โครงการ
การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูจากโปรตีนถั่วเหลืองและเห็ดนางฟ้า

ชื่อนิสิต นางสาว วิสสุตา ยอดอุบล
นางสาว อุบลรัตน์ ตั้งพรเจริญ

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

ปีการศึกษา 2562

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายงานการวิจัย
การวิจัยภายใต้โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

เรื่อง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูจากโปรตีนถั่วเหลืองและเห็ดนางฟ้า

(Development of pork flavored burger from soy protein and grey oyster mushroom)

โดย

นางสาว วิสสุตา ยอดอุบล

นางสาว อุบลรัตน์ ตั้งพรเจริญ

ประจำปีการศึกษา 2562

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูจากโปรตีนถั่วเหลืองและเห็ดนางฟ้า

โดย

นางสาว วิสสุตา ยอดอุบล

นางสาว อุบลรัตน์ ตั้งพรเจริญ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อินทาวุธ สรรพวรสถิตย์

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประจำปีการศึกษา 2562

DEVELOPMENT OF PORK FLAVORED BURGER FROM SOY PROTEIN AND GRAY OYSTER MUSHROOM

Wissuta Yodubon

Ubonrat Tangporncharoen

Project Advisor

Asst. Prof. Inthawoot Suppavorasatit, Ph.D.

A Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Degree of Bachelor of Science Program in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2019

หัวข้องานวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูจากโปรตีนถั่วเหลืองและเห็ดนางฟ้า

โดย นางสาว วิสสุตา ยอดอุบล

นางสาว อุบลรัตน์ ตั้งพรเจริญ

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.อินทาวุธ สรรพวรสถิตย์

ปีการศึกษา 2562

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อนุมัติให้รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

ประจำปีการศึกษา 2562

(รองศาสตราจารย์ ดร.ขนิษฐา ธนานุวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อินทาวุธ สรรพวรสถิตย์)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

หัวข้องานวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูจากโปรตีนถั่วเหลืองและเห็ดนางฟ้า
โดย นางสาว วิสสุตา ยอดอุบล
นางสาว อุบลรัตน์ ตั้งพรเจริญ
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.อินทาวุธ สรรพวรสถิตย์
ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

เบอร์เกอร์เป็นอาหารจานด่วนที่เป็นที่นิยม เนื่องจากราคาไม่แพง หาง่าย และสามารถรับประทานได้ง่ายในช่วงเวลาที่เร่งรีบ แต่ขณะเดียวกันเบอร์เกอร์ก็จัดเป็นอาหารที่อาจส่งผลเสียต่อสุขภาพ มีการศึกษาบ่งชี้ว่าหากบริโภคเป็นประจำจะทำให้ร่างกายได้รับสารอาหารไม่เพียงพอ โดยเฉพาะวิตามินและแร่ธาตุ ทั้งยังอาจเป็นการสะสมไขมันเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคไขมันในเลือดสูง โรคอ้วน และอื่น ๆ ปัจจุบันความนิยมในการรักษาสุขภาพมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ผู้บริโภคเลือกรับประทานอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมากขึ้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูจากโปรตีนถั่วเหลืองและเห็ดนางฟ้าสำหรับเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกให้กับผู้บริโภค เริ่มจากการศึกษาสูตรเบอร์เกอร์ โดยแปรสัดส่วนระหว่างเห็ดนางฟ้าต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัสเป็น 70 : 5 : 25, 60 : 5 : 35, 60 : 10 : 30 และ 50 : 10 : 40 พบว่าสัดส่วน 70 : 5 : 25 มีค่าเนื้อสัมผัส hardness, chewiness, gumminess และ cohesiveness แตกต่างกับตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นค่า adhesiveness, springiness และค่าสี ($p > 0.05$) กับสัดส่วนอื่น และยังพบว่าได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด จึงนำเบอร์เกอร์ที่ผลิตด้วยสัดส่วนของเห็ดนางฟ้าต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัสเป็น 70 : 5 : 25 มาศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ พบว่ามีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และใยอาหารทั้งหมด ร้อยละ 66.65, 11.58, 3.89, 1.87, 16.01 และ 9.98 ตามลำดับ เมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะแช่เย็นและแช่เยือกแข็ง พบว่าค่า hardness, cohesiveness, gumminess และ chewiness มีแนวโน้มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บ แต่ค่า adhesiveness และ springiness มีค่าลดลง ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของสีอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ในการประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่า การเก็บตัวอย่างที่ไว้ในสภาวะแช่เย็นและแช่เยือกแข็งเป็นเวลานานขึ้น ส่งผลให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น เมื่อเทียบกับตัวอย่างอ้างอิง สำหรับการตรวจวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่ามีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) น้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดทั้งในสภาวะแช่เย็น และแช่เยือกแข็งคือ 1×10^6 CFU/g ในและ 1×10^5 CFU/g ตามลำดับ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาไม่น้อยกว่า 6 สัปดาห์

Project Title Development of pork flavored burger from soy protein and grey oyster mushroom

Student Wissuta Yodubon

Ubonrat Tangporncharoen

Study Program Bachelor of Science in Food Technology

Advisor Asst. Prof. Inthawoot Suppavorasatit, Ph.D.

Academic Year 2019

ABSTRACT

Burger is a popular fast food because it is inexpensive, easy to buy, and can be easily eaten during rush hour. On the other hands, burger is also considered disadvantage to the health. Studies have shown that nutrients will be insufficient if consume burger regularly, especially vitamins and minerals. In addition, body fat can be accumulated, which can cause the risk of high blood cholesterol, obesity, and others. Currently, healthy trend tends to increase. Consumers prefer to eat food that is good for their health. Therefore, the objective of this research is to develop pork flavored burger from soy protein and grey oyster mushroom as an alternative product for consumers. By studying burger recipes, the ratio of grey oyster mushroom to soy protein isolate to texturized soy protein was varied as 70: 5: 25, 60: 5: 35, 60: 10: 30 and 50: 10: 40. It was found that the ratio of 70: 5: 25 shows significantly different ($p \leq 0.05$) in hardness, chewiness, gumminess and cohesiveness from other samples except for adhesiveness, springiness, and color values ($p > 0.05$). It was also found that the highest overall acceptance score was obtained. Therefore, the burgers with the ratio of grey oyster mushroom to soy protein isolate to texturized vegetable protein of 70: 5: 25 was selected to study its nutritional value. It was found that moisture, protein, fat, ash, carbohydrate and dietary fiber contents were 66.65, 11.58, 3.89, 1.87, 16.01 and 9.98%, respectively. For the study about the changes between chilled and frozen storage, it was found that the hardness, cohesiveness, gumminess and chewiness tended to increase with storage time, while the decrement was found for adhesiveness and springiness. There was no significant different in color values ($p > 0.05$). For sensory evaluation, chilled and frozen samples resulted in improving products quality compared with the reference sample. For microbial analysis during storage, it was found that the total plat count (TPC) was less than the specified criteria in both chilled and frozen conditions, which is 1×10^6 CFU/g and 1×10^5 CFU/g, respectively. Thus, the product shelf life is not less than 6 weeks.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการการพัฒนาผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูจากโปรตีนถั่วเหลืองและเห็ดนางฟ้าเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนในระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยจากงบประมาณของโครงการเรียนการสอนเพื่อนเสริมประสบการณ์ ปีการศึกษา 2562 คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อินทาวุธ สรรพวรสถิตย์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

คณะวิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อินทาวุธ สรรพวรสถิตย์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัยอย่างสูง ตลอดจนตรวจแก้ไขโครงการนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบริษัท บริษัท อาร์ แอนด์ บี ฟู้ด ซัพพลาย จำกัด และบริษัท Firmenich (Thailand) จำกัด ที่ให้การอนุเคราะห์สารให้กลิ่นรส Grilled meat flavor และ Pork flavor บริษัท ABBRA CORPORATION LIMITED จำกัด ที่ให้การอนุเคราะห์สี caramel SRC 4400 และ Meatline 9078 ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ขอกราบขอบพระคุณเหล่าคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ที่กรุณาถ่ายทอดความรู้อันมีค่าตลอดหลักสูตร จนผู้วิจัยสามารถนำมาบูรณาการให้เกิดเป็นงานวิจัยนี้ได้อย่างสมบูรณ์ รวมถึงกรุณาให้คำแนะนำและความช่วยเหลือต่างๆในการดำเนินโครงการนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหารฯ ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางอาหาร ห้องปฏิบัติการเคมีอาหาร และห้องปฏิบัติการประกันคุณภาพ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บุคลากร พี่ปริญญาเอก ปริญญาโท รุ่นพี่นิสิต รุ่นน้องนิสิต และเพื่อนนิสิตทุกท่านในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร รวมถึงภาควิชาอื่นๆ ที่ได้อำนวยความสะดวก ให้ความช่วยเหลือ และให้ความร่วมมือในทุกๆ ด้านในการดำเนินโครงการให้ลุล่วงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และทุกคนในครอบครัวของคณะผู้วิจัย ทั้งสองครอบครับที่ได้สนับสนุนในทุกๆด้าน จนโครงการนี้สามารถลุล่วงไปได้ด้วยดี ตลอดจนส่งเสริมคณะผู้วิจัยด้านโอกาสการศึกษาแก่คณะผู้วิจัยตลอดมา

สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผลงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษา และการวิจัยในหัวข้อที่เกี่ยวข้องต่อไปในอนาคต ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

นางสาววิสสุตา ยอดอุบล
นางสาวอุบลรัตน์ ตั้งพรเจริญ

สารบัญเรื่อง

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	3
2.1 เห็ดนางฟ้า	3
2.2 ประโยชน์ทางด้านสุขภาพของเห็ดนางฟ้า	5
2.3 โปรตีนถั่วเหลือง (Soy protein)	6
2.3.1 โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (soy protein isolate, SPI)	7
2.3.2 ถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส (texturized soy protein, TSP)	7
2.3.3 ประโยชน์ของโปรตีนถั่วเหลืองต่อสุขภาพ	7
2.4 เบอร์เกอร์	8
2.5 การใช้โปรตีนจากพืชทดแทนเนื้อสัตว์	8
2.5.1 การใช้เห็ดนางฟ้าเพื่อทดแทนเนื้อหมู	8
2.5.2 โปรตีนถั่วเหลืองเพื่อทดแทนเนื้อหมู	9
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	10
3.1 วัตถุดิบ สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย	10
3.1.1 วัตถุดิบ	10
3.1.2 สารเคมี	10
3.1.3 วัสดุและอุปกรณ์	10
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	11
3.2.1 ขั้นพัฒนาสูตรของเบอร์เกอร์	11
3.2.2 การประเมินทางประสาทสัมผัส	12
3.2.3 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ	12
3.2.4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บ	13
3.2.5 การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ	13

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง 14

4.1 การศึกษาหาสูตรเบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด 14

4.1.1 การศึกษาเนื้อสัมผัสและสีของเบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูที่แปรสัดส่วนของเห็ดนางฟ้าต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัสทั้ง 4 สูตร 14

4.1.2 การประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูที่แปรสัดส่วนของเห็ดนางฟ้าต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส 15

4.2 การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูที่แปรสัดส่วนของเห็ดนางฟ้าต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัสในอัตราส่วน 70 : 5 : 25 17

4.3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บของเบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูที่แปรสัดส่วนของเห็ดนางฟ้าต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัสในอัตราส่วน 70 : 5 : 25 17

4.3.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสและสีของเบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูระหว่างการเก็บในสภาวะแช่เย็น (Chill) และแช่เยือกแข็ง (Freeze) 18

4.3.2 การประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูระหว่างการเก็บ 20

4.3.3 การตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูระหว่างการเก็บ 21

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 23

เอกสารอ้างอิง 24

ภาคผนวก 28

ภาคผนวก ก. 29

ภาคผนวก ข. 38

ภาคผนวก ค. 40

ภาคผนวก ง. 46

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ปริมาณสารอาหารในเห็ดชนิดต่างๆ	4
2.2	ปริมาณกรดดอะมิโนจำเป็นในเห็ดชนิดต่างๆ (present as mg/g of dried mushroom)	4
2.3	ปริมาณแร่ธาตุในเห็ดชนิดต่างๆ (mg/100 g dried mushroom)	5
2.4	ปริมาณสารเบต้ากลูแคนที่สกัดได้จากยีสต์ดำ ที่แนะนำในการบริโภคต่อวัน	6
4.1	เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูที่แปรสัดส่วนของเห็ดนางฟ้าต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส	14
4.2	ค่าสีของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูที่แปรสัดส่วนของเห็ดนางฟ้าต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส	15
4.3	ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูที่แปรอัตราส่วนของเห็ดนางฟ้าต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส จากผู้ทดส**อ**บ 30 คน	16
4.4	แสดงคุณค่าทางโภชนาการของเบอร์เกอร์กลิ่นรสหมู	17
4.5	เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูระหว่างการเก็บในสภาวะแช่เย็น (Chill)	18
4.6	เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูระหว่างการเก็บในสภาวะแช่เยือกแข็ง (Freeze)	18
4.7	ค่าสีของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูระหว่างการเก็บในสภาวะแช่เย็น (Chill)	19
4.8	ค่าสีของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูระหว่างการเก็บในสภาวะแช่เยือกแข็ง (Freeze)	19
4.9	แสดงคะแนนที่ผู้ทดสอบทั้ง 8 คนเห็นตรงกันเมื่อชิมตัวอย่างอ้างอิง (Reference)	20
4.10	ผลการประเมินความเข้มลักษณะต่างๆของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูระหว่างการเก็บที่สภาวะแช่เย็น และแช่แข็ง เทียบกับตัวอย่างอ้างอิง(Reference)	20
4.11	ผลวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูระหว่างการเก็บในสภาวะแช่เย็น (Chilled)	21
4.12	ผลวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูระหว่างการเก็บในสภาวะแช่เยือกแข็ง (Freeze)	21

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	เห็ดนางฟ้า	3
2.2	โครงสร้างของสารบีตากลูแคน ชนิด 1,3/1,6-β-glucan	5
ง.1	ข้อมูล Meatline 9078	46
ง.2	ข้อมูล Meatline 9078	47
ง.3	ข้อมูล caramel SRC 4400	48

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

อาหารถือเป็นหนึ่งในปัจจัยพื้นฐานของการดำรงชีวิต นอกจากอาหารจะช่วยให้ร่างกายเจริญเติบโตและมีสุขภาพดีแล้ว อาหารยังเป็นแหล่งพลังงานสำคัญสำหรับการเคลื่อนไหวและการทำงานของร่างกาย รวมถึงยังสร้างภูมิต้านทานให้แก่ร่างกายอีกด้วย ทุกวันนี้พฤติกรรมการบริโภคอาหารในปัจจุบันเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เนื่องจากการพัฒนาของประเทศจากเกษตรกรรมไปสู่อุตสาหกรรมและการพาณิชย์มากขึ้น ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง ทำให้รูปแบบการดำรงชีวิตเปลี่ยนแปลงไป ผู้คนมีวิถีชีวิตที่เร่งรีบมากขึ้น เป็นเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพฤติกรรมในหลากหลายด้าน รวมถึงพฤติกรรมการบริโภคอาหาร และเพื่อตอบสนองต่อชีวิตที่เร่งรีบ การบริโภคอาหารที่ง่ายและสะดวกอย่างอาหารจานด่วนจึงเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคเลือก เห็นได้จากการเพิ่มขึ้นของร้านอาหารสำเร็จรูป ร้านสะดวกซื้อ และร้านอาหารแบบเร่งด่วน ซึ่งตัวเลือกเหล่านี้ทำให้ผู้บริโภคสะดวกสบาย ประหยัดเวลาในการประกอบอาหารและราคาถูกกว่าการซื้อของสดมาประกอบอาหารเอง

อาหารจานด่วน (fast food) เป็นอาหารที่มีการเตรียมขึ้นมาจำหน่ายแก่ผู้บริโภคเพื่อความสะดวกรวดเร็ว ประหยัดเวลา สามารถรับประทานได้ทันที และไม่จำเป็นต้องนั่งทานที่ร้าน หนึ่งในอาหารจานด่วนที่เรารู้จักเป็นอย่างดี คือ เบอร์เกอร์ (burger) ซึ่งเป็นอาหารที่ได้รับความนิยมมากจากผู้บริโภคทั่วโลกทั้งในแถบยุโรปและเอเชีย รวมถึงประเทศไทย โดยทั่วไปเบอร์เกอร์ประกอบไปด้วยเนื้อบดแผ่น (patty) ที่มีเนื้อสัตว์เป็นส่วนประกอบหลักซึ่งมักเติมไขมันลงไปด้วย ทำให้มีไขมันในปริมาณที่สูงมาก จากผลการศึกษาของหลายสถาบัน พบว่าเบอร์เกอร์ประกอบด้วยสารอาหารที่ให้พลังงานเป็นส่วนใหญ่ เช่น น้ำตาล ไขมัน และแป้ง ดังนั้นการทานเบอร์เกอร์ติดต่อกันเป็นเวลานาน อาจเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ ความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน และโรคอ้วน รวมถึงอาจทำให้ขาดสารอาหาร โดยเฉพาะสารอาหารประเภทโปรตีน วิตามินและเกลือแร่ที่จำเป็นต่อการทำงานของร่างกาย

ปัจจุบันการบริโภคโปรตีนจากพืช (plant-based protein) กำลังได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นตามกระแสที่ผู้คนหันมารักษาสุขภาพของตนเองและใส่ใจกับอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี ส่งผลให้ความต้องการบริโภคอาหารประเภทเนื้อสัตว์มีแนวโน้มลดลง ขณะที่ความต้องการบริโภคอาหารประเภทถั่ว หรือพืชที่ให้โปรตีนสูงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และเหตุผลสำคัญอีกประการหนึ่งที่กระตุ้นให้ผู้บริโภคบางส่วนหันมาบริโภคอาหารที่ผลิตจากพืชล้วน เนื่องจากการบริโภคเนื้อสัตว์ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน เพราะการปศุสัตว์ก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจก ดังนั้นการบริโภคโปรตีนจากพืชจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ รวมถึงความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีปัจจุบันช่วยให้การผลิตอาหารที่ทำจากพืชมีลักษณะทางกายภาพและรสชาติแบบเดียวกับเนื้อสัตว์ แต่ยังคงมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ไขมันต่ำ และให้พลังงานต่ำกว่าอาหารประเภทเดียวกันที่ปรุงจากเนื้อสัตว์ โดยทั่วไปโปรตีน

จากพืชที่นิยมใช้ทดแทนเนื้อสัตว์ คือ โปรตีนถั่วเหลืองและเห็ด เนื่องจากถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีนสูง อุดมไปด้วยกรดอะมิโนจำเป็นหลายชนิด ช่วยเสริมสร้างกล้ามเนื้อ อีกทั้งช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด ขณะที่เห็ดมีสารชีวโมเลกุลอย่างสารบีตากลูแคน (β-glucan) ที่มีส่วนช่วยในการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันในร่างกาย ช่วยลดระดับโคเลสเตอรอลและระดับน้ำตาลในเลือดได้

จากที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูโดยใช้เห็ดนางฟ้าและโปรตีนถั่วเหลือง ทั้งนี้ผลงานวิจัยอาจเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้โปรตีนจากพืชแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูจากโปรตีนถั่วเหลืองและเห็ดนางฟ้าเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกให้กับผู้บริโภค
2. เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูจากโปรตีนถั่วเหลืองและเห็ดนางฟ้า
3. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บทั้งด้านคุณสมบัติทางกายภาพและจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูจากโปรตีนถั่วเหลืองและเห็ดนางฟ้า

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 เห็ดนางฟ้า

เห็ดนางฟ้า (*Pleurotus sajor-caju (Fr.) Sing.*) อยู่ในวงศ์ Tricholomataceae ตระกูล Agaricales เป็นสิ่งมีชีวิตประเภทราที่มีขนาดใหญ่และอยู่ในสกุลเดียวกับเห็ดนางรม มีการสร้างดอกเห็ดรูปร่างคล้ายร่ม ดอกเห็ดนางฟ้ามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 5-14 เซนติเมตร และมีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 30-120 กรัม โดยส่วนของหมวกเห็ด (cap) มีสีน้ำตาลอ่อนและมีเนื้อแน่น ก้านดอก (stripe) มีสีขาว ขนาดยาว ตอนบนยึดติดกับหมวกเห็ดหรือครีบหมวกด้านใน ครีบดอก (gill) มีสีขาวเรียงชิดกันรอบก้านดอกด้านล่างของหมวกเห็ด และมีเส้นใยค่อนข้างละเอียด (ธนกาญจน์ แช่มรัมย์ และ สุรีรัตน์ สุวรรณพัฒน์, 2561; จันจิรา รสพิกุล และ วารีย์ ทวนไธสง, 2559)

เห็ดนางฟ้าเป็นเห็ดที่เพาะง่าย โตเร็ว และได้ผลผลิตสูง บางคนเรียกชื่อว่าเห็ดนางฟ้าภูฐานหรือว่าเห็ดแขก ถูกพบครั้งแรกที่ประเทศอินเดีย ภายหลังมีการเพาะปลูกเห็ดชนิดนี้ในหลายประเทศ เช่น เกาหลีใต้ ญี่ปุ่น ไต้หวัน ไทย ฟิลิปปินส์และอิตาลี เป็นต้น เห็ดนางฟ้านิยมใช้เป็นส่วนประกอบอาหาร บางครั้งมีการใช้เพื่อทดแทนเนื้อสัตว์เนื่องจากมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เป็นเส้นใยคล้ายกัน นอกจากนี้ยังมีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี มีปริมาณโปรตีนและไฟเบอร์สูง และมีไขมันต่ำ รวมถึงอุดมไปด้วยแร่ธาตุและกรดอะมิโนจำเป็นที่สำคัญแก่ร่างกาย ทั้งนี้ยังมีสรรพคุณในการป้องกันและบรรเทาโรคได้ จากรายงานศึกษา พบว่าเห็ดนางฟ้ามีสารชีวโมเลกุลอย่างสารบีตากลูแคน (β-glucan) ที่มีส่วนช่วยในการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันในร่างกาย ป้องกันการเกิดมะเร็งโดยเฉพาะมะเร็งตับและมะเร็งเม็ดเลือดขาว อีกทั้งยังช่วยลดระดับโคเลสเตอรอลและระดับน้ำตาลในเลือดได้ (Indian Agricultural Statistics Research Institute, 2009; Alam et al., 2007; Kurtzman, 2005; Manzi and Pizzoferrato, 2000)

รูปที่ 2.1 เห็ดนางฟ้า

ที่มา : https://www.specialtyproduce.com/produce/Oyster_Mushrooms_703.php

จากการศึกษาพบว่าการเพาะเห็ดนางฟ้าขายเป็นกิจการที่เหมาะแก่การลงทุน เนื่องจากใช้ต้นทุนในการเพาะปลูกที่ไม่แพง อีกทั้งยังขึ้นง่ายและได้ผลผลิตสูง จึงทำให้มีการขายเห็ดนางฟ้าอย่างแพร่หลายตามท้องตลาด ทั้งยังมีการศึกษาเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการของเห็ดนางฟ้า พบว่าเห็ดนางฟ้าเป็นแหล่งโปรตีนที่ดีเมื่อเทียบกับเห็ดอีกหลายชนิด เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนสูง อยู่ในช่วง 16-38 กรัมต่อเห็ดแห้ง 100 กรัม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งเพาะเห็ด และมีปริมาณไขมันต่ำ อยู่ในช่วง 1-5 กรัมต่อเห็ดแห้ง 100 กรัม รวมถึงเห็ดนางฟ้ายังอุดมไปด้วยกรดอะมิโนจำเป็นและแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย (ศิริกุล คล่องคำนวณการ, 2528; Khan and Tania, 2012) ดังแสดงในตารางที่ 2.1, 2.2 และ 2.3

ตารางที่ 2.1 ปริมาณสารอาหารในเห็ด

Mushroom spp.	Proteins*	Carbohydrates*	Lipids*	Fibers*	Minerals*	Moisture#
P. ostreatus	17–42	37–48	0.5–5	24–31	4–10	85–87
P. sajor-caju	16–38	37–40	1–5	22–31	5–9	85–87
P. florida	15–21	40–43	1–5	23–27	8–12	87–88
P. cystidiosus	17–18	43–45	5–6	25–26	7–8	86–87
P. highking 51	20–21	36–37	5–6	30–31	5–6	85–86
P. geestaranus	19–20	45–46	3–4	26–27	5–6	85–86
P. eryngii	11–12	39–40	7–8	28–29	4–5	85–90
P. tuber-regium	13–17	53–54	0.2–2	15–16	4–10	88–89
P. flabellatus	21–22	59–60	1–2	10–12	6–7	91–94

*g/100 g dried mushroom; #% of fresh mushroom.

ที่มา : Khan and Tania, 2012

ตารางที่ 2.2 ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในเห็ด (present as mg/g of dried mushroom)

Mushroom spp.	Leu	Val	Lys	Ile	Thr	Tyr	Met	Phe
P. ostreatus	16.4	10.5	11.3	9.9	9.4	6.9	2.7	11.1
P. sajor-caju	14.6	10.1	5.8	11.2	8.9	5.9	2.7	9.2
P. eryngii	10.8	7.4	7.3	7.2	6.8	4.9	1.7	7.1
P. tuber-regium	28.4	33.4	27.4	21.1	31.4	4.2	4.8	21.9

Note. Leu = leucine; Val = valine; Lys = lysine, Ile = isoleucine, Thr = Threonine, Tyr = tyrosine, Met = methionine, Phe = phenylalanine.

ที่มา : Khan and Tania, 2012

ตารางที่ 2.3 ปริมาณแร่ธาตุในเห็ดชนิดต่างๆ (mg/100 g dried mushroom)

Mushroom spp.	K	Ca	P	Na	Mg	Zn	Fe	Mn	Cu	Se
P. ostreatus	1400	2–36	ND	3	9–17	3–27	55–65	0.5–3	0.65	0.011
P. sajor-caju	1600	3–23	ND	2	5–21	3–21	33–54	0.5–3	0.8	0.025
P. florida	1460	0.5–34	13.7	0.3	1–14	0.5–16	0.05–44	0.5–3	0.05	0.013
P. flabellatus	1537	120	1616	686	40	145	209	10	22	ND
P. tuber-regium	300	3–200	5–10	2–8	0.7–2	2–2.5	30	2	0.3–2	ND

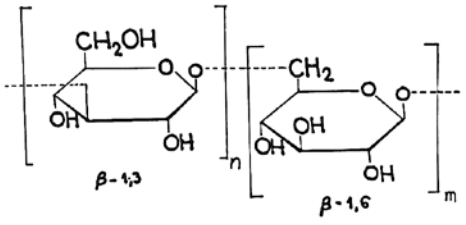
Note. K = potassium; Ca = calcium; P = phosphorus; Na = Sodium; Mg = magnesium; Zn = zinc; Fe = iron; Mn = manganese; Cu = copper; Se = selenium. ND = not detected.

ที่มา : Khan and Tania, 2012

2.2 ประโยชน์ทางด้านสุขภาพของเห็ดนางฟ้า

ปัจจุบันเห็ดนางฟ้าเป็นเห็ดที่นำมาใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารหลายชนิด เนื่องจากมีคุณค่าทางด้านโภชนาการที่ดี อีกทั้งยังมีการศึกษา พบว่าในเห็ดนางฟ้าประกอบด้วยสารชีวโมเลกุลหลายชนิด เช่น สารบีตากลูแคน (β-glucan) ซึ่งมีปริมาณถึง 3.57 g/100g ของเห็ดนางฟ้าแห้ง (Wan Rosli and Aishah, 2012)

สารบีตากลูแคนในเห็ดนางฟ้ามีโครงสร้างเป็นสายพอลิแซ็กคาไรด์ ประกอบไปด้วยน้ำตาลกลูโคสหลายโมเลกุลเรียงต่อกันเป็นสายยาว เชื่อมด้วยพันธะบีตาไกลโคซิดิก (β-glycosidic) โดยจะมี 1,3-β-glucan เป็นโครงสร้างแกนกลาง (backbone) และมีสายกิ่ง (branch) ที่แตกแขนงออกมาเป็นชนิด 1,6-β-glucan สามารถเรียกได้อีกอย่างว่า 1,3/1,6-β-glucan (Carbonero et al., 2012)



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของสารบีตากลูแคน ชนิด 1,3/1,6-β-glucan

ที่มา : ภูเบศร์ นิลาทะวงศ์, 2560

สารบีตากลูแคนมีคุณประโยชน์ที่จะช่วยส่งเสริมให้ร่างกายแข็งแรงและมีฤทธิ์ทางชีวภาพหลายด้าน เช่น กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน โดยสารบีตากลูแคนจะช่วยรักษาและเพิ่มจำนวนเม็ดเลือดขาว ซึ่งเป็นตัวช่วยดักจับและทำลายสิ่งแปลกปลอมในร่างกาย นอกจากนี้ยังพบว่าบีตากลูแคนสามารถช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด (anti-diabetes activity) โดยพบว่ามีการทดลองโดยให้หนูซึ่งเป็นโรคเบาหวาน จากการกินอาหารที่มีไขมันสูง กินบีตากลูแคนที่สกัดจากเห็ดนางฟ้าปริมาณ 240 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว เป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่าหนูมีระดับน้ำตาลกลูโคส และ อินซูลิน (insulin) ในเลือดลดลงอย่างมีนัยสาคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มตัวอย่างควบคุม ขณะเดียวกันสารบีตากลูแคนยังสามารถช่วยลดระดับไขมันในเลือด (anti-lipidemia activity) ในหนู โดยพบว่าหนูที่กินบีตากลูแคนมีปริมาณไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) และ โคเลสเตอรอลทั้งหมด (total cholesterol) ลดลง และพบว่ามีปริมาณ HDL cholesterol เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสาคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มตัวอย่างควบคุม (ภูเบศร์ นิลาทะวงศ์, 2560; Kanagasabapathy et al., 2012; Khan and Tania, 2012)

ข้อมูลจาก United States Department of Agriculture (USDA) ได้ระบุถึงปริมาณการบริโภคสารบีตากลูแคนที่สกัดได้จากยีสต์ดำ (*Aureobasidium pullulans*) ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายคลึงกับสารบีตากลูแคนจากเห็ด (Muramatsu et al., 2012) ปริมาณที่แนะนำแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ปริมาณสารบีตากลูแคนที่สกัดได้จากยีสต์ดำ ที่แนะนำในการบริโภคต่อวัน

กลุ่มผู้บริโภค	ช่วงอายุ	ปริมาณสารบีตากลูแคนต่อวัน (มิลลิกรัม/วัน)
เด็ก	3 – 11 ปี	713.9
วัยรุ่นเพศหญิง	12 – 19 ปี	726.6
วัยรุ่นเพศชาย	12 – 19 ปี	972.9
ผู้ใหญ่เพศหญิง	20 ปี ขึ้นไป	551.9
ผู้ใหญ่เพศชาย	20 ปี ขึ้นไป	743.7

ที่มา : ภูเบศร์ นิลาทะวงศ์, 2560

2.3 โปรตีนถั่วเหลือง (soy protein)

ถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนสำคัญ ประกอบด้วยโปรตีนสูงถึงประมาณ 40% โดยน้ำหนักแห้ง จึงมีการนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์โปรตีนหลายประเภท เช่น แป้งถั่วเหลืองที่มีขนาดอนุภาคต่าง ๆ (soy flour and grit) โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น (soy protein concentrate) โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (soy protein isolate) และผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมหรือถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส (texturized soy protein)

2.3.1 โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (soy protein isolate, SPI)

โปรตีนถั่วเหลืองสกัดเป็นโปรตีนที่ได้จากการนำแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันมาละลายน้ำแล้วปรับ pH ให้เป็นด่างที่ 8.0-8.5 ด้วยด่างเจือจาง จากนั้นให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิประมาณ 50-55°C แยกส่วนที่ไม่ละลายซึ่งได้แก่ polysaccharides และบางส่วนของโปรตีนออก จากนั้นนำส่วนที่ละลายมาปรับ pH อีกครั้งด้วยกรดให้เป็น 4.5 ซึ่งเป็นจุดไอโซอิเลกทริก (isoelectric point) ของโปรตีน ทำให้โปรตีนส่วนใหญ่ตกตะกอน กรองตะกอนออกแล้วล้างด้วยน้ำ นำมาปรับ pH ให้เป็นกลาง แล้วจึงนำไปทำให้แห้งจะได้เป็นโปรตีนที่ละลายน้ำได้ดีและง่ายต่อการรวมตัวในอาหาร โปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่ได้จะมีโปรตีนสูงมากกว่า 90% ของน้ำหนักแห้ง มีสีและมีกลิ่นเฉพาะตัว มีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน โปรตีนถั่วเหลืองสกัดมีสมบัติเชิงหน้าที่หลากหลาย ได้แก่ การละลาย ความสามารถในการอุ้มน้ำ การเป็นอิมัลซิไฟเออร์ การจับไขมัน การเกิดโฟม การเกิดเจล จึงมีการนำโปรตีนถั่วเหลืองสกัดมาใช้ในอาหารหลายชนิด (วิไลรัตน์ มณีเสถียรรัตนา, 2535; Zayas, 1997)

2.3.2 ถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส (texturized soy protein, TSP)

ถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัสเป็นผลิตภัณฑ์จากโปรตีนถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการแปรรูปจนมีลักษณะ เนื้อสัมผัส สี กลิ่น และสมบัติด้านการเคี้ยว คล้ายโปรตีนจากเนื้อสัตว์ ผลิตได้จากการเปลี่ยนรูปโปรตีนชนิดผงให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัสเป็นเส้นใยเหนียวและให้ความรู้สึกเคี้ยวได้ มีกระบวนการผลิต 2 วิธีคือ วิธีแรกได้แก่ fiber spinning process โดยการละลายโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ในสารละลายด่างเข้มข้น 14-18% ให้ได้ pH 10-11 ผ่านเข้าเครื่องปั่นทำให้เป็นเส้นใย ทำให้คงสภาพในสารละลายกรดที่ pH 4.6 จากนั้นยืดให้ตึงโดยใช้ลูกกลิ้งรีด นำเส้นใยมารวมเข้าด้วยกัน เติมสารปรุงแต่งและสารอาหารบางอย่าง เพื่อทำให้มีลักษณะคล้ายชิ้นเนื้อมากขึ้น แต่วิธีนี้ยุ่งยากและซับซ้อน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีราคาสูง จึงมีการพัฒนากระบวนการผลิตใหม่คือ thermoplastic extrusion process ใช้แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันเป็นวัตถุดิบ การใช้เครื่อง cooker extruder โปรตีนในแป้งถั่วเหลืองจะได้รับความร้อนและเคลื่อนไปตามสกรูของเครื่อง จนมีความข้นหนืด แล้วอัดผ่านรูเล็ก ๆ ของแม่แบบ จากนั้นทำให้แห้งโดยมีความชื้นสุดท้าย 6-8% ผลิตภัณฑ์นี้มีโปรตีนประมาณ 50% และไขมัน 1.5% (ทัศนีย์ สุพจนาพรชัย, 2530)

2.3.3 ประโยชน์ของโปรตีนถั่วเหลืองต่อสุขภาพ

โปรตีนถั่วเหลืองเป็นแหล่งของสารอาหารที่มีคุณประโยชน์ต่อผู้บริโภคอย่างมาก ซึ่งในปัจจุบันพบว่ามีสารที่มีฤทธิ์ต่อต้านสารก่อมะเร็ง (anticarcinogen) ทั้งสิ้น 5 กลุ่มได้แก่ ไอโซฟลาโวน (isoflavones) ซาโปนิน (saponin) ไฟเตท (phytate) สารยับยั้งเอนไซม์โปรติเอส (protease inhibitor) และไฟโตสเตอรอล (phytosterols) โดยสารในกลุ่มไอโซฟลาโวนที่พบในถั่วเหลือง เช่น จีนิสติน และไดซีน มีฤทธิ์เป็นเอสโตรเจนจากพืช (phytoestrogen) สามารถต้านฤทธิ์ของเอสโตรเจนในร่างกายได้โดยแย่งจับกับรีเซพเตอร์ของเอสโตรเจน ส่งผลให้ลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งที่เกิดจากการกระตุ้นของเอสโตรเจนลดลง ส่วนสารในกลุ่มซาโปนิน มีฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ยับยั้งการเติบโตของเซลล์มะเร็ง สารกลุ่มไฟเตท

สามารถจับกับแร่ธาตุ เช่น แคลเซียมและเหล็ก จึงถือว่าเป็นตัวยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็ง ส่วนสารยับยั้งเอนไซม์โปรติเอส จะยับยั้งการย่อยโปรตีน สามารถป้องกันการกระตุ้นฤทธิ์ของสารก่อมะเร็ง แต่สารกลุ่มนี้ถูกทำลายได้โดยความร้อน จึงทำให้พบในอาหารจากถั่วเหลืองที่มีการแปรรูปในปริมาณน้อย (อธิดา จารุโชติกมล, 2544; Messina and Bames, 1991; Liu, 2000)

นอกจากนี้การบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารจากโปรตีนถั่วเหลืองยังสามารถช่วยป้องกันและลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลายชนิด เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคเบาหวาน ภาวะโรคกระดูกพรุนในหญิงวัยก่อนและหลังหมดประจำเดือน และยังมีการนำโปรตีนถั่วเหลืองมาใช้เป็นอาหารสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมปริมาณแคลอรีสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน และมีงานวิจัยที่เผยแพร่อย่างกว้างขวางว่าโปรตีนถั่วเหลืองสกัด สามารถลดโคเลสเตอรอล ลดความเสี่ยงของโรคหัวใจ และลดโคเลสเตอรอลชนิด low-density lipoprotein (LDL) ซึ่งเป็นไขมันที่ไม่มีประโยชน์และสามารถรักษาระดับของโคเลสเตอรอลชนิด HDL (Fabien et al., 2003; Paulsen, 2009)

2.4 เบอร์เกอร์

เบอร์เกอร์เป็นเป็นผลิตภัณฑ์ยอดนิยมสำหรับวิถีชีวิตและสังคมที่เร่งรีบ ผู้บริโภคคือคนทุกเพศทุกวัย เนื่องจากเป็นเนื่องจากมีความสะดวกในการเตรียมและรับประทาน เบอร์เกอร์ส่วนใหญ่มีไขมันสูงและใยอาหารต่ำ ดังนั้นการบริโภคมากเกินจะทำให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพ จึงมีงานวิจัยมากมายที่ต้องการลดปริมาณไขมันในเบอร์เกอร์ แต่ก็ยังมีความต้องการในการคงคุณสมบัติทางกายภาพและคุณภาพในการรับประทานให้ดีขึ้น และด้วยปัญหาความนิยมในการรับประทานเบอร์เกอร์ในทางเศรษฐศาสตร์ทำให้เนื้อสัตว์แปรรูป เช่น เนื้อบด หมูบด มีราคาสูง และเป็นปัญหามากในประเทศกำลังพัฒนา ทำให้เกิดปัญหาการขาดโปรตีน จึงแนะนำให้เสริมโปรตีนโดยใช้ทรัพยากรที่ไม่แพง เช่น โปรตีนจากพืชมาทดแทนเนื้อสัตว์ เพื่อเป็นอาหารทางเลือกให้กับผู้บริโภค (Akesowan, 2010; Keeton, 1983)

2.5 การใช้โปรตีนจากพืชทดแทนเนื้อสัตว์

โปรตีนจากพืช (plant-based protein) ซึ่งเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโปรตีนสูง แต่ไม่ได้ทำจากเนื้อสัตว์ โดยเฉพาะการผลิตจากพืชที่ให้โปรตีนสูง (protein-rich Plant) ทั้งการผลิตจากถั่ว ธัญพืช รวมไปถึงพืชตระกูลเห็ด รา หรือสาหร่าย ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการผลิตช่วยให้อาหารที่ทำจากพืชให้มีลักษณะทางกายภาพและรสชาติแบบเดียวกับเนื้อสัตว์ เพื่อให้ผู้บริโภคยังคงได้รับ ประสบการณ์ในการบริโภคอาหารเสมือนว่าได้รับประทานเนื้อสัตว์ โดยเฉพาะไมโคโปรตีน (mycoprotein) ที่ผลิตจากการหมักจุลินทรีย์ ซึ่งนอกจากผู้บริโภคจะรู้สึกเหมือนกับการรับประทานเนื้อสัตว์แล้ว ถือว่ามีคุณค่าทางโภชนาการสูง โคเลสเตอรอลต่ำ มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวต่ำ และให้พลังงานแคลอรี่ต่ำกว่าอาหารประเภทเดียวกันที่ปรุงจากเนื้อสัตว์ (Slade, 2018)

FAO, 2010 ได้ให้นิยามของอาหารว่า “อาหารจะต้องเป็นอาหารที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม มีสารอาหารครบถ้วน และดีต่อสุขภาพทั้งของคนรุ่นนี้และรุ่นต่อ ๆ ไป” ซึ่งการบริโภคเนื้อสัตว์เป็นสิ่งที่ไม่ยั่งยืน

เนื่องจากการเลี้ยงสัตว์และการแปรรูปอาหารจากเนื้อสัตว์ต้องใช้ทรัพยากรธรรมชาติเป็นจำนวนมาก มีการศึกษาพบว่า ในการเลี้ยงสัตว์เพื่อให้ได้ปริมาณเนื้อ 1 กิโลกรัม ต้องใช้อาหารสำหรับการเลี้ยงสัตว์มากถึง 14-20 กิโลกรัม และพบว่าการทำปศุสัตว์ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซมีเทน (methane) ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจก ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Delgado et al., 2008)

2.5.1 การใช้เห็ดนางฟ้าเพื่อทดแทนเนื้อหมู

เห็ดนางฟ้า เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีการเจริญเติบโตเป็นกลุ่มของเส้นใย (mycelium) ที่อัดแน่นรวมกันขณะที่กล้ามเนื้อลายของเนื้อหมูก็มีลักษณะเป็นเส้นใยเช่นกันซึ่งเรียกว่า ไมโอไฟบริล (myofibril) ด้วยลักษณะความเป็นเส้นใยนี้จึงทำให้เห็ดสามารถใช้ทดแทนเนื้อสัมผัสของหมูได้ รวมถึงเห็ดนางฟ้ามีรสชาติ Umami คือรสความอร่อย ซึ่งมาจากการที่เห็ดนางฟ้ามีกรดอะมิโนกลูตามิคเป็นองค์ประกอบ โดยกรดอะมิโนชนิดนี้ทำหน้าที่ช่วยกระตุ้นประสาทรับรสอาหารให้ไวกว่าปกติ และมีรสชาติคล้ายกับเนื้อสัตว์ นอกจากนี้มีรายงานศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเนื้อสัมผัสและรสชาติของเนื้อเบอร์เกอร์ไก่ที่ใช้เห็ดนางฟ้าทดแทนเพียงบางส่วน พบว่าเนื้อสัมผัสมีความแข็ง (hardness) ลดลง และมีความเด้ง (springiness) มากขึ้นเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ทำจากเนื้อไก่ล้วน อีกทั้งยังมีค่าความเคี้ยวได้ (chewiness) เพิ่มมากขึ้นและค่าการเกาะติด (cohesiveness) ลดลงตามปริมาณของเห็ดนางฟ้าที่เพิ่มขึ้น และพบว่าเห็ดนางฟ้ามีส่วนช่วยให้เนื้อเบอร์เกอร์ไก่มีรสชาติและกลิ่นดีขึ้น (Kumar et al., 2017; Wan Rosli et al., 2011)

2.5.2 โปรตีนถั่วเหลืองเพื่อทดแทนเนื้อหมู

โปรตีนถั่วเหลืองสกัดและโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส นิยมนำมาใช้ทดแทนเนื้อสัตว์ เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนสูง กลิ่นถั่วไม่รุนแรง และมีราคาถูก จึงนิยมนำมาผสมในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์หลายชนิดเพื่อลดต้นทุนการผลิต อีกทั้งมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ที่สำคัญ ในการขึ้นรูปเนื้อเบอร์เกอร์ เช่น การเป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ช่วยทำให้น้ำและน้ำมันผสมเป็นเนื้อเดียวกัน เป็นอิมัลชันที่คงตัว มีความสามารถในการอุ้มน้ำ ลดการหดตัวของผลิตภัณฑ์ระหว่างให้ความร้อน การเกิดเจล (gelation) หลังจากได้รับความร้อนทำให้เนื้อมีความยืดหยุ่น และยึดติดกันมากขึ้น สามารถอุ้มน้ำไว้ภายในเนื้อได้ ช่วยให้เนื้อสัมผัสดีขึ้น (วิไลรัตน์ มณีเสถียรรัตนา, 2535; Martins, 2006)

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบ สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

3.1.1 วัตถุดิบ

- เห็ดนางฟ้าสด
- โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (soy protein isolate) (Abbra Corporation Limited)
- โปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส (texturized soy protein) เบอร์ 2 (บริษัท ฟู้ดเทค โปรดักส์ จำกัด)
- หอมหัวใหญ่ ตลาดสดสามย่าน
- แป้งมัน ตรา ปลามังกร (บริษัท อี.ที.ซี. เอี๊ยบตงจั่น จำกัด)
- พริกไทยดำป่น ตรามือที่ 1 (หจก. บางกอกซิลลี่และง่วนสูนกรุ๊ป)
- กระเทียมป่น ตรามือที่ 1 (หจก. บางกอกซิลลี่และง่วนสูนกรุ๊ป)
- เกลือ ตราปรุงทิพย์ (บริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด)
- น้ำมันรำข้าว ตรา คิง (บริษัท น้ำมันบริโภคไทย จำกัด)

3.1.2 สารเคมี

- 520390 CB Grilled meat flavor [Firmenich (Thailand) Ltd.]
- HJ 0586 Pork flavor (R&B Food Supply Co.,Ltd.)
- caramel SRC 4400 (Abbra Corporation Limited)
- Binding agent (Meatline 9078) (Abbra Corporation Limited)

3.1.3 วัสดุและอุปกรณ์

- หม้อสแตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 38 นิ้ว
- กระชอน
- ผ้าขาวบาง
- ถาดอะลูมิเนียม
- ถ้วยสแตนเลส
- พิมพ์รูปวงกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร
- หม้อนึ่งอะลูมิเนียม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 นิ้ว
- ตู้อบลมร้อน (Memmert, UF 110, Buchenbach, Germany)

- เครื่องวัดความชื้น (Mettler Toledo® - MJ 33Infrared Moisture Analyzer, Ohio, USA)
- เครื่องปั่นแห้งโถเล็ก (TEFAL ,รุ่น BL307 ,ประเทศไทย)
- เครื่องปั่นแห้งโถใหญ่ (KENWOOD ,รุ่น FPP230 ,ประเทศไทย)
- เครื่องผสมอาหาร (KITCHENAID, รุ่น classic ,ประเทศไทย)
- เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Santorius, BA4100S, Bradford, Germany)
- ตู้เย็น (Sanyo, SF-C95, Tokyo, Japan)
- ถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนผิวเรียบ หนา 160 ไมครอน ขนาด 20x25 cm (Packing by TCS)
- เครื่องปิดผนึกสุญญากาศ (Multivac Type, AG 500, Sepp Haggenmuller KG,Wolfertschwenden, Germany)
- เครื่องวัดสี Chroma Meter (Konica Minolta, CR-400, Japan)
- เครื่องวัดเนื้อสัมผัส(Texture Analyzer) (Model TA-XTPlus, Stable Micro Systems, USA)

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.2.1 ขั้นพัฒนาสูตรของเบอร์เกอร์

เห็ดนางฟ้า ตลาดสดสามย่าน ครั้งละ 10 กิโลกรัม สำหรับการอบเห็ด 1 ครั้ง เพื่อเก็บไปใช้ในการผลิตเบอร์เกอร์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

ล้างทำความสะอาดเห็ดนางฟ้าสด และสะเด็ดน้ำให้แห้ง หั่นเป็นชิ้นขนาด 2x3 ซม. และนำไปลวกเป็นเวลา 3 นาที และบีบน้ำออกด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 °C จนเห็ดมีความชื้นประมาณ 2.6-2.7% ต่อเห็ดแห้ง 3.4 – 3.6 กรัม เมื่อต้องการใช้ให้นำไปแช่น้ำร้อนเป็นเวลา 30 นาที และปั่นด้วยเครื่องปั่นแห้งโถเล็กเป็นเวลา 30 วินาที

ชั่งโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส ตามที่กำหนด และนำไปแช่น้ำร้อนเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นปั่นหยาบด้วยเครื่องปั่นแห้งโถใหญ่ ความเร็วระดับ 1 เป็นเวลา 30 วินาที และแปรสัดส่วนเห็ดนางฟ้าต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัสเป็น 70 : 5 : 25, 60 : 5 : 35, 60 : 10 : 30, 50 : 10 : 40 ผสมสัดส่วนที่แบ่งไว้ มาใส่ส่วนผสมอื่นๆในปริมาณคงที่ ดังนี้

ส่วนผสม	ร้อยละโดยน้ำหนักทั้งหมด
เห็ดนางฟ้าต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส	25.00
Meatline 9078	10.00
หอมหัวใหญ่ *	5.00
แป้งมัน *	2.00
ผงพริกไทยดำ	0.30

ผงกระเทียม	0.30
เกลือ	1.50
น้ำมันรำข้าว *	5.00
น้ำเย็น	47.2
สี	0.2
Grilled meat flavor	0.50
Pork flavor	3.00

หมายเหตุ: * ใส่หลังจากส่วนผสมอื่นจับตัวเป็นก้อน

ที่มา : ดัดแปลงสูตรจากแผ่นเนื้อปลาดุกบดบิ๊กอุยเสริมว่านหางจระเข้ (วรางคณา สมพงษ์ และคณะ, 2561)

นำสี caramel SRC 4400 มาละลายในน้ำเย็น ผสมลงไปให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมอาหาร ประมาณ 3 นาทีหรือจนเนื้อจับตัวเป็นก้อน หั่นหัวหอมใหญ่เป็นลูกเต๋า ชั่งแป้งมันและน้ำมันรำข้าวใส่ลงไป และนวดให้เข้ากันเป็นเวลา 2-3 นาที แช่ตู้เย็นเป็นเวลา 15 นาที

ขึ้นรูปเบอร์เกอร์ด้วยพิมพ์วงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 ซม. หนา 1 ซม. นำไปนึ่งเป็นเวลา 30 นาที บรรจุแบบสุญญากาศในถุงพลาสติกปิดสนิท และเก็บไว้ในสภาวะแช่เย็นและแช่เยือกแข็ง เมื่อต้องการทำการทดสอบ ให้นำออกมาคายความเย็น อุ่นในกระทะด้านละ 1 นาที

3.2.2 การประเมินทางประสาทสัมผัส

ประเมินความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น สี รสชาติ และความชอบโดยรวมของตัวอย่างที่แปรสัดส่วนของเห็ดนางฟ้าต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส 4 สูตร สูตรละ 3 ซ้ำ โดยใช้วิธี 7 Point Hedonic กำหนดช่วงคะแนนตั้งแต่ 1-7 (7 หมายถึง ชอบมากที่สุด และ 1 หมายถึง ชอบน้อยที่สุด) ผู้ทดสอบเป็นนิสิตภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ช่วงอายุ 20-23 ปี จำนวน 30 คน เริ่มจากให้ผู้ทดลองชิมทั้ง 12 ตัวอย่าง โดยจัดวางแบบสุ่ม เริ่มจากซ้ายไปขวา ชิมทีละสูตร ให้คะแนน รวมทั้งทานบิสกิตและดื่มน้ำทุกครั้งก่อนชิมตัวอย่างถัดไป

3.2.3 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

- วิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) ด้วยวิธี AOAC (1993)
- วิเคราะห์ไขมัน (Total fat) ด้วยวิธี AOAC (2019)
- วิเคราะห์โปรตีน (Protein) ด้วยวิธี AOAC (2019)
- วิเคราะห์ความชื้น (Moisture) ด้วยวิธี ASEAN Manual of Food Analysis (2011)
- วิเคราะห์เถ้า (Ash) ด้วยวิธี ASEAN Manual of Food Analysis (2011)
- วิเคราะห์ใยอาหารทั้งหมด (Total dietary fiber) ด้วยวิธี AOAC (2019)

3.2.4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บ

เก็บตัวอย่างเบอร์เกอร์สูตรที่ดีที่สุด บรรจุในแบบสุญญากาศ โดยเก็บ 2 สภาวะคือแช่เย็น อุณหภูมิ 4±2 ºC สุ่มตัวอย่างทุก ๆ 3 วัน เป็นเวลา 14 วัน และเก็บในสภาวะแช่เยือกแข็ง อุณหภูมิ -18±5 ºC สุ่มตัวอย่างทุก ๆ 7 วัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์

3.2.4.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

วัดค่าสีด้วยเครื่อง Chroma Meter โดยวัด 5 ซ้ำต่อ 1 ตัวอย่าง และวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer TA-XTPlus โดยวัด 3 ซ้ำต่อ 1 ตัวอย่าง ในระหว่างการเก็บผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูในระหว่างการเก็บแบบแช่เย็นและแช่แข็ง

3.2.4.2 การประเมินทางประสาทสัมผัส

ประเมินการเปลี่ยนแปลงด้านสี กลิ่นหมู การออกแรงเคี้ยว และรสชาติเค็ม ทดสอบเชิงพรรณนาด้วยวิธี Quantitative descriptive analysis (QDA) ด้านลักษณะทางเนื้อสัมผัส โดยใช้ 15 cm-Line scale กำหนดช่วงตั้งแต่ 0 – 15 (0 หมายถึงน้อยที่สุด และ 15 หมายถึงมากที่สุด) ผู้ทดสอบเป็นนิสิตภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร อายุ 20-23 จำนวน 8 คน วิเคราะห์ความแตกต่างกันของข้อมูลระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ทำขึ้นใหม่กับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเก็บมาเป็นเวลา 1 สัปดาห์ และ 1 เดือนเทียบกับตัวอย่างอ้างอิง

3.2.4.3 การตรวจวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์

ทำการตรวจ Total Plate Count (TPC) ตามวิธี FDA, BAM (2011) ของเบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูที่เก็บ 2 สภาวะคือแช่เย็น และแช่เยือกแข็ง

3.2.5 การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

การวิเคราะห์ Texture Profile Analysis การวัดสี และการตรวจวิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (Analysis of variance; One-way ANOVA) และเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วย Duncan’s New Multiple Range Test (DNMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ประมวลผลโดยโปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Packages for the Social Science (SPSS) version22

การวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ seven-point hedonic และ การทดสอบเชิงพรรณนาด้วยวิธี Quantitative descriptive analysis (QDA) วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (Analysis of variance; One-way ANOVA) และใช้การเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วย Duncan’s New Multiple Range Test (DNMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ประมวลผลโดยโปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Packages for the Social Science (SPSS) version22

การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสและค่าสีสำหรับตัวอย่างที่เก็บแบบแช่เย็นใช้การเปรียบเทียบคู่ ด้วย Paired-sample T test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

บทที่ 4
ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาหาสูตรเบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด

ศึกษาด้านเนื้อสัมผัส สี และทำการประเมินทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูทั้ง 4 สูตร เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในการเลือกสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด และสามารถเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกให้กับผู้บริโภคได้

4.1.1 การศึกษาเนื้อสัมผัสและสีของเบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูที่แปรสัดส่วนของเห็ดนางฟ้าต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัสทั้ง 4 สูตร

ตารางที่ 4.1 เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูที่แปรสัดส่วนของเห็ดนางฟ้าต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส

สัดส่วนเห็ดนางฟ้า : โปรตีนถั่วเหลืองสกัด : โปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส	Hardness (N)	Adhesiveness^{ns} (J)	Springiness^{ns} (mm)	Chewiness (J)	Gumminess (N)	Cohesiveness
50 : 10 : 30	101.31^{a}±1.732	-1.58±0.084	0.53±0.014	23.63^{a}±0.652	44.81^{a}±0.664	0.44^{a}±0.009
60 : 5 : 35	114.61^{b}±0.518	-1.56±0.030	0.54±0.026	29.16^{b}±1.605	54.29^{b}±0.513	0.47^{bc}±0.004
60 : 10 : 30	117.86^{c}±0.189	-1.59±0.048	0.52±0.057	28.47^{b}±3.322	54.68^{b}±1.235	0.46^{b}±0.011
70 : 5 : 25	121.14^{d}±0.216	-1.54±0.038	0.57±0.050	33.39^{b}±3.478	58.43^{c}±1.111	0.48^{c}±0.010

ค่าในตารางแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± SD จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

a,b,c...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ตัวเลขที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.1 พบว่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูที่แปรสัดส่วนของเห็ดนางฟ้าต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส มีค่า hardness chewiness gumminess และ cohesiveness แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในทุกสัดส่วน สำหรับค่า adhesiveness และ springiness พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดย Hardness มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณเห็ดนางฟ้าที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเห็ดนางฟ้าที่ใส่ในสูตรผ่านกระบวนการอบแห้งมาก่อน จึงมีความแข็งมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ ค่า chewiness ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ค่าที่เพิ่มขึ้นแสดงให้เห็นว่าเบอร์เกอร์มีค่าพลังงานในการเคี้ยวสูงขึ้น ส่งผลให้ผู้บริโภคต้องออกแรงเคี้ยวเพิ่มมากขึ้น (Kotwaliwale et al., 2007) สำหรับค่า

Cohesiveness มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งกล่าวได้ว่าเบอร์เกอร์มีค่าพลังงานการยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหารสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่า gumminess ที่เพิ่มขึ้น เพราะผู้บริโภคต้องใช้แรงมากขึ้นในการทำให้ชิ้นอาหารแตกออกจนสามารถกลืนได้ จากการวิเคราะห์ผลสรุปได้ว่า เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูนี้จะมีความแข็งเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณเห็ดนางฟ้าอบแห้งที่ใส่เพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลต่อการใช้พลังงานมากในการออกแรงเคี้ยว และพบว่าสัดส่วน 70 : 5 : 25 มีค่า hardness cohesiveness springiness chewiness และ gumminess สูงที่สุด ยกเว้นค่า adhesiveness

ตารางที่ 4.2 ค่าสีของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูที่แปรสัดส่วนของเห็ดนางฟ้าต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส

สัดส่วนเห็ดนางฟ้า : โปรตีนถั่วเหลืองสกัด : โปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส	L^{*ns}	a^{*ns}	b^{*ns}
50 : 10 : 30	44.28±0.48	6.39±0.98	18.92±0.66
60 : 5 : 35	43.07±2.50	6.67±0.24	17.94±1.16
60 : 10 : 30	42.00±0.28	6.58±0.16	17.82±0.65
70 : 5 : 25	43.18±1.81	6.58±0.41	18.85±1.37

ค่าในตารางแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± SD จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ
ns ตัวเลขที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

จากตารางที่ 4.2 พบว่าการวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูที่แปรสัดส่วนของเห็ดนางฟ้าต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัสทั้ง 4 สูตร มีค่าสีแดง-เขียว (a*) ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) และค่าความสว่าง (L*) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ในทุกสัดส่วน (Wan Rosli et al., 2011) ทั้งนี้เนื่องจากมีการใช้สี caramel SRC 4400 ในปริมาณที่เท่ากันในสูตร ทำให้ไม่เกิดแตกต่างของค่าสี

4.1.2 การประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูที่แปรสัดส่วนของเห็ดนางฟ้าต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส

การประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูทั้ง 4 สูตร ประกอบด้วย 50:10:40 60:5:35 60:10:30 และ 70:5:25 โดยให้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ให้คะแนนความชอบ ด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น สี เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยใช้ seven-point hedonic เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภค

ตารางที่ 4.3 คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูที่แปรอัตราส่วนของเห็ดนางฟ้าต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส จากผู้ทดสอบ 30 คน

สูตรเห็ดนางฟ้า : โปรตีนถั่วเหลืองสกัด : โปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น^{ns}	สี^{ns}	เนื้อสัมผัส	รสชาติ^{ns}	ความชอบโดยรวม
50 : 10 : 30	5.30^{a}±0.95	4.72±1.07	5.02±1.04	4.91^{a}±0.80	5.07±1.07	4.98^{a}±0.78
60 : 5 : 35	4.92^{b}±1.21	4.84±1.05	5.01±1.15	5.47^{b}±0.66	5.17±1.05	5.44^{b}±0.69
60 : 10 : 30	5.11^{ab}±1.14	4.83±1.12	5.10±1.09	5.38^{b}±0.89	5.21±1.07	5.26^{b}±0.81
70 : 5 : 25	5.12^{ab}±1.12	4.77±1.19	5.07±1.11	6.12^{c}±0.67	5.19±1.08	6.20^{c}±0.74

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
ns ตัวเลขที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.3 พบว่าลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น และรสชาติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากมีการใส่ส่วนผสมที่ให้สี กลิ่น และรสชาติในเบอร์เกอร์เท่ากันในทุกสูตร ส่งผลให้ไม่เกิดความแตกต่าง อีกทั้งคะแนนด้านสีมีความสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์สีในตารางที่ 4.2 คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) (Wan Rosli et al., 2011) ขณะที่ด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมของสูตร 70 : 5 : 25 สูงที่สุด และยังมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับสูตร 50 : 10 : 30 60 : 5 : 35 และ 60 : 10 : 30 ทั้งนี้คะแนนด้านเนื้อสัมผัสสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสในตารางที่ 4.1 โดยสูตร 70 : 5 : 25 มีค่า hardness cohesiveness springiness chewiness และ gumminess สูงที่สุด ยกเว้นค่า adhesiveness ทำให้ส่งผลต่อคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ โดยผู้ทดสอบชอบเนื้อสัมผัสของเบอร์เกอร์ที่ให้การออกแรงเคี้ยวเหมือนการเคี้ยวเนื้อสัตว์จริงและเนื้อสัมผัสที่มีความฉ่ำน้ำ และยืดหยุ่น (Dosh et al., 2016) จากผลสรุปข้างต้น จึงตัดสินใจเลือกสูตรที่มีการแปรสัดส่วนของเห็ดนางฟ้าต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส ในอัตราส่วน 70 : 5 : 25 เพื่อการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ การเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บในด้านจุลชีววิทยาและคุณสมบัติทางกายภาพต่อไป

4.2 การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูที่แปรสัดส่วนของเห็ดนางฟ้าต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส ในอัตราส่วน 70 : 5 : 25

ตารางที่ 4.4 คุณค่าทางโภชนาการของเบอร์เกอร์กลิ่นรสหมู

คุณค่าทางโภชนาการ(g/100g)	
ความชื้น	66.65
โปรตีน	11.58
ไขมัน	3.89
เถ้า	1.87
คาร์โบไฮเดรต	16.01
ปริมาณใยอาหารทั้งหมด	9.98

จากผลการวิเคราะห์พบว่า การรับประทานเบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูนี้ 100 กรัม ผู้บริโภคจะได้รับโปรตีน 11.58 กรัม จากปริมาณโปรตีนที่ควรได้รับต่อวัน คือ 50 - 75 กรัม (ปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย (DRI), 2563) ซึ่งปริมาณโปรตีนที่ได้มาจากเห็ดนางฟ้า โปรตีนถั่วเหลืองสกัดและโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัสเป็นหลัก เมื่อพิจารณาปริมาณไขมันพบว่า ผู้บริโภคจะได้รับเพียง 3.89 กรัม เมื่อเทียบกับปริมาณไขมันที่ควรได้รับต่อวันคือ 45 – 78 กรัม ความชื้นมีปริมาณสูงสุด คือ 66.65 กรัม เนื่องจากสูตรในการทำผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูนี้มีน้ำเป็นส่วนผสมในอัตราส่วนที่มากที่สุด เมื่อพิจารณาปริมาณใยอาหารทั้งหมดพบว่าผู้บริโภคจะได้รับ 9.98 กรัม จากปริมาณใยอาหารที่ควรได้รับต่อวันคือ 25 -38 กรัม ซึ่งปริมาณใยอาหารที่ได้นี้มาจากเห็ดนางฟ้าเป็นหลัก เพราะโดยทั่วไปแล้วเห็ด มีปริมาณใยอาหารที่สูง ปริมาณคาร์โบไฮเดรตพบว่ามีน้อยคือ 16.01 กรัม เมื่อเทียบกับคาร์โบไฮเดรตที่ควรได้รับต่อวันคือ 225 – 235 กรัม และปริมาณเถ้าพบว่ามี 1.87 กรัม ทั้งนี้คาดว่าปริมาณที่ได้มาจากแร่ธาตุที่มีอยู่ในเห็ดนางฟ้า

4.3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บของเบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูที่แปรสัดส่วนของเห็ดนางฟ้าต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส ในอัตราส่วน 70 : 5 : 25

ศึกษาผลของการเก็บผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูในสภาวะแช่เย็นและสภาวะแช่เยือกแข็ง ด้านเนื้อสัมผัส สี และทำการประเมินทางประสาทสัมผัส เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บ รวมถึงทำการตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูนี้อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยต่อการบริโภค

4.3.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสและสีของเบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูระหว่างการเก็บในสภาวะแช่เย็น (Chill) และแช่เยือกแข็ง (Freeze)

จากการทดลองศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ โดยนำเบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูมาคายความเย็นวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที สำหรับกรณีแช่เย็น และ 2 ชั่วโมง สำหรับกรณีแช่แข็ง จากนั้นทำการวัดเนื้อสัมผัสและสีของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมู

ตารางที่ 4.5 เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูระหว่างการเก็บในสภาวะแช่เย็น (Chill)

ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	Hardness (N)	Adhesiveness (J)	Springiness (mm)	Chewiness (J)	Gumminess (N)	Cohesiveness
0	267.14^{a}±1.958	-416.94^{a}±0.899	0.27^{a}±0.004	13.19^{a}±0.418	48.21^{a}±1.106	0.18^{a}±0.003
4	340.72^{b}±1.047	-697.20^{b}±1.035	0.25^{b}±0.003	21.75^{b}±0.627	84.19^{b}±1.660	0.25^{b}±0.005

ค่าในตารางแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± SD จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.6 เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูระหว่างการเก็บในสภาวะแช่เยือกแข็ง (Freeze)

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	Hardness (N)	Adhesiveness (J)	Springiness (mm)	Chewiness (J)	Gumminess (N)	Cohesiveness
0	251.91^{a}±1.471	-463.50^{a}±1.833	0.62^{a}±0.236	33.92^{a}±1.291	54.66^{a}±1.125	0.22^{a}±0.004
2	305.35^{b}±1.004	-699.55^{b}±1.057	0.55^{b}±0.016	43.71^{b}±1.871	79.87^{b}±1.630	0.26^{b}±0.005
4	450.87^{c}±1.568	-812.92^{c}±1.949	0.46^{c}±0.008	58.21^{c}±1.630	127.40^{c}±1.340	0.28^{c}±0.002

ค่าในตารางแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± SD จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.5 และ 4.6 พบว่าผลการวิเคราะห์ด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูระหว่างระยะเวลาการเก็บทั้งในสภาวะแช่เย็นและแช่แข็ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในด้าน hardness adhesiveness springiness chewiness gumminess และ cohesiveness โดยค่า Hardness ตามระยะการเก็บพบว่ามีค่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดจากแป้ง ที่เป็นส่วนผสมในสูตรของการทำเบอร์เกอร์ พบว่า แป้ง เมื่อทำให้สุกที่อุณหภูมิสูงและปล่อยให้เย็นหรือ เก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ จะเกิดปรากฏการณ์ รีโทรเกรเดชัน (retrogradation) คืออะไมโลสและอะไมโลเพคตินจะเคลื่อนที่เข้ามาใกล้กันและ

จับตัวกันด้วยพันธะไฮโดรเจน เกิดการจัดเรียงตัวของโมเลกุลขึ้นใหม่ และขับน้ำที่เคยจับอยู่ออกจากโมเลกุล ทำให้เนื้อสัมผัสมีความแข็งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่า cohesiveness และ chewiness ที่มีแนวโน้มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บ เพราะเมื่อเนื้อสัมผัสมีความแข็งขึ้น แสดงว่าการยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหารจะมาก และทำให้ผู้บริโภคต้องออกแรงในการเคี้ยวสูงขึ้น (Jankowski, 1992) สำหรับค่า adhesiveness พบว่ามีแนวโน้มติดลบมากขึ้น สาเหตุมาจากระยะเวลาการเก็บที่นาน ส่งผลให้เกิดการขับน้ำออกจากเนื้อเบอร์เกอร์มากยิ่งขึ้น ทำให้เนื้อเบอร์เกอร์ขาดความยืดหยุ่น ซึ่งสอดคล้องกับค่า springiness ที่ลดลง (Perdon et al., 1999) ค่า Gumminess พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บ

ตารางที่ 4.7 ค่าสีของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูระหว่างการเก็บในสภาวะแช่เย็น (Chill)

ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	L^{*ns}	a^{*ns}	b^{*ns}
0	40.79±0.15	7.62±0.11	17.87±0.12
4	40.88±0.18	7.54±0.13	17.83±0.16

ค่าในตารางแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± SD จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

ns ตัวเลขที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05)

ตารางที่ 4.8 ค่าสีของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูระหว่างการเก็บในสภาวะแช่เยือกแข็ง (Freeze)

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	L^{*ns}	a^{*ns}	b^{*ns}
0	41.73±0.13	7.35±0.26	17.95±0.18
2	41.87±0.16	7.14±0.25	17.98±0.21
4	41.83±0.18	7.25±0.20	17.96±0.20

ค่าในตารางแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± SD จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

ns ตัวเลขที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05)

จากตารางที่ 4.7 และ 4.8 พบว่าการวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูที่เก็บทั้งในสภาวะแช่เย็น (Chill) และในสภาวะแช่แข็ง (Freeze) ให้ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง-เขียว (a*) และค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการเก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิต่ำ จะสามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาในอาหารที่อาจส่งผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ได้ ประกอบกับการบรรจุแบบสูญญากาศ ที่สามารถป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งได้บ้าง ทำให้ไม่ส่งผลต่อสีของผลิตภัณฑ์มากเกินไปในช่วงของการละลายตัวอย่างก่อนวัด (Lanari et al., 1990) อย่างไรก็ตามค่าความสว่างของตัวอย่างที่เก็บในสภาวะแช่แข็งมีค่าสูงกว่าตัวอย่างที่เก็บในสภาวะแช่เย็น สาเหตุอาจเป็นเพราะอุณหภูมิที่เก็บตัวอย่างนั้นต่ำกว่า และด้วยระยะเวลาในการเก็บที่นานกว่า ทำให้มีผลึกน้ำแข็งเกิดขึ้นมากกว่า และเมื่อทำการละลายหรือคายความเย็นก่อนวัด อาจทำให้สีดูจางลงเนื่องจากน้ำที่ละลายออกมา

4.3.2 การประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูระหว่างการเก็บ

การประเมินความเข้มลักษณะต่างๆของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูระหว่างการเก็บ 2 ตัวอย่าง ตัวอย่างที่ 1 เก็บที่สภาวะแช่เย็น 1 สัปดาห์ ตัวอย่างที่ 2 เก็บที่สภาวะแช่แข็ง 4 สัปดาห์ โดยให้ผู้ทดสอบจำนวน 8 คน ให้คะแนนความเข้ม ด้านสี กลิ่นหมู การออกแรงเคี้ยว และรสชาติเค็ม ของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเก็บ เทียบกับตัวอย่างอ้างอิง (ตัวอย่างทำใหม่) โดยใช้การทดสอบเชิงพรรณนา เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงในด้านดังกล่าวของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.9 คะแนนที่ผู้ทดสอบทั้ง 8 คนเห็นตรงกันเมื่อชิมตัวอย่างอ้างอิง (Reference)

ลักษณะ	คะแนน
สี	12
กลิ่นหมู	3
การออกแรงเคี้ยว	6
รสชาติเค็ม	5

ตารางที่ 4.10 ผลการประเมินความเข้มลักษณะต่างๆของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูระหว่างการเก็บที่สภาวะแช่เย็น และแช่แข็ง เทียบกับตัวอย่างอ้างอิง(Reference)

ลักษณะ	คะแนน		
	ตัวอย่างอ้างอิง	ตัวอย่างที่เก็บแช่เย็น 1 สัปดาห์	ตัวอย่างที่เก็บแช่แข็ง 4 สัปดาห์
สี	12^{a}±0.00	12.96^{b}±0.78	10.80^{c}±2.08
กลิ่นหมู	3^{a}±0.00	5.13^{b}±2.79	4.02^{ab}±1.91
การออกแรงเคี้ยว	6^{a}±0.00	6.49^{a}±1.97	7.53^{b}±2.30
รสชาติเค็ม	5^{a}±0.00	5.64^{b}±0.69	5.61^{b}±1.16

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
ns ตัวเลขที่อยู่ในแถวเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.8 เมื่อพิจารณาด้านสีพบว่าทุกตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่เก็บ 1 สัปดาห์มีสีเข้มที่สุด ขณะที่ตัวอย่างที่เก็บ 4 สัปดาห์มีสีอ่อนที่สุด เมื่อเทียบกับตัวอย่างอ้างอิง ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์สีของตัวอย่างเบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูระหว่างการเก็บในตารางที่ 4.5 และ 4.6 คือ สีของตัวอย่างที่เก็บในสภาวะแช่แข็งเป็นเวลา 4 สัปดาห์ให้สีที่อ่อนหรือจางกว่า ตัวอย่างที่เก็บในสภาวะแช่เย็น ด้านกลิ่นหมูพบว่า ตัวอย่างที่เก็บแช่แข็ง 4 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) กับ ตัวอย่างอ้างอิงและตัวอย่างที่เก็บแช่เย็น 1 สัปดาห์ แต่ตัวอย่างอ้างอิงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับตัวอย่างที่เก็บแช่เย็น 1 สัปดาห์ ทั้งนี้ตัวอย่างที่เก็บแช่เย็น 1 สัปดาห์ให้กลิ่นหมูสูงที่สุด

ด้านการออกแรงเคี้ยว พบว่าตัวอย่างอ้างอิงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)กับตัวอย่างที่เก็บแช่เย็น 1 สัปดาห์ แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) กับตัวอย่างที่เก็บแช่แข็ง 4 สัปดาห์ ทั้งนี้จากคะแนนจะเห็นได้ว่าผู้ทดสอบจะต้องออกแรงเคี้ยวเพิ่มมากขึ้นสำหรับตัวอย่างที่ผ่านการเก็บ เมื่อเทียบกับตัวอย่างอ้างอิง ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจาก แป้งมัน ซึ่งเป็นหนึ่งในส่วนผสมของการทำเบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูนี้ โดยทั่วไปแล้ว แป้งเมื่อทำให้สุกที่อุณหภูมิสูง แล้วปล่อยให้เย็นตัวลง หรือนำมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ จะทำให้เกิดการปรากฏการณ์ “รีโทรเกรเดชัน (retrogradation)” คือ โมเลกุลของแอมิโลสและแอมิโลเพคตินซึ่งอยู่ใกล้กันจะเคลื่อนที่เข้ามาใกล้กันและจับตัวกันด้วยพันธะไฮโดรเจน ทำให้เกิดการจัดเรียงตัวของโมเลกุลขึ้นใหม่ และขับน้ำที่เคยจับอยู่ออกจากโมเลกุล ทำให้เนื้อสัมผัสมีความแข็งขึ้น ประกอบกับการเก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะเร่งให้เกิดรีโทรเกรเดชันได้เร็วขึ้น (Jankowski, 1992) ด้วยเหตุนี้การเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่ำ เป็นเวลานาน จึงส่งผลให้มีแนวโน้มในการออกแรงเคี้ยวเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ด้านรสชาติเค็ม พบว่า ตัวอย่างอ้างอิงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) กับตัวอย่างที่เก็บแช่เย็น 1 สัปดาห์ และตัวอย่างที่เก็บแช่แข็ง 4 สัปดาห์ ทั้งนี้ตัวอย่างที่เก็บแช่เย็น 1 สัปดาห์ให้รสชาติเค็มสูงที่สุด

4.3.3 การเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูระหว่างการเก็บ

ตารางที่ 4.11 ผลวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูระหว่างการเก็บในสภาวะแช่เย็น (Chill)

ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	Total plate count (CFU/g)
0	2×10^1
4	4.5×10^1
7	5×10^1
11	7.5×10^1
14	5×10^1

ตารางที่ 4.12 ผลวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูระหว่างการเก็บในสภาวะแช่เยือกแข็ง (Freeze)

ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)	Total plate count (CFU/g)
0	7×10^1
2	1.6×10^2
4	1.2×10^2
6	1.4×10^2

จากตารางที่ 4.11 และ 4.12 ผลวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูระหว่างการเก็บรักษา วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่าในสภาวะแช่เย็นมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงที่สุดคือ 7.5×10^{1} CFU/g ซึ่งน้อยกว่าประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ เรื่องเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2560 ในอาหารปรุงสุกแล้วแช่เย็น ที่ต้องอุ่นก่อนบริโภคที่กำหนดให้มีได้ไม่เกิน 1×10^{6} CFU/g และในสภาวะแช่แข็งมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงที่สุดคือ 1.6×10^{2} CFU/g ซึ่งน้อยกว่าประกาศฯ กำหนดให้ในอาหารปรุงสุกแล้วแช่แข็ง ที่ต้องอุ่นก่อนบริโภคมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน 1×10^{5} CFU/g (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2560) ดังนั้นผลิตภัณฑ์ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และ ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

- สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูจากโปรตีนถั่วเหลืองและเห็ดนางฟ้าเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกให้กับผู้บริโภค
- คะแนนประเมินทางลักษณะประสาทสัมผัสพบว่าเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำนานขึ้น ผู้บริโภคยิ่งชอบมากขึ้น
- การรับประทานเบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูจากโปรตีนถั่วเหลืองและเห็ดนางฟ้านี้ 100 g จะได้รับโปรตีน 11.58 g จากปริมาณโปรตีนที่ควรได้รับต่อวันคือ 50 -75 กรัม

5.2 ข้อเสนอแนะ

- จากผลของการบริโภคผลิตภัณฑ์นี้หนึ่งหน่วยบริโภค จะทำให้ได้รับปริมาณโปรตีนเพียง 1 ใน 6 ของปริมาณโปรตีนที่ควรได้รับต่อวัน ทั้งนี้ควรบริโภคโปรตีนจากแหล่งอื่นๆ เพิ่มเติม เพื่อให้ได้รับปริมาณโปรตีนที่เพียงพอต่อวัน
- อาจใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา และควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด
- ตัว binding ในผลิตภัณฑ์นี้คือ Meatline 9078 จาก ABBRA CORPORATION LIMITED ซึ่งมีความจำเพาะ และหาซื้อได้ยาก อาจใช้ binding ชนิดอื่นแทน
- สามารถนำไปประยุกต์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ชนิดอื่นได้

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

จันจิรา รสพิกุล และ วารีย์ ทวนไธสง. (2559). การเพาะเห็ดนางฟ้าในถุงพลาสติก. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต, สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.

ทัศนีย์ สุพจนาพรชัย. (2530). การใช้ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองบางชนิดในไส้กรอก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนกาญจน์ แช่มรัมย์ และ สุรีรัตน์ สุวรรณพัฒน์. การศึกษาวัสดุเพาะที่แตกต่างกันที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้า. (2561). วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต, สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. (2563). เรื่อง ปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย. ค้นเมื่อ 4 เมษายน 2563, จาก http://nutrition.anamai.moph.go.th/images/dri2563.pdf.

ประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. (2560). เรื่องเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3. ค้นเมื่อ 3 เมษายน 2563, จาก http://bqsf.dmsc.moph.go.th/bqsfWeb/wp-content/uploads/2017/06/.pdf.

ภูเบศร์ นิลาทะวงศ์. (2560). ฤทธิ์ทางชีวภาพของสารบีตากลูแคน (β-glucan) ในเห็ด. กลุ่มวิชาชีวเภสัชศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

วิไลรัตน์ มณีเสถียรรัตนา. (2535). การผลิตไส้กรอกเลียนแบบโปรตีนถั่วเหลือง(Production of sausage analogue from soy protein). วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรางคณา สมพงศ์, จักรพงศ์ จิตหนัก, หฤษฎ์ ปิ่นเย็น และภทิรา สุดเลิศ.(2561) การผลิตแพตตี้ปลาดุกบิ๊กอุยเสริมว่านหางจระเข้ (Production of hybrid catfish patties with alo vera). Thai journal of science and technology. 7(6): 560-569.

ศิริกุล คล่องคำนวณการ. (2528). ต้นทุนและผลตอบแทนจากการลงทุนในการผลิตเห็ดหูหนู เห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า และเห็ดเป๋าฮื้อเพื่อการค้า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อธิดา จารุโชติกมล (2544). ถั่วเหลืองและสุขภาพ. วารสารเภสัชศาสตร์และวิทยาศาสตร์สุขภาพ. 2(1): 125-130.

ภาษาอังกฤษ

Alam, N., Khan, A., Hossain, M.S., Amin, S.M.R., and Khan, L.A. (2007). Nutritional Analysis of Dietary Mushroom- *Pleurotus florida* Eger and *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer. Bangladesh Journal of Mushroom. 1(2): 1-7.

Carbonero, E.R., Ruthes, A.C., Freitas, C.S., Utrilla, P., Galvez, J., Silva, E.V.D., Sassaki, G.L., Gorin, P.A.J., and Iacomini, M. (2012). Chemical and biological properties of a highly

branched β-glucan from edible mushroom Pleurotus sajor-caju. Carbohydrate Polymers. 90(2): 814-819.

Delgado, C.L., Narrod, C.A., Tiongo, M.M., Costalase, A., Mehta, R. and Naranong V. (2008). Determinants and implications of the growing scale livestock farms in four fast-growing developing country. Retrieved May 15, 2020 from https://www.researchgate.net /publication /5056984.

Dosh, K.S., Tawfig, N.N., and Jabbar, S.H. (2016). Preparation of modified chicken burger by partial replacement of chicken meat with powdered of oyster mushroom and study it is physical and sensory properties. Journal of Agricultural Science. 47 (7): 138-143.

Fabien, S.D., Peter, R.E., Dimitra, K., Barry P.M., and Helena, J.T. (2003). The effects of soy protein containing isoflavones on lipid and indices of bone resorption in postmenopausal women. Clinical Endocrinology. 58: 704- 709.

Indian Agricultural Statistics Research Institute. (2009). Oyster Mushroom Cultivation. Retrieved September 3, 2019 from http://agridaksh.iasri.res.in/html_file/ mushroom/15_Mush_oyster_cult.html.

Jankowski, T. (1992). Influence of starch retrogradation on the texture of cooked potato tuber. International Journal of Food Scienceand Technology 27: 637-642.

Kanagasabapathy, G., Kuppusamy, U.R., Malek, S.N.A., Abdulla, M.A., Chua, K.H., and Sabaratnam, V. (2012). Glucan-rich polysaccharides from Pleurotus sajor-caju (Fr.) Singer prevents glucose intolerance, insulin resistance and inflammation in C57BL/6J mice fed a high-fat diet. BMC Complementary and Alternative Medicine. 12: 261-269.

Keeton, J.T. (1983). Effect of fat and NaCl/Phosphate levels on the chemical and sensory properties of pork patties. Journal of Food Science. 48 (3): 878-886.

Khan, A., and Tania, M. (2012). Nutritional and Medicinal Importance of *Pleurotus* Mushrooms: An Overview. Food Reviews International. 28: 313-329.

Kotwaliwale, N., Bakane, P., and Verma, A. (2007). Changes in textural and optical properties of oystermushroom during hot air drying. Journal of Food Engineering. 78: 1207–1211.

Kumar, P., Chatli, M.K., Mehta, N., Singh, P., Malav, O.P., and Verma, A.K. (2017). Meat analogues: Health promising sustainable meat substitutes. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 57: 923-932.

Kurtzman, R.H. Jr (2005). A review mushrooms: sources for modern western medicine. Micologia Aplicada International, 17, 21–33.

Lanari, M.C., Bevilacqua, A.E., and Zaritzky, N.E. (1990). Pigment modifications during freezing and frozen storage of pachaged beef. Journal of Food Process Engineering. 12: 49-66.

Lee, C., Kim, T., Hwang, K., Kim, H., Kim, Y., Kim, C., and Choi Y. (2017). Combined effects of wheat sprout and isolated soy protein on quality properties of breakfast sausage. Korean Journal for Food Science of Animal Resources. 37(1): 52-61.

Liu, K. (2000). Expanding soybean food utilization.ก Food Technology. 54: 46-58.

Manzi, P., Pizzoferrato, L. (2000). Beta-glucans in edible mushrooms. Food Chemistry. 68: 315-318.

Martins, V.B.M., Netto, F.M. (2006). Physicochemical and functional properties of soy protein isolate as a function of water activity and storage. Food Research International. 39(2): 145–153.

Maturin, L., and Peeler, J.T. (2001). Chapter 3 Aerobic Plate Count. Bacteriological Analytical Manual Online. USFDA.

Messina, M., and Barnes, S. (1991). The role of soy products in reducing risk of cancer. Journal of the National Cancer Institute. 83: 541-546.

Muramatsu, D., Iwai, A., Aoki, S., Uchiyama, H., Kawata, K., Nakayama, Y., Nikawa, Y., Kusano, K., Okabe, M., Miyazaki, T. (2012). β-Glucan Derived from Aureobasidium pullulans Is Effective for the Prevention of Influenza in Mice. PLoS ONE. 7(7): e41399. doi:10.1371/journal.pone.0041399.

Paulsen, P.V. (2009). Isolated soy protein usage in beverages. (1st ed.). Cambridge: Woodhead Publishing. 318-345.

Perdon, A. A., Siebenmorgen, T. J., Buescher, R. W., and Gbur, E. E. (1999). Starch retrogradation and texture of cooked milled rice during storage. Journal of Food Science, 64(5): 828-832.

Puwastien, P., Siong, T.E., Kantasubrata, J., Craven, G., Feliciano, R.R., and Judprasong K. (2011). Determination of ash by gravimetric method. ASEAN Manual of Food Analysis. 1: 38-39.

Puwastien, P., Siong, T.E., Kantasubrata, J., Craven, G., Feliciano, R.R., and Judprasong K. (2011). Determination of moisture by air oven. ASEAN Manual of Food Analysis. 1: 1-2.

Puwastien, P., Siong, T.E., Kantasubrata, J., Craven, G., Feliciano, R.R., and Judprasong K. (2011). Determination of total dietary fibre by enzymatic-gravimetric method. ASEAN Manual of Food Analysis. 1: 16-21.

Puwastien, P., Siong, T.E., Kantasubrata, J., Craven, G., Feliciano, R.R., and Judprasong K. (2011). Determination of Total fat by acid hydrolysis method. ASEAN Manual of Food Analysis. 1: 11-13.

Slade, P. (2018). If you build it, will they eat it? Consumer preferences for plant-based and cultured meat burgers. Appetite. 125: 428-437.

Sullivan, D.M., and Carpenter, D.E. (1993). Method of Analysis for Nutrition Labeling. Arlington, VA : AOAC International.

Wan Rosli, W. I., and Aishah, M.S. (2012). *Pleurotus sajor-caju* (PSC) Improves Nutrient Contents and Maintains Sensory Properties of Carbohydrate-based Products. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Nutrition and Food Engineering. 6(3): 87-89.

Wan Rosli, W. I., Solihah, M. A., Aishah, M., Nik Fakurudin, N. A. and Mohsin, S. S. J. (2011). Colour, textural properties, cooking characteristics and fibre content of chicken patty added with oyster mushroom (*Pleurotus sajor-caju*). International Food Research Journal. 18: 621-627.

Wan Rosli, W. I., Solihah, M. A. and Mohsin, S. S. J. (2011). On the ability of oyster mushroom (Pleurotus sajor-caju) conferring changes in proximate composition and sensory evaluation of chicken patty. International Food Research Journal. 18(4): 1463-1469.

Zayas, J. F. (1997). Functionality of Proteins in food. New York: Springer-Verlag.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

วิธีการวิเคราะห์

ก.1 การตรวจวัดค่าสี (Hwang et al., 2013)

เครื่องมือ

- Chroma Meter (Konica Minolta, CR-400, Japan)

วิธีการวิเคราะห์

1.สอบเทียบเครื่อง chroma meter ด้วย white standard plate L* = 97.59, a*=0.00, b*=1.98

2. วัดค่าสี (CIE L*, a*และ b*) บนผิวตัวอย่างจากห้าตำแหน่งที่แตกต่างกันแล้วบันทึกผล

ก.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส

เครื่องมือ

- Texture Analyzer TA-XTPlus และใช้หัววัด P/100

วิธีการวิเคราะห์

1. เปิดเครื่องวัดเนื้อสัมผัส และโปรแกรม Texture Exponent Lite Express
2. ตั้งค่ามาตรฐานด้วยน้ำหนักถ่วง 1000 g และตั้งค่ามาตรฐานความสูง 5 เซนติเมตร
3. เตรียม Probe สำหรับกดตัวอย่างที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร
4. วางตัวอย่างลงบนกึ่งกลางของ Platform
5. ตั้งค่าโปรแกรมเครื่องดังนี้ Option : TPA, Pre-test speed : 1 mm/s, Test speed : 5 mm/s, Post-test speed : 5 mm/s, Distance : 75% strain, Trigger type : Auto-5g และ Time : 5 sec
6. ทำการวัดและบันทึกค่าความแข็ง (hardness – แรงสูงสุดในการกดครั้งแรก), พื้นที่กราฟของการกดครั้งแรก (Area1 หรือ A1), พื้นที่กราฟของการกดครั้งที่ 2 (Area2 หรือ A2), Adhesiveness (Area3 หรือ A3), Time difference 1:2 (T1) และ Time difference 4:5 (T2)
7. คำนวณและบันทึกค่าต่างๆ ดังนี้

   Hardness = แรงสูงสุดในการกดครั้งแรก (F1)

   Adhesiveness = พื้นที่ใต้กราฟของการกดครั้งแรก(A3)

   Springiness = T2/T1

   Cohesiveness = A2/A1

   Gumminess = Hardness x Cohesiveness

   Chewiness = Gumminess x Springiness

ก.3 การวิเคราะห์ความชื้น (Moisture) ด้วยวิธี Air oven ตามวิธี ASEAN Manual of Food Analysis (2011) p.1-2

<u>เครื่องมือ</u>

- เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- ถ้วยอบตัวอย่าง
- ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100±5 ℃
- โถดูดความชื้น (desiccator)

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

1. นำถ้วยอบตัวอย่างที่สะอาดและแห้ง ไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100±5 ℃ (ประมาณ 1-2 ชั่วโมง) จนนำหนักคงที่ จากนั้นนำออกมาใส่ใน desiccator ทิ้งไว้ให้เย็น ประมาณ 30 นาที แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก
2. ชั่งตัวอย่างอาหารที่บดละเอียดประมาณ 3-4 กรัม ลงในถ้วยอบ บันทึกน้ำหนัก เขย่าเล็กน้อยให้ตัวอย่างกระจายเต็มพื้นที่ นำไปอบที่ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100±5 ℃ เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง
3. เมื่อครบกำหนดเวลา นำถ้วยอบออกไปใส่ใน desiccator ทิ้งไว้ให้เย็น ประมาณ 30 นาที แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก
4. คำนวณ %ความชื้น จาก $\frac{(w1-w2)\ x\ 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$
   W1 คือ น้ำหนักถ้วยอบ + น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ
   W2 คือ น้ำหนักถ้วยอบ + น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

ก.4 การวิเคราะห์โปรตีน (Protein) ด้วยวิธี Kjeldahl method ตามวิธี In-house method TC 014 based on AOAC (2019) 991.20

<u>เครื่องมือ</u>

- อุปกรณ์การย่อยโปรตีน ประกอบด้วยเตาเผาและเครื่องดักจับไอกรด
- อุปกรณ์กลั่นโปรตีน
- ขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร และขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
- ปิเปต (แบบกระเปราะ) ขนาด 5 และ 10 มิลลิลิตร
- บิวเรตขนาด 25 มิลลิลิตร
- ลูกแก้ว
- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

<u>สารเคมี</u>

1. สารผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.H_2O$) และโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) อัตราส่วน 1:10

2. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น

3. โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 40

4. กรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4

5. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 N

6. อินดิเคเตอร์เป็นสารผสมระหว่างเมทิลเรต เมธีลีนบลู และโบรโมครีซอลกรีน

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

ขั้นตอนการย่อย

1. การชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน 1-3 กรัมใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน

2. ใส่สารผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟตและโพแทสเซียมซัลเฟต ปริมาณ 5 กรัม

3. เติมกรดซัลฟูริกปริมาณ 20 มิลลิลิตร

4. วางหลอดย่อยในตัวอย่างย่อยแล้วประกอบสายยางระหว่างฝาครอบ ขวดใส่ด่างและเครื่องดักจับไอกรดให้เรียบร้อย

5. เปิดสวิทช์เครื่องดักจับไอกรดและเตาย่อยแล้วตั้งอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จากนั้นปรับเพิ่มอุณหภูมิเป็น 400 องศาเซลเซียส ย่อยต่ออีก 60 นาที จนได้สารละลายใส

6. ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น

ขั้นตอนการกลั่นและไตเตรท

1. จัดอุปกรณ์กลั่น แล้วเปิดสวิทช์ให้ความร้อน และเปิดน้ำหล่อเย็นเครื่องควบแน่น

2. นำขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร ซึ่งบรรจุกรดบอริก (เข้มข้นร้อยละ 4) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เติมอินดิเคเตอร์แล้วไปรองรับของเหลวที่กลั่นได้ โดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรด

3. เติมน้ำกลั่นลงในหลอดย่อย 20 มิลลิลิตร จากนั้นเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้ทำปฏิกิริยาเกินพอ สังเกตให้สารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลขุ่น

4. กลั่นให้ได้ของเหลวอยู่ในระดับ 125 มิลลิลิตร

5. ไตเตรทสารละลายที่กลั่นได้ด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้น 0.1 N จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีม่วง

6. คำนวณหาปริมาณโปรตีนจากสูตร

$$\text{ปริมาณโปรตีนร้อยละโดยน้ำหนัก} = [\,(A-B) \times N \times 1.4007 \times F\,] / W$$

เมื่อ A คือปริมาณกรดที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B คือปริมาณกรดที่ใช้ไตเตรทกับ blank (มิลลิลิตร)

N คือความเข้มข้นของกรด (N)

F คือแฟคเตอร์ (6.25)

W คือน้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

ก.5 การวิเคราะห์ไขมัน (Total fat) ด้วยวิธี Acid hydrolysis ตามวิธี AOAC (2019) 922.06

<u>เครื่องมือ</u>

- Soxhlet extractor
- เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- ตู้อบแห้งอุณหภูมิ 50 – 100 °C
- Water bath
- โถดูดความชื้น (desiccator)
- Beaker 100 ml
- ขวดก้นกลม
- กระดาษกรอง
- กระดาษลิตมัส
- Thimble

<u>สารเคมี</u>

1. Hydrochloric acid 4, 6 or 8 N
2. Diethyl ether or petroleum ether

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

1. ชั่งตัวอย่างอาหารที่บดละเอียดประมาณ 1 -5 กรัมใส่ใน beaker เติมกรด HCl ปริมาตร 50 - 100 ml ลงไป
2. ต้มใน water bath เป็นเวลา 30 นาที – 1 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดให้นำมากรองผ่านกระดาษกรอง และล้างด้วยน้ำ จนน้ำที่ล้างผ่านออกมาไม่มีความเป็นกรด (ทดสอบความเป็นกรดด้วยกระดาษลิตมัส)
3. นำตัวอย่างอาหารที่กรองได้พร้อมกับกระดาษกรองนั้น ไปอบแห้งในตู้อบแห้งอุณหภูมิ 50 – 60 °C เป็นเวลา 4 – 6 ชั่วโมง หรือข้ามคืน
4. นำขวดก้นกลมที่แห้งและสะอาดไปอบในตู้อบแห้งอุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดนำออกไปใส่ใน desiccator ทิ้งไว้ให้เย็น ประมาณ 30 นาที แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก จากนั้นใส่ diethyl ether หรือ petroleum ether ปริมาตร 50 ml ลงไปในขวดก้นกลม
5. นำตัวอย่างอาหารที่ผ่านการอบแห้งในข้อที่ 3 ใส่ใน Thimble จากนั้นติดตั้งอุปกรณ์ Soxhlet extraction apparatus
6. สกัดไขมันเป็นเวลา 3 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดให้นำขวดก้นกลมไประเหย Solvent ออกด้วยเครื่อง Evaporator
7. หลังจากระเหย Solvent แล้วให้นำไปอบในตู้อบแห้งอุณหภูมิ 100±5 °C เป็นเวลา 30 นาที และทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก

8. คำนวนปริมาณไขมัน (Total fat) จาก $\frac{(w1-w2)x\ 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$

   W1 คือ น้ำหนักขวดก้นกลมหลังการสกัดไขมัน

   W2 คือ น้ำหนักขวดก้นกลมก่อนการสกัดไขมัน

ก.6 การวิเคราะห์เถ้า (Ash) ด้วยวิธี Gravimetric method ตามวิธี ASEAN Manual of Food Analysis (2011) p.38-39

<u>เครื่องมือ</u>

- เตาเผา (Furnance) สามารถควบคุมอุณหภูมิ 100 - 600 °C
- ตู้อบลมร้อน
- เตาไฟฟ้าหรือเตาแม่เหล็ก
- เครื่องชั่งน้ำหนักเชิงวิเคราะห์ ความจุ 200 กรัม และความละเอียด 0.1 มิลลิกรัม
- โถดูดความชื้น (desiccator)
- สารดูดความชื้น เช่น ซิลิกาเจล
- ภาชนะต้มน้ำ
- คีมคีบ
- ครูซิเบิลพร้อมฝาปิดหรือจานกระเบื้อง
- Spatula

<u>สารเคมี</u>

1. Nitric acid 4 N หรือ dilute HCl (1:2.5)

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

1. นำครูซิเบิลที่ทำเครื่องหมายแล้วอบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 500-550 °C เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง
2. ลดอุณหภูมิเตาเผาลงเหลือ180 °C และนำครูซิเบิลใส่ใน desiccator ให้เย็นเป็นเวลา 30 นาที และชั่งน้ำหนัก (W_1)
3. ใส่ตัวอย่างแห้ง 2-4 กรัม และตัวอย่างเปียก 10 กรัม ลงในครูซิเบิลและนำไปชั่งน้ำหนัก (W_2)
4. สำหรับตัวอย่างแห้งนำไปเผาบนเตาโดยเริ่มจากอุณหภูมิต่ำ และค่อยเพิ่มอุณหภูมิจนตัวอย่างไม่มีควันขึ้น
5. สำหรับตัวอย่างเปียกหรือของเหลวนำใส่ภาชนะและไปต้มในน้ำเดือดจนกระทั่งตัวอย่างแห้ง และทำเช่นเดียวกับข้อ 4
6. นำตัวอย่างที่ไหม้เกรียมไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 500-550 °C จนกระทั่งเป็นผงสีขาว
7. หากตัวอย่างเถ้าไม่เป็นสีขาวอย่างสมบูรณ์ให้หยดน้ำหรือกรดเจือจางเล็กน้อย ระเหยในอ่างน้ำและนำไปเผาซ้ำเป็นเวลา 30-60 นาที จนกระทั่งน้ำหนักคงที่

8. ลดอุณหภูมิของเตาเผาลงเหลือ 180 ºC และนำครูซิเบิลใส่ใน desiccator ให้เย็นเป็นเวลา 30 นาที และชั่งน้ำหนัก (W_3)
9. คำนวณปริมาณเถ้าจาก ปริมาณเถ้า ร้อยละโดยน้ำหนัก = $[(W_3 - W_1)/(W_2-W_1)] \times 100$
   W_1 คือ น้ำหนักครูซิเบิล
   W_2 คือ น้ำหนักครูซิเบิล และตัวอย่าง
   W_3 คือ น้ำหนักครูซิเบิล และเถ้า

ก.7 การวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) ตามวิธี Method of Analysis fot Nutrition Labeling. Virginia : AOAC International ; 1993, p.8

คำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดร้อยละโดยน้ำหนัก = 100 – [ปริมาณความชื้น (%) + ปริมาณโปรตีน (%) + ปริมาณ ไขมัน (%) + ปริมาณเถ้า (%)]

ก.8 การวิเคราะห์ใยอาหารทั้งหมด (Total dietary fiber) ด้วยวิธี Enzymatic gravimetric method ตามวิธี In-house method TC 019 based on AOAC (2019) 985.29

<u>เครื่องมือ</u>

- บีกเกอร์ขนาด 400 หรือ 600 ml
- ครูซิเบิลชนิดมีรูพรุน porosity #2, coarse ASTM 40-60 µm (Pyrex No. 32940 หรือ Corning No. 36060 Buchner, 60 mL หรือเทียบเท่า)
- อ่างน้ำที่มีฝาปิดอุณหภูมิ 60 ºC และ 98±2 ºC
- ปั๊มสุญญากาศ
- เครื่องชั่งน้ำหนักเชิงวิเคราะห์
- เตาเผา สามารถควบคุมอุณหภูมิที่ 525±5 ºC
- เครื่องอบแห้งอุณหภูมิ 105 ºC และ 130±3 ºC
- ตู้ดูดควัน
- นาฬิกาจับเวลา
- Desiccater พร้อมสารดูดความชื้น เช่น ซิลิกาเจล
- pH meter
- ปิเปตอัตโนมัติพร้อมทิปแบบใช้ครั้งเดียว ความจุ 100-300 µL และ 5 mL
- กระบอกตวง 100 และ 500 mL
- เครื่องกวนสารละลาย และ magnetic bar
- Spatula แบบยาง

สารเคมี

1. สารละลายเอทานอล
   1.1 สารละลายเอทานอล 95% v/v
   1.2 สารละลายเอทานอล 85% ปริมาตร 895 มิลลิลิตร เตรียมจากเอทานอล 95% ลงในขวดปริมาตร 1 ลิตร และเจือจางด้วยน้ำปราศจากไอออน
2. อะซีโตน
3. สารละลายอัลฟา – อะไมเลส Sigma No. A3306 หรือ Termamyl, Cat, No.361 – 6282 หรือเทียบเท่า เก็บที่ 2 – 8 °C ปริมาตร 300 ลิตร
4. Protease, Sigma No. P3910 หรือเทียบเท่า เก็บที่ 2 – 8 °C
5. สารละลาย Protease 50 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เตรียมจากละลาย Protease 50 มก. ในสารละลายบัฟเฟอร์ MES/TRIS 1 มิลลิลิตร และต้องเตรียมใหม่ทุกครั้ง
6. สารละลาย Amyloglucosidase, Sigma No. AMG A9913 หรือเทียบเท่า เก็บที่ 2 – 8 °C
7. Celite, acid washed, Sigma, No. C8656 หรือเทียบเท่า
8. MES.–2-(N-Morpholino) ethanesulfonic acid, Sigma No. M-8250 หรือเทียบเท่า
9. RIS.-Tris(hydroxymethyl)aminomethane, Sigma No.T-1503 หรือเทียบเท่า
10. MES/TRIS Buffer solution, 0.05 M, pH 8.2 ที่อุณหภูมิ 24 °C เตรียมโดยละลาย MES 19.52 กรัม และ TRIS 12.2 กรัม ในน้ำ 1.7 ลิตร และปรับค่า pH เป็น 8.2 ที่ 24 °C หากอุณหภูมิบัฟเฟอร์เป็น 20 °C ให้ปรับค่า pH เป็น 8.3 ถ้าอุณหภูมิอยู่ที่ 28 ° C ให้ปรับค่า pH เป็น 8.1
11. กรดไฮโดรคลอกริก
    11.1 กรดไฮโดรคลอกริก 6 N เติม conc. HCl 50 มิลลิลิตร น้ำ 40 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิตร
    11.2 กรดไฮโดรคลอกริก 0.561 N เติม HCl 6 N ปริมาตร 93.5 มิลลิลิตร น้ำ 700 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตรในขวดกำหนดปริมาตร
12. สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน pH 4.0, 7.0 และ 10.0

วิธีการวิเคราะห์

1. การเตรียมตัวอย่าง
   1.1 ควรทราบว่าเป็นตัวอย่างอาหารที่มีไขมันต่ำ หรือไม่มีไขมัน
   1.2 ชั่งน้ำหนักอย่างละเอียดในตัวอย่างที่ซ้ำกัน 1.0±0.005 กรัมน้ำหนักแห้ง และบดตัวอย่างในบีกเกอร์ขนาด 400 หรือ 600 ml
   1.3 หากตัวอย่างมีไขมันมากกว่า 10% ละลายไขมันด้วย petroleum ether และนำไป Centrifuge ทำซ้ำ 2 ครั้ง ระเหย petroleum ether ออกจากตัวอย่างในตู้ดูดควัน
   1.4 สำหรับตัวอย่างเปียก นำตัวอย่างไปทำแห้งโดยนำตัวอย่างไปอบในเตาอบสุญญากาศอุณหภูมิ 70 °C หรือเตาอบลมร้อนที่ 100±5 °C ทิ้งไว้ข้ามคืน แล้วจึงนำไปบด

1.5 สำหรับตัวอย่างแห้งที่มีน้ำตาลสูง สกัดตัวอย่างที่ชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด 3 ซ้ำ ด้วยเอทานอล 85% ปริมาตร 10 mL ต่อตัวอย่าง 1 กรัม ตัวอย่างที่ผ่านการสกัดแล้วนำไปอบในเครื่องอบลมร้อนอุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 1 คืน

2. Blank เตรียม Blank 2 หลอด ต่อชุดการทดลอง
3. การย่อยตัวอย่าง
   3.1 เติมสารละลายบัฟเฟอร์ MES/TRIS pH 8.2 ปริมาตร 40 mL ในแต่ละบีกเกอร์ ผสมให้เข้ากันด้วย magnetic bar ทำให้ตัวอย่างกระจายตัวอย่างสมบูรณ์
   3.2 เติม alpha-amylase 50 µL กวนด้ววความเร็วต่ำ
   3.3 ปิดบีกเกอร์ด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ว่างในอ่างน้ำอุณหภูมิ 95-100 °C เวลา 30 นาที และกวนตลอดเวลา
   3.4 นำบีกเกอร์ออกจากอ่างน้ำร้อน และทำให้เย็นลงจนมีอุณหภูมิประมาณ 60 °C
   3.5 นำแผ่นอลูมิเนียมฟอยด์ออกและขูดสารละลายที่ติดข้างบีกเกอร์ด้วย spatula
   3.6 ล้างบีกเกอร์และ spatula ด้วยน้ำประมาณ 10 mL
   3.7 เติมสารละลาย protease 100 µL ลงในตัวอย่างแต่ละบีกเกอร์และปิดด้วยอลูมิเนียมฟอยล์
   3.8 บ่มในอ่างน้ำร้อนที่มีการเขย่าอย่างต่อเนื่องที่ 60±1 °C เวลา 30 นาที
   3.9 นำบีกเกอร์ออกจากอ่างน้ำร้อน และเติมสารละลาย HCl 0.561 N ปริมาตร 5mL
   3.10 ปรับค่า pH เป็น 4.0-4.7 โดยใช้สารละลาย NaOH 1 N หรือสารละลาย HCl 1 N
   3.11 เติมสารละลาย amyloglucosidase 300 µL โดยกวนอย่างต่อเนื่อง และปิดด้วยอลูมิเนียมฟอยล์
   3.12 บ่มในอ่างน้ำร้อนที่มีการเขย่า อย่างต่อเนื่องที่ 60±1 °C เวลา 30 นาที
4. การตกตะกอนและการกรอง
   4.1 เติมเอทานอล 95% ปริมาตร 225 mL ในแต่ละบีกเกอร์ ให้ความร้อนจนถึง 60 °C (อัตราส่วนของเอทานอลต่อปริมาตรตัวอย่างควรเป็น 4:1) ปล่อยให้สารละลายตกตะกอนเป็นเวลา 60 นาที
   4.2 นำครูซิเบิลเติมเอทานอล 78% ปริมาตร 15 mL เพื่อดูดให้ Celite ผ่านรูของของครูซิเบิล
   4.3 กรองเอนไซม์ที่ผ่านการย่อยด้วยแอลกอฮอล์ผ่านครูซิเบิลที่มี Celite โดยใช้ spetula ที่เป็นยางช่วย และใช้เอทานอล 78% ล้างและถ่ายโอนอนุภาคจากครูซิเบิลทั้งหมด
   4.4 ล้างสิ่งตกค้างครั้งที่ 2 โดยใช้เอทานอล 78%, 95% และอะซิโตน อย่างละ 15 mL โดยกรองภายใต้สุญญากาศ
   4.5 นำครูซิเบิลที่มีสารตกค้างไปอบตู้อบลมร้อนที่ 105 °C ข้ามคืนหรือจนกว่าจะมีน้ำหนักคงที่
   4.6 ทำให้ครูซิเบิลเย็นลงใน dessiccator ประมาณ 1 ชั่วโมงและชั่งน้ำหนัก
   4.7 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่เหลืออยู่ โดยใช้ N x 6.25 ในการแปลง
   4.8 วัดปริมาณเถ้าโดยการเผาสิ่งตกค้าง (residue) ในเตาเผาที่อุณหภูมิ 525 °C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และนำครูซิเบิลมาทำให้เย็นลงใน dessiccator ประมาณ 1 ชั่วโมงและชั่งน้ำหนัก

4.9 คำนวณใยอาหารทั้งหมดโดย

$$\text{Total dietary fiber} = \frac{(\text{sample residue} - \text{sample protein residue} - \text{sample ash residue} - \text{blank}) \times 100}{\textit{weight of sample}}$$

รายงานผลเป็นกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง

ก.9 การวิเคราะห์จำนวน Total plate count ด้วยวิธี Aerobic plate count ตามวิธี FDA BAM, Online, 2001 (Chapter3)

<u>เครื่องมือ</u>

- Petri dishes
- Autopipet
- Incubator, 35 ± 1°C
- เครื่องปั่น (blender jar)

<u>สารเคมี</u>

1. Butterfield's phosphate-buffered
2. อาหารเลี้ยงเชื้อ (nutrient agar)

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. ชั่งตัวอย่างอาหาร 50 กรัม ผสมกับ Butterfield's phosphate-buffered 450 ml จากนั้นทำการปั่นตัวอย่างด้วยเครื่องปั่น เพื่อให้ตัวอย่างเป็นเนื้อเดียวกัน
2. ทำการเจือจางระดับ 10^{-2} โดยปิเปตส่วนที่เป็นน้ำใส 1 ml จากข้อที่ 1 ผสมกับ Butterfield's phosphate-buffered 9 ml เขย่าให้เข้ากัน แล้วปิเปตสารละลายนั้นมา 1 ml ใส่ใน Petri dishes จากนั้นปิเปตอาหารเลี้ยงเชื้อมา 12 – 15 ml ใส่ตามลงไป ผสมให้เข้ากัน
3. ทำการเจือจางระดับ 10^{-3} โดยปิเปตสารละลายจากข้อที่ 2 มา 1 ml ใส่ใน Butterfield's phosphate-buffered 9 ml เขย่าให้เข้ากัน แล้วปิเปตสารละลายนั้นมา 1 ml ใส่ใน Petri dishes จากนั้นปิเปตอาหารเลี้ยงเชื้อมา 12 – 15 ml ใส่ตามลงไป ผสมให้เข้ากัน
4. ทำระดับการเจือจาง 10^{-1} ถึง 10^{-3} อย่างละ 3 ซ้ำ เมื่อครบแล้ว ให้วางไว้จนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง
5. นำไปบ่มใน Incubator อุณหภูมิ 35 ± 1°C เป็นเวลา 48 ± 2 ชั่วโมง
6. เมื่อครบกำหนด ทำการจำนวนนับโคโลนี และรายงานผลเป็น CFU/g

ภาคผนวก ข.

แบบประเมิน

แบบประเมินคุณภาพทางลักษณะสัมผัส

ผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูจากโปรตีนถั่วเหลืองและเห็ดนางฟ้า

วันที่ทดสอบ_____ ชื่อผู้ทดสอบ_____

คำแนะนำ ให้ผู้ทดสอบชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากซ้ายไปขวาตามลำดับ แล้วระบุระดับความพึงพอใจของ ท่านตามคำอธิบายคะแนนต่อไปนี้ ทั้งนี้ให้ผู้ทดสอบทานบิสกิตคั่นก่อนทานตัวอย่างถัดไป ผู้ทดสอบ สามารถบ้วนปากด้วยน้ำเปล่าระหว่างตัวอย่างหรือบ้วนทิ้งในภาชนะที่เตรียมไว้ให้

7 = ชอบมากที่สุด 6 = ชอบปานกลาง 5 = ชอบเล็กน้อย

4 = เฉยๆ 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย 2 = ไม่ชอบปานกลาง

1= ไม่ชอบมากที่สุด

ตัวอย่างชุดที่ 1

รหัสตัวอย่าง	ลักษณะทางประสาทสัมผัส					
	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น	สี	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	ความชอบโดยรวม

ตัวอย่างชุดที่ 2

รหัสตัวอย่าง	ลักษณะทางประสาทสัมผัส					
	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น	สี	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	ความชอบโดยรวม

แบบประเมินคุณภาพทางลักษณะสัมผัส

ผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูจากโปรตีนถั่วเหลืองและเห็ดนางฟ้า

วันที่ทดสอบ _____ ชื่อผู้ทดสอบ _____

คำแนะนำ ให้ผู้ทดสอบประเมินความเข้มลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ โดยการขีดระดับคะแนนในสเกลตามความรู้สึกของท่าน

<u>สี</u>

อ่อนมากเกินไป เข้มมากเกินไป

<u>กลิ่นหมู</u>

ไม่มีกลิ่นหมูเลย มีกลิ่นหมูแรงมาก

<u>การออกแรงเคี้ยว</u>

ไม่ต้องออกแรงเคี้ยวก็สามารถตัดชิ้นเนื้อให้ขาดได้ ต้องออกแรงเคี้ยวมากจึงจะสามารถตัดชิ้นเนื้อให้ขาดได้

<u>รสชาติเค็ม</u>

ไม่เค็มเลย เค็มมาก

ภาคผนวก ค.
รายละเอียดโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์
ประจำปีงบประมาณ 2562

ชื่อโครงการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูจากโปรตีนถั่วเหลืองและเห็ดนางฟ้า
(Development of pork flavored burger from soy protein and grey oyster mushroom)

นิสิตผู้ร่วมโครงการ 1. นางสาววิสสุตา ยอดอุบล รหัสประจำตัวนิสิต 5932565823
2. นางสาวอุบลรัตน์ ตั้งพรเจริญ รหัสประจำตัวนิสิต 5932580123

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ผศ.ดร.อินทาวุธ สรรพวรสถิตย์

มูลเหตุจูงใจในการเสนอโครงการ

แฮมเบอร์เกอร์ หรือเรียกสั้นๆว่า เบอร์เกอร์ เป็นอาหารที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย คนส่วนใหญ่มักรับประทานในช่วงเวลาที่เร่งรีบหรือต้องการประหยัดเวลา เนื่องจากพกพาสะดวก และมีรสชาติอร่อย ราคาไม่แพง แต่ในขณะเดียวกันก็ได้ชื่อว่าเป็นอาหารที่ไม่มีประโยชน์ส่งผลเสียต่อสุขภาพ มีการศึกษาบ่งชี้ว่าหากบริโภคอาหารประเภทนี้เป็นประจำจะทำให้ร่างกายได้รับสารอาหารไม่เพียงพอ โดยเฉพาะสารอาหารจำพวกวิตามินและเกลือแร่ ทั้งยังเป็นการสะสมปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่าง ๆ เช่นไขมันในเลือดสูงและโรคอ้วน เป็นต้น ปัจจุบันมีความนิยมในการรักษาสุขภาพเพิ่มขึ้น ทำให้มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภค หรือเลือกรับประทานอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ดังนั้นการเปลี่ยนอาหารไม่มีประโยชน์ที่หลายคนชื่นชอบนี้ให้กลายเป็นอาหารที่มีประโยชน์ จะทำให้ผู้บริโภคกลุ่มรักสุขภาพมีความสุขความพึงพอใจในการรับประทาน รวมถึงได้รับสารอาหารเพียงพอและลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคได้ ดังนั้นการประยุกต์ใช้โปรตีนถั่วเหลืองและเห็ดนางฟ้ามาทดแทนเนื้อหมูในผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูจากโปรตีนถั่วเหลืองและเห็ดนางฟ้า เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกให้กับผู้บริโภค

ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

เห็ดนางฟ้า (*Pleurotus sajor-caju (Fr.) Sing.*) เป็นสิ่งมีชีวิตประเภทราที่อยู่ในตระกูล Agaricales มีลักษณะคล้ายคลึงกับเห็ดนางรม เป็นเห็ดที่เพาะง่าย โตเร็ว และได้ผลผลิตสูง บางคนเรียกชื่อว่าเห็ดนางฟ้าภูฐานหรือว่าเห็ดแขก ถูกพบครั้งแรกที่ประเทศอินเดีย ภายหลังมีการเพาะปลูกเห็ดชนิดนี้ในหลายประเทศ เช่น เกาหลีใต้ ญี่ปุ่น ไต้หวัน ไทย ฟิลิปปินส์และอิตาลี เป็นต้น (Oyster Mushroom Cultivation, 2007) เห็ดนางฟ้านิยมถูกใช้มาเป็นส่วนประกอบอาหาร เนื่องจากมีรสชาติที่อร่อย (umami) บางครั้งมีการใช้เพื่อทดแทนเนื้อสัตว์เนื่องจากมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เป็นเส้นใยคล้ายกัน นอกจากนี้ยังมีคุณค่าทางโภชนาการที่ดีคือมีปริมาณโปรตีนและไฟเบอร์สูง และมีไขมันต่ำรวมถึงอุดมไปด้วยแร่ธาตุและกรดอะมิโนจำเป็นที่สำคัญแก่

ร่างกาย (Alam et al, 2007; Kurtzman, 2005) ทั้งนี้ยังมีสรรพคุณในการป้องกันและบรรเทาโรคได้อีกด้วย จากรายงานศึกษาวิจัย พบว่าเห็ดนางฟ้ามีสารชีวโมเลกุลอย่างสารบีตากลูแคน (β-glucan) ที่มีส่วนช่วยในการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันในร่างกาย ป้องกันการเกิดมะเร็งโดยเฉพาะมะเร็งตับและมะเร็งเม็ดเลือดขาว อีกทั้งยังช่วยลดระดับโคเลสเตอรอลและระดับน้ำตาลในเลือดได้ (Manzi and Pizzoferrato, 2000)

ถั่วเหลือง [*Glycine max* (L.) Merr.] เป็นธัญพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการ เนื่องจากอุดมไปด้วยโปรตีน และสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อประกอบอาหารได้หลากหลายชนิด (จิรภรณ์ อังวิทยาธร, 2560) ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองแปรรูปที่เราคุ้นเคยและหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด คือ โปรตีนเกษตร (Textured Vegetable Protein : TVP) ซึ่งเกิดจากการค้นคว้าและวิจัยโดย สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โปรตีนเกษตรทำมาจากแป้งถั่วเหลืองที่ผ่านการสกัดไขมันออกไป (defatted soy flour) นำมาผ่านกระบวนการเอ็กซทรูชั่น (extrusion) ด้วยความดันและอุณหภูมิสูงจนได้มาเป็นโปรตีนเกษตรรูปทรงต่าง ๆ สามารถนำไปประกอบอาหารและเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนเนื้อสัตว์ได้ โดยมีโปรตีนสูงถึง 49.47% (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2556) นอกจากนี้ยังมีโปรตีนถั่วเหลืองอีกหนึ่งชนิดที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์แปรรูป คือ โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Isolated soy protein, ISP) โดยใช้เป็นอิมัลชัน ทำให้เกิดการเชื่อมประสาน ทำให้เนื้อมีความคงตัวดี และเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ (วรางคณา สมพงศ์ และคณะ,2561) โปรตีนถั่วเหลืองสกัด เป็นโปรตีนที่ได้จากการกำจัดน้ำมัน เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต โดยมาตรฐานส่วนใหญ่ถูกกำหนดให้มีปริมาณโปรตีนขั้นต่ำ 90% ของน้ำหนักแห้ง ปัจจุบันผู้เชี่ยวชาญด้านโภชนาการมีการแนะนำ ISP ในการบริโภค เนื่องจากเป็นแหล่งโปรตีนครบถ้วน อีกทั้งยังมีส่วนประกอบของไอโซฟลาโวน(isoflavones) ที่มีส่วนช่วยในการลดโคเลสเตอรอล ประเภท low-density lipoprotein (LDL) ซึ่งเป็นไขมันที่ไม่มีประโยชน์และหากมีการสะสมมากอาจก่อให้เกิดผลเสียในร่างกายได้ (Paulsen,2009)

ปัจจุบันเบอร์เกอร์ (Burger) เป็นหนึ่งในอาหารฟาสท์ฟู้ดส์ที่ได้รับความนิยมมากจากผู้บริโภคทั่วโลก ทั้งในแถบยุโรปและเอเชีย รวมถึงประเทศไทย เนื่องจากมีความสะดวกในการเตรียมและการรับประทานซึ่งตอบสนองต่อวิถีชีวิตที่เร่งรีบของผู้บริโภคในสังคมยุคปัจจุบัน แต่เบอร์เกอร์ประกอบไปด้วยตัวไส้เนื้อ (Patty) ที่มีส่วนผสมหลักเป็นเนื้อสัตว์ มีไขมันในปริมาณที่สูงมาก จึงมีการเลือกใช้วัตถุดิบที่สามารถทดแทนเนื้อสัตว์แล้วให้ปริมาณโปรตีนสูง แต่ไขมันต่ำ มาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไส้เนื้อเบอร์เกอร์เพิ่มมากขึ้น (Akesowan, 2010) และเหตุผลอีกประการหนึ่งคือปัจจุบันมีความนิยมในการรักษาสุขภาพเพิ่มขึ้น ทำให้มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการบริโภค หรือเลือกรับประทานอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย

งานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาเบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูโดยใช้เห็ดนางฟ้าและโปรตีนถั่วเหลือง ทั้งนี้ผลงานวิจัยที่คาดว่าจะได้อาจเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้โปรตีนจากพืชแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูจากโปรตีนถั่วเหลืองและเห็ดนางฟ้าเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกให้กับผู้บริโภค
2. เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูจากโปรตีนถั่วเหลืองและเห็ดนางฟ้า
3. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บทั้งด้านคุณสมบัติทางกายภาพและจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูจากโปรตีนถั่วเหลืองและเห็ดนางฟ้า

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูจากโปรตีนถั่วเหลืองและเห็ดนางฟ้าที่มีรสชาติ สีและเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเนื้อหมูจริง

ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1.ค้นคว้ารวบรวมข้อมูลจากวารสารและสิ่งพิมพ์ต่างๆ	←	—	→						
2.ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล วางแผนและออกแบบการทดลอง เพื่อเสนออาจารย์ที่ปรึกษา จัดหาอุปกรณ์และวัตถุดิบ		←	—	—	→				
3.ดำเนินการทดลองและรวบรวมข้อมูลจากการทดลอง	←	—	—	—	—	—	—	—	→
4.วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการทดลอง จัดทำรายงานและเสนอผลงาน							←	—	→

รายละเอียดและการดำเนินงาน

1. ค้นคว้า รวบรวมข้อมูลและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย เช่น วัตถุดิบส่วนผสมและขั้นตอนการทำเบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูจากโปรตีนถั่วเหลืองและเห็ดนางฟ้า รวมถึงข้อมูลเกี่ยวกับโปรตีนถั่วเหลืองและเห็ดนางฟ้า

2. ศึกษาข้อมูล รวมถึงวางแผนการทดลอง และออกแบบการทดลองให้สอดคล้องกับตัวแปรที่ต้องการศึกษา ตลอดจนวางแผนจัดหาวัตถุดิบ สารเคมี วัสดุอุปกรณ์

3.ดำเนินการทดลอง รวบรวมข้อมูลและผลการทดลองดังนี้

3.1 ขั้นพัฒนาสูตรของเบอร์เกอร์

เห็ดนางฟ้า ตลาดสดสามย่าน ครั้งละ 10 กิโลกรัม สำหรับการอบเห็ด 1 ครั้ง เพื่อเก็บไปใช้ในการผลิตเบอร์เกอร์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

ล้างทำความสะอาดเห็ดนางฟ้าสด และสะเด็ดน้ำให้แห้ง หั่นเป็นชิ้นขนาด 2x3 ซม. และนำไปลวกเป็นเวลา 3 นาที และบีบน้ำออกด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 ℃ จนเห็ดมีความชื้นประมาณ 2.6-2.7% ต่อเห็ดแห้ง 3.4 – 3.6 กรัม เมื่อต้องการใช้ให้นำไปแช่น้ำร้อนเป็นเวลา 30 นาที และปั่นด้วยเครื่องปั่นแห้งโถเล็กเป็นเวลา 30 วินาที

ชั่งโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส ตามที่กำหนด และนำไปแช่น้ำร้อนเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นปั่นหยาบด้วยเครื่องปั่นแห้งโถใหญ่ ความเร็วระดับ 1 เป็นเวลา 30 วินาที และแปรสัดส่วนเห็ดนางฟ้าต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัสเป็น 70 : 5 : 25, 60 : 5 : 35, 60 : 10 : 30, 50 : 10 : 40 ผสมสัดส่วนที่แบ่งไว้ มาใส่ส่วนผสมอื่นๆในปริมาณคงที่ ดังนี้

ส่วนผสม	ร้อยละโดยน้ำหนักทั้งหมด
เห็ดนางฟ้าต่อโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส	25.00
Meatline 9078	10.00
หอมหัวใหญ่ *	5.00
แป้งมัน *	2.00
ผงพริกไทยดำ	0.30
ผงกระเทียม	0.30
เกลือ	1.50
น้ำมันรำข้าว *	5.00
น้ำเย็น	47.2
สี	0.2
Grilled meat flavor	0.50
Pork flavor	3.00

หมายเหตุ: * ใส่ในขั้นตอนหลัง ในข้อ 3.2.1.9

ที่มา : ดัดแปลงสูตรจากแผ่นเนื้อปลาดุกบดบิ๊กอุยเสริมว่านหางจระเข้ (วรางคณา สมพงษ์ และคณะ, 2561)

นำสี caramel SRC 4400 มาละลายในน้ำเย็น ผสมลงไปให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมอาหาร ประมาณ 3 นาทีหรือจนเนื้อจับตัวเป็นก้อน หั่นหัวหอมใหญ่เป็นลูกเต๋า ชั่งแป้งมันและน้ำมันรำข้าวใส่ลงไป และนวดให้เข้ากันเป็นเวลา 2-3 นาที แช่ตู้เย็นเป็นเวลา 15 นาที

ขึ้นรูปเบอร์เกอร์ด้วยพิมพ์วงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 ซม. หนา 1 ซม. นำไปนึ่งเป็นเวลา 30 นาที บรรจุแบบสุญญากาศในถุงพลาสติกปิดสนิท และเก็บไว้ในสภาวะแช่เย็นและแช่เยือกแข็ง เมื่อต้องการทำการทดสอบ ให้นำออกมาคายความเย็น อุ่นในกระทะด้านละ 1 นาที

3.2 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

- วิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) ด้วยวิธี AOAC (1993)
- วิเคราะห์ไขมัน (Total fat) ด้วยวิธี AOAC (2019)
- วิเคราะห์โปรตีน (Protein) ด้วยวิธี AOAC (2019)
- วิเคราะห์ความชื้น (Moisture) ด้วยวิธี ASEAN Manual of Food Analysis (2011)
- วิเคราะห์เถ้า (Ash) ด้วยวิธี ASEAN Manual of Food Analysis (2011)
- วิเคราะห์ใยอาหารทั้งหมด (Total dietary fiber) ด้วยวิธี AOAC (2019)

3.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บ

เก็บตัวอย่างเบอร์เกอร์สูตรที่ดีที่สุด บรรจุในแบบสุญญากาศ โดยเก็บ 2 สภาวะคือแช่เย็น อุณหภูมิ 4±2 °C สุ่มตัวอย่างทุก ๆ 3 วัน เป็นเวลา 14 วัน และเก็บในสภาวะแช่เยือกแข็ง อุณหภูมิ -18±5 °C สุ่มตัวอย่างทุก ๆ 7 วัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์

3.3.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

วัดค่าสีด้วยเครื่อง Chroma Meter โดยวัด 5 ซ้ำต่อ 1 ตัวอย่าง และวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer TA-XTPlus โดยวัด 3 ซ้ำต่อ 1 ตัวอย่าง ในระหว่างการเก็บผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูในระหว่างการเก็บแบบแช่เย็นและแช่แข็ง

3.3.2 การประเมินทางประสาทสัมผัส

ประเมินการเปลี่ยนแปลงด้านสี กลิ่นหมู การออกแรงเคี้ยว และรสชาติเค็ม ทดสอบเชิงพรรณนาด้วยวิธี Quantitative descriptive analysis (QDA) ด้านลักษณะทางเนื้อสัมผัส โดยใช้ 15 cm-Line scale กำหนดช่วงตั้งแต่ 0 – 15 (0 หมายถึงน้อยที่สุด และ 15 หมายถึงมากที่สุด) ผู้ทดสอบเป็นนิสิตภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร อายุ 20-23 จำนวน 8 คน วิเคราะห์ความแตกต่างกันของข้อมูลระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ทำขึ้นใหม่กับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเก็บมาเป็นเวลา 1 สัปดาห์ และ 1 เดือนเทียบกับตัวอย่างอ้างอิง

3.3.3 การตรวจวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์

ทำการตรวจ Total Plate Count (TPC) ตามวิธี FDA, BAM (2011) ของเบอร์เกอร์กลิ่นรสหมูที่เก็บ 2 สภาวะคือแช่เย็น และแช่เยือกแข็ง

3.4 การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

การวิเคราะห์ Texture Profile Analysis การวัดสี และการตรวจวิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (Analysis of variance; One-way ANOVA) และเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ประมวลผลโดยโปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Packages for the Social Science (SPSS) version22

การวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ seven-point hedonic และ การทดสอบเชิงพรรณนาด้วยวิธี Quantitative descriptive analysis (QDA) วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (Analysis of variance; One-way ANOVA) และใช้การเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ประมวลผลโดยโปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Packages for the Social Science (SPSS) version22

การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสและค่าสีสำหรับตัวอย่างที่เก็บแบบแช่เย็นใช้การเปรียบเทียบคู่ ด้วย Paired-sample T test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.5 สรุปผลและจัดทำรายงาน

งบประมาณ

1.ค่าใช้จ่ายทั่วไป

- ค่าเดินทาง		1,000 บาท
- ค่าวัสดุอุปกรณ์ในการจัดทำรูปเล่มรายงาน		1,000 บาท

2.ค่าวัสดุอุปกรณ์

- ค่าวัตถุดิบ		4000 บาท
- ค่าสารเคมี		2000 บาท
- ค่าอุปกรณ์		2000 บาท
	รวม	10,000 บาท

ภาคผนวก ง.

รูปภาพวัตถุดิบและอุปกรณ์

NUTRITION DIVISION
Systems &Texturants
systemsandtexturants@dupont.com
www.danisco.com

Page 1 / 2

Valid from: June 17, 2019

DANISCO
First you add knowledge...

PRODUCT DESCRIPTION - PD 277984-1.1EN **Material no. 61020547**

GRINDSTED® Meatline 9078

Description

GRINDSTED® Meatline 9078 is a light yellow blend of food-grade stabiliser in powder form.

Application areas

Meat-analog applications

Potential benefits

- Binds ingredients in meat-analog applications
- Provides water- and fat-binding to enhance juiciness
- Creates a firm meat-like texture

Usage levels

10-12%

Directions for use

Direct addition.

Composition

- Soy protein
- Wheat gluten
- Methyl cellulose
- Carrageenan

Microbiological specifications

Salmonella	absent in 25 g
E.coli	< 3 MPN/g
Staphylococcus aureus	absent in 25 g

Heavy metal specifications

Arsenic (As)	max. 1.0 mg/kg
Lead (Pb)	max. 1.0 mg/kg

Nutritional data

(Calculated approximate values per 100 g)

Energy	330kcal/1400kJ
Protein	73 g
Carbohydrate	2 g
- of which sugars	not applicable
Fat	1 g
- of which saturates	not applicable
Fibre	15 g
Sodium	not applicable

Storage

GRINDSTED® Meatline 9078 should be stored cool and dry.
Recommended storage away from odorous products under conditions not exceeding 30°C and 90% R.H.

Best before date is 18 months from date of production when stored in the unopened packaging.

Packaging

Heavy duty bags of 20 kg net (44.1 lbs)

Purity and legal status

Local food regulations should always be consulted concerning the status of this product, as legislation regarding its use in food may vary from country to country. Advice regarding the legal status of this product may be obtained on request.

Safety and handling

A Material Safety Data Sheet is available on request.

The information contained in this publication is based on our own research and development work and is to the best of our knowledge reliable. Users should, however, conduct their own tests to determine the suitability of our products for their own specific purposes and the legal status for their intended use of the product. Statements contained herein should not be considered as a warranty of any kind, expressed or implied, and no liability is accepted for the infringement of any patents.

รูปที่ ง.1 ข้อมูล Meatline 9078

NUTRITION DIVISION
Systems &Texturants
systemsandtexturants@dupont.com
www.danisco.com

Valid from: June 17, 2019

DANISCO
First you add knowledge...

PRODUCT DESCRIPTION - PD 277984-1.1EN

Material no. 61020547

GRINDSTED® Meatline 9078

Country of origin

China

Allergens

Below table indicates the presence (as added component) of the following allergens and products thereof:

Yes	No	Allergens	Description of components
X		Cereals containing gluten	Wheat gluten
	X	Crustaceans	
	X	Eggs	
	X	Fish	
	X	Peanuts	
X		Soyabeans	Soy protein
	X	Milk (incl. lactose)	
	X	Nuts	
	X	Celery	
	X	Mustard	
	X	Sesame seeds	
	X	Sulphur dioxide and sulphites (>10 mg/kg)	
	X	Lupin	
	X	Molluscs	

The allergen information meets the Chinese National standard GB/T 23779.
Allergens should always be consulted concerning the status of this product, as legislation regarding its use in food may vary from country to country.

The information contained in this publication is based on our own research and development work and is to the best of our knowledge reliable. Users should, however, conduct their own tests to determine the suitability of our products for their own specific purposes and the legal status for their intended use of the product. Statements contained herein should not be considered as a warranty of any kind, expressed or implied, and no liability is accepted for the infringement of any patents.

รูปที่ ง.2 ข้อมูล Meatline 9078

ABBRA CORPORATION LIMITED

PRODUCT SPECIFICATION

PRODUCT NAME	: Liquid Caramel Colour SRC4400		
ITEM NUMBER	: FG-01-C4400	**SPEC.NO.**	: SP-FG-01-017
INS. No. : 150d		**Revision No.**	: 03
Allergen : SO_2		**Effective Date**	: 23 April 2018

PHYSICAL AND CHEMICAL STANDARDS

Parameter		*Standard*	*Reference*
Appearance	:	Fluid Liquids.	Supplier
Colour	:	Dark brown	Supplier
Color Intensity @ 610 nm-0.1%	:	0.234 - 0.264	Supplier/FCC
Tintorial Power @ 560 nm-0.1%	:	0.385 - 0.425	Supplier
Hue Index	:	4.0 - 4.4	Supplier
Specific Gravity (@20° C)	:	1.245 - 1.249	Supplier
pH (as is)	:	2.8 - 3.1	Supplier
Ammoniacal nitrogen	:	Not more than 0.6 %	Supplier/FCC
Total nitrogen	:	Not more than 3.3 %	Supplier/FCC
Total sulfur	:	Not more than 3.5 %	Supplier/FCC
4-MEI (4-methylimidazole)	:	Not more than 200 ppm.	Supplier/FCC
Lead (as Pb)[1]	:	Not more than 2 ppm.	Supplier/FCC
Arsenic (as As)[1]	:	Not more than 1 ppm.	Supplier/FCC
Mercury (as Hg)[1]	:	Not more than 0.1 ppm.	Supplier/FCC

MICROBIOLOGICAL STANDARDS

Parameter		*Standard*	*Reference*
Aerobic Plate Count[1]	:	Max. 200 cfu/g.	Supplier
Yeast[1]	:	Max. 10 cfu/g	Supplier
Mold[1]	:	Max. 10 cfu/g	Supplier
Coliform [1]	:	Less than 3 MPN/g	Supplier
Salmonella [1]	:	Absent in 25 g.	Supplier

Food Safety Requirement Other

Sulfur dioxide	:	Not more than 0.2 %	Supplier/FCC
Net Weight & Packaging Material	:	275 kg in high density polyethylene (HDPE) Drum .(FG-01-C4400-275KG) 30 kg in high density polyethylene (HDPE) Gallon .(FG-01-C4400-30KG)	
Shelf Life & Storage Condition	:	2 years. Stored in tightly closed containers in a cool and dry environment preferably not to exceed 35°C.	
Remark	:	[1] Frequency : Once a years. Specification supplier : Document No. LQAS006EN Version. 06	
Legislation Reference	:	FOOD CHEMICALS CODEX	

Nongnuch K.
04-04-2018.

รูปที่ ง.3 ข้อมูล caramel SRC 4400

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

จิรภรณ์ อังวิทยาธร. (2560). ถั่วเหลืองธัญพืชมีประโยชน์. ค้นเมื่อ 17 มีนาคม 2563, จาก https://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th.

วรางคณา สมพงศ์, จักรพงศ์ จิตหนัก, หฤษฎ์ ปิ่นเย็น และภทิรา สุดเลิส. (2561) การผลิตแพตตี้ปลาดุกบิ๊กอุยเสริมว่านหางจระเข้ (Production of hybrid catfish patties with alo vera). Thai journal of science and technology. 7(6): 560-569.

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2556). โปรตีนเกษตรหรือเนื้อเทียม (Textured Vegetable Protein : TVP). ค้นเมื่อ 17 มีนาคม 2563, จาก http://ifrpd.ki.ac.th/th/about/Index.php.

ภาษาอังกฤษ

Akesowan, A. (2010). Quality Characteristics of light pork burgers fortified with soy protein isolate. Food.Sci. Biotechnol. 19(5): 1143-1149

Alam, N., Khan, A., Hossain, M.S., Amin, S.M.R., and Khan, L.A. (2007). Nutritional Analysis of Dietary Mushroom- *Pleurotus florida* Eger and *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer. Bangladesh Journal of Mushroom. 1(2): 1-7.

AOAC. (2000). Official Method of Analysis of AOAC International. (17th ed.). Virginia: The Association of Official Analytical Chemists.

AOAC. (2009). Official Method 2009.01.Total dietary fiber in foods, enzymatic–gravimetric–chromatographic method, first action 2009.

Indian Agricultural Statistics Research Institute. (2007). Oyster Mushroom Cultivation. Retrieved September 3, 2019 from http://agridaksh.iasri.res.in/html_file/mushroom/15_Mush_oyste r_cult.html.

Kurtzman, R.H. Jr (2005). A review mushrooms: sources for modern western medicine. Micologia Aplicada International, 17, 21–33.

Manzi, P., Pizzoferrato, L. (2000). Beta-glucans in edible mushrooms. Food Chemistry. 68: 315-318.

Paulsen, P.V. (2009). Isolated soy protein usage in beverages. (1st ed.). Cambridge: Woodhead Publishing. 318-345.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาววิสสุตา ยอดอุบล
ตำแหน่ง	หัวหน้าโครงการ
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท. บ.)
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีที่สำเร็จการศึกษา	2562
โทรศัพท์	094-880-8399
E-mail	beamwissuta@gmail.com

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวอุบลรัตน์ ตั้งพรเจริญ
ตำแหน่ง	ผู้ร่วมวิจัย
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท. บ.)
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีที่สำเร็จการศึกษา	2562
โทรศัพท์	092-624-2639
E-mail	khunjeen.t@gmail.com