าวเป็นพืชหลักที่มีการปลูกกันมากในประเทศที่กำลังพัมนาและเป็นอาหารที่สำคัญที่เลี้ยงประชากรเกือบครึ่งโลก 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

ข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นข้าวที่ได้รับการคัดเลือกและพัฒนาจากข้าวเจ้าหอมนิลจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พันธุ์พ่อ) กับข้าวขาวดอกมะลิ 105 จากสถาบันวิจัยข้าว 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

ข้าวหอมนิลจัดเป็นข้าวในกลุ่มข้าวที่มีสีม่วงเข้มถึงดำ 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 ได้

ดีกว่าวิตามินอีหลายเท่าและยังยับยั้งการเจริญเติบโตของ 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 พบวาเชื้อจุลินทรีย์ที่เติมลงไปจะเจริญเข้าสู่การเจริญช่วง log phase ที่ระยะเวลา 21-23 ชั่วโมง และมีปริมาณเชื้อประมาณ 10^9 cfu/ml นอกจากนี้จากการทดลองหมักแหนมเห็ดนางฟ้าเป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่ามีค่าระดับความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 4.4-4.5 และปริมาณกรดพบว่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.74 - 0.79 จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบวาแหนมเห็ดนางฟาที่ไดให้คะแนนความชอบทางด้านสี กลิ่น รสชาติความเปรี้ยวความเค็ม เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ไมแตกตางกัน โดยมี คะแนนความชอบมากกวา 5.0 และพบว่าเชื้อเริ่มตนที่เหมาะสมที่จะนำไปใชในการผลิตแหนมเห็ดนางฟาคือ *L. plantarum*

Chockchaisawasdee *et al*. (2010) ศึกษาการผลิตแหนมเห็ดจากเห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus*) การศึกษาเบื้องต้นพบว่าควรทำแหนมให้สุกก่อนนำไปหมักเพราะจะทำแหนมเห็ดให้มีรสขม 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

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

หลังจากนั้นตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ทั้งทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และคุณค่าทางโภชนาการ โดยเก็บตัวอย่างแหนมเห็ดวันที่ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหาร PCA และปริมาณแบคทีเรียกรดแลกติกในอาหาร MRS โดยวิธี dilution plate count วิเคราะห์ปริมาณกรดแลกติกโดยวิธีการไตเตรตด้วยฟีนอฟทาลีน และการวัดค่าระดับความเป็นกรด-ด่างโดยเครื่องวัด 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 และแหนมเห็ดสูตรดั้งเดิม จำนวน 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 บ่มตัวอย่างแหนมเห็ดทั้งหมดไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 วัน หลังจากนั้นตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ ทั้งทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และคุณค่าทางโภชนาการ

เก็บตัวอย่างแหนมเห็ดวันที่ 0 และ 5 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหาร PCA และปริมาณแบคทีเรียกรดแลกติกในอาหาร MRS โดยวิธี dilution plate count วิเคราะห์ปริมาณกรดแลกติกโดยวิธีการไตเตรตด้วยฟีนอฟทาลีน และการวัดค่าระดับความเป็นกรด-ด่าง โดยเครื่องวัด 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.ตรวจสอบคุณสมบัติของสารที่มีประโยชน์จากผลิตภัณฑ์แแหนมเห็ดที่ผลิตได้

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)

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

ขั้นตอนการดำเนินงาน	2560				2561		
	มิ.ย.	ก.ค-ส.ค.	ก.ย.-ต.ค.	พ.ย.-ธ.ค.	ม.ค.-ก.พ	มี.ค.-เม.ย.	พ.ค
1. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องและเตรียมวัตถุดิบและสั่งซื้อสารเคมี	←						
2. ผลิตแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ โดยการแปรผันวัตถุดิบในส่วนผสม		←	—	→			
3. ตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของแหนมเห็ดที่ผลิตได้ ทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และคุณค่าทางโภชนาการ		←	→				
4. ตรวจสอบคุณสมบัติของสารที่มีประโยชน์จากผลิตภัณฑ์แแหนมเห็ดที่ผลิตได้			←	→			
5. ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส					←	→	
6. ศึกษาการคาดคะเนอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์					←	—	→
7. จัดทำสรุปรายงานการวิจัย							← →
8. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดที่ผสมข้าวมีสี							← →

บทที่ 2
ผลการทดลองและวจารณผล

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 ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าเชื้อจุลินทรีย์โยเกิรต์ที่เติมลงไปมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณเห็ดที่เติม 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

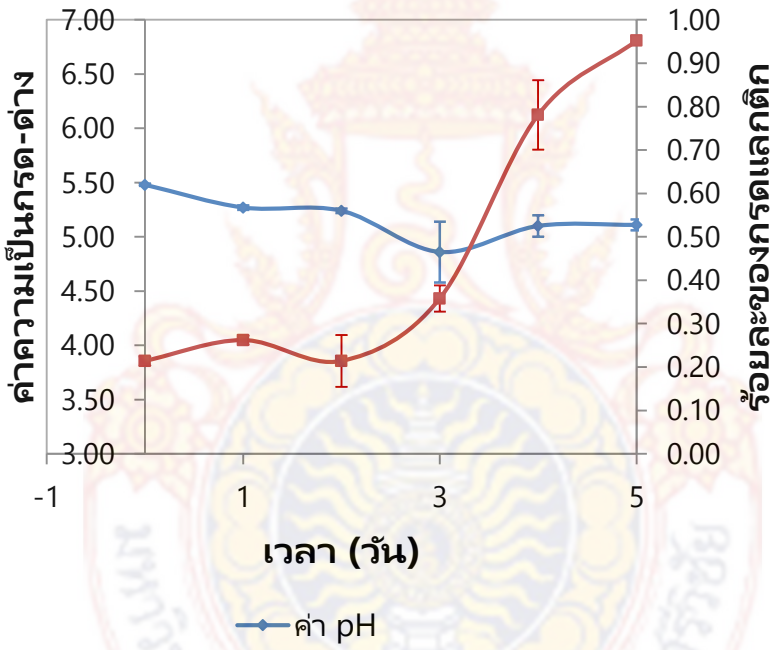
วันที่เก็บตัวอย่าง (วัน)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเฉลี่ย (cfu/ml)		ปริมาณแบคทีเรียกรดแลกติกทั้งหมดเฉลี่ย (cfu/ml)	
	สูตรเติมเชื้อ	สูตรไม่เติมเชื้อ	สูตรเติมเชื้อ	สูตรไม่เติมเชื้อ
0	2.82×10^7	1.25×10^7	4.33×10^5	7.00×10^5
1	2.59×10^7	2.83×10^7	1.22×10^6	1.60×10^6
2	**1.04×10^8**	**1.64×10^8**	2.91×10^6	2.00×10^6
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

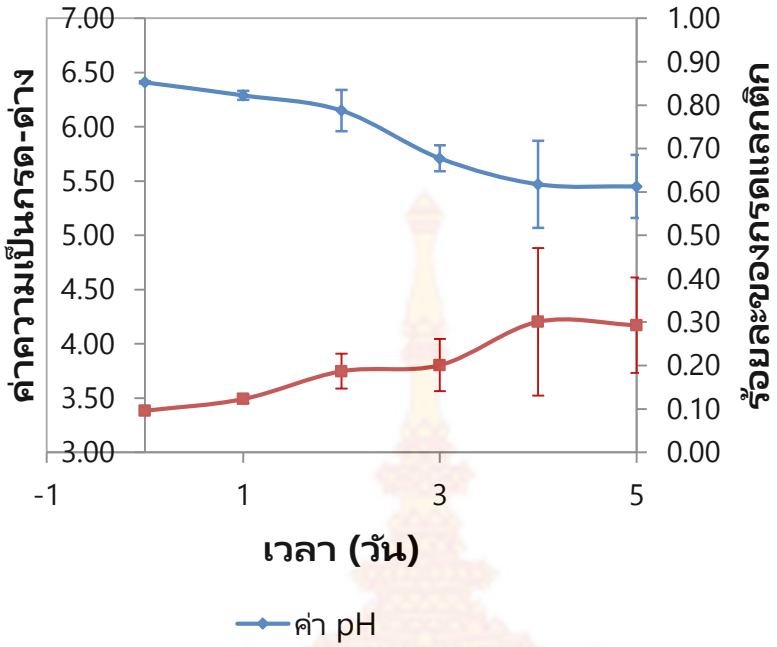
การทดลองของ Chockchaisawasdee *et al*. (2010) ผลิตแหนมเห็ดนางรมและแปรผันอัตราส่วนของเห็ดและข้าวชนิดต่าง ๆ ดังนี้ 10:90, 30:70, 50:50 70:30 และ 90:10 เมื่อตรวจสอบค่าระดับความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดแลกติกทุก 6 ชั่วโมง พบว่าสูตรแหนมเห็ดที่มีปริมาณของเห็ดนางรมสูงกว่าข้าว แบคทีเรียกรดแลกติกจะเจริญเติบโตและผลิตกรดแลกติกได้สูงกว่า สูตรที่มีเห็ดอัตราส่วนต่ำกว่า เนื่องจากเห็ดนางรม (76.96±0.65%) มีความชื้นสูงกว่าข้าว (68.82±1.05%) ซึ่งอาจจะเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกรดแลกติก 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 พบว่าแหนมเห็ดสูตรเติมเชื้อและสูตรที่ไม่เติมเชื้อมีค่าสีความสว่างที่ใกล้เคียงกันและไม่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อทดสอบด้วย t-test ส่วนค่าสี a* พบว่าสูตรที่ไม่เติมเชื้อมีแนวโน้มสีค่อนไปทางสีแดง และเหลือง (เมื่อพิจารณาค่าสี b*) และค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อทดสอบด้วย t-test ส่วนการวิเคราะห์ทางกายภาพได้แก่ ความแน่นเนื้อและความเหนียวพบว่า 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 ดังนั้นในการทดลองต่อไปจึงเลือกเติมเชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ตในการผลิตแหนมเห็ด เพื่อเป็นหัวเชื้อเริ่มต้นในการผลิตแหนมเห็ดในการแปรผันแหล่งคาร์บอนจากข้าวมีสีสูตรต่าง ๆ เปรียบเทียบกับแหนมเห็ดสูตรดั้งเดิมที่เติมข้าวขาว

2.3 ศึกษาและเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าโดยการใช้ข้าวมีสีชนิดต่าง ๆ

การทดลองนี้ต้องการเปรียบเทียบการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้า เพื่อเปรียบเทียบปัจจัยระหว่างการเติมแหล่งคาร์บอนจากข้าวมีสีสูตรต่าง ๆ โดยการใช้ข้าวมีสี ได้แก่ ข้าวสังข์หยด ข้าวหอมนิล และข้าวไรซ์เบอรี่ เป็นต้น ในส่วนผสมแหนมเห็ดข้าวสีสูตรต่าง ๆ โดยการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design และเปรียบเทียบแหนมเห็ดสูตรดั้งเดิมซึ่งใช้ข้าวขาวเป็นแหล่งคาร์บอน และมีการเติมเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า (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 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณแบคทีเรียกรดแลกติกโดยวิธี dilution plate count และวิเคราะห์ปริมาณกรดแลกติกโดยวิธีการไตเตรตด้วยฟีนอฟทาลีน และการวัดค่าระดับความเป็นกรด-ด่าง โดยเครื่องวัด pH ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2.5 ภาพที่ 2.7 และ ภาพที่ 2.8

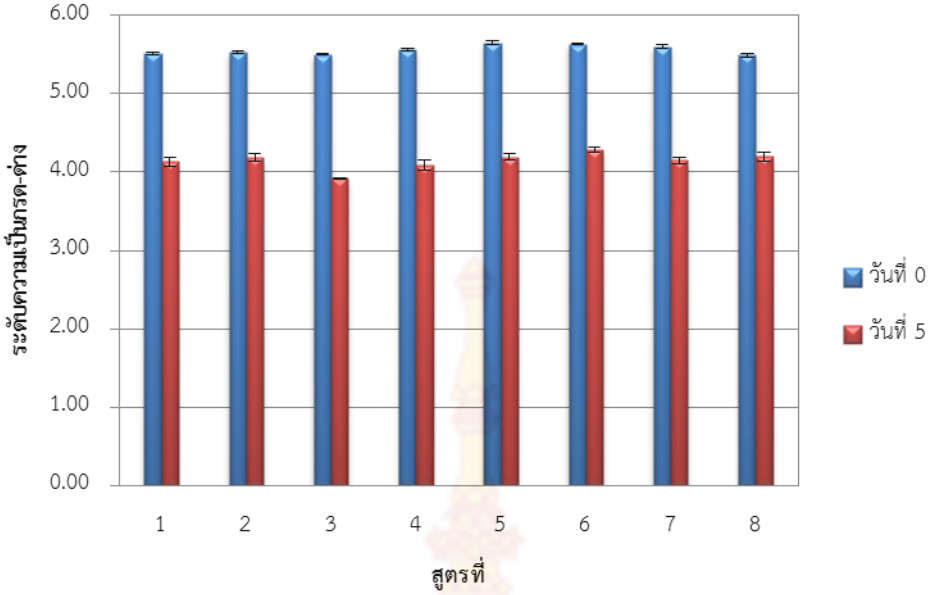
ตารางที่ 2.5 ปริมาณกรดแลกติกและค่าระดับความเป็นกรด-ด่างของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ

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}

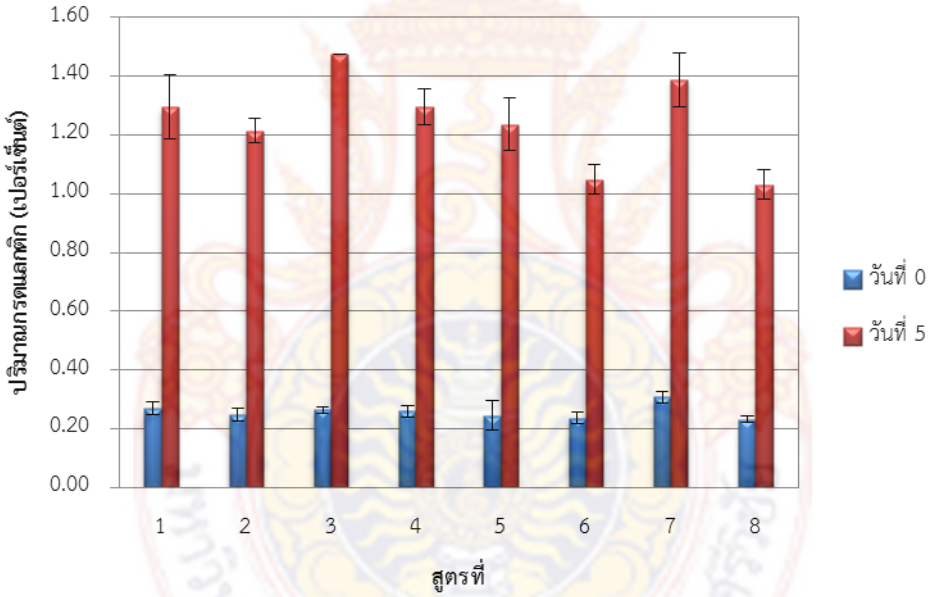
หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b,... ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงว่าค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

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 ข้าวเหนียวดำ 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 นิษฐากานต์ ประดิษฐ์ศรีกุล และคณะ (2559) แหนมเห็ดจากการทดลองมีค่าระดับความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่าเพราะหมักเป็นเวลานานกว่า และเชื้อจุลินทรีย์มีปริมาณน้อยกว่าถึงแม้จะหมักเป็นเวลา 5 วัน เพราะสูตรแหนมเห็ดของนิษฐากานต์ 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 1.40×10^3 cfu/g เป็น 6.0×10^7 cfu/g และจาก 1.34×10^2 cfu/g เป็น 9.1×10^8 cfu/g ตามลำดับ แหนมเห็ดจากการทดลองมีค่าระดับความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่าและปริมาณกรดสูงกว่าการ

ทดลองของ 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* ของตัวอย่างแหนมเห็ดในแต่ละสูตรพบว่าแหนมเห็ดสูตรดั้งเดิมมีค่าสีค่อนไปทางสีสว่าง (ค่าสี L* เท่ากับ 60.61±0.39) มากกว่าแหนมเห็ดข้าวสี ส่วนค่าสี a* พบว่าแหนมเห็ดข้าวสีมีสีค่อนไปทางสีแดงมากกว่าแหนมเห็ดข้าวขาว และแหนมเห็ดข้าวขาวมีค่าสีค่อนไปทางสีเหลืองมากกว่าแหนมเห็ดข้าวสีเพื่อพิจารณาจากค่าสี b* และค่าที่ได้มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ผลการทดลองสอดคล้องกับการทดลองของ Chockchaisawasdee *et al*. (2010) ซึ่งพบว่าแหนมเห็ดนางรมที่ผสมข้าวสี เช่นข้าวกล้อง ข้าวเหนียวดำจะมีค่าสี L* ความสว่างต่ำกว่าสูตรแหนมเห็ดที่ผสมข้าวหอมมะลิสีขาว

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) ทำให้ได้คะแนนทางประสารทสัมผัสด้านสีต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแหนมเห็ดข้าวเหนียวขาว ข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้อง ข้าวญี่ปุ่น และข้าวสาลีดังนั้นชนิดของข้าวสีชนิดต่าง ๆ จะมีอิทธิพลอย่างมากต่อผลิตภัณฑ์สุดท้ายโดยเฉพาะค่าสี L* และค่าสี b*) (Chockchaisawasdee *et al*., 2010) ส่วนผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ ความชื้น ปริมาณ

โปรตีน 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±1.62^{cd}	2.28±0.01^{d}	0.07±0.02^{cd}	**4.35±0.06^{a}**	**19.71±0.07^{ab}**	**2.82±0.27^{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

การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่น DPPH radical scavenging assay และปริมาณแอนโทไซยานิน

เนื่องจากส่วนผสมในสูตรแหนมเห็ดมีส่วนผสมของข้าวมีสีชนิดต่าง ๆ ในอัตราส่วน 20 เปอร์เซ็นต์ต่อแหนมเห็ด 100 กิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) และข้าวสีชนิดต่าง ๆ ประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณสูง ดังนั้นผู้วิจัยต้องการทราบว่าในผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดนางฟ้าที่ผสมข้าวสีในอัตราส่วนต่าง ๆ จะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น และแอนโทไซยานินปริมาณเท่าใด ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2.9 และภาพที่ 2.9 และ 2.10 จากผลการทดลองพบว่าแหนมเห็ดที่ผลิตจากข้าวมีสีมีสารประกอบฟีนอลิก ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น และแอนโทไซยานิน สูงกว่าแหนมเห็ดข้าวขาว

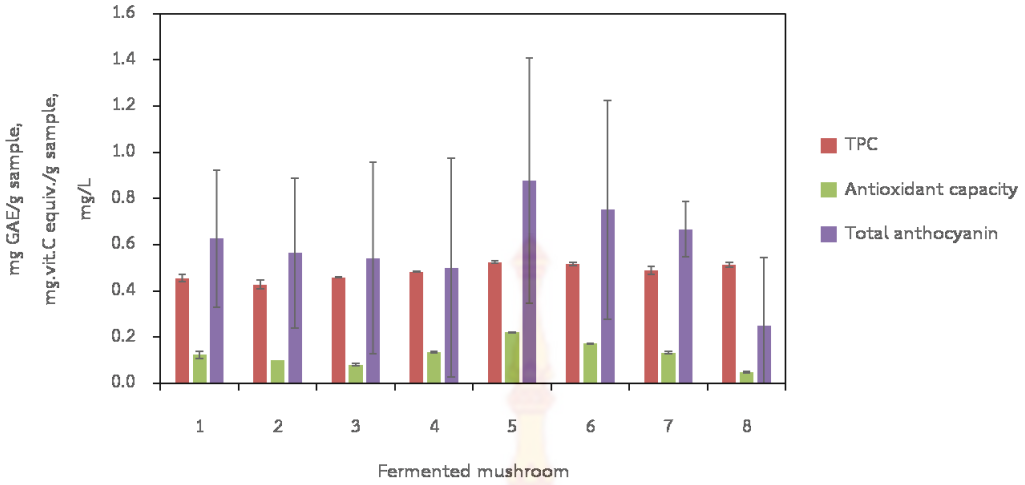
นอกจากนี้แหนมเห็ดสูตรที่ 5 ซึ่งประกอบด้วยข้าวไรซ์เบอรี่ 100 เปอร์เซ็นต์และแหนมเห็ดสูตรที่ 6 ซึ่งประกอบด้วยข้าวไรซ์เบอรี่และข้าวหอมนิล อัตราส่วน 1:1 มีสารประกอบฟีนอลิก ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นและแอนโทไซยานินสูงที่สุดตามลำดับ

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 แต่อาจจะไม่ใช่องค์ประกอบที่สำคัญของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่พบในข้าวกลุ่มนั้น นอกจากนี้สารสีแดง เช่น ข้าวที่มีสีแดงจะประกอบด้วย acetylated procyanidin ซึ่งเป็นสารแอนโทไซยานินที่มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากสารแอนโทไซยานินเป็นสารธรรมชาติที่อยู่ในกลุ่มของ ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) (Hu *et al*., 2003) การทดลองของ Suttajit *et al*., (2006) พบว่าข้าวกล้องสีดำและแดงมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าข้าวกล้องสีข้าว และประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระขึ้นอยู่กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในเมล็ดข้าว และสารสีแอนโทไซยานิน

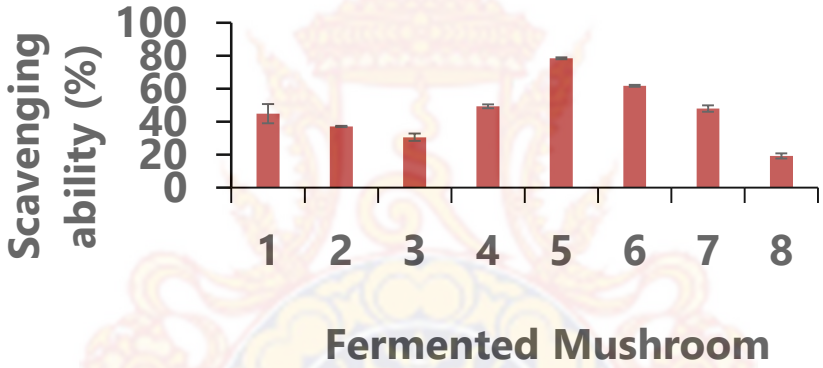
ตารางที่ 2.9 ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน DPPH radical scavenging assayและ Antioxidant capacity ของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ

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 ± 0.019^{d}	37.06 ± 0.43^{d}	0.100 ± 0.001^{d}	0.564±0.32^{ab}
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

2.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลิตแหนมเห็ดตามอัตราส่วนสูตรดั้งเดิมและอัตราส่วนข้าวมีสีทุกสูตร หมักแหนมเห็ดเป็นเวลา 5 วัน จากนั้นนำแหนมเห็ดแต่ละสูตรประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ด้วยวิธีการทดสอบแบบให้คะแนนความชอบ (9 -Points Hedonic scale) ทั้งในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 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^{ab}	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^{abc}	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^{abc}	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^{ab}	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^{ab}	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^{bc}	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 มีคะแนนทางประสาทสัมผัสเรื่องสีและรสชาติอยู่ในกลุ่มที่มีคะแนนสูง และมีคะแนนด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบรวมสูงที่สุด ประกอบกับการทดลองเรื่องคุณค่าและคุณประโยชน์ของแหนมเห็ดด้านต่าง ๆ จากการทดลองก่อนหน้านี้พบว่าแหนมเห็ดสูตรที่ 5 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและมีค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด และยังมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อก่อโรคชนิดต่าง ๆ ได้ ดังนั้นจากเหตุผลประกอบกันจึงเลือกเฉพาะแหนมเห็ดสูตรที่ 5 (ข้าวไรซ์เบอรี่ 100 เปอร์เซ็นต์) เพื่อศึกษาอายุการเก็บของแหนมเห็ดต่อไป

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

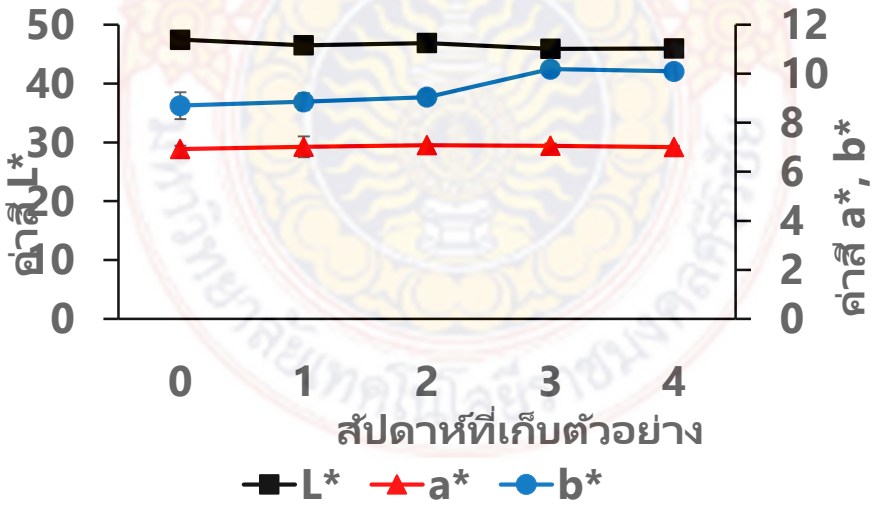
2.6 อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์แหนมเห็ด

หลังจากคัดเลือกสูตรแหนมเห็ดที่ดีที่สุด คือแหนมเห็ดสูตรที่ 5 ซึ่งประกอบด้วยข้าวไรซ์เบอรี่เพียงชนิดเดียว ทำการผลิตแหนมเห็ดตามอัตราส่วนและหมักแหนมเห็ดเป็นเวลา 5 วัน หลังจากนั้นนำแหนมเห็ดเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำการตรวจสอบอายุการเก็บแหนมเห็ดทุกๆ 1 สัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2.11 ภาพที่ 2.11และภาพที่ 2.12

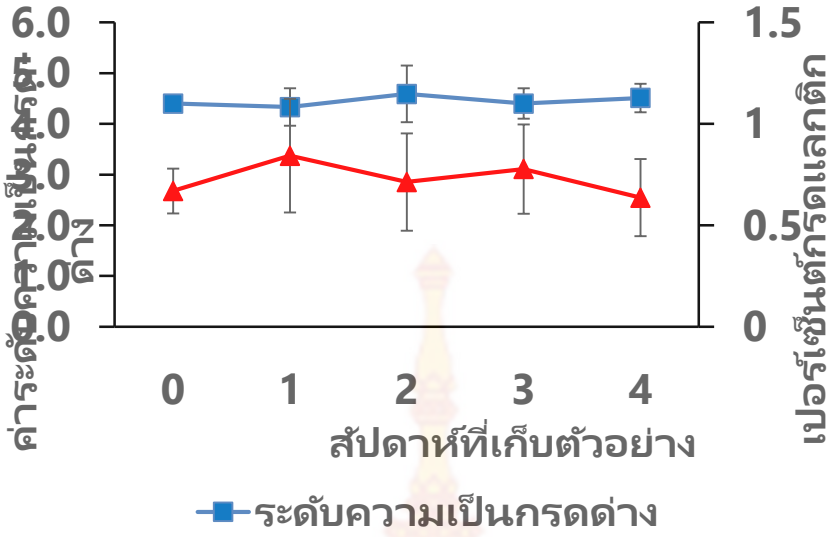
ตารางที่ 2.11 ค่าทางกายภาพและเคมีของแหนมเห็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์

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±0.03^{b}	7.06±0.10^{ns}	10.19±0.24^{a}	4.40±0.30^{ns}	0.777±0.22^{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 2.11 ค่าสี L*, a* และ b* ของแหนมเห็ดสูตรต่าง ๆ ที่อายุการเก็บสัปดาห์ต่าง ๆ



ภาพที่ 2.12 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 2.12

ตารางที่ 2.12 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 ตลอดอายุ

การเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 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 และปริมาณกรดแลกติกมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและอยู่ในช่วง 0.50±0.02 ถึง 0.64 ±0.02 ส่วนปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียกรดแลกติกมีแนวโน้มคงที่และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวันที่ 9 ของอายุการเก็บ

2.7 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดข้าวมีสี

คณะผู้วิจัยดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีและผลที่ได้จากการทดลองให้กับเกษตรกรกลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพ ต.ขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช โดยดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้า เมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2561 ซึ่งผู้เข้าอบรมเป็นเกษตรที่อยู่ในกลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพและเกษตรผู้สนใจในละแวกใกล้เคียง เกษตรที่เป็นสมาชิกของกลุ่มทำก้อนเชื้อเห็ดและส่งขายดอกเห็ดเป็นอาชีพอยู่แล้ว ดังนั้นจึงมีวัตถุดิบคือดอกเห็ดที่เหลือจากการขายและดอกเห็ดที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งไม่สามารถส่งขายได้หรือขายไม่ได้ราคา โดยคณะผู้วิจัยอธิบายสรุปย่อการดำเนินการวิจัยของโครงการและผลการทดลองที่สำคัญให้เกษตรกรทราบ หลังจากนั้นให้เกษตรกรฝึกปฏิบัติการทำแหนมเห็ดนางฟ้าที่ผสมข้าวไรซ์เบอรี่ และมอบวัสดุอุปกรณ์ เช่น เครื่องครัว บรรจุภัณฑ์ และฉลากแหนมเห็ด เพื่อให้เกษตรกรนำไปใช้ผลิตแหนมเห็ด การถ่ายทอดเทคโนโลยีดังแสดงในภาพที่ 2.13 และภาพที่ 2.14

ภาพที่ 2.13 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดให้กับเกษตรกร กลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพ ต. ขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช เมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2561

ภาพที่ 2.14 ฉลากและบรรจุภัณฑ์ของแหนมเห็ดข้าวไรซ์เบอรี่

เนื่องจากในจากในขณะนี้กลุ่มเกษตรกรยังไม่มีการสถานที่ผลิตแหนมเห็ดเป็นสัดส่วน ดังนั้นในวันที่มีการถ่ายทอดเทคโนโลยี ได้มีการถ่ายทอดความรู้เรื่อง GMP (Good Manufacturing Practice) ขั้นตอนและมาตรการผลิตแหนมเห็ด โดยสรุปดังนี้

1. อธิบายความหมายของ GMP หมายถึง หลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร ซึ่งเป็นข้อกำหนดพื้นฐานที่จำเป็นในการผลิตและควบคุม เพื่อให้ผู้ผลิตปฏิบัติตาม และทำให้สามารถผลิตอาหารได้อย่างปลอดภัย เพื่อป้องกันและกำจัดความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดอาหารเป็นพิษได้ และเพื่อให้กระบวนการผลิตได้คุณภาพตามมาตรฐานและมีความปลอดภัย เช่น สถานที่ตั้งและอาคารผลิต

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการผลิต การควบคุมการผลิต การสุขาภิบาล การบำรุงรักษา และการทำความสะอาด รวมทั้งบุคลากรและสุขลักษณะของผู้ปฏิบัติงาน

2. อธิบายลักษณะแหนมเห็ดที่ดีตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน โดยสรุป เช่น
   ลักษณะทั่วไป : ต้องมีการกระจายตัวของส่วนประกอบที่ใช้อย่างสม่ำเสมอ ไม่มีโพรงอากาศ และมีน้ำจากการหมักได้เล็กน้อย
   สี: ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้
   กลิ่นรส: ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติที่เกิดจากการหมักของส่วนประกอบที่ใช้ รสเปรี้ยวพอเหมาะ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นเหม็น รสขม
   ลักษณะเนื้อ: ต้องแน่น ไม่ยุ่ย
3. อธิบายขั้นตอนและข้อควรระวังในการตรวจสอบวัตถุดิบที่ใช้ผลิตแหนมเห็ดได้แก่

4. การควบคุมการผลิต ควรมีข้อปฏิบัติดังนี้

- อุปกรณ์ในการผลิต ต้องล้างทำความสะอาด พร้อมที่จะใช้งาน และไม่มีฝุ่นจับ
- โต๊ะที่จะผลิตแหนมเห็ดควรเช็ดทำความสะอาดก่อนใช้งาน
- ผู้ผลิต ต้องมีผ้ากันเปื้อน มีหมวกคลุมผมให้เรียบร้อย และล้างมือก่อนการผลิต
- การคลุกส่วนผสมแหนมเห็ดให้ล้างมือให้สะอาดก่อนทำ และใส่ถุงมือพลาสติกเพื่อป้องกันการปนเปื้อน
- ไม่ไอหรือจาม ขณะที่ผลิต หรือใส่หน้ากากอนามัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บทที่ 3

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

การพัฒนาแหนมเห็ดนางฟ้าซึ่งเปรียบเทียบสูตรที่มีการเติมเชื้อโยกิร์ตทางการค้าและสูตรที่ไม่เติมเชื้อ พบว่าแหนมเห็ดสูตรที่เติมเชื้อโยเกิร์ตมีปริมาณเชื้อ ระดับความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดแลกติก ลักษณะทางกายภาพ และคุณค่าทางโภชนาการที่ดีกว่าแหนมเห็ดสูตรที่ไม่มีการเติมเชื้อ เมื่อเปรียบเทียบการใช้แห่งคาร์บอนของข้าวขาวและข้าวสี พบว่าแหนมเห็ดสูตรข้าวสีมีคุณลักษณะที่ดีกว่าแหนมเห็ดสูตรข้าวขาว นอกจากนี้เมื่อทดสอบคุณประโยชน์ด้านต่าง ๆ จากแหนมเห็ดพบว่า แหนมเห็ดจากข้าวสีมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ค่าการต้านอนุมูลอิสระ และสารแอนโทไซยานินสูงกว่าแหนมเห็ดข้าวขาว เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า แหนมเห็ดสูตรที่ 5 คือแหนมเห็ดที่ผสมข้าวไรซ์เบอรี่เพียงชนิดเดียว ผู้บริโภคให้คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมสูงที่สุด เมื่อศึกษาอายุการเก็บของแหนมเห็ดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าค่าทางกายภาพ-เคมี และจุลินทรีย์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก รวมทั้งไม่มีเชื้อราและโคลิฟอร์มเกินมาตรฐาน หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดให้กับเกษตรกรกลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพ เพื่อเกษตรกรจะได้นำความรู้ที่ได้รับไปผลิตแหนมเห็ดนางฟ้าขายเพื่อเพิ่มรายได้

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากคณะผู้วิจัยวางแผนที่จะให้กลุ่มเกษตรกรผลิตแหนมเห็ด ณ อาคารของที่ว่าการอำเภอลานสกาหลังเก่า แต่ในปัจจุบันอาคารดังกล่าวยังไม่ได้รับอนุญาตให้ใช้ประโยชน์ ดังนั้นทางกลุ่มจึงมีปัญหาเรื่องสถานที่ผลิตแหนมเห็ด ดังนั้นในระยะแรกจึงยังไม่มีสถานที่ผลิตที่แน่นอนและมีมาตรฐาน เกษตรกรจึงต้องรวมกลุ่มและหาสถานที่ผลิตในแต่ละครอบครัวก่อน ทั้งนี้ในวันที่ถ่ายทอดเทคโนโลยีคณะผู้วิจัยได้ให้ความรู้เรื่อง GMP และสุขลักษณะในการผลิตอาหารให้กับผู้เข้าอบรมแล้วด้วย หลังจากนั้นคณะผู้วิจัยจะติดต่อประสานงานกับพัฒนาชุมชน อ.ลานสกา เพื่อหาแนวทางและวางแผนให้เกษตรกรมีพื้นที่ในการผลิตแหนมเห็ดต่อไป ส่วนสถานที่การผลิตอาจต้องรองบประมาณถ้าจะต้องสร้างต่อเติมอาคารหรือดัดแปลงอาคารที่มีอยู่ให้ได้มาตรฐานและถูกสุขลักษณะ เมื่อทางกลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพ สามารถหาสถานที่ผลิตแหนมเห็ดที่ถาวรได้แล้ว จะถ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยีและความรู้เรื่องGMPให้เกษตรกรและวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดที่จำเป็นอีกครั้ง

บรรณานุกรม

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.

นิษฐกานต์ ประดิษฐ์ศรีกุล, 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. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมงมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง. 227 หน้า.

อุไรวรรณ วัฒนกุล, วัฒนา วัฒนกุล และ ชุตินุช สุจริต (2556). ผลของอุณหภูมิในการแช่ งอก และหุงต้มต่อปริมาณไทอะมีน, 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. (2000). Offificial Methods of AOAC International. 17thed. 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> บทความสำหรับเผยแพร่

ขณะนี้คณะผู้วิจัยกำลังอยู่ในขั้นตอนการดำเนินการเตรียมร่างบทความวิจัย เพื่อส่งตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสาร

<u>ภาคผนวก ข.</u> กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์

1. คณะผู้วิจัยดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดนางฟ้า ให้กับกลุ่มเกษตรกร ณ กลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้ามืออาชีพ จำนวน 2 ครั้ง โดยครั้งที่ในวันที่ 21 กรกฎาคม 2560 ก่อนเริ่มทำการวิจัย โดยใช้สูตรแหนมเห็ดนางฟ้าสูตรดั้งเดิมที่ยังไม่ได้ผสมข้าวมีสีชนิดต่าง 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 ค.</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 ง. 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.จาร์พาเท็ค เซ็นเตอร์ 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

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

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 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 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 แอสโซซิเอสจำกัด
- 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 องศาเซลเซียสทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นและชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (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 แล้วนำเข้าเครื่อง หลังจากนั้นกดปุ่มขึ้น-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 $= \dfrac{(W3-W2) \times 100}{W1}$

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 ชั่วโมง นำออก

จากตู้อบและปล่อยให้เย็นในโถอบแห้งชั่งน้ำหนัก (F1)

- เผาตัวอย่างที่ผ่านการอบในเครื่องเผาอุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสระยะเวลา 3 ชั่วโมงนำออกจากตู้อบและปล่อยให้เย็นในโถอบแห้งชั่งน้ำหนัก (F2)

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

เมื่อ F0 = น้ำหนักตัวอย่าง

F1 = น้ำหนักถ้วยพร้อมตัวอย่างหลังอบ

F2 = น้ำหนักถ้วยและเถ้าหลังการเผา

8. การวิเคราะห์โปรตีน (ดัดแปลงจาก Buckee (1994)

8.1 อุปกรณ์

- เครื่องวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน/โปรตีน รุ่น FP-528 บริษัท สีโก้ อินตรูเมนท์ส

8.2 วิธีการ

- ขั้นตอนการทำงานของเครื่องเริ่มต้นจากการชั่งตัวอย่างที่ผ่านการบดเรียบร้อยแล้ว จำนวน 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 และซัลเฟอร์ บางส่วนถูกกำจัดออกไป 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. การวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต (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)

<u>การเตรียมสารเคมี</u>

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>

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

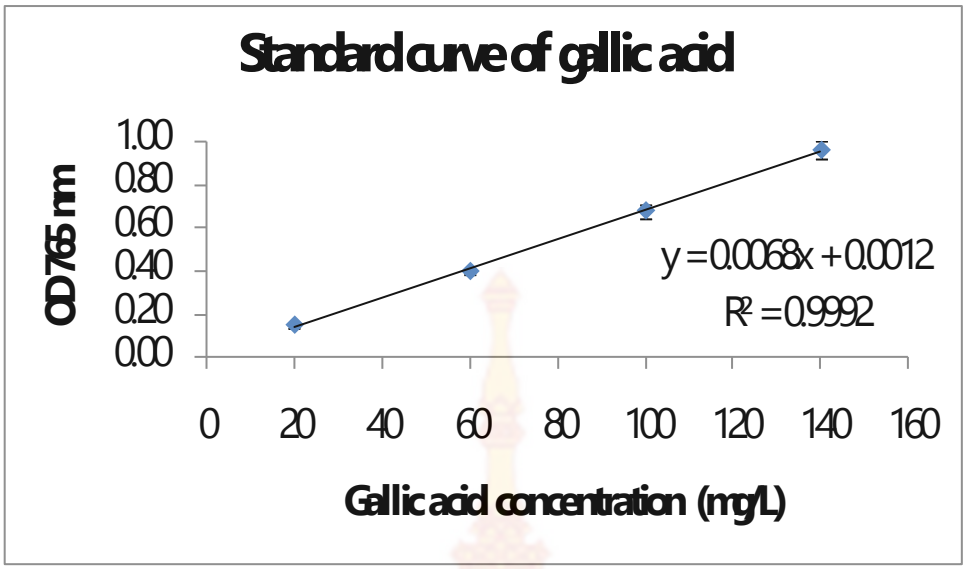
V = ปริมาตรตัวอย่างทั้งหมดตอนสกัด (50 ml)

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 (%) = $(A_0-A_1) \times 100/A_0$ ---------- (1)

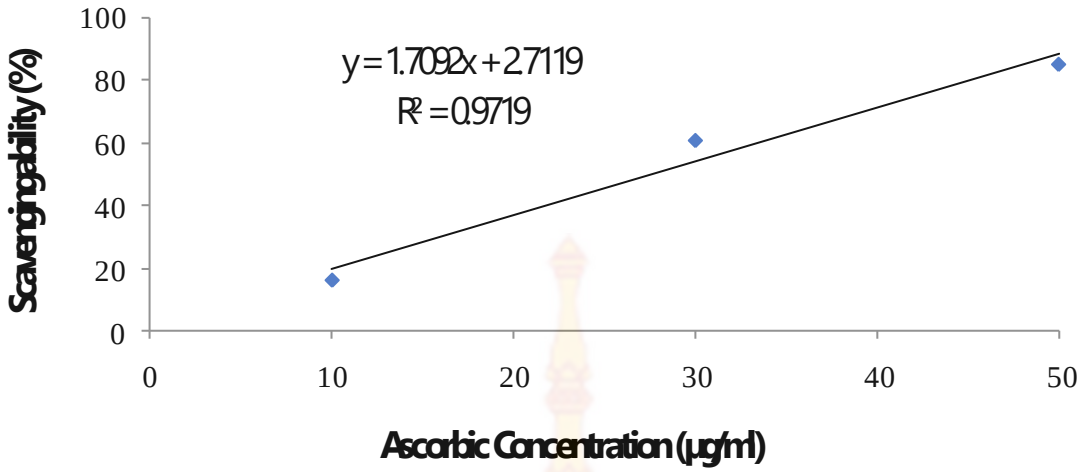
เมื่อ A_0 = $OD_{control}$ (absolute ethanol 0.3 ml + DPPH 1.5 ml)

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 นำมาเจือจางต่อจนมีความเข้มข้น 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)



การคำนวณ

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)

11.การวิเคราะห์ปริมาณสีแอนโทไซยานิน ดัดแปลงตามวิธีการของ Abdel-Aal and Huci (1999)

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) = $(A_{diff} \times Mw \times 1000 \times \text{dilution factor})/ (\sum x1)$

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

<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.....

คำแนะนำ ให้ระบุตัวเลขของความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ในแต่ละคุณลักษณะของคุณภาพ โดยกำหนดตัวเลขของความชอบ ดังนี้

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

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

ข้อปฏิบัติ **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 เตรียมวัตถุดิบและสั่งซื้อสารเคมี 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, ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นและการยับยั้งเชื้อก่อโรคของแหนมเห็ดเป็นต้น	100%	เป็นไปตามกิจกรรมในข้อเสนอโครงการ
6. ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมเห็ด และอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์แหนมเห็ด	100%	เป็นไปตามกิจกรรมในข้อเสนอโครงการ
7. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแหนมเห็ดที่ผสมข้าวมีสี ให้กับเกษตรกรผู้เพาะเห็ดนางฟ้า ต.ขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช วันที่ 25 พ.ค. 61	100%	เป็นไปตามกิจกรรมในข้อเสนอโครงการ

ลงนาม.....

(หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน)

วันที่ 28 สิงหาคม 2561

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ ต่อ สกว.

-

ลงนาม.....
(หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน)
วันที่ 28 สิงหาคม 2561