



การผลิตและเก็บรักษาขุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคน  
โดยใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดล

โดย

นางสาวชิตชนก ศุขศรีไพศาล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรและเทคโนโลยีการอาหาร)  
ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
ปีการศึกษา 2559  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การผลิตและเก็บรักษาขุนเชียงหมูดไขมันพร้อมบริโภค

โดยใช้เทคโนโลยีฮีลเตอร์เดิล

โดย

นางสาวชิตชนก ศุขศรีไพศาล



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)

ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

PRODUCTION AND STORAGE OF READY-TO-EAT REDUCED FAT  
CHINESE SAUSAGE USING HURDLE TECHNOLOGY

BY

MISS CHIDCHANOK SUKSRIPAISAL



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS  
FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE (FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY)  
DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY  
FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
THAMMASAT UNIVERSITY  
ACADEMIC YEAR 2016  
COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยานิพนธ์

ของ

นางสาวชิตชนก ศุขศรีไพศาล

เรื่อง

การผลิตและเก็บรักษาขุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภครวมโดยใช้เทคโนโลยีเฮอรัลด์

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)

เมื่อ วันที่ 26 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2560

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



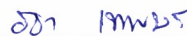
(รองศาสตราจารย์ ดร.วรางคณา สมพงษ์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก



(รองศาสตราจารย์ ดร.ประภาศรี เทพรักษา)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



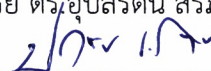
(อาจารย์ ดร.รชา เทพรักษา)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(รองศาสตราจารย์ ดร.อุบลรัตน์ สิริภัทรารวม)

คณบดี



(รองศาสตราจารย์ ปกรณ์ เสริมสุข)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตและเก็บรักษาขุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภครวม โดยใช้เทคโนโลยีเฮอर्टเดิล
ชื่อผู้เขียน	นางสาวชิตชนก ศุขศรีไพศาล
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร.ประภาศรี เทพรักษา
ปีการศึกษา	2559

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตและเก็บรักษาขุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภครวมโดยใช้เทคโนโลยีเฮอर्टเดิล งานวิจัยในขั้นแรกได้ศึกษาชนิดและปริมาณของสีธรรมชาติ 2 ชนิด ได้แก่ ผงมะเขือเทศและผงอังกัก แปรปริมาณชนิดละ 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.2, 0.4 และ 0.6 โดยน้ำหนักรวม เปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ไม่มีการเติมสีผสมอาหารสังเคราะห์ พบว่าการเสริมผงมะเขือเทศในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านรสชาติ กลิ่นรส และความชอบโดยรวมลดลง ในขณะที่ค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) เพิ่มขึ้น ( $p < 0.05$ ) ส่วนการเสริมผงอังกักในปริมาณที่เพิ่มขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ลดลง แต่มีค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ( $p < 0.05$ ) ในขณะที่ปริมาณน้ำอิสระ พีเอช และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ( $p \geq 0.05$ ) โดยผลิตภัณฑ์ที่เสริมผงอังกักร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนักรวม มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด จึงเป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดในการพัฒนาสีของผลิตภัณฑ์ และเลือกสูตรนี้ไปศึกษาต่อในขั้นที่สอง โดยได้ศึกษาชนิดและปริมาณสารทดแทนไขมัน 2 ชนิด ได้แก่ อินูลินและเจลาเซลลูโลส แปรปริมาณชนิดละ 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 25, 50 และ 75 โดยน้ำหนักไขมัน พบว่า การทดแทนไขมันด้วยเจลาเซลลูโลสร้อยละ 25 โดยน้ำหนักไขมัน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะทางเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมที่ไม่มีการเติมสารทดแทนไขมัน และมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด จึงเป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดในการทดแทนไขมันของผลิตภัณฑ์ และเลือกสูตรนี้ไปศึกษาต่อในขั้นตอนที่สาม โดยได้ศึกษาชนิดและปริมาณสารลดปริมาณน้ำอิสระ 2 ชนิด ได้แก่ กลีเซอรินและซอร์บิทอล แปรปริมาณชนิดละ 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนักน้ำตาลทรายขาว เปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ไม่มีการเติมสารลดปริมาณน้ำอิสระ พบว่า การใช้กลีเซอรินและซอร์บิทอลในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์

มีค่าความแข็ง คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสทุกด้านไม่แตกต่างกับสูตรควบคุม ( $p \geq 0.05$ ) และมีปริมาณน้ำอิสระลดลง ( $p < 0.05$ ) โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้กลีเซอรินร้อยละ 50 โดยน้ำหนักน้ำตาลทรายขาว มีปริมาณน้ำอิสระน้อยที่สุด ( $a_w = 0.698$ ) จึงเลือกสูตรนี้ไปศึกษาต่อในขั้นตอนที่สี่ โดยศึกษาสภาวะการบรรจุและการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะการบรรจุ 4 สภาวะ ได้แก่ การบรรจุถุงพอลิโพรพิลีนที่สภาวะความดันบรรยากาศ การบรรจุถุงลามิเนตพอยล์ที่สภาวะความดันบรรยากาศ สูญญากาศ และตัดแปรรักษาด้วยก๊าซไนโตรเจน เก็บรักษาผลิตภัณฑ์นาน 8 สัปดาห์ที่อุณหภูมิห้อง พบว่า เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลาเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่สภาวะการบรรจุทั้ง 4 สภาวะมีพีเอช ค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น แรงการเคี้ยว และค่าสีเหลืองไม่แตกต่างจากวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ( $p \geq 0.05$ ) ส่วนค่าความสว่าง และค่าสีแดง มีแนวโน้มลดลง ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถุงพอลิโพรพิลีนในสภาวะความดันบรรยากาศที่มีปริมาณยีสต์และราเกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนหมู่ปฐรสรพร้อมบริโภาค  $150/2553 (>10^2$  CFU/g) ในสัปดาห์ที่ 6 และ 8 ของการเก็บรักษา และมีปริมาณน้ำอิสระและค่า TBARS สูงที่สุด ( $p < 0.05$ ) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถุงลามิเนตพอยล์ทั้ง 3 สภาวะมีปริมาณยีสต์และราไม่เกินตามมาตรฐานกำหนด ส่วนผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถุงลามิเนตพอยล์ในสภาวะสูญญากาศมีปริมาณน้ำอิสระและค่า TBARS น้อยที่สุด และมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ( $p < 0.05$ ) ตลอดการเก็บรักษานาน 8 สัปดาห์ จึงสามารถสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโภาคที่เสริมผงอังกัร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนักรวม ทดแทนไขมันด้วยเจลเซลลูโลสร้อยละ 25 โดยน้ำหนักไขมัน ลดปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ด้วยการเติมกลีเซอรินร้อยละ 50 โดยน้ำหนักน้ำตาลทรายขาว และบรรจุในถุงลามิเนตพอยล์ที่สภาวะสูญญากาศ สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $28 \pm 2$  °C) ได้นานอย่างน้อย 8 สัปดาห์

**คำสำคัญ:** สีจากธรรมชาติ, สารทดแทนไขมัน, สารลดปริมาณน้ำอิสระ, สภาวะการบรรจุ

Thesis Title	PRODUCTION AND STORAGE OF READY-TO-EAT REDUCED FAT CHINESE SAUSAGE USING HURDLE TECHNOLOGY
Author	Miss Chidchanok Suksripaisal
Degree	Master of Science (Food Science and Technology)
Major Field/Faculty/University	Food Science and Technology Faculty of Science and Technology Thammasat University
Thesis Advisor	Associate Professor Prapasri Theprugsa, Ph.D.
Academic Years	2016

### ABSTRACT

The objective of this research is to use hurdle technology for processing and storage of ready-to-eat reduced fat Chinese sausage. The first experiment was to investigate the effect of natural coloring agents (tomato powder and ang-kak powder) and their content (0.2, 0.4 or 0.6 % w/w) on Chinese sausage qualities in comparison with control which was prepared without synthetic food color addition. The results showed that the taste score, flavor score, overall acceptability and lightness ( $L^*$ ) decreased while redness ( $a^*$ ) and yellowness ( $b^*$ ) increased with increasing the amount of tomato powder added ( $p < 0.05$ ). The lightness ( $L^*$ ) decreased while the redness ( $a^*$ ) and hardness increased with increasing in concentration of ang-kak powder in the sausages ( $p < 0.05$ ). However, there was no significant differences in water activity, pH and yellowness ( $b^*$ ) as compared to control ( $p \geq 0.05$ ). The highest overall acceptability of Chinese sausage was found in the product formulated with ang-kak powder at 0.2 % (w/w) which was the appropriate formulation to develop the color of the product. The second experiment was to investigate the effect of fat substitute (inulin powder and cellulose gel) and their content (25, 50 and 75 % w/w of fat) on Chinese sausage qualities in comparison with control which was prepared without fat substitute. The results showed that the addition of 25 % (w/w of fat) cellulose gel had no significant differences in texture as compared to control and the highest overall acceptability of the Chinese sausage was found. Therefore, there was

the appropriate formulation to fat substitute of the product. The third experiment was to investigate the effect of humectant (glycerine and sorbitol) and their content (30, 40 or 50 % w/w of sucrose) on Chinese sausage qualities in comparison with control which was prepared without humectant addition. The results showed that increasing glycerine and sorbitol content had no significant differences in texture and sensory score while the water activity decreased as compared to control ( $p \geq 0.05$ ). The addition of 50 % (w/w of sucrose) glycerine had the lowest water activity ( $a_w = 0.698$ ). Therefore, there was the appropriate formulation to reduce the amount of water in the product. The fourth experiment was study of packaging and storage conditions of the product. Four packaging conditions were studied including as follows: (1) polypropylene bag under atmospheric pressure, (2) laminated foil bags under atmospheric pressure, (3) laminated foil bags under vacuum and (4) laminated foil bags under atmospheric pressure with nitrogen and stored at room temperature ( $28 \pm 2^\circ\text{C}$ ) for 8 weeks. The results showed that when storage times were increased, the product which was kept in 4 conditions had no significant differences in pH, hardness, springiness chewiness and the yellowness ( $b^*$ ) ( $p \geq 0.05$ ) while the lightness ( $L^*$ ) and redness ( $a^*$ ) tended to decrease. The product in polypropylene bag under atmospheric pressure had yeast and mold count increased excess of the Thai community product standard of ready to eat seasoned pork no. 150/2010 ( $>10^2$  CFU/g) at 6 through 8 weeks storages while the highest water activity and TBARS were found ( $p < 0.05$ ). The product in laminated foil bag in 3 conditions had yeast and mold count ( $<10$  CFU/g) followed to standards during storage for 8 weeks. The product in laminated foil bag under vacuum pressure had the lowest water activity and TBARS. And the highest overall acceptability of Chinese sausage was found ( $p < 0.05$ ) during storage for 8 weeks. The results suggested that the ready-to-eat Chinese sausage added with ang-kak powder at 0.2 % (w/w), 25 % (w/w of fat) cellulose gel and 50 % (w/w of sucrose) glycerine and packed in laminated foil bag under vacuum pressure could be stored at room temperature ( $28 \pm 2^\circ\text{C}$ ) for at least 8 weeks.

**Keywords:** natural coloring agents, fat substitute, humectant, packing condition



## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่จัดสรรงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2557-2558 ในการสนับสนุนทุนบัณฑิตเรียนดี เพื่อศึกษาต่อคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตรที่จัดสรรงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2559 ในการสนับสนุนค่าใช้จ่ายในงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณโรงงานกุนเชียงภูริ จังหวัดราชบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์สูตร วัตถุดิบ และกรรมวิธีการผลิตกุนเชียงที่ใช้ในงานวิจัยในการวิจัย

การทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือและคำแนะนำจากคณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ทุกท่านที่ช่วยประสิทธิ์ประสาทความรู้ให้แก่ข้าพเจ้า ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ประภาศรี เทพรักษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยอบรมสั่งสอน ให้คำปรึกษา และช่วยตรวจทาน ปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความเหมาะสม และถูกต้องสมบูรณ์ จนสามารถทำวิทยานิพนธ์ได้สำเร็จและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วรางคณา สมพงษ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.รชา เทพขร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมทั้งรองศาสตราจารย์ ดร.อุบลรัตน์ สิริภักทวารวรรณ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาตรวจทาน แก้ไข และให้ข้อเสนอแนะจนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารทุกท่านที่อำนวยความสะดวก และช่วยเหลือในระหว่างการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณ คุณชญัญญาช ฆอบธรรม ที่ช่วยตรวจรูปเล่มการพิมพ์วิทยานิพนธ์ ให้มีความถูกต้อง และเป็นระเบียบเรียบร้อยมากขึ้น ขอขอบคุณพี่ เพื่อน และน้องๆ นักศึกษาภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ที่คอยช่วยเหลือ เป็นที่ปรึกษาและเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวที่คอยให้คำปรึกษา และเป็นกำลังใจสำคัญของข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์

นางสาวชิตชนก ศุขศรีไพศาล

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญตาราง	(11)
สารบัญรูป	(12)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 กุนเชียงหมู	3
2.1.1 บทนิยาม	3
2.1.2 คุณลักษณะที่ต้องการ	3
2.2 เทคโนโลยีเซอร์เดิล	3
2.2.1 บทนิยาม	3
2.2.2 เซอร์เดิลในอาหาร	4
2.3 สีของเนื้อสัตว์	5
2.3.1 ไมโอโกลบินและฮีโมโกลบิน	5
2.3.1 การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อสด	6
2.3.2 การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อหมัก	6
2.3.3 การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อปรุงสุก	8

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 การใช้สีจากธรรมชาติ	8
2.4.1 สีจากธรรมชาติ	8
2.4.2 ประเภทของสีจากธรรมชาติ	8
2.5 มะเขือเทศ	8
2.5.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์	9
2.5.2 รงควัตถุในมะเขือเทศ	9
2.5.3 การนำมะเขือเทศไปใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์	11
2.6 อังคัก	12
2.6.1 รงควัตถุในอังคัก	12
2.6.2 การนำผงอังคักไปใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์	13
2.7 การใช้สารทดแทนไขมัน	14
2.7.1 สารทดแทนไขมัน	14
2.8 อินนูลิน	15
2.8.1 แหล่งอินนูลินในอาหาร	15
2.8.2 การนำอินนูลินไปใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์	15
2.9 เซลลูโลส	16
2.9.1 แหล่งเซลลูโลสในอาหาร	16
2.9.2 การนำเซลลูโลสไปใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์	16
2.10 การใช้สารลดปริมาณน้ำอิสระ	17
2.10.1 ปริมาณน้ำอิสระ	17
2.10.2 สารลดปริมาณน้ำอิสระ	17
2.10.3 การใช้สารลดปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์	18
2.11 บรรจุภัณฑ์	19
2.11.1 ชนิดบรรจุภัณฑ์	20
2.11.2 คุณสมบัติพื้นฐานของบรรจุภัณฑ์	20
2.12 การบรรจุอาหารภายใต้บรรยากาศดัดแปร	22
2.12.1 บทนิยาม	22
2.12.2 ประเภทของการบรรจุ	22

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.12.3 ความสำคัญของก๊าซต่างๆ ที่มีต่อคุณภาพของอาหาร	23
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	25
3.1 วัตถุประสงค์	25
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ	25
3.2.1 อุปกรณ์สำหรับการผลิตผงมะเขือเทศและผงอังกัก	25
3.2.2 อุปกรณ์สำหรับการผลิตเจลเซลล์ูโลส	26
3.2.3 อุปกรณ์สำหรับการผลิตกุนเชียงหมู	26
3.2.4 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ทางกายภาพ	26
3.2.5 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี	27
3.2.6 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์	27
3.2.7 อุปกรณ์สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส	27
3.3 สารเคมี	28
3.3.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ Thiobarbituric acid-reactive substances	28
3.4 อาหารเลี้ยงเชื้อในการตรวจสอบจุลินทรีย์	28
3.4.1 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด	28
3.4.2 ยีสต์และรา	28
3.4.3 ปริมาณของ <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Clostridium botulinum</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella</i> spp., Mesophilic Aerobic sporeformers และ Mesophilic Anaerobic sporeformers	29
3.5 วิธีการเตรียมวัตถุดิบ	29
3.5.1 การเตรียมเนื้อหมูส่วนสะโพก	29
3.5.2 การเตรียมมันหมูแข็ง	29
3.5.3 การเตรียมผงมะเขือเทศ	29
3.5.4 การเตรียมผงอังกัก	30
3.5.5 การเตรียมเจลเซลล์ูโลส	30

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.6 วิธีดำเนินงานวิจัย	30
3.6.1 ศึกษาการใช้สีจากธรรมชาติในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโอค	30
3.6.2 ศึกษาการใช้สารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโอค	32
3.6.3 ศึกษาการใช้สารลดปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโอค	33
3.6.4 ศึกษาสภาวะการบรรจุและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโอค	34
 บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	 37
4.1 ผลการศึกษาการใช้สีจากธรรมชาติในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโอค	37
4.1.1 ปริมาณน้ำอิสระ	37
4.1.2 พีเอช	38
4.1.3 ค่าสี	39
4.1.4 ลักษณะเนื้อสัมผัส	41
4.1.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัส	42
4.2 ผลการศึกษาการใช้สารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโอค	46
4.2.1 ปริมาณน้ำอิสระ	46
4.2.2 ค่าสี	46
4.2.3 ลักษณะเนื้อสัมผัส	48
4.2.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส	49
4.3 ผลการศึกษาการใช้สารลดปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโอค	52
4.3.1 ปริมาณน้ำอิสระ	52
4.3.2 ค่าสี	54
4.3.3 ลักษณะเนื้อสัมผัส	55
4.3.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส	56

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 ผลการศึกษาสภาวะการบรรจุและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภาค	59
4.4.1 ปริมาณน้ำอิสระ	59
4.4.2 พีเอช	59
4.4.3 ค่าสี	61
4.4.4 ลักษณะเนื้อสัมผัส	63
4.4.5 ค่า TBARS	66
4.4.6 การประเมินคุณภาพทางจุลินทรีย์	68
4.4.7 การทดสอบทางประสาทสัมผัส	73
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	78
5.1 สรุปผลการวิจัย	78
5.1.1 การศึกษาการใช้สีจากธรรมชาติในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภาค	78
5.1.2 การศึกษาการใช้สารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภาค	78
5.1.3 การศึกษาการใช้สารลดปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภาค	77
5.1.4 การศึกษาสภาวะการบรรจุและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภาค	77
5.2 ข้อเสนอแนะ	77
รายการอ้างอิง	78
ภาคผนวก	85
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณภาพ	86
ภาคผนวก ข แบบประเมินทางประสาทสัมผัส	93

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ค มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนหมูปรุงรสพร้อมบริโภค มผช.150/2553	94
ภาคผนวก ง คุณสมบัติของอินูลินและเซลลูโลส	100
ประวัติผู้เขียน	101



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	4
2.2	11
2.3	22
3.1	30
4.1	38
4.2	39
4.3	40
4.4	44
4.5	45
4.6	46
4.7	47
4.8	50
4.9	51
4.10	53
4.11	55
4.12	57



### สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.13 คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมัน พร้อมบริโภคน้ำที่เติมกลีเซอรินหรือซอร์บิทอลในปริมาณระดับต่างๆ	58
4.14 ปริมาณน้ำอิสระและพีเอชของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมัน พร้อมบริโภคในสภาวะการบรรจุแบบต่างๆ ที่การเก็บรักษา 8 สัปดาห์	60
4.15 ค่าสีของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคในสภาวะการบรรจุ แบบต่างๆ ที่การเก็บรักษา 8 สัปดาห์	62
4.16 ค่าการเปลี่ยนแปลงสี ( $\Delta E$ ของการเปลี่ยนแปลงสีจากวันที่เริ่มต้น) ของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคในสภาวะการบรรจุแบบต่างๆ ที่การเก็บรักษา 8 สัปดาห์	63
4.17 ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภค ในสภาวะการบรรจุแบบต่างๆ ที่การเก็บรักษา 8 สัปดาห์	64
4.18 ค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภค ในสภาวะการบรรจุแบบต่างๆ ที่การเก็บรักษา 8 สัปดาห์	67
4.19 ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภค ในสภาวะการบรรจุแบบต่างๆ ที่การเก็บรักษา 8 สัปดาห์	69
4.20 คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภค ในสภาวะการบรรจุแบบต่างๆ ที่การเก็บรักษา 8 สัปดาห์	74
ค-1 หลักเกณฑ์การให้คะแนนในการทดสอบสีและกลิ่นรส	99

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 สูตรโครงสร้างโมเลกุลของฮีม	5
2.2 การเปลี่ยนแปลงจากออกซีไมโอโกลบินเป็นเมทไมโอโกลบิน	6
2.3 การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อสดและเนื้อหมัก	7
2.4 ตัวอย่างโครงสร้างของแคโรทีนอยด์ชนิดต่างๆ ที่พบในอาหาร	10
3.1 ขั้นตอนการผลิตกุ้งเชียงใหม่พร้อมบริโภค	31
ก-1 กราฟมาตรฐานของสารละลาย 1,1,3,3-Tetraethoxypropane (TEP)	90



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 บทนำ

การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้บริโภคในปัจจุบัน เกิดจากการเปลี่ยนแปลงบทบาททางสังคมและวิถีการดำเนินชีวิตประจำวัน เช่น ขนาดของครอบครัวที่เล็กลง คนทำงานนอกบ้านมากขึ้นและวิถีชีวิตในสังคมเมืองที่เร่งรีบและวุ่นวาย ล้วนส่งผลให้ผู้บริโภคในปัจจุบันส่วนใหญ่หันไปบริโภคอาหารพร้อมบริโภค (ready-to-eat) กันมากขึ้น เนื่องจากมีความสะดวกสบายในการบริโภค มีคุณภาพอาหารที่สม่ำเสมอและผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัย จึงส่งผลให้ผู้บริโภคมีความต้องการอาหารพร้อมบริโภคเพิ่มสูงขึ้นในตลาดทุกภูมิภาคทั่วโลก ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่ตอบสนองวิถีชีวิตของผู้บริโภคดังกล่าวจึงมีแนวโน้มที่จะเติบโตได้ดีในอนาคต

กุนเชียงหมูเป็นผลิตภัณฑ์ไส้กรอกชนิดหนึ่ง ทำมาจากเนื้อหมูและมันหมูนำมาบดหยาบแล้วผสมเครื่องปรุงรส เช่น น้ำตาล เกลือ และส่วนประกอบอื่นที่เหมาะสม เช่น เครื่องเทศ สมุนไพร ซอิ้ว แล้วนำไปบรรจุใส่แล้วตากแดดหรืออบแห้ง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2555) ในประเทศไทยการบริโภคผลิตภัณฑ์กุนเชียงได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์ที่มีรสชาติที่ดี มีคุณค่าทางโภชนาการสูง แต่เนื่องจากกุนเชียงหมูมีปริมาณไขมันมากกว่าร้อยละ 30 ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่สำคัญต่อการเสื่อมเสียด้านคุณภาพในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีปริมาณไขมันมาก ผลิตภัณฑ์เกิดกลิ่นที่ไม่ดี (Kuo และ Chu, 2002) ส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค (Georgantelis และคณะ, 2006) และเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผู้บริโภคมีอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคอ้วน โรคความดันโลหิตสูง โรคหลอดเลือดหัวใจ และโรคเส้นเลือดหัวใจตีบ เนื่องจากไขมันสัตว์มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวและคอเลสเตอรอลสูง (Ozvural และ Vural, 2008) ผู้บริโภคส่วนใหญ่จึงได้ตระหนักและหันมาใส่ใจสุขภาพกันมากขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่มีสารทดแทนไขมัน หรือให้พลังงานต่ำได้รับความนิยมตามไปด้วย นอกจากนี้ยังเกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาสั้น ผู้ประกอบการจึงนิยมเติมไนไตรท์ลงในผลิตภัณฑ์กุนเชียง เพื่อให้มีสีแดงอมชมพูคงสภาพอยู่ได้นาน ช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ และป้องกันการเกิดกลิ่นหืน แต่การใช้ไนไตรท์ปริมาณมากเกินไปอาจก่อให้เกิดสารก่อโรคมะเร็งที่ร้ายแรงอีกด้วย (เขาวลัษณ์, 2536) นอกจากนี้ยังมีการใช้สีสังเคราะห์ในการปรุงแต่งผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีสีสวยงามน่ารับประทาน ถึงแม้จะเป็นสีสังเคราะห์ที่อนุญาตให้ใช้ในอาหารได้ แต่หากมีการบริโภคในปริมาณมากหรือบ่อยครั้งก็อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้

(จุไรรัตน์, 2537) จากอันตรายดังกล่าว ดังนั้นปัจจุบันจึงได้มีการใช้สีจากธรรมชาติเป็นวัตถุเจือปนในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แทนสารสังเคราะห์มากขึ้น

การบรรจุอาหารภายใต้บรรยากาศดัดแปรเป็นวิธีที่ทำให้อากาศที่อยู่รอบๆ อาหารภายในบรรจุภัณฑ์ มีส่วนประกอบของอากาศที่แตกต่างไปจากอากาศในบรรยากาศปกติ ทำให้มีสภาวะบรรยากาศที่ไม่เหมาะสมแก่การเจริญของจุลินทรีย์ สามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน วิตามิน และรงควัตถุได้ และนอกจากนี้ยังสามารถรักษารูปทรงของผลิตภัณฑ์ป้องกันการแตกหักของชิ้นอาหาร ดังนั้นการบรรจุอาหารภายใต้บรรยากาศดัดแปร จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยชะลอหรือป้องกันการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ได้

อย่างไรก็ตามยังไม่พบงานวิจัยที่ศึกษาการผลิตกุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคน้ำที่เก็บรักษาได้เป็นระยะเวลาานาน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาเทคโนโลยีเฮอริเดิลในการผลิตและเก็บรักษา กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคน้ำ โดยใช้สารทดแทนไขมัน สารลดปริมาณน้ำอิสระสีจากธรรมชาติ และสภาวะการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ เพื่อให้สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้ สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบัน และเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพอีกด้วย

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการนำเทคโนโลยีเฮอริเดิลมาใช้ในการพัฒนากระบวนการผลิตและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคน้ำ โดยมีวัตถุประสงค์การดำเนินงานวิจัยแต่ละขั้นตอน ดังนี้

- (1) ศึกษาการใช้สีจากธรรมชาติ
- (2) ศึกษาการใช้สารทดแทนไขมัน
- (3) ศึกษาการใช้สารลดปริมาณน้ำอิสระ
- (4) ศึกษาสภาวะการบรรจุและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

## บทที่ 2

### วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 กุนเชียงหมู

##### 2.1.1 บทนิยาม

กุนเชียงหมูจัดเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์ชนิดบดหยาบ มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่หยาบกว่าไส้กรอกอิมัลชัน ได้จากการนำเนื้อหมูที่ผ่านการสับบด ไขมัน เครื่องปรุงรส เช่น น้ำตาล เกลือ ซีอิ้ว นำมาบดผสมกัน อาจหมัก แล้วบรรจุในไส้ธรรมชาติ เช่น ไส้หมู ไส้แพะ ไส้แกะ ที่ทำความสะอาดและเก็บรักษาอย่างถูกสุขลักษณะ หรือไส้เทียมรีเจเนอเรตคอลลลาเจน จากนั้นนำไปทำให้แห้งโดยใช้ลมร้อนหรือวิธีอื่นที่เหมาะสม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2555)

##### 2.1.2 คุณลักษณะที่ต้องการ

ลักษณะทั่วไปของผลิตภัณฑ์ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปร่างเดียวกันและมีขนาดใกล้เคียงกัน ผิวไม่แตกหรือฉีกขาด ลักษณะเนื้อสัมผัสต้องแน่น คงรูป ไม่แข็งกระด้างหรือยุ่ย เนื้อหมูและมันหมูผสมกันอย่างทั่วถึง ไม่รวมกันเป็นกลุ่มก้อน ไม่มีมันเยิ้มออกมาภายนอก อาจมีโพรงอากาศเล็กน้อย สีของผลิตภัณฑ์ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของกุนเชียง มีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติ นอกจากนี้ต้องไม่มีกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน รสเปรี้ยว เป็นต้น และไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2555)

#### 2.2 เทคโนโลยีเฮอร์ดิล

##### 2.2.1 บทนิยาม

เทคโนโลยีเฮอร์ดิล (hurdle technology) เป็นการนำปัจจัยหรือวิธีการต่างๆ มาใช้ร่วมกันอย่างเหมาะสมในอาหารแต่ละชนิด เพื่อเพิ่มความคงตัว (stability) ความปลอดภัย และคุณภาพของอาหาร เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงในการยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร และยังสามารถคงคุณลักษณะที่ดีทางประสาทสัมผัสไว้ได้ เฮอร์ดิลหรือปัจจัย เช่น การใช้ความร้อน การทำแห้ง การใช้สารกันเสีย การหมัก การลดปริมาณน้ำอิสระ การฉายรังสี รวมถึงการใช้เทคโนโลยีด้านบรรจุภัณฑ์ที่ยืดอายุการเก็บรักษา ต้องสามารถควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ปกติในอาหารแต่ละชนิดนั้นได้ การใช้ผลของเฮอร์ดิลอย่างมีประสิทธิภาพจะต้องทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถก้าวข้ามปัจจัยที่นำมาใช้ ไม่เช่นนั้นอาหารจะเกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์และอาจทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษได้ (เทเวศ, 2556)

## 2.2.2 เฮอร์เดิลในอาหาร

เฮอร์เดิลในอาหารที่สำคัญในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่นิยมใช้ในปัจจุบันแสดงดังตารางที่ 2.1 พบว่า เฮอร์เดิลที่สำคัญมีเพียงไม่กี่ชนิด เนื่องจากเฮอร์เดิลดังกล่าวมีประสิทธิภาพดีเมื่อนำมาใช้ร่วมกับเฮอร์เดิลหรือปัจจัยอื่นๆ จึงทำให้มีการนำมาใช้และมีการศึกษากันอย่างมาก การใช้เฮอร์เดิลร่วมกันโดยใช้เฮอร์เดิลที่สำคัญที่มีผลในการยับยั้งจุลินทรีย์มี 3 เฮอร์เดิล ได้แก่ การลดอุณหภูมิในการเก็บรักษา การลดปริมาณน้ำอิสระ และการลดพีเอช ส่วนการใช้เฮอร์เดิลที่สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้มี 1 เฮอร์เดิล คือ การใช้ความร้อนในระดับต่ำ (mild heat treatment) โดยพบว่ามีประสิทธิภาพดีในการยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร (Leistner และ Gould, 2002)

ตารางที่ 2.1 เฮอร์เดิลที่สำคัญสำหรับการยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร

สัญลักษณ์	พารามิเตอร์	การประยุกต์ใช้
F	อุณหภูมิสูง	ความร้อน
T	อุณหภูมิต่ำ	การแช่เย็น การแช่เยือกแข็ง
a <sub>w</sub>	การลดปริมาณน้ำอิสระ	การทำแห้ง เคียวริง การเชื่อม
pH	การเพิ่มความเป็นกรด	การปรับหรือการเติมกรด
Eh	การลดค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล	การกำจัดออกซิเจน หรือ การเติมแอสคอร์เบต เป็นต้น
Pres.	การใช้สารกันเสีย	ซอร์เบต ซัลไฟต์ ไนไตรท์และอื่นๆ
c.f.	การใช้จุลินทรีย์คู่แข่ง	การหมักโดยจุลินทรีย์

ที่มา: Leistner และ Gould (2002)

มีการศึกษาการใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิลในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ในปี 2006 Kanatt และคณะ ศึกษาการพัฒนากระบวนการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กึ่งพร้อมรับประทานโดยใช้เทคนิคเฮอร์เดิล โดยการลดปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ ( $0.85 \pm 0.02$ ) ร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์และการฉายรังสีแกมมา 2.5 กิโลเกรย์ พบว่า ในผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการฉายรังสีพบเชื้อราในวันที่ 15 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $25 \pm 3$  องศาเซลเซียส) ส่วนตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และ *Staphylococcus* spp. ลดลง ในขณะที่ลักษณะเนื้อสัมผัสและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไม่เปลี่ยนแปลง ( $p < 0.05$ )

Jafari และ Emam-Djomeh (2007) ศึกษาการลดปริมาณไนไตรท์ในไส้กรอกโดยใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิล โดยการปรับปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ด้วยการเพิ่มสารลดปริมาณน้ำอิสระ ปรงสุกที่อุณหภูมิ  $80 \pm 1$  องศาเซลเซียส และลดอุณหภูมิลง 5–6 องศาเซลเซียส

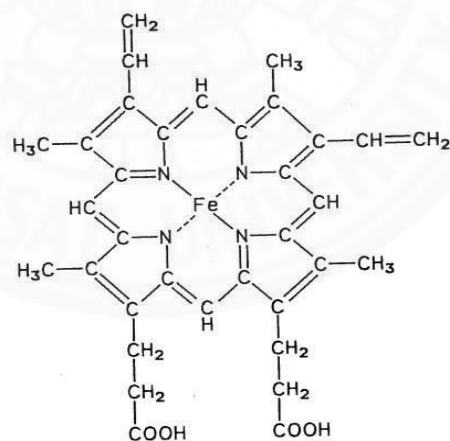
ภายใน 40 ถึง 45 นาที ร่วมกับการเก็บรักษาโดยการแช่เย็น พบว่า ตัวอย่างที่ใช้เซอร์เดิลที่มีการเติมไนไตรท์ 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีปริมาณจุลินทรีย์ที่เจริญโดยอาศัยออกซิเจนลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่เติมไนไตรท์ 120 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่มีปริมาณ *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum* และการยอมรับคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกัน ( $p < 0.05$ )

## 2.3 สีของเนื้อสัตว์

สีของเนื้อสัตว์เป็นความรู้สึกประการแรกที่ผู้บริโภคสามารถสัมผัสได้ และเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้ผู้บริโภคตัดสินใจในการเลือกซื้อ โดยสีของเนื้อสัตว์จะแตกต่างกันตามชนิดของสัตว์ เพศ อายุ ชิ้นส่วนที่มาจากอวัยวะที่ต่างกัน และยังขึ้นอยู่กับปริมาณไมโอโกลบินที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อสัตว์ (งามทิพย์, 2537)

### 2.3.1 ไมโอโกลบินและฮีโมโกลบิน

ไมโอโกลบิน (myoglobin) และฮีโมโกลบิน (hemoglobin) เป็นรงควัตถุที่สำคัญในร่างกายสัตว์ รงควัตถุทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของโปรตีนโกลบิน (globin) รวมกับฮีม (heme) ซึ่งมีธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบ (ดังรูปที่ 2.1) สามารถดูดกลืนแสงได้และมีสี



รูปที่ 2.1 สูตรโครงสร้างโมเลกุลของฮีม

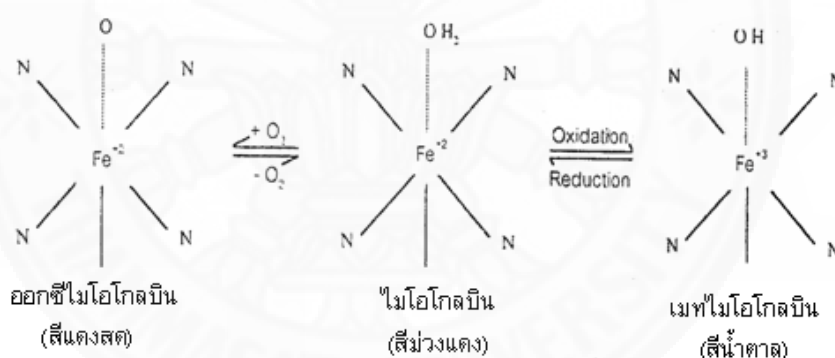
ที่มา: DeMan (1990)

ฮีโมโกลบินเป็นองค์ประกอบอยู่ภายในเซลล์เม็ดเลือดแดง ทำหน้าที่ขนถ่ายออกซิเจนไปตามเส้นเลือดสู่อวัยวะส่วนต่างๆ ของร่างกาย โดยมีฮีมเป็นตัวจับหรือรวมตัวกับออกซิเจน และพาออกซิเจนไปให้เซลล์ของเนื้อเยื่อต่างๆ (นิธิยา, 2557)

ไมโอโกลบินเป็นรงควัตถุที่สำคัญในกล้ามเนื้อของสัตว์และทำให้กล้ามเนื้อมีสีแดง โดยทำหน้าที่รับออกซิเจนจากฮีโมโกลบินมาสู่กล้ามเนื้อต่างๆ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงประจุของธาตุเหล็ก ที่มีอยู่ในฮีโมโกลบินจะทำให้ไมโอโกลบินเกิดการเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากการรวมตัวกับสารบางชนิดและ ทำให้เกิดการสูญเสียอิเล็กตรอนไปหรือมีจำนวนอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้เนื้อสัตว์มีสีที่แตกต่าง กันออกไป (นิธิยา, 2557)

### 2.3.1 การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อสด

เนื้อสัตว์ที่อยู่ในสภาวะที่มีออกซิเจน ไมโอโกลบินจะรวมตัวกับออกซิเจนด้วย พันธะโคเวเลนต์ได้เป็นออกซีไมโอโกลบิน ทำให้เนื้อสัตว์เปลี่ยนจากสีม่วงแดงเป็นสีแดง โดยโมเลกุล ของไมโอโกลบินและออกซีไมโอโกลบินจะมีเหล็กไอออนอยู่ในรูปของเฟอร์รัสไอออน ( $Fe^{2+}$ ) เมื่อ ไมโอโกลบินเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เฟอร์รัสไอออน ( $Fe^{2+}$ ) จะเปลี่ยนเป็นเฟอร์ริกไอออน ( $Fe^{3+}$ ) กลายเป็นสารประกอบเมทไมโอโกลบินซึ่งทำให้สีเนื้อสัตว์เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (วัฒน์, 2542) แสดงดัง รูปที่ 2.2



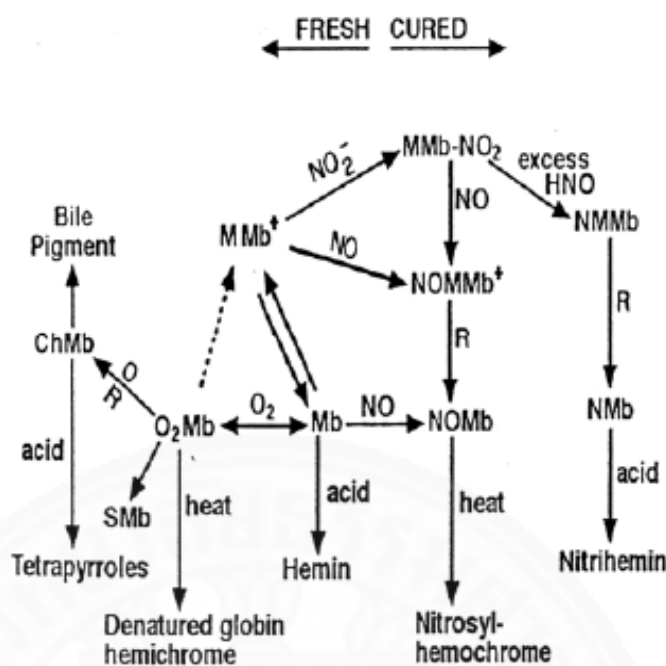
รูปที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงจากออกซีไมโอโกลบินเป็นเมทไมโอโกลบิน

ที่มา: วัฒน์ (2542)

### 2.3.2 การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อหมัก

การเปลี่ยนแปลงสีในผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก เช่น กุนเชียง แสม และไส้กรอก มักมีการเติมเกลือไนเตรทหรือไนไตรท์ เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีชมพูที่คงตัว โดยปฏิกิริยาเริ่มจาก ไมโอโกลบินรวมตัวกับไนตริกออกไซด์ได้เป็นไนโตรซิลไมโอโกลบิน ซึ่งมีสีแดงสดและไม่คงตัว โดยจะ เปลี่ยนกลับไปเป็นไมโอโกลบินและเมทไมโอโกลบินได้เสมอ แต่หากได้รับความร้อนจนอุณหภูมิสูงถึง 54–60 องศาเซลเซียส ไนโตรซิลไมโอโกลบินจะเปลี่ยนเป็นไนโตรซิลฮีโมโครมได้เป็นสีชมพูที่คงตัว (Von Elbe และ Schwartz, 1996) แสดงดังรูปที่ 2.3





รูปที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อสดและเนื้อหมัก

ที่มา: Von Elbe และ Schwartz (1996)

กรณีที่ไนตริกออกไซด์ไม่โอไกลบินและไนโตรซิลเฮโมโครมถูกแสง สีจะซีดลงได้ และในกรณีที่นำเนื้อที่หมักแล้วไปวางไว้ใต้แสงฟลูออเรสเซนต์ในขณะที่สัมผัสกับอากาศด้วย สีที่ผิวเนื้อจะซีดลงภายในประมาณหนึ่งชั่วโมง ภายใต้สภาวะเดียวกันนี้เนื้อสดจะยังคงสีแดงเป็นเวลา 3 วัน หรือนานกว่านั้น การที่สีของเนื้อหมักซีดลงเกิดจากกระบวนการ 2 ขั้นตอน คือ การแตกตัวของไนตริกออกไซด์จากฮีม ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เร่งด้วยแสง และเกิดการออกซิไดซ์ไนตริกออกไซด์โดยออกซิเจน นอกจากนี้โมเลกุลฮีมก็ถูกออกซิไดซ์ได้ด้วยออกซิเจน จนกลายเป็นฮีโมโครม (hemichrome) ที่มีหมู่ฮีมอยู่ในสภาวะเฟอร์ริก (งามทิพย์, 2537)

การป้องกันไม่ให้สีซีดทำได้โดยการป้องกันมิให้ออกซิเจนสัมผัสกับผิวของเนื้อ วิธีที่ได้ผลคือ การบรรจุเนื้อแบบสุญญากาศ หรือบรรจุในแผ่นฟิล์มที่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน ถ้าปราศจากออกซิเจนไนตริกออกไซด์จะไม่ถูกออกซิไดซ์ และสามารถรวมกับฮีมได้ใหม่ การเติมกรดแอสคอร์บิกในเนื้อบ่ม หรือการพ่นแอสคอร์เบท จะช่วยให้มีการเกิดก๊าซไนตริกออกไซด์อย่างต่อเนื่องจากไนไตรท์ที่มีในเนื้อ การใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ทึบแสงสามารถป้องกันไม่ให้สีซีดได้ เพราะทั้งแสงและออกซิเจนมีส่วนทำให้เนื้อบ่มมีสีซีดลง (งามทิพย์, 2550)

### 2.3.3 การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อปรงสุก

เนื้อสัตว์เมื่อได้รับความร้อนโปรตีนโกลบินจะเกิดการเสียสภาพธรรมชาติ เหล็กที่อยู่ในรูปเฟอร์รัสไอออนถูกออกซิไดซ์ให้อยู่ในรูปเฟอร์ริกไอออนทำให้เนื้อสัตว์ที่ผ่านการปรงสุกมีสีน้ำตาลจากรงควัตถุเฮโมโครม แต่ถ้าภายในเนื้อปรงสุกยังคงมีสารรีดิวซิงเหลืออยู่เฟอร์ริกไอออนอาจถูกรีดิวซ์กลับให้อยู่ในรูปของเฟอร์รัสไอออนทำให้เนื้อมีสีชมพูของเฮโมโครม (hemochrome) (นิธิยา, 2557)

## 2.4 การใช้สีจากธรรมชาติ

### 2.4.1 สีจากธรรมชาติ

สีจากธรรมชาติ คือ สีที่ได้มาจากการสังเคราะห์หรือสกัดจากวัตถุดิบธรรมชาติ โดยผ่านการวิเคราะห์ส่วนประกอบ กรรมวิธีการผลิต ความบริสุทธิ์และอื่นๆ จนแน่ใจว่าปลอดภัยต่อการบริโภค (กิติมา, 2549)

### 2.4.2 ประเภทของสีจากธรรมชาติ

สีจากธรรมชาติสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท (กิติมา, 2549) ดังนี้

- (1) สีอินทรีย์ ได้แก่ ผงถ่าน ปูนขาว และไทเทเนียมไดออกไซด์ (titanium dioxide) เป็นต้น
- (2) สีที่สกัดได้จากธรรมชาติ ได้แก่ สีที่สกัดจากส่วนใดส่วนหนึ่งของพืช ผัก ผลไม้ จุลินทรีย์ และสัตว์

ประเภทอาหารที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดให้ใช้ได้เฉพาะสีธรรมชาติ ได้แก่ เนื้อสัตว์ ทุกชนิดที่ปรุงแต่ง อย่าง อบ นึ่ง หรือทอด บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป เส้นบะหมี่ แผ่นก๊วย สปาเกตตี มะกะโรนี สีธรรมชาติหาได้ง่ายและบางอย่างมีกลิ่นหอมสามารถรับประทานได้โดยไม่จำกัดปริมาณ และไม่ต้องกลัวว่าจะเกิดการสะสมของสารพิษในร่างกาย (จूरรัตน์, 2540)

## 2.5 มะเขือเทศ

มะเขือเทศ (tomato) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Lycopersicon esculentum* Mill. จัดอยู่ในวงศ์ *Solanaceae* โดยมีพืชร่วมวงศ์ คือ พริก มะเขือ มันฝรั่ง ยาสูบ และพืทูเนีย เป็นต้น มีถิ่นกำเนิดในแถบชายฝั่งตะวันตกของอเมริกาใต้บริเวณประเทศเอกวาดอร์ ชิลี และเปรู รวมทั้งเกาะกาลาปากอส (มณีฉัตร, 2538)

## 2.5.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

### 2.5.1.1 ลำต้น

เป็นไม้ล้มลุกลักษณะลำต้นตั้งตรงและแตกเป็นพุ่ม ฐานของลำต้นแตกกิ่งแขนงแบบแตกกิ่งก้านด้านข้าง ส่วนด้านบนแตกกิ่งแขนงแบบเจริญด้านข้าง ปลายยอดเป็นช่อดอก และตาข้างแตกกิ่งแขนงต่อไปตามลำต้น ก้านใบและก้านผลมีขนยาวตรงอ่อนนุ่มปกคลุมอยู่ (บุญส่ง, 2557)

### 2.5.1.2 ราก

รากประกอบด้วย 3 ระบบ ได้แก่ รากแก้ว (tab-root) รากพิเศษ (adventitious root) และรากฝอย (fibrous root) (บุญส่ง, 2557)

### 2.5.1.3 ใบ

ใบมะเขือเทศมีสีเขียวปนเทา แตกจากบริเวณข้อออกเป็นใบรวมที่มีใบย่อยเรียงสลับกันเป็นรูปคล้ายขนนก มี 7-9 ใบใหญ่ ริมขอบใบหยักเว้าลึกหรือหยักเป็นฟันเลื่อย ส่วนปลายใบแหลม ใบมีขนาดยาวประมาณ 2-3 เซนติเมตร ใบมีขนขึ้นและมีต่อมที่ขนใบ (บุญส่ง, 2557)

### 2.5.1.4 ดอก

ดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ ออกเป็นช่อ ช่อหนึ่งประมาณ 3-7 ดอก ออกตามซอกใบ ลักษณะของดอกเป็นดอกสีเหลืองขนาดเล็กมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตร กลีบดอกเป็นสีเหลืองเชื่อมติดกันเป็นหลอด ส่วนปลายกลีบจะแยกจากกันเป็นแฉก 5-6 แฉกและมีเกสรตัวผู้ประมาณ 5-6 อัน เกสรตัวเมีย 1 อันภายในดอกเดียวกัน ก้านดอกยาวประมาณ 1-1.5 เซนติเมตร (ปริญญา, 2556)

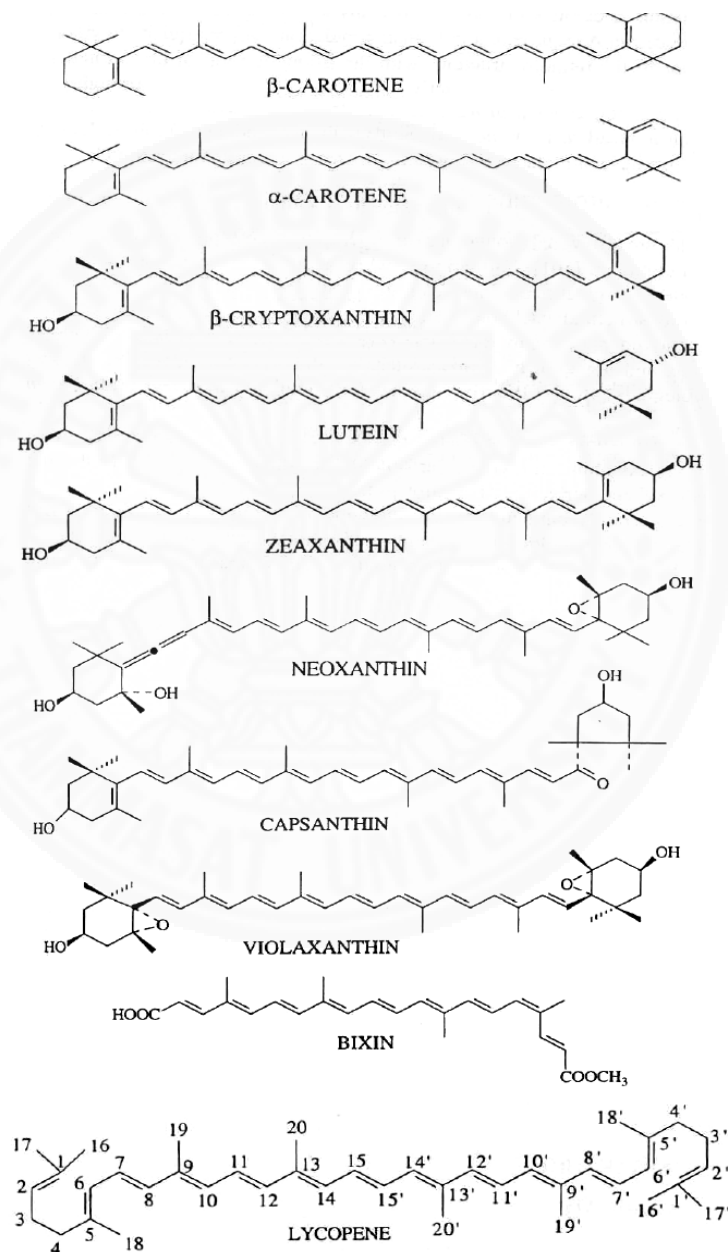
### 2.4.1.5 ผล

ผลมีลักษณะที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ บางพันธุ์ผลมีลักษณะกลมรี กลมแบน หรือกลมใหญ่ เนื้อผิวของผลเกลี้ยงเป็นมัน ภายในผลมีเมล็ดเป็นรูปไต ขนาดเล็กจำนวนมาก ผลอ่อนมีสีเขียวพอกแก่เต็มที่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือสีแดงสด สีของผลมะเขือเทศขึ้นอยู่กับรงควัตถุ 2 ชนิด คือ ไลโคพิน (lycopene) ที่ให้เกิดสีแดง และแคโรทีน (carotene) ซึ่งทำให้เกิดสีเหลือง สีแดง สีส้ม และสีน้ำตาลอ่อน เนื้อภายในผลฉ่ำไปด้วยน้ำ มีรสชาติเปรี้ยวถึงหวาน (นิราณี, 2555)

## 2.5.2 รงควัตถุในมะเขือเทศ

ในผลมะเขือเทศมีแคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นกลุ่มของรงควัตถุในพืชที่ให้สีเหลือง สีส้ม และสีแดง แคโรทีนอยด์มีสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในน้ำมันและตัวทำละลายอินทรีย์ แคโรทีนอยด์เป็นจำนวนมากประกอบด้วยคาร์บอนอะตอมถึง 40 ตัว หรือมีหน่วยไอโซพรีน 8 หน่วย จะพบว่าโครงสร้างจะเป็นแบบพันธะคู่สลับกับพันธะเดี่ยว (conjugated double bond) สีของ

แคโรทีนอยด์จะผันแปรไปตามจำนวนพันธะคู่ของโมเลกุล ซึ่งถ้าโมเลกุลมีจำนวนพันธะคู่มากจะทำให้มีสีแดงเข้มขึ้น โดยแคโรทีนอยด์ที่พบมากในมะเขือเทศ ได้แก่ ไลโคพีน ที่ให้สีแดงส้ม และ บีตา-แคโรทีน ที่ให้สีส้มเหลือง (นิธิยา, 2557) ซึ่งมักจะใช้เป็นสีผสมอาหารโดยอาจสกัดจาก สารธรรมชาติหรือได้จากการสังเคราะห์ โครงสร้างโมเลกุลของแคโรทีนอยด์ชนิดต่างๆ ที่พบในพืช แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างโครงสร้างของแคโรทีนอยด์ชนิดต่างๆ ที่พบในอาหาร

ที่มา: Von Elbe และ Schwartz (1996)

ระหว่างการสุกของมะเขือเทศจะมีการเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณของ แคลโรทีนอยด์เพิ่มมากขึ้น แสดงดังตารางที่ 2.2

**ตารางที่ 2.2** การเปลี่ยนแปลงชนิดของแคลโรทีนอยด์ระหว่างการสุกของผลมะเขือเทศ

ชนิดของแคลโรทีนอยด์	ปริมาณ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของมะเขือเทศ)		
	ผลดิบ	ผลกำลังสุก	ผลสุก
ไลโคพีน	0.11	0.84	7.85
แคลโรทีน	0.16	0.43	0.73
แซนโทฟิลล์	0.02	0.03	0.06
แซนโทฟิลล์เอสเทอร์	0.00	0.02	0.10

ที่มา: DeMan (1990)

### 2.5.3 การนำมะเขือเทศไปใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

การนำแคลโรทีนอยด์ไปใช้เป็นสีผสมอาหารในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ โดยการทดแทนไนโตรสและสีผสมอาหารสังเคราะห์ เนื่องจากแคลโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุที่ได้จากธรรมชาติ เป็นโปรวิตามินเอที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ และเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยอาจสกัดจากธรรมชาติ หรือได้จากการสังเคราะห์

Deda และคณะ (2007) ศึกษาผลของการเติมมะเขือเทศต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ โดยแปรปริมาณมะเขือเทศบด 7 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 2, 6, 8, 12 และ 16 โดยน้ำหนักรวม ร่วมกับการเติมไนโตรส 2 ระดับ ได้แก่ 0 และ 150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่า เมื่อมะเขือเทศบดในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างลดลง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น โดยสูตรที่เติมมะเขือเทศบดร้อยละ 12 โดยน้ำหนักรวมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ร่วมกับการใช้โซเดียมไนโตรส 150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด

Calvo และคณะ (2008) ศึกษาผลของการเสริมเปลือกมะเขือเทศผงในไส้กรอกหมักแห้ง โดยแปรปริมาณเปลือกมะเขือเทศผง 4 ระดับ ได้แก่ 0, 6, 9 และ 12 กรัมต่อกิโลกรัม พบว่า เมื่อเสริมเปลือกมะเขือเทศผงเพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักแห้งหลังเก็บรักษา 21 วัน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณไลโคปีนลดลง มีค่าสีแดง ค่าสีเหลือง และค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ส่วนค่าแรงยืดเกาะลดลง ในขณะที่คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกัน

Eyler และ Oztan (2011) ศึกษาการใช้มะเขือเทศผงร่วมกับการใช้ไนโตรสในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ โดยแปรปริมาณมะเขือเทศผงเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 0, 2 และ 4

กรัมต่อส่วนผสม 100 กรัม ร่วมกับไนโตรเจน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่า ใส่กรอกแฟรงค์เฟอ์เตอร์ ที่มีปริมาณมะเขือเทศผงมากขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างลดลง แต่มีค่าสีแดงและคะแนนทางประสาทสัมผัสสูงกว่าสูตรควบคุมที่มีการเติมไนโตรเจน 150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเพียงอย่างเดียว

Doménech-Asensi และคณะ (2013) ศึกษาผลของการเติมมะเขือเทศบดในผลิตภัณฑ์มอทาเตลลา โดยแปรปริมาณมะเขือเทศบด 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 2, 6 และ 10 โดยน้ำหนักรวม พบว่า การใช้ไนโตรเจนร่วมกับมะเขือเทศบดร้อยละ 10 โดยน้ำหนักรวมในผลิตภัณฑ์มอทาเตลลา ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างลดลง แต่มีค่าสีแดงและสีเหลืองเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้ไนโตรเจนร่วมกับมะเขือเทศบดร้อยละ 2 และ 6 โดยน้ำหนักรวม

## 2.6 อังคัก

อังคัก (anka, red fermented rice, red yeast rice ) หรือข้าวแดงทำมาจากข้าวที่ผ่านกระบวนการหมักด้วยราสายพันธุ์ *Monascus* spp. ที่สามารถสร้างสารให้สี ซึ่งทำให้ข้าวทั้งเมล็ดเปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม สีจากอังคักใช้เป็นสีผสมอาหารได้ (Tseng และคณะ, 2000)

### 2.6.1 รงควัตถุในอังคัก

#### 2.6.1.1 การสร้างรงควัตถุของ *Monascus* spp.

ราพันธุ์ *Monascus* spp. จัดอยู่ในวงศ์ (Family) Monascaceae กลุ่ม (Class) Ascomycetes กลุ่มย่อย (Subclass) Plectomycetidae อันดับ (Order) Eurotiales เส้นใยมีผนังกัน และแตกออกเป็นแขนง เส้นใยเป็นสีขาวเมื่ออายุน้อยและเปลี่ยนเป็นสีแดงเมื่ออายุมากขึ้น (Nakanishi, 1959)

*Monascus* spp. สามารถผลิตสารทุติยภูมิเมแทบอลิต์ที่มีโครงสร้างซับซ้อนได้ ประกอบไปด้วย รงควัตถุและโมนาโคลินส์ ซึ่งสังเคราะห์ได้จากวิถีโพลีคีไต์เกิดจากการรวมตัวกันของโมเลกุล Acetyl-CoA 1 โมล กับ Malonyl-CoA 5 โมล โดย Polyketide synthase เกิดเป็น Hexaketide chromophore โดยกระบวนการจะดำเนินต่อไปจนได้เป็น Polyketide chromophore และรวมตัวกับกรดไขมันขนาดกลาง โดยปฏิกิริยา transesterification กลายเป็นรงควัตถุสีส้ม ได้แก่ Monoscorubin จากนั้นรงควัตถุสีส้มจะเกิดปฏิกิริยารีดักชันแล้วเกิดเป็นรงควัตถุสีเหลือง ได้แก่ Ankaflavin และ Monascin ในขณะที่รงควัตถุสีแดงจะเกิดจากการที่รงควัตถุสีส้มของ Monoscorubin มาทำปฏิกิริยา Amination กับกรดอะมิโนได้เป็น Monascorubramine และ Rubopunctamine (Hajaj และคณะ, 2000)

### 2.6.1.2 รงควัตถุของ *Monascus* spp.

รงควัตถุที่ผลิตจาก *Monascus* spp. จัดเป็นสารทุติยภูมิ ซึ่งไม่จำเป็นต่อการเจริญและการสืบพันธุ์ของรา โดยมีทั้งสารที่สร้างขึ้นควบคู่ไปกับการเจริญ และสร้างหลังจากที่ราหยุดการเจริญแล้ว โดยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของรา ส่วนประกอบของอาหาร และสภาวะการเลี้ยงเชื้อ รงควัตถุจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับสารในกลุ่ม Azaphilone เช่น Sclerotiorin และ rotiorin (Nakanishi, 1959) โดยสามารถจำแนกรงควัตถุของ *Monascus* spp. ได้ 3 ชนิด ดังนี้

- (1) รงควัตถุสีส้ม ได้แก่ Monascorubin และ Rubropunctatin
- (2) รงควัตถุสีเหลือง ได้แก่ Ankaflavin และ Monascin
- (3) รงควัตถุสีแดง ได้แก่ Monascorubramine, Rubopunctamine,

N-glucosylrubropunctamine และ N-glucosylmonascorubramine

### 2.6.2 การนำผงอังกักไปใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

อังกักถูกใช้เป็นสีผสมอาหารแทนสีสังเคราะห์ เนื่องจากมีราคาถูกและไม่พบเป็นสารก่อมะเร็ง จึงมีความปลอดภัยสูง และยังก่อให้เกิดกลิ่นเฉพาะในอาหารหมักดอง ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในแถบเอเชีย (Wang และคณะ, 2000)

Liu และคณะ (2010) ศึกษาปริมาณของไนโตรเจนและผงอังกักในผลิตภัณฑ์กุนเชียง โดยแปรปริมาณไนโตรเจน 2 ระดับ คือ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (สูตรควบคุม) และไนโตรเจน 25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ร่วมกับการแปรปริมาณอังกักเป็น 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 โดยน้ำหนักรวม พบว่า การเติมอังกักทำให้ค่าสีแดง และค่า TBA เพิ่มขึ้น ส่วนค่าความสว่างลดลง และมีปริมาณจุลินทรีย์มากกว่าสูตรควบคุม

จุฑามาศ และเฉลิมพล (2557) ศึกษาการใช้ผงอังกักเพื่อการเกิดสีในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาอิมัลชัน โดยแปรปริมาณผงอังกักเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.3, 0.6, 0.9 และ 1.2 โดยน้ำหนักเนื้อปลา เปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ใช้ไนโตรเจนร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนักเนื้อปลา พบว่าการเติมผงอังกักเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างลดลง ส่วนค่าสีแดงเพิ่มขึ้น โดยผงอังกักร้อยละ 1.2 โดยน้ำหนักเนื้อปลา ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสีแดงสูงที่สุดและการเติมผงอังกักร้อยละ 0.3 และ 0.6 โดยน้ำหนักเนื้อปลา ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะความแน่นเนื้อแตกต่างกันจากสูตรควบคุม และนอกจากนี้ปริมาณผงอังกักไม่มีผลต่อปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมัน แต่การเติมผงอังกักร้อยละ 1.2 โดยน้ำหนักเนื้อปลา ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณเยื่อใย พีเอช และการยอมรับจากผู้ทดสอบในทุกด้านสูงที่สุด

รุ่งลักษณ์ และคณะ (2558) ศึกษาการผลิตผงข้าวแดงจากปลายข้าวและใช้เป็นสีผสมอาหารในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน โดยแปรปริมาณผงข้าวแดงเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 0.75, 1.0, 1.25 และ 1.5 โดยน้ำหนักเนื้อ เปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่มีการเติมสารไนเตรต 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเนื้อ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่เติมข้าวแดงร้อยละ 0.75 โดยน้ำหนักเนื้อ

มีคะแนนความชอบด้านสีและความชอบโดยรวมสูงที่สุด ทั้งนี้การเติมข้าวแดงที่ร้อยละ 0.75 ถึง 1.5 โดยน้ำหนักเนื้อ ไม่ส่งผลต่อกลิ่น รสเปรี้ยว และรสเค็มของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่เติมข้าวแดงเป็นสีผสมอาหารร้อยละ 0.75 โดยน้ำหนักเนื้อ มีค่าซิทริ닌ไม่เกินค่าในข้อกำหนดของสหภาพยุโรป 1881/2006 จึงสามารถเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบของไส้กรอกอีสานที่เติมผงข้าวแดงเพื่อถ่ายทอดให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนต่อไป

## 2.7 การใช้สารทดแทนไขมัน

### 2.7.1 สารทดแทนไขมัน

สารทดแทนไขมัน คือ สารอาหารหรือสารเคมีที่มีคุณสมบัติบางประการคล้ายไขมัน โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท (ดารณี, 2544) ได้แก่

#### 2.7.1.1 สารทดแทนไขมันจำพวกคาร์โบไฮเดรต

สารทดแทนไขมันที่จัดอยู่ในกลุ่มจำพวกคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ เซลลูโลส (cellulose), มอลโตเดกซ์ทริน (maltodextrin), กัม (gum), สตาร์ช (starch), เส้นใยอาหาร (fiber) และ polydextrose คาร์โบไฮเดรตที่ใช้ในการทดแทนไขมันส่วนใหญ่จะทำหน้าที่เป็น thickeners และ stabilizers สามารถใช้ทดแทนไขมันได้ในอาหารหลายชนิด รวมถึงผลิตภัณฑ์ที่ต้องผ่านการให้ความร้อน แต่ไม่เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องผ่านการทอด

#### 2.7.1.2 สารทดแทนไขมันจำพวกโปรตีน

สารทดแทนไขมันจำพวกโปรตีนเป็นสารทดแทนไขมันที่ได้จากผลิตภัณฑ์โปรตีน ได้แก่ ไข่ นม ถั่วเหลือง ข้าวสาลี กลูเต็น เป็นต้น โดยจะทำหน้าที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการจับน้ำ การเกิดอิมัลชัน ช่วยในการปรับปรุงความรู้สึกระหว่างอยู่ในปาก และปรับปรุงเนื้อสัมผัส แต่มีข้อจำกัดในการใช้ คือไม่สามารถใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารประเภททอดได้ เนื่องจากโปรตีนสามารถเสียสภาพเมื่อถูกความร้อนและเกิดการจับตัวเป็นก้อน

#### 2.7.1.3 สารทดแทนไขมันจำพวกไขมัน

สารทดแทนจำพวกไขมันเป็นสารทดแทนไขมันได้จากผลิตภัณฑ์ไขมันหรือลิปิด สามารถใช้ทดแทนไขมันได้โดยตรง สารทดแทนไขมันประเภทนี้เมื่อผ่านเข้าสู่ร่างกายจะไม่สามารถย่อยสลายโดยเอนไซม์ในกระเพาะอาหาร สารชนิดนี้มีลักษณะที่ไม่ต่างจากไขมันทั้งด้านการให้ความร้อนและลักษณะทางกายภาพ ทำหน้าที่เก็บกักน้ำและอากาศ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความอ่อนตัว สารกลุ่มนี้ที่นิยมเติมในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์คือสารอิมัลซิไฟเออร์ ได้แก่ เลซิธิน เป็นต้น



## 2.8 อินูลิน

อินูลินมีชื่อเรียกหลากหลาย ได้แก่ inulin, raftiline, fruitafit หรือ fibruline เป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ เป็นเส้นใยอาหารที่ละลายได้ในน้ำ มีลักษณะคล้ายเจล โครงสร้างของอินูลินจะประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลฟรุกโทสต่อกันยาว 3-60 โมเลกุล และมีโมเลกุลของกลูโคสอยู่ตรงปลายสาย ส่วนใหญ่แล้วอินูลินจะมีสายพอลิเมอร์ที่มีน้ำตาลอยู่มากกว่า 10 โมเลกุล อินูลินมีลักษณะเป็นผงสีขาว ไม่มีรูปร่าง สามารถถูกไฮโดรไลซ์ได้ด้วยกรด แต่ไม่สามารถย่อยได้ในระบบทางเดินอาหารและไม่ให้พลังงาน (นิธิยา, 2557)

### 2.8.1 แหล่งอินูลินในอาหาร

อินูลินพบมากในพืชหัวบางชนิด เช่น หัวกระเทียม หอมหัวใหญ่ หน่อไม้ฝรั่ง กัลย ดอกอาร์ติโชค แคนตาลิน และหัวชิคอรี่ เป็นต้น อินูลินนำมาใช้ประโยชน์เป็นแหล่งของน้ำตาลฟรุกโทส ซึ่งเป็นน้ำตาลที่ให้ความหวานมากที่สุด (นิธิยา, 2557)

### 2.8.2 การนำอินูลินไปใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

อินูลินจัดเป็นสารทดแทนไขมันที่ได้จากคาร์โบไฮเดรต อินูลินสามารถนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลายประเภท เช่น ผลิตภัณฑ์จากนม ได้แก่ โยเกิร์ต ไอศกรีม หรือในผลิตภัณฑ์ประเภทเบเกอรี่ ได้แก่ ขนมเค้ก (Izzo และ Franck, 1998) และนอกจากนี้ยังมีการใช้อินูลินทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อสัตว์อีกด้วย (Franck, 2002)

Selgas และคณะ (2005) ศึกษาการเสริมเส้นใยอาหารในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปรุงสุกที่ลดไขมันลงร้อยละ 30 โดยทำการเติมอินูลินในรูปแบบผงและเจล รูปแบบละ 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 2.5, 5 และ 7.5 โดยน้ำหนักรวม พบว่า การเติมอินูลินในรูปแบบผงและเจลที่ระดับ 7.5 โดยน้ำหนักรวม ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งสูงกว่าสูตรควบคุมและสูตรอื่นๆ แต่มีค่าความยืดหยุ่นและค่าการยึดเกาะไม่แตกต่างกัน

Garcia และคณะ (2006) ศึกษาผลของการเติมอินูลินต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มอทาเดลา ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อปรุงสุกจากสเปน โดยแปรอินูลิน 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 2.5, 5 และ 7.5 โดยน้ำหนักรวม พบว่า ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมอินูลินร้อยละ 7.5 โดยน้ำหนักรวม มีค่าความแข็งลดลง ส่วนความชุ่มน้ำสูงกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากอินูลินสามารถอุ้มน้ำได้ดี ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มน้ำและความแข็งลดลง

Huang และคณะ (2011) ศึกษาการเติมเส้นใยจากข้าวสาลี เส้นใยจากข้าวโอ๊ต และอินูลินต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุนเชียง โดยทำการลดระดับไขมันร้อยละ 15 และเติมเส้นใยชนิดละ 2 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 3.5 และ 7 โดยน้ำหนักรวม พบว่า ชนิดและปริมาณของเส้นใยที่เติมไม่มีผลต่อค่าสี องค์ประกอบทางเคมี และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ และการเติมอินูลินไม่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุนเชียง

## 2.9 เซลลูโลส

เซลลูโลสจัดเป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสที่ต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ที่ตำแหน่ง  $\beta$ -D-(1 $\rightarrow$ 4) เป็นสายยาวไม่มีสายแขนง โดยสายยาวจะมาเกาะกันตามแนวราบด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลน้ำตาลกลูโคส ทำให้โครงสร้างโมเลกุลของเซลลูโลสเป็นผลึกพอลิคริสตัลไลน์ (polycrystalline) ที่แข็งแรงยึดเกาะกันเป็นเส้นใย มีความหนาแน่นมาก และดูดน้ำได้น้อยทำให้ไม่สามารถละลายน้ำได้ นอกจากนี้โมเลกุลของเซลลูโลสยังมีส่วนที่ไม่เป็นผลึกหรือไม่มีรูปร่าง (nonpolycrystalline) ที่สามารถดูดน้ำได้และพองตัวออก เมื่อได้รับความร้อนจะทำให้พันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย การดูดน้ำจะเพิ่มขึ้น และส่วนที่เป็นผลึกจะลดลงด้วย ในทางตรงกันข้ามการลดปริมาณน้ำลง เช่น การอบแห้ง อาจทำให้ส่วนที่ไม่เป็นผลึกกลายเป็นผลึกได้และการพองตัวลดลง (นิธิยา, 2557)

### 2.9.1 แหล่งเซลลูโลสในอาหาร

เซลลูโลสเป็นโครงสร้างหลักของผนังเซลล์พืช เช่น ผัก ผลไม้ และ เมล็ดธัญพืช เป็นต้น โดยอยู่ร่วมกับเฮมิเซลลูโลสและเพกทิน เซลลูโลสที่ได้จากแต่ละส่วนของพืชจะมีความแข็งและความเหนียวแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับอายุและชนิดของพืช (นิธิยา, 2557) ผงเซลลูโลสมีลักษณะเป็นผง สีขาว ไม่มีกลิ่นและรสชาติ ได้จากการนำเซลลูโลสจากพืชมาผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์และฟอกสี

### 2.9.2 การนำเซลลูโลสไปใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

เซลลูโลสเป็นสารทดแทนไขมันจำพวกคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ให้พลังงานกับร่างกาย จึงสามารถใช้ทดแทนไขมันได้บางส่วนหรือทั้งหมด เซลลูโลสที่ใช้เป็นสารทดแทนไขมันจะถูกลดขนาดให้อยู่ในรูป microparticulate cellulose ซึ่งเมื่อละลายในน้ำจะกระจายตัวทำให้เกิดโครงข่ายของอนุภาคซึ่งให้ความรู้สึกเมื่ออยู่ในปากและคุณสมบัติการไหลคล้ายไขมัน (Weiss และคณะ, 2010)

Campaignol และคณะ (2012) ศึกษาการทดแทนมันหมูแข็งด้วย amorphous cellulose gel ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมัก โดยแปรปริมาณ amorphous cellulose gel 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนักไขมัน พบว่า การเติม amorphous cellulose gel ที่ปริมาณร้อยละ 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนักไขมัน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระ พีเอช และคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมที่ไม่มีการทดแทนไขมัน

Almeida และคณะ (2014) ศึกษาการผลิตไส้กรอกอิมัลชันปรุงสุกลดไขมัน โดยทดแทนไขมันด้วย amorphous cellulose gel 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนักไขมัน พบว่า การเติม amorphous cellulose gel ร้อยละ 75 และ 100 โดยน้ำหนัก

ไขมัน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างลดลง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับสูตรควบคุมที่ไม่มีการทดแทนไขมัน นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ใส่กรอกอิมัลชันที่ลดไขมันลงร้อยละ 50 ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งเพิ่มมากขึ้น และการเติม amorphous cellulose gel ไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์นุ่มลง

## 2.10 การใช้สารลดปริมาณน้ำอิสระ

### 2.10.1 ปริมาณน้ำอิสระ

ปริมาณน้ำอิสระ (water activity:  $a_w$ ) เป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร มีผลโดยตรงต่อการกำหนดอายุการเก็บรักษา และความปลอดภัยของอาหาร เนื่องจากปริมาณน้ำอิสระเป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำต่ำสุดในอาหารที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโต และใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ปริมาณน้ำอิสระเป็นส่วนหนึ่งของความดันไอน้ำเหนืออาหาร (P) ต่อความดันไอน้ำเหนือน้ำบริสุทธิ์ ( $P_0$ ) ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน (นิธิยา, 2557) แสดงดังสมการ

$$a_w = P/P_0$$

### 2.10.2 สารลดปริมาณน้ำอิสระ

สารที่ช่วยลดปริมาณน้ำอิสระในอาหารหรือฮิวเมกเตนต์ (humectant) เป็นสารที่เติมลงไปในผลิตภัณฑ์เพื่อจับกับน้ำและควบคุมปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ โดยคุณสมบัติของสารฮิวเมกเตนต์ที่ดีจะต้องละลายน้ำได้ง่าย มีความคงตัว ไม่ระเหย สามารถบริโภคได้ และไม่ทำปฏิกิริยากับอาหารที่เติมลงไป (ศิวาพร, 2529) สารฮิวเมกเตนต์ที่ใช้ในงานวิจัยมีดังนี้

#### 2.10.2.1 กลีเซอริน

กลีเซอริน (glycerine) หรือกลีเซอรอล (glycerol) คือ trihydroxy alcohol ที่โมเลกุลมีหมู่ไฮดรอกซิลจำนวน 3 หมู่ กลีเซอรินมีจุดเดือดที่ 290 องศาเซลเซียส และจุดหลอมเหลวที่ 18 องศาเซลเซียส ละลายในน้ำและแอลกอฮอล์ได้ดี แต่ไม่ละลายในอีเทอร์ เบนซิน หรือน้ำมัน กลีเซอรินบริสุทธิ์มีลักษณะเป็นของเหลว หนืดใสไม่มีสี ไม่มีกลิ่น สามารถให้พลังงานได้ถึง 4.3 กิโลแคลอรีต่อกรัม และมีรสหวานเล็กน้อย ซึ่งมีค่าความหวานประมาณร้อยละ 60 ของน้ำตาลซูโครส (Budavari, 1989)

#### (1) แหล่งของกลีเซอริน

กลีเซอรินสามารถถูกสังเคราะห์ได้ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตจากน้ำตาลกลูโคส โดยกลูโคสจะสลายตัวในวิถีไกลโคไลซิส และถูกใช้เป็นตัวกลางในการสังเคราะห์กลีเซอริน ร่างกายจะนำกลีเซอรินที่สังเคราะห์ได้ไปทำปฏิกิริยากับกรดไขมันได้เป็นไตรกลีเซอไรด์

ซึ่งใช้เป็นพลังงานสำรองของร่างกาย ในระบบอุตสาหกรรมกลีเซอรินเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้จาก 3 กระบวนการหลักคือ การผลิตสบู่ การผลิตกรดไขมัน และการผลิตอัลคิลเอสเทอร์หรือไบโอดีเซล (ศิริพร, 2551)

#### (2) บทบาทของกลีเซอรินในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

กลีเซอรินมีบทบาทในการเก็บความชื้น ช่วยควบคุมและลดปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้กลีเซอรินยังเป็นไครโอโพรเทกแทนต์ (cryoprotectant) ใช้เป็นสารที่ป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็ง โดยลดจุดเยือกแข็งให้ต่ำลง (Pagliaro และ Rossi, 2010)

#### 2.10.2.2 ซอร์บิทอล

ซอร์บิทอล (sorbitol) เป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์หรือสารให้ความหวาน ซึ่งให้แคลอรีน้อยกว่าซูโครสหรือน้ำตาลทั่วไปถึง 1 ใน 3 ซอร์บิทอลมีลักษณะเหลว ขาวใสไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีค่าความหวานประมาณร้อยละ 60 ของน้ำตาลซูโครส และสามารถละลายน้ำได้ดี (Askar และ Treptow, 1985)

##### (1) แหล่งของซอร์บิทอล

ซอร์บิทอลเกิดขึ้นจากธรรมชาติที่พบได้ทั่วไปในผลไม้

##### (2) บทบาทของซอร์บิทอลในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

ซอร์บิทอลมีบทบาทในการรักษาความชุ่มชื้นในผลิตภัณฑ์ และป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็ง โดยทำให้จุดเยือกแข็งของอาหารลดลง น้ำในอาหารอยู่ในรูปของเหลวที่อุณหภูมิต่ำมาก จึงไม่เกิดผลึกน้ำแข็งที่ไปทำลายเซลล์เนื้อเยื่อ จึงสามารถใช้ในอาหารแช่เยือกแข็งได้ (O'Donnell และ Kearsley, 2012)

#### 2.10.3 การใช้สารลดปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

Chen และคณะ (2000) ศึกษาการเติมสารฮิวเมกเตนทีนในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อสุกร โดยการเติมกลีเซอรินและซอร์บิทอล ชนิดละ 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 3, 6 และ 9 โดยน้ำหนักเนื้อ เปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ไม่เติมสารฮิวเมกเตนทีน พบว่า การเติมกลีเซอรินและซอร์บิทอลที่ร้อยละ 6 และ 9 โดยน้ำหนักเนื้อ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และค่าแรงเฉือนลดลง รวมทั้งช่วยยืดอายุการเก็บรักษาในด้านการลดค่า TBARS และลดการเจริญเติบโตของยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนานเป็นเวลา 6 เดือนได้

Wang (2000) ศึกษาผลของการเติมวัตถุกันเสียต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมู โดยแปรชนิดสาร 3 ชนิด ได้แก่ ซอร์บิทอล ร้อยละ 3 โดยน้ำหนักรวม, โซเดียมแลคเตท ร้อยละ 3 โดยน้ำหนักรวม และไนซิน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่า การเติมซอร์บิทอลหรือโซเดียมแลคเตทร้อยละ 3 โดยน้ำหนักรวม ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่าสูตรควบคุมที่ไม่มีการเติมวัตถุกันเสียในวันแรกของการเก็บรักษา และมีปริมาณน้ำอิสระ พีเอช และปริมาณจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียเพิ่มขึ้นหลังจากเก็บรักษานาน 10 วัน

Kim และคณะ (2010) ศึกษาผลของการใช้สารชีวเมกเตนทีในการปรับปรุงความนุ่มและลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้เนื้อสุกร โดยเติมสารชีวเมกเตนที ได้แก่ กี้วี, สับปะรด, กลีเซอริน และซอร์บิทอล ชนิดละ 2 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 2 และ 5 โดยน้ำหนักรวม พบว่า การเติมซอร์บิทอลร้อยละ 2 และ 5 โดยน้ำหนักรวม ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระสูงกว่าสูตรควบคุม ในขณะที่การเติมกลีเซอริน, กี้วี และสับปะรดร้อยละ 5 โดยน้ำหนักรวม ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และค่าแรงเฉือนต่ำกว่าสูตรควบคุม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้สารชีวเมกเตนทีต่างชนิดกันมีผลต่อความชื้นและลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน

ประภาศรี และไตรรัตน์ (2554) ศึกษาการพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อม้วนแห้งปรุงรส โดยแปรระยะเวลาการอบแห้ง 2 ระดับ ได้แก่ 2 และ 4 ชั่วโมง อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ร่วมกับการแปรปริมาณกลีเซอรินและซอร์บิทอล ชนิดละ 3 ระดับ ได้แก่ 15, 20 และ 30 โดยน้ำหนักเนื้อ พบว่า การเติมกลีเซอรินร้อยละ 30 โดยน้ำหนักเนื้อในส่วนผสมน้ำหมักสามารถช่วยลดระยะเวลาอบแห้งได้ โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.66 เป็นไปตามข้อกำหนดของการผลิตอาหารแห้งให้ปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์

Sorapukdee และคณะ (2016) ศึกษาการเติมสารชีวเมกเตนทีในผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ไก่ไข่วัดระวาง โดยเติมกลีเซอรินและซอร์บิทอล ชนิดละ 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 10 และ 15 โดยน้ำหนักเนื้อ พบว่าการเติมกลีเซอริน ร้อยละ 15 โดยน้ำหนักเนื้อ เป็นสูตรที่ดีที่สุดในการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่าสูตรควบคุม และมีความแข็ง ความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน ความเหนียว ความยืดหยุ่น และความยากต่อการเคี้ยวได้ดีกว่าสูตรควบคุม

## 2.11 บรรจุกัณธ์

บรรจุกัณธ์ คือ ภาพหรือโครงสร้างใดๆ ที่ใช้บรรจุ หรือห่อหุ้มและรวบรวมผลิตภัณฑ์ให้เป็นหน่วย เพื่อนำส่งผลิตภัณฑ์ถึงผู้บริโภคในสภาพที่สมบูรณ์ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นสื่อให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์แก่ผู้บริโภค และสามารถคุ้มครองผลิตภัณฑ์จากปัจจัยภายนอกที่เป็นสาเหตุในการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (งามทิพย์, 2550)

### 2.11.1 ชนิดของบรรจุภัณฑ์

#### 2.11.1.1 พลาสติกพอลิเอทิลีน (polyethylene: PE)

พลาสติกพอลิเอทิลีนเป็นพลาสติกที่ผลิตขึ้นมาจากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของเอทิลีนมอนอเมอร์ มี 2 ชนิด ได้แก่ พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) พลาสติกพอลิเอทิลีนเป็นพลาสติกที่มีการใช้มากที่สุด ในอุตสาหกรรมบรรจุ เนื่องจากมีราคาถูก และมีสมบัติทางการบรรจุที่ดีหลายประการ พลาสติกพอลิเอทิลีนมีความเฉื่อยต่อสารเคมีค่อนข้างสูง มีความเป็นขี้ดต่ำ ทำให้ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี แต่ยอมให้ออกซิเจนซึมผ่านได้ง่าย และป้องกันการซึมผ่านของไขมันได้ดี (งามทิพย์, 2550)

#### 2.11.1.2 พลาสติกพอลิโพรพิลีน (polypropylene: PP)

พลาสติกพอลิโพรพิลีนทำมาจากเม็ดพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน ยอมให้แสงผ่านได้ดี สามารถมองเห็นอาหารที่บรรจุอยู่ภายในได้ ทนความร้อนได้สูงกว่าพลาสติกพอลิเอทิลีนถึง 300 องศาฟาเรนไฮต์ รับแรงดึงได้ถึง 100,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และมีความเหนียวทนทาน ในประเทศไทยใช้เม็ดพลาสติกโพลีโพรพิลีนเป่าเป็นถุงบรรจุเอนกประสงค์ ทั้งถุงร้อนและถุงเย็น เป็นต้น รูปแบบที่นิยมใช้คือ ถุงร้อน ฟิล์มใส ห่อหุ้มอาหารกันอากาศเข้า กล่องบรรจุอาหาร เนื่องจากมีคุณสมบัติเด่น คือ น้ำหนักเบา โปร่งใส มีความยืดหยุ่นสูง สามารถนำไปต้มฆ่าจุลินทรีย์ได้ สามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี ทนต่อกรดและด่างได้ดีมาก สามารถขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ได้ง่าย และมีราคาถูก (เคียง, 2540)

#### 2.11.1.3 ลามิเนตฟอยล์ (laminated Foil)

เป็นถุงพลาสติกที่มีฟิล์มพลาสติกหลายชั้นจำพวก Polyester (PET), Metalized Polyester (M-PET), Polyamide (nylon), Cast polypropylene (CPP), Metalized cast polypropylene (M-CPP), Bi-oriented polypropylene (BOPP), กระดาษหรือแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ที่มีความหนา 0.15 มิลลิเมตรหรือน้อยกว่า แล้วประกบเข้ากับพลาสติกอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งยึดระหว่างชั้นฟิล์มด้วยความร้อนหรือกาว มีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ น้ำ ไขมัน และสารละลายอินทรีย์ ด้านทานการกัดกร่อนสูง ไม่เป็นพิษ น้ำหนักเบา และกันแสง ทำให้สามารถปกป้องและถนอมผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ภายในได้ (วัลย์ลดา และนฤมล, 2534)

### 2.11.2 คุณสมบัติพื้นฐานของบรรจุภัณฑ์

คุณสมบัติพื้นฐานของบรรจุภัณฑ์ที่ต้องนำมาพิจารณามีดังนี้ (งามทิพย์, 2537)

#### 2.11.2.1 การซึมผ่านของก๊าซ (gas permeability)

การกำหนดค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซเพื่อเลือกชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่นำมาเลือกใช้กับผลิตภัณฑ์ขึ้นกับหลายปัจจัยประการ ได้แก่ ชนิดของผลิตภัณฑ์ อายุการเก็บรักษาและสภาวะการเก็บรักษา โดยทั่วไปเมื่อต้องการใช้ภาชนะบรรจุที่ป้องกันก๊าซได้ดีมาก

ควรเลือกใช้ภาชนะบรรจุที่ทำมาจากวัสดุที่มีค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนไม่เกิน 2 ลูกบาศก์ เซนติเมตรต่อตารางเมตรต่อบรรยากาศต่อวัน

#### 2.11.2.2 อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (watervapor transmission rate)

กรณีที่ต้องการบรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันไอน้ำได้ดีควรพิจารณาบรรจุภัณฑ์ที่มีค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำไม่เกิน 4-6 กรัมต่อตารางเมตรต่อ 24 ชั่วโมง อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ และก๊าซออกซิเจนของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ แสดงดังตารางที่ 2.3

#### 2.11.2.3 การปิดผนึกด้วยความร้อน (heat sealability)

บรรจุภัณฑ์ที่บรรจุโดยระบบการแลกเปลี่ยนก๊าซนิยมใช้กับภาชนะบรรจุที่สามารถปิดผนึกได้ด้วยความร้อน เนื่องจากปิดผนึกได้สนิทและแน่น เครื่องมือที่ใช้ราคาไม่สูง และใช้ระยะเวลาในการปิดผนึกสั้น ดังนั้นวัสดุที่นิยมใช้กับการบรรจุแบบแลกเปลี่ยนก๊าซจึงเป็นฟิล์มหลายชั้น โดยแต่ละชั้นจะทำหน้าที่แตกต่างกันออกไป เช่น ป้องกันการซึมผ่านของกลิ่น แสง ก๊าซไอน้ำ และจุลินทรีย์

#### 2.11.2.4 การป้องกันการซึมผ่านของไขมัน (grease oil resistance)

คุณสมบัตินี้มีความสำคัญมากกับผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันมาก โดยฟิล์มชั้นในสุดนอกจากทำหน้าที่ปิดผนึกด้วยความร้อนแล้ว ยังต้องป้องกันไขมันจากผลิตภัณฑ์ไม่ให้ซึมผ่านออกมาที่ชั้นถัดไป หรือออกมาที่ภายนอกของบรรจุภัณฑ์ได้ ซึ่งจะทำให้เกิดผลเสียคือ ทำให้ฟิล์มหลายชั้นลอกออกจากกันได้ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเหม็นหืน และมีลักษณะปรากฏไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

#### 2.11.2.5 การป้องกันแสง (opacity)

คุณสมบัตินี้มีความจำเป็นกับผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อแสงหรือผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันมาก วัสดุที่บดแสงอาจเลือกใช้วัสดุหลายชั้นที่มีแผ่นเปลวอลูมิเนียมรวมอยู่ด้วย

#### 2.11.2.6 ลักษณะปรากฏและอำนวยความสะดวกให้ผู้บริโภค

การออกแบบบรรจุภัณฑ์อาหารจะต้องคำนึงถึงผลทางด้านการตลาดด้วย โดยบรรจุภัณฑ์ต้องช่วยเสริมการจำหน่ายได้

**ตารางที่ 2.3** อัตราการซึมผ่านของไอน้ำและออกซิเจนของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ

บรรจุภัณฑ์	ความหนา (มิลลิเมตร)	อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (กรัม/ตารางเมตร/วัน)	อัตราการซึมผ่านของออกซิเจน (กรัม/ตารางเมตร/วัน)
LDPE	0.15	17.6	2700
LLDPE	0.02	23	5800
Nylon	0.013	1.6	34
PET/AL/PE	12/12/75	<0.5	<0.5
ON/AL/PE	15/12/75	<0.5	<0.5

ที่มา: งามทิพย์ (2537)

## 2.12 การบรรจุอาหารภายใต้บรรยากาศดัดแปร

### 2.12.1 บทนิยาม

การบรรจุอาหารภายใต้บรรยากาศดัดแปร หมายถึง วิธีการที่ทำให้อากาศที่อยู่รอบๆ อาหารภายในบรรจุภัณฑ์มีส่วนประกอบที่แตกต่างไปจากส่วนประกอบของอากาศปกติ หรือการบรรจุอาหารให้อยู่ใต้บรรยากาศของก๊าซชนิดต่างๆ หรือแม้กระทั่งไม่มีอากาศเหลืออยู่ในบรรจุภัณฑ์เลย (งามทิพย์, 2537)

### 2.12.2 ประเภทของการบรรจุ

#### 2.12.2.1 การบรรจุแบบสุญญากาศ

การบรรจุแบบสุญญากาศเป็นการบรรจุโดยดึงเอาอากาศที่อยู่ภายในบรรจุภัณฑ์ออก โดยไม่มีการพ่นก๊าซแทนที่ มีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจน ได้แก่ ราทุกชนิดและแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจน เช่น *Pseudomonas* sp. และป้องกันการเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาทางเคมีที่ต้องการออกซิเจน เช่น การเหม็นหืน เนื่องจากปฏิกิริยาลิปิดออกซิเดชัน (lipid oxidation) การเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (enzymatic browning reaction) เป็นต้น (งามทิพย์, 2537)

#### 2.12.2.2 การบรรจุแบบดัดแปรบรรยากาศ

การบรรจุแบบดัดแปรบรรยากาศทำได้โดยการบรรจุอาหารในบรรจุภัณฑ์ที่มีการปรับสัดส่วนบรรยากาศภายในให้มีอัตราส่วนของก๊าซชนิดต่างๆ แตกต่างไปจากบรรยากาศปกติ โดยสัดส่วนของก๊าซที่ใช้อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามระยะเวลา อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ อัตราส่วนของก๊าซเริ่มต้น และสภาวะการเก็บรักษา (งามทิพย์, 2537)



### 2.12.3 ความสำคัญของก๊าซต่างๆ ที่มีต่อคุณภาพของอาหาร

ในสภาพบรรยากาศปกติ อากาศประกอบด้วยก๊าซที่สำคัญ 3 ชนิด ได้แก่ ไนโตรเจนร้อยละ 79 ออกซิเจนร้อยละ 20.9 และคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 0.03 ซึ่งก๊าซเหล่านี้มีผลต่อคุณภาพของอาหาร (สุขเกษม, 2555) ดังนี้

#### 2.12.3.1 ออกซิเจน

เป็นก๊าซที่สามารถทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารประกอบต่างๆ ในอาหาร เช่น ไขมันและวิตามิน โดยอาหารที่มีไขมันสูงและอาหารที่สูญเสียวิตามินได้ง่ายควรบรรจุภายใต้บรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนเพื่อป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนี้ออกซิเจนยังถูกใช้สำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ต้องการอากาศและรา การบรรจุอาหารภายใต้บรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนหรือมีออกซิเจนน้อยกว่าร้อยละ 0.1 สามารถชะลอการเสื่อมเสียคุณภาพของอาหารจากการกระทำของจุลินทรีย์ดังกล่าวได้ ส่วนผักและผลไม้สดจะใช้ออกซิเจนในการหายใจ เช่นเดียวกับการเจริญเติบโตและการพักไข่ของหนอนและแมลงต่างๆ ที่ต้องการออกซิเจน ดังนั้นหากต้องการยับยั้งจะต้องบรรจุผลิตภัณฑ์ในสภาพไร้ออกซิเจนเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสดควรบรรจุผลิตภัณฑ์ภายใต้บรรยากาศที่มีปริมาณออกซิเจนเพียงพอต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเจนชันของไมโอโกลบิน เพื่อให้เนื้อมีสีแดงสด (สุขเกษม, 2555)

#### 2.12.3.2 คาร์บอนไดออกไซด์

เป็นก๊าซที่ช่วยชะลอการหายใจของพืช โดยทั่วไปเมื่อความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้น อัตราการหายใจของพืชจะลดลง ทำให้อายุการเก็บรักษาของผักสดและผลไม้สดเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมจะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิดของพืช สำหรับการเติบโตของจุลินทรีย์ พบว่าคาร์บอนไดออกไซด์ช่วยชะลอการเจริญ แต่ไม่ได้ทำลายหรือฆ่าจุลินทรีย์ โดยคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นอย่างน้อยร้อยละ 20 ที่สมดุลในบรรยากาศจึงจะมีผลชะลอการเติบโตของแบคทีเรียที่ต้องการอากาศและรา แต่ไม่มีผลยับยั้งแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศและยีสต์ (สุขเกษม, 2555)

#### 2.12.3.3 ไนโตรเจน

เป็นก๊าซเฉื่อยต่อการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี จึงมักใช้แทนที่อากาศเพื่อใช้ในการรักษาระดับความดันภายในบรรจุภัณฑ์ ป้องกันการยุบตัวของบรรจุภัณฑ์และการแตกหักเสียหายของผลิตภัณฑ์ ไนโตรเจนไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ละลายในน้ำและไขมันได้น้อยมาก จึงสามารถใช้ได้กับผลิตภัณฑ์อาหารทุกชนิด (สุขเกษม, 2555)

ผลิตภัณฑ์อาหารแต่ละชนิดมีคุณลักษณะและคุณสมบัติที่ต่างกัน ดังนั้นการเลือกใช้ภาชนะบรรจุและวิธีการบรรจุที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์อาหารแต่ละชนิด ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยชะลอหรือป้องกันการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้

Cachaldora และคณะ (2013) ศึกษาผลของสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศและแบบตัดแปรสภาพบรรยากาศ 3 สภาวะ ได้แก่ สภาวะที่ 1 อัตราส่วนออกซิเจนต่อไนโตรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ระดับ ร้อยละ 15 ต่อ 35 ต่อ 50 สภาวะที่ 2 อัตราส่วน ไนโตรเจนต่อคาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 60 ต่อ 40 และสภาวะที่ 3 อัตราส่วน ไนโตรเจนต่อคาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 40 ต่อ 60 ต่อลักษณะคุณภาพ และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเลือดปรุงสุกมอทาเดลลา ระหว่างการเก็บรักษาในช่วง 2, 4, 6 และ 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเลือดปรุงสุกมอทาเดลลาที่บรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศ และแบบตัดแปรบรรยากาศทั้ง 3 สภาวะมีผลต่ออายุการเก็บรักษา โดยมีพีเอช ค่าสี การยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) ส่วนค่า 2-thio barbituric acid (TBA) ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเลือดปรุงสุกมอทาเดลลาที่บรรจุภายใต้สภาวะตัดแปรบรรยากาศที่อัตราส่วน ไนโตรเจนต่อคาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 40 ต่อ 60 มีค่าต่ำที่สุดตลอดการเก็บรักษา

Šćetar และคณะ (2013) ศึกษาผลของสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศ และแบบตัดแปรสภาพบรรยากาศด้วยไนโตรเจนร้อยละ 100 และองค์ประกอบของถุงลามิเนตที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ s-pack (PET-X/PE) และ c-pack (PE-LLD/EVAL/PET) ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักแห้ง พบว่า ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักที่มีสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศ และแบบตัดแปรสภาพบรรยากาศด้วยไนโตรเจนร้อยละ 100 ในถุงลามิเนตทั้ง 2 ชนิด มีพีเอชและปริมาณน้ำอิสระไม่แตกต่างกัน เป็นผลจากลามิเนตทั้งสองชนิดมีอัตราการซึมผ่านของออกซิเจนต่ำ ส่วนค่าเพอร์ออกไซด์ที่สภาวะบรรจุแบบตัดแปรบรรยากาศด้วยไนโตรเจนร้อยละ 100 มีค่าต่ำกว่าการบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศ

## บทที่ 3

### วิธีการวิจัย

#### 3.1 วัตถุดิบ

- 3.1.1 เนื้อหมูส่วนสะโพก จากตลาดไท จังหวัดปทุมธานี
- 3.1.2 มันหมูแข็ง จากตลาดไท จังหวัดปทุมธานี
- 3.1.3 เครื่องเทศผสม ได้แก่ ผงพะโล้ พริกหอม เป็นต้น ได้รับการอนุเคราะห์จาก โรงงานกุนเชียงบุรี จังหวัดราชบุรี
- 3.1.4 น้ำตาลทรายขาว ตรา มิตรผล บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด
- 3.1.5 เกลือป่น ตรา ประทีป บริษัท สหพัฒนพิบูล จำกัด
- 3.1.6 ซอสถั่วเหลืองปรุงรส ตรา แม่ไก่ บริษัท เนสท์เล่ (ประเทศไทย) จำกัด
- 3.1.7 ไม้คอลล่าเจน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 21 มิลลิเมตร บริษัท พี.ไอ.ที จำกัด
- 3.1.8 มะเขือเทศพันธุ์ห่อ (*Lycopersicon esculentum* Mill.) จากตลาดไท จังหวัดปทุมธานี
- 3.1.9 อังคัก จากร้านเวซพงศ์โฮสเทล ตลาดเยาวราช จังหวัดกรุงเทพมหานคร
- 3.1.10 อินูลิน บริษัท นิวทรีชั่น เอสซี จำกัด (คุณสมบัติแสดงดังภาคผนวก ง)
- 3.1.11 เซลลูโลส บริษัท รามา โปรตีนขั้น จำกัด (คุณสมบัติแสดงดังภาคผนวก ง)
- 3.1.12 กลีเซอริน (food grade) ชนิดเหลว บริษัท เคมีภัณฑ์ จำกัด
- 3.1.13 ซอร์บิทอล (food grade) ชนิดเหลว บริษัท เคมีภัณฑ์ จำกัด

#### 3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

##### 3.2.1 อุปกรณ์สำหรับการผลิตผงมะเขือเทศและผงอังคัก

- 3.2.1.1 เครื่องอบลมร้อน (tray dryer) ยี่ห้อ PML รุ่น CD-1 ประเทศไทย
- 3.2.1.2 เครื่องปั่นละเอียด ยี่ห้อ Philips รุ่น HR-2021 ประเทศจีน
- 3.2.1.3 เครื่องโม่แบบ Pin mill ยี่ห้อ ALPINE รุ่น 160-Z ประเทศเยอรมนี
- 3.2.1.4 เครื่องเขย่าตะแกรงร่อน (sieve shaker) ยี่ห้อ Retsch รุ่น AS200 digit ประเทศเยอรมนี และตะแกรงร่อนขนาด 60 เมช

### 3.2.2 อุปกรณ์สำหรับการผลิตเจลเชลลูโลส

3.2.2.1 เครื่องสับผสมยี่ห้อ BOSCH รุ่น MCM64060 ประเทศสโลวีเนีย

### 3.2.3 อุปกรณ์สำหรับการผลิตกุนเชียงหมู

3.2.3.1 เครื่องบด นวดผสม และอัดไส้ ยี่ห้อ Kenwood รุ่น Major premium KMN760 ประเทศตุรกี

3.2.3.2 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น LE2202S ประเทศเยอรมนี

3.2.3.3 เครื่องอบลมร้อน (tray dryer) ยี่ห้อ PML รุ่น CD-1 ประเทศไทย

3.2.3.4 เครื่องบรรจุสุญญากาศและก๊าซ ยี่ห้อ VAC-STAR รุ่น S210PX ประเทศสวีตเซอร์แลนด์

3.2.3.5 ก๊าซไนโตรเจน ร้อยละ 99.99 บริษัท แลบบแก๊ส (ประเทศไทย) จำกัด

3.2.3.6 ถูพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน ขนาดความกว้าง 150 มิลลิเมตร ความยาว 230 มิลลิเมตร จากบริษัท ราชวงศ์บรรจุภัณฑ์ จำกัด

3.2.3.7 ถูพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีน ขนาดความกว้าง 7 นิ้ว ความยาว 11 นิ้ว หนา 0.14 มิลลิเมตร บริษัท ศรีเทพประสิทธิ์พลาสติก จำกัด มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ 2.19 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 และมีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน 994 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อตารางเมตรต่อวัน ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0 ส่งตรวจวิเคราะห์ที่ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย

3.2.3.8 ถูลามิเนตพอยล์ (OPP/ALU/LLDPE) มีความหนาแต่ละชั้นเท่ากับ 20, 7 และ 63 ไมครอน ตามลำดับ ขนาดความกว้าง 150 มิลลิเมตร ความยาว 230 มิลลิเมตร รอยซีลรอบถุงขนาด 10 มิลลิเมตร บริษัท ราชวงศ์บรรจุภัณฑ์ จำกัด มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ 0.511 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 และอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน 5.61 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อตารางเมตรต่อวัน ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0 ส่งตรวจวิเคราะห์ที่ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย

3.2.3.9 อุปกรณ์งานครัว ได้แก่ ถาด เขียง มีด เป็นต้น

### 3.2.4 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ทางกายภาพ

3.2.4.1 เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ ยี่ห้อ Aqua Lab รุ่น CX2 ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.4.2 เครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Flex CX2687 ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.4.3 เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analysis) ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA-XTPlus ประเทศอังกฤษ และหัววัดแบบ Cylindrical probe (P/50)

### 3.2.5 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี

- 3.2.5.1 เครื่องวัดพีเอช (pH meter) ยี่ห้อ Sartorius รุ่น PB-20 ประเทศไทย
- 3.2.5.2 เครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ยี่ห้อ TOMY รุ่น MX-305 ประเทศไทย
- 3.2.5.3 หลอดปั่นเหวี่ยง (centrifuge tube) ขนาด 50 มิลลิลิตร ยี่ห้อ Thermo nunc รุ่น Conical Tube ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 3.2.5.4 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ยี่ห้อ Memmert รุ่น WNB14 ประเทศเยอรมนี
- 3.2.5.5 เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (spectrophotometer) ยี่ห้อ Spectronic Unicam รุ่น 4001/4 ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 3.2.5.6 คิวเวทท์ (cuvette) ขนาด 10 มิลลิเมตร ยี่ห้อ Hellma รุ่น 100.600-QC ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 3.2.5.6 ออโต้ปิเปต (automatic pipette) ยี่ห้อ Gilson รุ่น Neo P1000N ประเทศฝรั่งเศส
- 3.2.5.7 เครื่องผสมสาร (vortex mixer) ยี่ห้อ scientific industries รุ่น Vortex genie-2 ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 3.2.5.8 เครื่องชั่งตวงวัด 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น BA210S ประเทศเยอรมนี

### 3.2.6 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

- 3.2.6.1 ตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ Memmert รุ่น W8540 ประเทศเยอรมนี
- 3.2.6.2 เพลทพลาสติกสเตอไรล์ ขนาด 15x90 มิลลิเมตร ยี่ห้อ Science Direct รุ่น SterilePetriDish09015 ประเทศไทย
- 3.2.6.3 ออโต้ปิเปต ยี่ห้อ Gilson รุ่น Neo P1000N ประเทศฝรั่งเศส
- 3.2.6.4 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ยี่ห้อ ALP รุ่น KT-40 ประเทศไทย

### 3.2.7 อุปกรณ์สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส

- 3.2.7.1 ถ้วยพลาสติกพร้อมฝาปิด แก้วพลาสติก และแบบทดสอบทางประสาทสัมผัส แสดงดังภาคผนวกที่ ข

### 3.3 สารเคมี

#### 3.3.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ Thiobarbituric acid-reactive substances

3.3.1.1 2-Thiobabituric acid (TBA) ยี่ห้อ Sigma-Aldrich บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.3.1.2 NaOH ยี่ห้อ Univar บริษัท Ajax Finechem ประเทศออสเตรเลีย

3.3.1.3 TCA Solution ยี่ห้อ Sigma-Aldrich บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.3.1.4 HCl ยี่ห้อ RCI Labcan บริษัท RCI Labcan ประเทศไทย

3.3.1.5 BHA ยี่ห้อ Aldrich Chemistry บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.3.1.6 Propylene glycol ยี่ห้อ Carlo Erba บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี

3.3.1.7 Tween 20 ยี่ห้อ AppliChem Panreac บริษัท AppliChem GmbH-An ITW ประเทศเยอรมนี

3.3.1.8 1,1,3,3-Tetraethoxypropane (TEP) ยี่ห้อ TCI บริษัท Tokyo Chemical Industry ประเทศญี่ปุ่น

### 3.4 อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับตรวจสอบจุลินทรีย์

#### 3.4.1 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

3.4.1.1 Plate count agar ยี่ห้อ Himedia บริษัท Himedia ประเทศอินเดีย

3.4.1.2 Potassium phosphate monobasic ยี่ห้อ Carlo Erba บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี

#### 3.4.2 ยีสต์และรา

3.4.2.1 Potato dextrose agar ยี่ห้อ Himedia บริษัท Himedia ประเทศอินเดีย

3.4.2.2 Peptone water ยี่ห้อ Himedia บริษัท Himedia ประเทศอินเดีย

### 3.4.3 ปริมาณของ *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum*, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., Mesophilic Aerobic spore-formers และ Mesophilic Anaerobic sporeformers

ส่งตรวจวิเคราะห์กับบริษัท ศูนย์ห้องปฏิบัติการและงานวิจัยทางการแพทย์และการเกษตรแห่งเอเชีย

## 3.5 วิธีการเตรียมวัตถุดิบ

### 3.5.1 การเตรียมเนื้อหมูส่วนสะโพก

นำเนื้อหมูส่วนสะโพกบรรจุในกล่องโฟมที่มีการเติมน้ำแข็งระหว่างการขนส่งจากตลาดไทถึงภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารระยะเวลา 1 ชั่วโมง นำมาล้างด้วยน้ำสะอาด วางบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำ ตัดแต่งเอาไขมันและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มองเห็นด้วยตาเปล่าออก หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และบดด้วยเครื่องบดเนื้อผ่านหน้าแปลนขนาด 5 มิลลิเมตร จากนั้นชั่งน้ำหนักเนื้อหมูที่บดแล้วบรรจุใส่ในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีน ปิดผนึกที่ความดันบรรยากาศ และนำไปแช่เย็นในห้องเย็นที่อุณหภูมิ  $4\pm 2$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนนำมาใช้ผลิตกุนเชียง

### 3.5.2 การเตรียมมันหมูแข็ง

นำมันหมูแข็งบรรจุในกล่องโฟมที่มีการเติมน้ำแข็งระหว่างการขนส่งจากตลาดไทถึงภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารระยะเวลา 1 ชั่วโมง นำมาล้างด้วยน้ำสะอาด ตัดแต่งเอาเนื้อแดงที่ติดมากับมันหมูออก และหั่นเป็นลูกเต๋าขนาด  $5\times 5\times 5$  ลูกบาศก์มิลลิเมตร จากนั้นชั่งน้ำหนักมันหมูแข็งที่หั่นแล้วบรรจุลงในถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน นำไปปิดผนึกที่ความดันบรรยากาศ และนำไปแช่เย็นในห้องเย็นที่อุณหภูมิ  $4\pm 2$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนนำมาใช้ผลิตกุนเชียง

### 3.5.3 การเตรียมผงมะเขือเทศ

นำมะเขือเทศพันธุ์ท้อผลสีแดงทั่วทั้งผลมาล้างด้วยน้ำสะอาด หั่นแยกส่วนเมล็ดออก จากนั้นนำส่วนเปลือกและเนื้อมาบดด้วยเครื่องปั่น นำมากรองด้วยผ้าขาวบางแยกส่วนน้ำออก แล้วนำกากมาบรรจุในภาชนะอะลูมิเนียม นำไปอบด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมง โดยมีค่าปริมาณน้ำอิสระของมะเขือเทศหลังอบแห้งอยู่ในช่วง 0.5-0.6 จากนั้นนำมาบดเป็นผงด้วยเครื่องบดของแห้งด้วยความเร็วปานกลาง เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำไปแยกขนาดด้วยเครื่องร่อนผงผ่านตะแกรงความถี่ 60 เมช นำผงมะเขือเทศที่ผ่านการร่อนไปชั่งน้ำหนัก 20 กรัม บรรจุลงในถุงลามิเนตพอยล์ที่สภาวะสุญญากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $28\pm 2$  องศาเซลเซียส) (ดัดแปลงจาก ขนิษฐณีนิชา และสุธีรา, 2555)

### 3.5.4 การเตรียมผงอังกัก

นำอังกักมาบดด้วยเครื่องโม่แบบ Pin mill เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำไปแยกขนาดด้วยเครื่องร่อนผงผ่านตะแกรงความถี่ 60 เมช นำผงอังกักที่ผ่านการร่อนไปชั่งน้ำหนักถ่วงละ 20 กรัม บรรจุในถุงลามิเนตพอยล์ที่สภาวะสุญญากาศ และนำไปฉายรังสีแกมมาเพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์ และสปอร์ของจุลินทรีย์ ปริมาณรังสี 5 กิโลเกรย์ ที่สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $28 \pm 2$  องศาเซลเซียส)

### 3.5.5 การเตรียมเจลเซลลูโลส

นำผงเซลลูโลสผสมน้ำเย็นและน้ำแข็งในอัตราส่วน 1: 4: 4 ในเครื่องสับผสม สับผสมส่วนผสมทั้งหมดเป็นเวลา 10 นาที จนส่วนผสมทั้งหมดรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักแล้วนำไปบรรจุถุงพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน ปิดผนึกที่ความดันบรรยากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $4 \pm 2$  องศาเซลเซียส

## 3.6 วิธีดำเนินงานวิจัย

### 3.6.1 ศึกษาการใช้สีจากธรรมชาติในผลิตภัณฑ์กุนเชียงพร้อมบริโภค

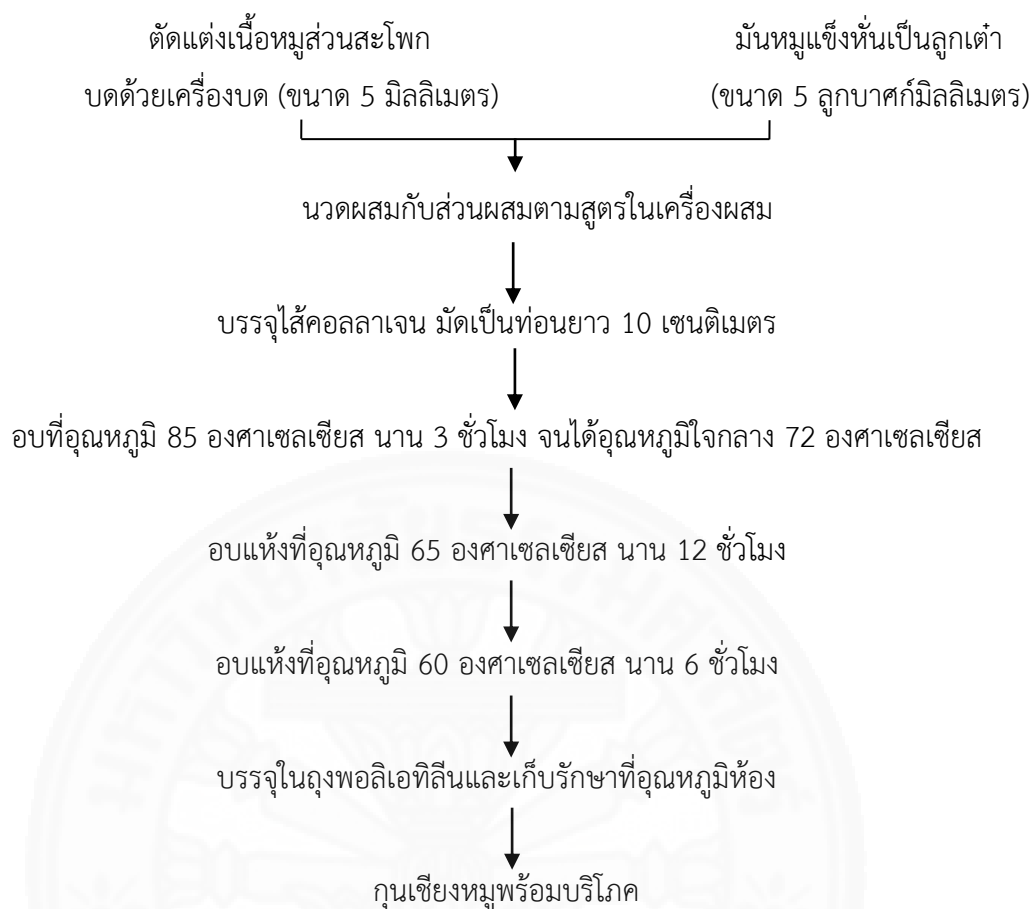
ผลิตภัณฑ์กุนเชียงพร้อมบริโภคสูตรดังตารางที่ 3.1 ตามวิธีการผลิต แสดงดังรูปที่ 3.1 โดยแปรชนิดและปริมาณสีจากธรรมชาติ 2 ชนิด ได้แก่ ผงมะเขือเทศและผงอังกัก แปรปริมาณชนิดละ 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.2, 0.4 และ 0.6 โดยน้ำหนักรวม เปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ไม่มี การเติมสีสังเคราะห์และเกลือไนไตรท์หรือไนเตรท เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมสำหรับการทดลอง ขั้นต่อไป จากนั้นประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์กุนเชียงพร้อมบริโภคที่ใช้สีจากธรรมชาติ

#### ตารางที่ 3.1 สูตรการผลิตกุนเชียงพร้อมบริโภค

ส่วนผสม	ปริมาณ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
เนื้อหมูส่วนสะโพก	55.26
มันหมูแข็ง	23.68
เครื่องเทศผสม จากโรงงานกุนเชียงบุรี จังหวัดราชบุรี	0.04
เกลือ	1.11
น้ำตาลทรายขาว	19.73
ซอสถั่วเหลืองปรุงรส	0.18

ที่มา: ดัดแปลงจากโรงงานกุนเชียงบุรี จังหวัดราชบุรี





### รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตกุนเชียงหมูพร้อมบริโภาค

ที่มา: ดัดแปลงจากโรงงานกุนเชียงบุรี จังหวัดราชบุรี

#### 3.6.1.1 การประเมินคุณภาพ

##### (1) การวัดปริมาณน้ำอิสระ

เตรียมตัวอย่างโดยสับละเอียดให้ได้ขนาดชิ้นไม่เกิน 2 ลูกบาศก์ มิลลิเมตรและนำไปวัดด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ

##### (2) การวัดพีเอช

เตรียมตัวอย่างปั่นละเอียดด้วยเครื่องปั่น แล้วชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 10 กรัม และนำไปผสมกับน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปวัดพีเอชด้วยเครื่องวัดพีเอช (Kuo และ Chu, 2003)

##### (3) การวัดค่าสี

เตรียมตัวอย่างโดยการตัดตัวอย่างในแนวขวางหนา 10 มิลลิเมตร ก่อนนำมาวิเคราะห์ วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี ตั้งค่ามาตรฐานของเครื่องโดยใช้งานเทียบสีดำและ

สีขาวเลือกใช้ Daylight color mode ที่มีค่ามุม 10 องศา รายงานผลค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ )

#### (4) การวัดลักษณะเนื้อสัมผัส

เตรียมตัวอย่างโดยการตัดตัวอย่างในแนวขวางหนา 10 มิลลิเมตร วัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสอาหาร ด้วยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) ใช้หัววัดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร (P/50) กำหนดให้ Pre-test speed 0.8 มิลลิเมตรต่อวินาที test speed 0.8 มิลลิเมตรต่อวินาที post-test speed 8.0 มิลลิเมตรต่อวินาที และ distance ร้อยละ 40 และรายงานผลเป็นค่าความแข็ง (hardness), ค่าความเหนียว (adhesiveness), ค่าความยืดหยุ่น (springiness), ค่าการยึดเกาะ (cohesiveness) และค่าแรงการเคี้ยว (chewiness) (ชนิษฐ์ธินิชา และสุธีรา, 2555)

#### (5) การประเมินทางประสาทสัมผัส

ประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้บริโภคทั่วไปที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ทำการทดลอง 2 ซ้ำ เตรียมตัวอย่างโดยตัดตัวอย่างในแนวขวางหนา 10 มิลลิเมตร แล้วใส่ถ้วยพลาสติกพร้อมฝาปิด กำกับรหัสตัวอย่างโดยใช้เลขสุ่ม 3 หลัก เสิร์ฟตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง ให้ผู้ทดสอบประเมินตัวอย่างในแบบสอบถาม (ภาคผนวก ข) โดยการให้ระดับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส สี รสชาติ กลิ่นรส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-points hedonic scale กำหนดคะแนนเป็น 1-9 โดย 1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 3 = ไม่ชอบ, 5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ, 7 = ชอบ และ 9 = ชอบมากที่สุด

#### (6) การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range test และวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

### 3.6.2 ศึกษาการใช้สารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโภค

นำผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโภคที่ผ่านการคัดเลือกจากการศึกษาในข้อที่ 3.6.1 มาแปรชนิดและปริมาณสารทดแทนไขมัน 2 ชนิด ได้แก่ อินูลินและเจลาเซลลูโลส แปรปริมาณชนิดละ 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 25, 50 และ 75 โดยน้ำหนักไขมัน เปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ไม่เติมสารลดปริมาณน้ำอิสระ เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมสำหรับการทดลองขั้นต่อไป จากนั้นประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์กุนเชียงพร้อมบริโภคที่ใช้สารทดแทนไขมัน

### 3.6.2.1 การประเมินคุณภาพ

#### (1) การวัดปริมาณน้ำอิสระ

วัดปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์กุนเชียงพร้อมบริโภคน้ำอิสระควบคุมที่ไม่เติมสารลดปริมาณน้ำอิสระและสูตรที่ใช้สารทดแทนไขมัน ตามวิธีการศึกษาในข้อ 3.6.1.1 หัวข้อย่อยที่ (1)

#### (2) การวัดค่าสี

วัดค่าสีของผลิตภัณฑ์กุนเชียงพร้อมบริโภคน้ำอิสระควบคุมที่ไม่เติมสารลดปริมาณน้ำอิสระและสูตรที่ใช้สารทดแทนไขมัน ตามวิธีการศึกษาในข้อ 3.6.1.1 หัวข้อย่อยที่ (2)

#### (3) การวัดลักษณะเนื้อสัมผัส

วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุนเชียงพร้อมบริโภคน้ำอิสระควบคุมที่ไม่เติมสารลดปริมาณน้ำอิสระและสูตรที่ใช้สารทดแทนไขมัน ตามวิธีการศึกษาในข้อ 3.6.1.1 หัวข้อย่อยที่ (3)

#### (4) การประเมินทางประสาทสัมผัส

ประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุนเชียงพร้อมบริโภคน้ำอิสระควบคุมที่ไม่เติมสารลดปริมาณน้ำอิสระและสูตรที่ใช้สารทดแทนไขมัน ตามวิธีการศึกษาในข้อ 3.6.1.1 หัวข้อย่อยที่ (4)

#### (5) การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range test และวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

### 3.6.3 ศึกษาการใช้สารลดปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหลอดไขมันพร้อมบริโภคน้ำอิสระ

นำผลิตภัณฑ์กุนเชียงหลอดไขมันพร้อมบริโภคน้ำอิสระที่ผ่านการคัดเลือกจากการศึกษาในข้อที่ 3.6.2 มาแปรชนิดและปริมาณสารลดปริมาณน้ำอิสระ 2 ชนิด ได้แก่ กลีเซอรินและซอร์บิทอล แปรปริมาณชนิดละ 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนักน้ำตาลทรายขาว เปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ไม่เติมสารลดปริมาณน้ำอิสระ เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมสำหรับการทดลองขั้นต่อไป จากนั้นประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์กุนเชียงพร้อมบริโภคน้ำอิสระ

### 3.6.3.1 การประเมินคุณภาพ

#### (1) การวัดปริมาณน้ำอิสระ

วัดปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคน้ำอิสระควบคุมที่ไม่เติมสารลดปริมาณน้ำอิสระและสูตรที่ใช้สารลดปริมาณน้ำอิสระ ตามวิธีการศึกษาในข้อ 3.6.1.1 หัวข้อย่อยที่ (1)

#### (2) การวัดค่าสี

วัดค่าสีของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคน้ำอิสระควบคุมที่ไม่เติมสารลดปริมาณน้ำอิสระและสูตรที่ใช้สารลดปริมาณน้ำอิสระ ตามวิธีการศึกษาในข้อ 3.6.1.1 หัวข้อย่อยที่ (3)

#### (3) การวัดลักษณะเนื้อสัมผัส

วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคน้ำอิสระควบคุมที่ไม่เติมสารลดปริมาณน้ำอิสระและสูตรที่ใช้สารลดปริมาณน้ำอิสระ ตามวิธีการศึกษาในข้อ 3.6.1.1 หัวข้อย่อยที่ (4)

#### (4) การประเมินทางประสาทสัมผัส

ประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคน้ำอิสระควบคุมที่ไม่เติมสารลดปริมาณน้ำอิสระและสูตรที่ใช้สารลดปริมาณน้ำอิสระ ตามวิธีการศึกษาในข้อ 3.6.1.1 หัวข้อย่อยที่ (5)

#### (5) การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range test และวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

### 3.6.4 ศึกษาสถานะการบรรจุและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคน้ำอิสระ

นำผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคน้ำอิสระที่ผ่านการคัดเลือกจากการศึกษาในข้อที่ 3.6.3 มาศึกษาสถานะการบรรจุและการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคน้ำอิสระ 4 สถานะ ได้แก่ การบรรจุถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนที่สภาวะความดันบรรยากาศ การบรรจุถุงลามิเนตพอยล์ที่สภาวะความดันบรรยากาศ สูญญากาศ และตัดแปรรักษาด้วยก๊าซไนโตรเจน เก็บรักษาผลิตภัณฑ์นาน 8 สัปดาห์ที่อุณหภูมิห้อง ( $28 \pm 2$  องศาเซลเซียส) โดยมีระยะเวลาติดตามผลการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ 5 ระดับ ได้แก่ สัปดาห์ที่ 0, 2, 4, 6 และ 8 ของการเก็บรักษา

### 3.6.4.1 การประเมินคุณภาพ

#### (1) การวัดปริมาณน้ำอิสระ

วัดปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคน้ำที่สภาวะการบรรจุทั้ง 4 สภาวะ ตามวิธีการศึกษาในข้อ 3.6.1.1 หัวข้อย่อยที่ (1)

#### (2) การวัดพีเอช

วัดพีเอชของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคน้ำที่สภาวะการบรรจุทั้ง 4 สภาวะ ตามวิธีการศึกษาในข้อ 3.6.1.1 หัวข้อย่อยที่ (2)

#### (3) การวัดค่าสี

วัดค่าสีของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคน้ำที่สภาวะการบรรจุทั้ง 4 สภาวะ ตามวิธีการศึกษาในข้อ 3.6.1.1 หัวข้อย่อยที่ (3) คำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงสี ( $\Delta E$ ของการเปลี่ยนแปลงสีจากวันที่เริ่มต้น) คำนวณจากสูตร ดังนี้ (ดัดแปลงจาก Moarefian และคณะ, 2013)

$$\Delta E_{\text{ของการเปลี่ยนแปลงสีจากวันที่เริ่มต้น}} = [(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2]^{1/2}$$

โดยที่ L = ค่าความสว่างวันสุดท้ายของการเก็บรักษา

$L_0$  = ค่าความสว่างวันที่เริ่มต้นของการเก็บรักษา

a = ค่าสีแดงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา

$a_0$  = ค่าสีแดงวันที่เริ่มต้นของการเก็บรักษา

b = ค่าสีเหลืองวันสุดท้ายของการเก็บรักษา

$b_0$  = ค่าสีเหลืองวันที่เริ่มต้นของการเก็บรักษา

#### (4) การวัดลักษณะเนื้อสัมผัส

วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคน้ำที่สภาวะการบรรจุทั้ง 4 สภาวะ ตามวิธีการศึกษาในข้อ 3.6.1.1 หัวข้อย่อยที่ (4)

#### (5) การวิเคราะห์ Thiobarbituric acid - reactive substances

(TBARS)

วิเคราะห์ปริมาณ TBARS ของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคน้ำที่สภาวะการบรรจุทั้ง 4 สภาวะ (ดัดแปลงจาก Russell และคณะ, 1977)

#### (6) การประเมินคุณภาพทางจุลินทรีย์

ตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมัน ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (BAM, 2001), ปริมาณยีสต์และรา (BAM, 2001) และส่งหน่วยงานภายนอกตรวจวิเคราะห์ *Staphylococcus aureus* (ISO6888, 1999), *Clostridium botulinum*

(BAM, 2001), *Escherichia coli* (BAM, 2013), *Salmonella* spp (ISO6579, 2002), Mesophilic Aerobic sporeformers (APHA, 2001) และ Mesophilic Anaerobic sporeformers (APHA, 2001)

(7) การประเมินทางประสาทสัมผัส

หลังทราบผลการประเมินคุณภาพทางจุลินทรีย์แล้วตามข้อที่ (6) ทำการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคน้ำที่ สภาวะการบรรจุทั้ง 4 สภาวะ ตามวิธีการศึกษาในข้อ 3.6.1.1 หัวข้อย่อยที่ (5) โดยกำหนดเกณฑ์ คะแนนความชอบด้านต่างๆ สูงกว่า 5 จึงจะถือว่าผลิตภัณฑ์ยังอยู่ในช่วงที่ผู้บริโภคยอมรับได้

(8) การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range test และวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

#### 4.1 ผลการศึกษาการใช้สีจากธรรมชาติในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโอค

ผลการศึกษาการใช้สีจากธรรมชาติ 2 ชนิดที่ปริมาณระดับต่างๆ ในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโอค เพื่อปรับปรุงคุณภาพทางด้านสีของผลิตภัณฑ์ ได้ผลการทดลองดังนี้

##### 4.1.1 ปริมาณน้ำอิสระ

จากการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโอค โดยการวัดปริมาณน้ำอิสระ แสดงดังตารางที่ 4.1 พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่เสริมผงมะเขือเทศที่ปริมาณทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.2, 0.4 หรือ 0.6 โดยน้ำหนักรวม ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ ) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณของผงมะเขือเทศทั้ง 3 ระดับที่เติมลงในผลิตภัณฑ์มีปริมาณแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย จึงไม่ส่งผลต่อปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์

เมื่อพิจารณาการเสริมผงอังกักที่ปริมาณทั้ง 3 ระดับลงในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโอค พบว่า ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ ) ซึ่งให้ผลการวิจัยสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Liu และคณะ (2010) ศึกษาผลของการเสริมผงอังกักต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์กุนเชียงลดไนไตรท์ พบว่า เมื่อทำการเสริมผงอังกักที่ปริมาณร้อยละ 0.5, 1.0 หรือ 1.5 โดยน้ำหนักรวมร่วมกับการเติมไนไตรท์ลงในผลิตภัณฑ์กุนเชียง ซึ่งเป็นปริมาณที่ใกล้เคียงกับในการทดลองครั้งนี้ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณน้ำอิสระอยู่ในช่วง 0.92 ถึง 0.93 และค่าที่ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

ดังนั้นการเสริมผงมะเขือเทศหรือผงอังกักที่ปริมาณทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.2, 0.4 หรือ 0.6 โดยน้ำหนักรวม ไม่ส่งผลต่อปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโอค

ตารางที่ 4.1 ปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโภคน้ำที่เสริมผงมะเขือเทศและผงอังกักในปริมาณระดับต่างๆ

ชนิดสาร	ปริมาณ (ร้อยละ โดยน้ำหนักรวม)	ปริมาณน้ำอิสระ <sup>ns</sup>
สูตรควบคุม	0	0.773 ± 0.00
ผงมะเขือเทศ	0.2	0.815 ± 0.02
	0.4	0.810 ± 0.00
	0.6	0.794 ± 0.02
ผงอังกัก	0.2	0.774 ± 0.02
	0.4	0.785 ± 0.02
	0.6	0.795 ± 0.01

แสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สูตรควบคุมไม่มีการเติมสีผสมอาหารสังเคราะห์และเกลือไนไตรท์หรือไนเตรท

<sup>ns</sup> ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ )

#### 4.1.2 พีเอช

จากการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโภค โดยการวัดพีเอช แสดงดังตารางที่ 4.2 พบว่า ผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโภคที่เสริมผงมะเขือเทศที่ปริมาณทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.2, 0.4 หรือ 0.6 โดยน้ำหนักรวม ทำให้ผลิตภัณฑ์มีพีเอชไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ ) และไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม เนื่องจากปริมาณของผงมะเขือเทศทั้ง 3 ระดับที่เติมลงในผลิตภัณฑ์มีปริมาณแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย จึงไม่ส่งผลต่อพีเอชของผลิตภัณฑ์ ในขณะที่งานวิจัยของ Deda และคณะ (2007) พบว่าการเสริมมะเขือเทศบด ร้อยละ 12 โดยน้ำหนักรวมลงในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ร่วมกับการใช้โซเดียมไนไตรท์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีพีเอชต่ำกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากมะเขือเทศบดที่เติมลงไปในการผลิตผลิตภัณฑ์มีพีเอชประมาณ 4.25 เมื่อเติมในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจึงส่งผลต่อการลดลงของพีเอชในผลิตภัณฑ์

เมื่อพิจารณาการเสริมผงอังกักที่ปริมาณทั้ง 3 สามระดับลงในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโภค พบว่า ผลิตภัณฑ์มีพีเอชไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ ) ดังนั้นการเสริมผงมะเขือเทศและผงอังกักในปริมาณทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.2, 0.4 หรือ 0.6 โดยน้ำหนักรวม ไม่ส่งผลต่อพีเอชของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโภค



ตารางที่ 4.2 พีเอชของผลิตภัณฑ์กุ้งเชียงใหม่พร้อมบริโภคที่เสริมผงมะเขือเทศและผงอังกักในปริมาณระดับต่างๆ

ชนิดสาร	ปริมาณ (ร้อยละ โดยน้ำหนักรวม)	พีเอช <sup>ns</sup>
สูตรควบคุม	0	5.68 ± 0.00
ผงมะเขือเทศ	0.2	6.16 ± 0.19
	0.4	6.18 ± 0.35
	0.6	6.01 ± 0.29
ผงอังกัก	0.2	6.10 ± 0.43
	0.4	6.03 ± 0.24
	0.6	6.06 ± 0.33

แสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สูตรควบคุมไม่มีการเติมสีผสมอาหารสังเคราะห์และเกลือไนไตรท์หรือไนเตรท

<sup>ns</sup> ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ )

#### 4.1.3 ค่าสี

จากการประเมินคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กุ้งเชียงใหม่พร้อมบริโภค โดยการวัดค่าสี แสดงดังตารางที่ 4.3 พบว่า การเสริมผงมะเขือเทศที่ปริมาณร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนักรวม ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) เพิ่มขึ้น ( $p < 0.05$ ) แต่มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ ) เมื่อพิจารณาระดับการเสริมปริมาณผงมะเขือเทศต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ พบว่า ปริมาณผงมะเขือเทศที่มากขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ลดลง ค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากผงมะเขือเทศมีส่วนประกอบของไลโคพีน (lycopene) ซึ่งเป็นรงควัตถุให้สีแดงส้ม นอกจากนี้ยังมีบีตา-แคโรทีน ( $\beta$ -carotene), แซนโทฟิลล์ (xanthophyll), ลูทีน (lutein) และซีแซนทีน (zeaxanthin) ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สีเหลือง (Doménech-Asensi และคณะ, 2013) ดังนั้นการเสริมผงมะเขือเทศลงในผลิตภัณฑ์จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) เพิ่มขึ้น ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Doménech-Asensi และคณะ (2013) พบว่า การใช้ไนไตรท์ร่วมกับมะเขือเทศบดร้อยละ 10 โดยน้ำหนักรวมลงในผลิตภัณฑ์มอทาเดลา ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างลดลง ( $L^*$ ) แต่มีค่าสีแดง ( $a^*$ ) และสีเหลือง ( $b^*$ ) เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้ไนไตรท์ร่วมกับมะเขือเทศบดร้อยละ 2 และ 6 โดยน้ำหนักรวม

ตารางที่ 4.3 ค่าสีของผลิตภัณฑ์กุ้งเชียงหมูปริมาณบริโภครวมที่เสริมผงมะเขือเทศและผงอังกักในปริมาณระดับต่างๆ

ชนิดสาร	ปริมาณ (ร้อยละ โดยน้ำหนักรวม)	ความสว่าง ( $L^*$ )	สีแดง ( $a^*$ )	สีเหลือง ( $b^*$ )
สูตรควบคุม	0	$16.28 \pm 0.12^a$	$2.47 \pm 0.06^c$	$2.74 \pm 0.11^c$
ผงมะเขือเทศ	0.2	$16.18 \pm 0.18^a$	$3.66 \pm 0.39^b$	$4.52 \pm 0.33^{ab}$
	0.4	$15.49 \pm 0.33^b$	$4.05 \pm 0.43^b$	$4.74 \pm 0.72^a$
	0.6	$15.28 \pm 0.03^b$	$4.27 \pm 0.51^{ab}$	$4.95 \pm 0.82^a$
ผงอังกัก	0.2	$15.06 \pm 0.25^b$	$4.53 \pm 0.15^{ab}$	$3.52 \pm 0.21^{bc}$
	0.4	$14.53 \pm 0.25^c$	$5.15 \pm 0.72^a$	$3.25 \pm 0.21^c$
	0.6	$14.23 \pm 0.14^c$	$5.19 \pm 0.02^a$	$2.94 \pm 0.12^c$

แสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สูตรควบคุมไม่มีการเติมสีผสมอาหารสังเคราะห์และเกลือไนโตรท์หรือไนเตรท

<sup>a,b,c</sup> ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

เมื่อพิจารณาระดับการเสริมปริมาณผงอังกักต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ พบว่าการเสริมปริมาณผงอังกักในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ลดลง ในขณะที่ค่าสีแดง ( $a^*$ ) เพิ่มขึ้น ( $p < 0.05$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ ) เนื่องจากผงอังกักมีรงควัตถุสีแดง คือ monascorubramine และ rubopunctamine (Feng และคณะ, 2012) จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสีแดงเพิ่มมากขึ้น ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Liu และคณะ (2010) ศึกษาการเสริมผงอังกัก 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 0.5 1.0 และ 1.5 โดยน้ำหนักรวมรวมกับการใช้ไนโตรท์ลงในผลิตภัณฑ์กุ้งเชียง ผลงานวิจัยของ จุฑามาศ และเฉลิมพล (2557) ศึกษาการเสริมผงอังกัก 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.3, 0.6, 0.9 และ 1.2 โดยน้ำหนักเนื้อปลาลงในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาอิมัลชัน และผลงานวิจัยของ รุ่งลักษณ์ และคณะ (2558) ศึกษาการเสริมผงอังกัก 5 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 0.75, 1.0, 1.25 และ 1.5 โดยน้ำหนักเนื้อปลาลงในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน พบว่า การเสริมผงอังกักในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ลดลง แต่มีค่าสีแดง ( $a^*$ ) เพิ่มขึ้นและเป็นผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีแดงคล้ำ

เมื่อเปรียบเทียบการเสริมผงมะเขือเทศกับผงอังกักในผลิตภัณฑ์กุ้งเชียงหมูปริมาณบริโภครวมที่ระดับปริมาณเดียวกัน พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่เสริมผงมะเขือเทศมีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มากกว่า แต่มีค่าสีแดง ( $a^*$ ) น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่เสริมด้วยผงอังกัก แสดงให้เห็นว่า

ผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโภาคที่เสริมผงอังกักมีสีแดงคล้ำกว่าผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูที่เสริมผงมะเขือเทศที่มีสีแดงส้ม

#### 4.1.4 ลักษณะเนื้อสัมผัส

จากการประเมินคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโภาค โดยการวัดลักษณะเนื้อสัมผัส แสดงดังตารางที่ 4.4 พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีการเสริมผงมะเขือเทศในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็ง ค่าความเหนียว ค่าความยืดหยุ่น ค่าการยึดเกาะ และค่าแรงการเคี้ยวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ ) เนื่องจากปริมาณผงมะเขือเทศทั้ง 3 ระดับ ที่เสริมลงในผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้อยมากเพียงร้อยละ 0.2-0.6 โดยน้ำหนักรวม จึงไม่ส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ในขณะที่งานวิจัยของ Calvo และคณะ (2008) พบว่า การเสริมเปลือกมะเขือเทศลงในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักแห้งร้อยละ 0.6-1.2 โดยน้ำหนักรวม ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นจากสูตรควบคุม เนื่องมาจากเซลลูโลสที่เป็นองค์ประกอบหลักในผงมะเขือเทศมีโครงสร้างโมเลกุลของเซลลูโลสบางส่วนเป็นผลึก (polycrystalline) ที่มีลักษณะแข็ง นอกจากนี้โครงสร้างโมเลกุลของเซลลูโลสบางส่วนที่ไม่เป็นผลึก (noncrystalline) จะสามารถเปลี่ยนรูปเป็นผลึกได้เมื่อผ่านการอบแห้ง (นิธิยา, 2557) จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์สูตรที่เสริมผงมะเขือเทศมากกว่าร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนักรวมที่ผ่านการอบแห้งมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น

ส่วนการเสริมผงอังกักในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.2 เป็น 0.4 หรือ 0.6 โดยน้ำหนักรวมลงในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโภาค ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งและค่าแรงการเคี้ยวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) เนื่องจากผงอังกักผลิตจากเมล็ดข้าวที่ผ่านหมักแห้งด้วย *Monascus* spp. เพื่อให้ได้เป็นสารสี (สุภาวดี, 2545) แป้งข้าวจึงเป็นองค์ประกอบหลักของผงอังกัก เมื่อเติมลงไปในผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่ผ่านกระบวนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 ถึง 65 องศาเซลเซียส ซึ่งเพียงพอต่อการพองตัวของเม็ดแป้งและเกิดเป็นเจลนุ่มได้ (อุณหภูมิเจลาติไนซ์ 61 ถึง 78 องศาเซลเซียส) (กล้าณรงค์, 2542) แต่อาจเกิดได้ไม่สมบูรณ์เนื่องจากระบบกุนเชียงในการทดลองนี้มีปริมาณน้ำน้อยมาก โดยเม็ดแป้งส่วนที่พองตัวออกจะเกิดการหดตัวลงเมื่อผ่านการอบแห้ง และส่วนที่กลายเป็นเจลเมื่อถูกทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) จะเกิดการคืนตัว (retrogradation) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งเพิ่มขึ้นและส่งผลให้ค่าแรงการเคี้ยวเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากค่าแรงการเคี้ยวจะขึ้นอยู่กับค่าความแข็ง โดยคำนวณค่าแรงการเคี้ยวได้จากผลคูณของค่าความแข็ง ค่าการยึดเกาะ และค่าความยืดหยุ่น ผลค่าแรงการเคี้ยวที่ได้จึงเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

เมื่อเปรียบเทียบการเสริมผงมะเขือเทศกับผงอังกักในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโภาคในปริมาณที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.4 หรือ 0.6 โดยน้ำหนักรวม พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่เสริมผงมะเขือเทศมีค่าความแข็งและค่าแรงการเคี้ยวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ ) และมิต้านน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่เสริมด้วยผงอังกัก ( $p < 0.05$ ) แสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมู

พร้อมบริโภคน้ำที่เสริมผงมะเขือเทศจะมีความแข็งแรงน้อยกว่าผลิตภัณฑ์กุ้งเชียงหมูเสริมผงอังกัก เนื่องจากองค์ประกอบที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ผงมะเขือเทศจะมีองค์ประกอบหลักเป็นเซลลูโลส ในขณะที่ผงอังกักมีองค์ประกอบหลักเป็นแป้งข้าวเจ้าซึ่งเกิดการคืนตัวหลังการอบแห้งและทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จึงส่งผลให้กุ้งเชียงมีความแข็งแรงมากขึ้น

#### 4.1.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้บริโภครวมไปต่อผลิตภัณฑ์กุ้งเชียงหมูพร้อมบริโภคน้ำ แสดงดังตารางที่ 4.5 พบว่า การเสริมผงมะเขือเทศที่ปริมาณร้อยละ 0.2 หรือ 0.4 โดยน้ำหนักรวม ในผลิตภัณฑ์กุ้งเชียงหมูพร้อมบริโภคน้ำ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุกด้านไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ ) แต่เมื่อพิจารณาการเสริมผงมะเขือเทศที่ร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนักรวม พบว่า ผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบทางด้านรสชาติ กลิ่นรส และความชอบโดยรวมลดลง เนื่องจากลักษณะของกุ้งเชียงโดยทั่วไปที่ผู้บริโภครุ่นชินมีสีแดงสด ไม่มีรสชาติและกลิ่นรสแปลกปลอม ดังนั้นเมื่อเสริมผงมะเขือเทศลงในผลิตภัณฑ์ผงมะเขือเทศทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีแดงส้ม มีรสชาติ และกลิ่นรสของมะเขือเทศทำให้ไม่เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค

ส่วนการเสริมผงอังกักที่ปริมาณร้อยละ 0.2 หรือ 0.4 โดยน้ำหนักรวมในผลิตภัณฑ์กุ้งเชียงหมูพร้อมบริโภคน้ำ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส รสชาติ และกลิ่นรสไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ ) แต่มีคะแนนความชอบทางด้านสี และคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของจุฑามาศ และเฉลิมพล (2557) ศึกษาการเสริมผงอังกัก 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.3, 0.6, 0.9 และ 1.2 โดยน้ำหนักเนื้อปลาในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลา และงานวิจัยของรุ่งลักษณ์ และคณะ (2558) ศึกษาการเสริมผงอังกัก 5 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 0.75, 1.0, 1.25 และ 1.5 โดยน้ำหนักเนื้อในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับสูตรที่เติมผงอังกักสูงกว่าสูตรที่เติมไนไตรท์เพียงอย่างเดียว และเมื่อพิจารณาระดับการเสริมผงอังกักที่ร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนักรวมในผลิตภัณฑ์กุ้งเชียงหมูพร้อมบริโภคน้ำ พบว่า ผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบทางด้านสีลดลง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีแดงคล้ำมากขึ้นจึงไม่เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภคส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบโดยรวมลดลงด้วย

เมื่อเปรียบเทียบการเสริมผงมะเขือเทศกับผงอังกักในผลิตภัณฑ์กุ้งเชียงหมูพร้อมบริโภคน้ำ พบว่า การเสริมผงอังกักร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนักรวมในผลิตภัณฑ์กุ้งเชียงหมูพร้อมบริโภคน้ำ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด เนื่องจากผงอังกักช่วยเพิ่มสีแดง รสชาติ และกลิ่นรสที่ดีให้กับผลิตภัณฑ์ ส่งผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคทำให้ได้คะแนนสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่น ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า การเสริมผงอังกักปริมาณร้อยละ 0.2

โดยนำหน้ากรรมในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโภค เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดในการปรับปรุง  
คุณภาพทางด้านสีของผลิตภัณฑ์และนำสูตรที่ได้ไปศึกษาในขั้นตอนถัดไป



ตารางที่ 4.4 ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโภคที่เสริมผงมะเขือเทศและผงอังกักในปริมาณระดับต่างๆ

ชนิดสาร	ปริมาณ (ร้อยละ โดยน้ำหนักรวม)	ความแข็ง (kg <sub>f</sub> )	ความเหนียว (kg <sub>f</sub> .sec) <sup>ns</sup>	ความยืดหยุ่น <sup>ns</sup>	การยึดเกาะ	แรงการเคี้ยว (kg <sub>f</sub> )
สูตรควบคุม	0	9.61 ± 0.23 <sup>b</sup>	-0.005 ± 0.00	0.81 ± 0.00	0.59 ± 0.00 <sup>b</sup>	4.64 ± 0.11 <sup>c</sup>
ผงมะเขือเทศ	0.2	9.36 ± 0.44 <sup>b</sup>	-0.007 ± 0.00	0.86 ± 0.02	0.65 ± 0.01 <sup>ab</sup>	5.24 ± 0.47 <sup>abc</sup>
	0.4	9.26 ± 0.12 <sup>b</sup>	-0.010 ± 0.00	0.85 ± 0.01	0.64 ± 0.06 <sup>ab</sup>	5.06 ± 0.42 <sup>bc</sup>
	0.6	9.18 ± 0.08 <sup>b</sup>	-0.008 ± 0.00	0.85 ± 0.01	0.62 ± 0.01 <sup>ab</sup>	4.80 ± 0.05 <sup>c</sup>
ผงอังกัก	0.2	9.11 ± 0.05 <sup>b</sup>	-0.008 ± 0.00	0.83 ± 0.05	0.67 ± 0.02 <sup>a</sup>	5.06 ± 0.17 <sup>bc</sup>
	0.4	10.30 ± 0.05 <sup>a</sup>	-0.005 ± 0.00	0.84 ± 0.01	0.65 ± 0.02 <sup>ab</sup>	5.66 ± 0.27 <sup>ab</sup>
	0.6	10.52 ± 0.25 <sup>a</sup>	-0.009 ± 0.00	0.84 ± 0.01	0.65 ± 0.03 <sup>ab</sup>	5.78 ± 0.17 <sup>a</sup>

แสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สูตรควบคุมไม่มีการเติมสีผสมอาหารสังเคราะห์และเกลือไนไตรท์หรือไนเตรท

<sup>ns</sup> ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ )

<sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

ตารางที่ 4.5 คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุ้งเชียงใหม่พร้อมบริโภคที่เสริมผงมะเขือเทศและผงอังกักในปริมาณระดับต่างๆ

ชนิดสาร	ปริมาณ (ร้อยละ โดยน้ำหนักรวม)	ลักษณะปรากฏ <sup>ns</sup>	สี	เนื้อสัมผัส <sup>ns</sup>	รสชาติ	กลิ่นรส	ความชอบ โดยรวม
สูตรควบคุม	0	5.96 ± 0.42	4.73 ± 0.23 <sup>b</sup>	5.91 ± 0.11	6.10 ± 0.04 <sup>ab</sup>	5.70 ± 0.23 <sup>a</sup>	5.06 ± 0.09 <sup>cd</sup>
ผงมะเขือเทศ	0.2	6.36 ± 0.32	5.81 ± 0.63 <sup>ab</sup>	6.08 ± 0.35	6.43 ± 0.28 <sup>a</sup>	6.10 ± 0.23 <sup>a</sup>	6.35 ± 0.40 <sup>abc</sup>
	0.4	6.40 ± 0.43	5.92 ± 0.45 <sup>ab</sup>	5.85 ± 0.77	5.93 ± 0.47 <sup>ab</sup>	5.75 ± 0.11 <sup>a</sup>	5.93 ± 0.61 <sup>bcd</sup>
	0.6	6.33 ± 0.47	5.96 ± 0.51 <sup>ab</sup>	5.76 ± 0.94	4.95 ± 1.01 <sup>b</sup>	4.78 ± 0.77 <sup>b</sup>	4.86 ± 0.96 <sup>d</sup>
ผงอังกัก	0.2	6.76 ± 0.18	6.91 ± 0.54 <sup>a</sup>	6.71 ± 0.30	7.13 ± 0.28 <sup>a</sup>	6.56 ± 0.04 <sup>a</sup>	7.36 ± 0.54 <sup>a</sup>
	0.4	6.56 ± 0.00	6.71 ± 0.25 <sup>a</sup>	6.11 ± 0.21	6.71 ± 0.30 <sup>a</sup>	6.53 ± 0.23 <sup>a</sup>	6.83 ± 0.18 <sup>ab</sup>
	0.6	6.26 ± 0.42	6.08 ± 0.82 <sup>ab</sup>	5.63 ± 0.28	6.30 ± 0.32 <sup>a</sup>	6.02 ± 0.41 <sup>a</sup>	5.92 ± 0.41 <sup>bcd</sup>

แสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สูตรควบคุมไม่มีการเติมสีผสมอาหารสังเคราะห์และเกลือไนไตรท์หรือไนเตรท

<sup>ns</sup> ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ )

a, b, c, d ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

## 4.2 ผลการศึกษาการใช้สารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโอค

ผลการศึกษาการใช้สารทดแทนไขมัน 2 ชนิดที่ปริมาณระดับต่างๆ ในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโอค เพื่อลดปริมาณไขมันและปรับปรุงคุณภาพทางลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ได้ผลการทดลองดังนี้

### 4.2.1 ปริมาณน้ำอิสระ

จากการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโอค โดยการวัดปริมาณน้ำอิสระ แสดงดังตารางที่ 4.6 พบว่า กุนเชียงหมูพร้อมบริโอคที่ทดแทนไขมันด้วยอินูลิน และเจลเซลลูโลสทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 25, 50 หรือ 75 โดยน้ำหนักไขมัน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ )

**ตารางที่ 4.6** ปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโอคที่ทดแทนไขมันด้วยอินูลินและเจลเซลลูโลสในปริมาณระดับต่างๆ

ชนิดสาร	ปริมาณ (ร้อยละ โดยน้ำหนักไขมัน)	ปริมาณน้ำอิสระ <sup>ns</sup>
สูตรควบคุม	0	0.794 ± 0.02
อินูลิน	25	0.787 ± 0.01
	50	0.769 ± 0.01
	75	0.792 ± 0.01
เจลเซลลูโลส	25	0.788 ± 0.01
	50	0.780 ± 0.01
	75	0.787 ± 0.00

แสดงค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สูตรควบคุมไม่มีการเติมสารทดแทนไขมัน

<sup>ns</sup> ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ )

### 4.2.2 ค่าสี

จากการประเมินคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโอค โดยการวัดค่าสี แสดงดังตารางที่ 4.7 พบว่า ผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโอคที่ทดแทนไขมันด้วยอินูลินหรือเจลเซลลูโลสทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 25, 50 หรือ 75 โดยน้ำหนักไขมัน ทำให้ผลิตภัณฑ์



มีค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมและสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ ) แต่มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) มากกว่าสูตรควบคุม ( $p < 0.05$ ) เมื่อพิจารณาระดับการทดแทนไขมันด้วยอินูลินหรือเจลเซลลูโลสในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 25 เป็นร้อยละ 50 หรือ 75 โดยน้ำหนักไขมัน พบว่า ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ )

**ตารางที่ 4.7** ค่าสีของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโภคน้ำที่ทดแทนไขมันด้วยอินูลินและเจลเซลลูโลส ในปริมาณระดับต่างๆ

ชนิดสาร	ปริมาณ (ร้อยละ โดยน้ำหนักไขมัน)	ความสว่าง ( $L^*$ )	สีแดง ( $a^*$ ) <sup>ns</sup>	สีเหลือง ( $b^*$ ) <sup>ns</sup>
สูตรควบคุม	0	16.59 ± 0.30 <sup>b</sup>	5.06 ± 0.03	4.29 ± 0.08
อินูลิน	25	17.27 ± 0.35 <sup>ab</sup>	5.01 ± 0.30	4.17 ± 0.28
	50	17.44 ± 0.37 <sup>a</sup>	5.46 ± 0.18	4.32 ± 0.19
	75	17.62 ± 0.38 <sup>a</sup>	5.15 ± 0.47	4.19 ± 0.13
เจลเซลลูโลส	25	16.91 ± 0.10 <sup>ab</sup>	4.95 ± 0.08	3.96 ± 0.26
	50	17.06 ± 0.23 <sup>ab</sup>	5.24 ± 0.04	4.05 ± 0.20
	75	17.41 ± 0.16 <sup>a</sup>	5.02 ± 0.22	4.01 ± 0.27

แสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สูตรควบคุมไม่มีการเติมสารทดแทนไขมัน

<sup>ns</sup> ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ )

<sup>a,b,c,d</sup> ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

เมื่อเปรียบเทียบการทดแทนไขมันด้วยอินูลินกับเจลเซลลูโลสที่ระดับปริมาณเดียวกัน พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ทดแทนไขมันด้วยสารทั้ง 2 ชนิดมีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ ) แสดงให้เห็นว่า การทดแทนไขมันด้วยอินูลินหรือเจลเซลลูโลสทั้ง 3 ระดับในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโภคน้ำ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากอินูลินและเจลเซลลูโลสมีสีขาวขุ่น ดังนั้นเมื่อเติมลงในผลิตภัณฑ์จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น

### 4.2.3 ลักษณะเนื้อสัมผัส

จากการประเมินคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูปริมาณบริโภค โดยการวัดลักษณะเนื้อสัมผัส แสดงดังตารางที่ 4.8 พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ทดแทนไขมันด้วยอินูลินร้อยละ 25 โดยน้ำหนักไขมัน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ค่าความยืดหยุ่น ค่าการยึดเกาะลดลง อย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ในขณะที่ค่าความเหนียวและค่าแรงการเคี้ยวไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม อย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ ) เมื่อพิจารณาระดับการทดแทนไขมันด้วยอินูลินที่เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 25 เป็นร้อยละ 50 หรือ 75 โดยน้ำหนักไขมัน พบว่า ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็ง ค่าความเหนียว ค่าความยืดหยุ่น ค่าแรงยึดเกาะ และค่าแรงการเคี้ยวลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) เนื่องจากอินูลินเป็นเส้นใยที่สามารถละลายน้ำได้ มีความสามารถในการจับและอุ้มน้ำได้สูง เมื่อเติมอินูลินลงในผลิตภัณฑ์อินูลินจะไปจับกับน้ำในระบบทำให้สามารถกักเก็บน้ำไว้ภายในผลิตภัณฑ์ได้ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งลดลง (Choi และคณะ, 2014) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Selgas และคณะ (2005) ศึกษาการลดไขมันลงร้อยละ 30 ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปรุงสุกและทำการเติมอินูลินที่ระดับร้อยละ 2.5, 5 และ 7.5 โดยน้ำหนักรวม พบว่า การทดแทนไขมันด้วยอินูลินจะทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกนุ่มลง นอกจากนี้ผลงานวิจัยของ Huang และคณะ (2011) ศึกษาการลดระดับไขมันร้อยละ 15 ในผลิตภัณฑ์กุนเชียงและเติมอินูลินที่ระดับร้อยละ 3.5 และ 7 โดยน้ำหนักรวม พบว่า การเติมอินูลินไม่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุนเชียง

ส่วนการทดแทนไขมันด้วยเจลเซลลูโลสในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูปริมาณบริโภค ปริมาณร้อยละ 25 หรือ 50 โดยน้ำหนักไขมัน พบว่า ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็ง ค่าความเหนียว ค่าความยืดหยุ่น ค่าแรงยึดเกาะ และค่าแรงการเคี้ยวไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ ) แต่เมื่อพิจารณาระดับการทดแทนไขมันด้วยเจลเซลลูโลสที่เพิ่มขึ้น พบว่า ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งมากกว่าสูตรควบคุมและสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) เนื่องจากเจลเซลลูโลสเมื่อผ่านการอบแห้งทำให้ส่วนที่ไม่เป็นผลึกเกิดการเปลี่ยนโครงสร้างไปเป็นผลึก (นิธิยา, 2557) จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งเพิ่มขึ้น ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Almeida และคณะ (2014) ศึกษาการลดไขมันลงร้อยละ 50 และทดแทนไขมันด้วย amorphous cellulose gel ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนักไขมัน พบว่า ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันที่ลดไขมันลงร้อยละ 50 ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นและการเติม amorphous cellulose gel ทั้ง 4 ระดับไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์นุ่มลง

เมื่อเปรียบเทียบการทดแทนไขมันด้วยอินูลินกับเจลเซลลูโลสที่ปริมาณระดับเดียวกัน พบว่า การทดแทนไขมันด้วยเจลเซลลูโลสร้อยละ 25 โดยน้ำหนักไขมัน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งน้อยที่สุด และการทดแทนไขมันด้วยเจลเซลลูโลสร้อยละ 50 โดยน้ำหนักไขมันมีค่าความแข็งไม่แตกต่างจากการทดแทนไขมันด้วยอินูลินทั้ง 3 ระดับ

#### 4.2.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้บริโภคร่วมไปต่อผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโกล แสดงดังตารางที่ 4.9 พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ทดแทนไขมันด้วยอินูลินที่ปริมาณร้อยละ 25 โดยน้ำหนักไขมัน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบทุกด้านไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม แต่เมื่อพิจารณาการทดแทนไขมันด้วยอินูลินในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น พบว่า ผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ และสีไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ ) ในขณะที่คะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่นรส และความชอบโดยรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) เนื่องจากอินูลินมีรสชาติติดค้ำและรสหวานจากกลูโคสและซูโครสที่เป็นองค์ประกอบในอินูลิน (คุณสมบัติดังแสดงภาคผนวก ง) เมื่อเติมอินูลินในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีรสหวานมากขึ้นจึงไม่เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค

ส่วนการทดแทนไขมันด้วยเจลเซลลูโลสที่ปริมาณร้อยละ 25 โดยน้ำหนักไขมัน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมเพิ่มขึ้น ( $p < 0.05$ ) ส่วนคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ และกลิ่นรสไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ ) แต่เมื่อพิจารณาการทดแทนไขมันด้วยเจลเซลลูโลสในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น พบว่า ผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ และกลิ่นรสไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ ) ในขณะที่คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมลดลง ( $p < 0.05$ ) เนื่องจากการทดแทนไขมันด้วยเจลเซลลูโลสในปริมาณเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งเพิ่มขึ้น จึงทำให้ไม่เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค ซึ่งให้ผลไปในทิศทางเดียวกับการประเมินคุณภาพลักษณะเนื้อสัมผัสในข้อที่ 4.2.1.3

เมื่อเปรียบเทียบการทดแทนไขมันด้วยอินูลินกับเจลเซลลูโลสที่ระดับปริมาณเดียวกัน พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ทดแทนไขมันด้วยเจลเซลลูโลสมีคะแนนความชอบด้านรสชาติมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ทดแทนไขมันด้วยอินูลิน และการทดแทนไขมันด้วยเจลเซลลูโลสร้อยละ 25 โดยน้ำหนักไขมัน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าการทดแทนไขมันด้วยเจลเซลลูโลส ร้อยละ 25 โดยน้ำหนักไขมัน เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดในการทดแทนไขมันของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโกล และนำสูตรที่ได้ไปศึกษาตอนถัดไป

ตารางที่ 4.8 ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุนเชียงพร้อมบริโภครีที่ทดแทนไขมันด้วยอินูลินหรือเจลเซลลูโลสในปริมาณระดับต่างๆ

ชนิดสาร	ปริมาณ (ร้อยละ โดยน้ำหนักไขมัน)	ความแข็ง (kgf)	ความเหนียว (kgf.sec)	ความยืดหยุ่น	การยึดเกาะ	แรงการเคี้ยว (kgf)
สูตรควบคุม	0	6.09 ± 0.65 <sup>cd</sup>	-0.01 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.84 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.60 ± 0.04 <sup>b</sup>	3.10 ± 0.29 <sup>ab</sup>
อินูลิน	25	6.56 ± 0.18 <sup>ab</sup>	-0.01 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.78 ± 0.02 <sup>c</sup>	0.56 ± 0.01 <sup>c</sup>	2.90 ± 0.04 <sup>b</sup>
	50	6.43 ± 0.25 <sup>bc</sup>	-0.05 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.58 ± 0.06 <sup>d</sup>	0.45 ± 0.02 <sup>d</sup>	1.73 ± 0.25 <sup>c</sup>
	75	6.32 ± 0.18 <sup>bc</sup>	-0.16 ± 0.07 <sup>c</sup>	0.43 ± 0.03 <sup>e</sup>	0.39 ± 0.02 <sup>e</sup>	1.07 ± 0.10 <sup>d</sup>
เจลเซลลูโลส	25	5.91 ± 0.63 <sup>d</sup>	-0.02 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.85 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.65 ± 0.02 <sup>a</sup>	3.28 ± 0.24 <sup>a</sup>
	50	6.39 ± 0.44 <sup>bc</sup>	-0.01 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.83 ± 0.01 <sup>ab</sup>	0.59 ± 0.03 <sup>b</sup>	3.16 ± 0.33 <sup>a</sup>
	75	6.86 ± 0.29 <sup>a</sup>	-0.01 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.80 ± 0.04 <sup>bc</sup>	0.58 ± 0.04 <sup>bc</sup>	3.23 ± 0.33 <sup>a</sup>

แสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สูตรควบคุมไม่มีการเติมสารทดแทนไขมัน

a, b, c, d, e ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

ตารางที่ 4.9 คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุ้งเชียงใหม่พร้อมบริโภคที่ทดแทนไขมันด้วยอินูลินหรือเจลเซลลูโลสในปริมาณระดับต่างๆ

ชนิดสาร	ปริมาณ (ร้อยละ โดยน้ำหนักไขมัน)	ลักษณะปรากฏ <sup>ns</sup>	สี <sup>ns</sup>	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	กลิ่นรส	ความชอบ โดยรวม
สูตรควบคุม	0	6.65 ± 0.07	6.85 ± 0.07	6.53 ± 0.09 <sup>bc</sup>	6.88 ± 0.25 <sup>ab</sup>	6.80 ± 0.37 <sup>abc</sup>	6.70 ± 0.23 <sup>bc</sup>
อินูลิน	25	6.96 ± 0.32	7.16 ± 0.00	6.81 ± 0.02 <sup>ab</sup>	6.96 ± 0.04 <sup>ab</sup>	7.03 ± 0.04 <sup>ab</sup>	6.80 ± 0.09 <sup>b</sup>
	50	7.01 ± 0.02	7.01 ± 0.07	6.30 ± 0.09 <sup>c</sup>	6.16 ± 0.18 <sup>c</sup>	6.40 ± 0.14 <sup>c</sup>	6.15 ± 0.11 <sup>cd</sup>
	75	7.15 ± 0.21	7.11 ± 0.16	5.56 ± 0.04 <sup>d</sup>	5.50 ± 0.09 <sup>d</sup>	5.43 ± 0.14 <sup>d</sup>	5.16 ± 0.09 <sup>e</sup>
เจลเซลลูโลส	25	7.05 ± 0.44	7.10 ± 0.37	7.08 ± 0.02 <sup>a</sup>	7.16 ± 0.14 <sup>a</sup>	7.23 ± 0.28 <sup>a</sup>	7.61 ± 0.02 <sup>a</sup>
	50	6.95 ± 0.02	7.06 ± 0.14	6.61 ± 0.02 <sup>bc</sup>	6.75 ± 0.16 <sup>ab</sup>	6.61 ± 0.25 <sup>bc</sup>	6.58 ± 0.07 <sup>bcd</sup>
	75	7.01 ± 0.02	7.10 ± 0.04	5.81 ± 0.40 <sup>d</sup>	6.53 ± 0.23 <sup>bc</sup>	6.50 ± 0.28 <sup>bc</sup>	6.03 ± 0.51 <sup>d</sup>

แสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สูตรควบคุมไม่มีการเติมสารทดแทนไขมัน

<sup>ns</sup> ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ )

a, b, c, d, e ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

### 4.3 ผลการศึกษาการใช้สารลดปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคร

ผลการศึกษาการใช้สารลดปริมาณน้ำอิสระ 2 ชนิดที่ปริมาณระดับต่างๆ ในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคร เพื่อลดปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ ได้ผลการทดลองดังนี้

#### 4.3.1 ปริมาณน้ำอิสระ

จากการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคร โดยการวัดปริมาณน้ำอิสระ แสดงดังตารางที่ 4.10 พบว่า ผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภครที่เติมกลีเซอรินทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 30, 40, หรือ 50 โดยน้ำหนักน้ำตาลทรายขาว ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยการเติมกลีเซอรินที่ปริมาณร้อยละ 50 โดยน้ำหนักน้ำตาลทรายขาว ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระน้อยที่สุด ซึ่งมีปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ  $0.698 \pm 0.01$  เนื่องจากกลีเซอรินเป็นสารประกอบโพลีไฮดรอกซีแอลกอฮอล์ (polyhydroxy alcohol) มีโครงสร้างโมเลกุลเป็นพอลิออล (polyol) ประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลที่สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ได้ จึงเป็นผลทำให้ปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ลดลง ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chen และคณะ (2000) ศึกษาการเติมสารฮิวเมคเตนท์ ได้แก่ กลีเซอริน 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 3, 6 และ 9 โดยน้ำหนักรวม ในผลิตภัณฑ์เจอร์รี่เนื้อหมูสไลด์จีน พบว่า การเติมกลีเซอรินทั้ง 3 ระดับ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่าสูตรควบคุมที่ไม่มีการเติมสารฮิวเมคเตนท์

ส่วนการเติมซอร์บิทอลร้อยละ 30 หรือ 40 โดยน้ำหนักน้ำตาลทรายขาวในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคร พบว่า ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ ) ในขณะที่การเติมซอร์บิทอลที่ปริมาณร้อยละ 50 โดยน้ำหนักน้ำตาลทรายขาว ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) เนื่องจากซอร์บิทอลมีโครงสร้างโมเลกุลเป็นพอลิออลประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล จึงทำให้สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ได้ จึงทำให้ปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ลดลง ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wang (2000) ศึกษาผลการเติมซอร์บิทอลปริมาณร้อยละ 3 โดยน้ำหนักรวม ในผลิตภัณฑ์กุนเชียง พบว่าการเติมซอร์บิทอลที่ปริมาณร้อยละ 3 โดยน้ำหนักรวม ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่าสูตรควบคุม

**ตารางที่ 4.10** ปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภาคที่เติมกลีเซอรินหรือซอร์บิทอลในปริมาณระดับต่างๆ

ชนิดสาร	ปริมาณ (ร้อยละ โดยน้ำหนักน้ำตาล)	ปริมาณน้ำอิสระ
สูตรควบคุม	0	0.785 ± 0.01 <sup>a</sup>
กลีเซอริน	30	0.719 ± 0.00 <sup>c</sup>
	40	0.715 ± 0.01 <sup>c</sup>
	50	0.698 ± 0.01 <sup>d</sup>
ซอร์บิทอล	30	0.780 ± 0.00 <sup>ab</sup>
	40	0.779 ± 0.01 <sup>ab</sup>
	50	0.771 ± 0.01 <sup>b</sup>

แสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สูตรควบคุมไม่มีการเติมสารลดปริมาณน้ำอิสระ

a, b, c, d ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเติมกลีเซอรินกับซอร์บิทอลในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภาคที่ระดับปริมาณเดียวกัน พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรินมีปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมซอร์บิทอล ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chen และคณะ (2014) ศึกษาการเติมกลีเซอรินและซอร์บิทอลในผลิตภัณฑ์เจอร์รี่เนื้อกวาง พบว่า การเติมกลีเซอรินสามารถลดปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ได้มากกว่าสูตรควบคุมและสูตรที่เติมซอร์บิทอล และงานวิจัยของ Sorapukdee และคณะ (2016) ศึกษาการเติมกลีเซอรินและซอร์บิทอล โดยแปรปริมาณสารชนิดละ 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), 10 และ 15 โดยน้ำหนักเนื้อในผลิตภัณฑ์เจอร์รี่เนื้อไก่ไขปลดระวาง พบว่า การเติมกลีเซอรินทั้ง 3 ระดับ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่าสูตรควบคุมและสูตรที่เติมซอร์บิทอล แสดงให้เห็นว่าการเติมกลีเซอรินมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าการเติมซอร์บิทอล เนื่องจากกลีเซอรินมีขนาดโมเลกุลเล็กกว่าซอร์บิทอลและที่ระดับความเข้มข้นเท่ากันจึงทำให้กลีเซอรินมีจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลมากกว่าซอร์บิทอล ดังนั้นกลีเซอรินจึงสามารถจับกับโมเลกุลของน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ได้มากกว่า (Chen, 1987; Caurvain และ Young, 2000)

### 4.3.2 ค่าสี

จากการประเมินคุณภาพทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโกลค โดยการวัดค่าสี แสดงดังตารางที่ 4.11 พบว่า การเติมกลีเซอรินในผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 30, 40 หรือ 50 โดยน้ำหนักน้ำตาลทรายขาว ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ ) แต่เมื่อพิจารณา ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) พบว่า การเติมกลีเซอรินในปริมาณร้อยละ 30 หรือ 40 โดยน้ำหนักน้ำตาลทรายขาว ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ ) ส่วนการเติมกลีเซอรินในปริมาณร้อยละ 50 โดยน้ำหนักน้ำตาลทรายขาว ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) น้อยกว่าสูตรควบคุมและสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kim และคณะ (2010) ศึกษาการเติมกลีเซอรินร้อยละ 5 โดยน้ำหนักรวมในผลิตภัณฑ์เจอร์รี่เนื้อหมู พบว่า การเติมกลีเซอรินร้อยละ 5 โดยน้ำหนักรวม ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างต่ำกว่าสูตรควบคุม และงานวิจัยของปีทมกร และก่องกาญจน์ (2548) ศึกษาการเติมสารฮิวเมตต์ชนิดต่างๆ ได้แก่ กลีเซอริน ร้อยละ 50 โดยน้ำหนักส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้ง พบว่า การเติมกลีเซอริน ร้อยละ 50 โดยน้ำหนักส่วนผสม ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างน้อยกว่าสูตรควบคุม ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีน้ำตาลรีดิวซ์และหมู่เอมีนของโปรตีนเป็นองค์ประกอบ เมื่อผ่านความร้อนมักเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (นิธิยา, 2557) แต่อย่างไรก็ตามกลีเซอรินเป็นสารพอลิออลที่มีหมู่ไฮดรอกซิล ซึ่งมีความคงตัวต่อความร้อนได้ดีกว่าสารประกอบประเภทน้ำตาลจึงไม่เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Dias, 1999) ดังนั้นสาเหตุของผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรินในปริมาณมากทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างลดลง อาจเนื่องจากผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีความมันวาวมากขึ้น จึงส่งผลให้เกิดการกระจายแสงในขณะวัดค่าความสว่าง (ปีทมกร และก่องกาญจน์, 2548)

ส่วนการเติมซอร์บิทอลทั้งสามระดับ ได้แก่ ร้อยละ 30, 40 หรือ 50 โดยน้ำหนักน้ำตาลทรายขาว ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ )



**ตารางที่ 4.11** ค่าสีของกุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภาคที่เติมกลีเซอรินหรือซอร์บิทอลในปริมาณระดับต่างๆ

ชนิดสาร	ปริมาณ (ร้อยละ โดยน้ำหนักน้ำตาล)	ความสว่าง ( $L^*$ )	สีแดง ( $a^*$ ) <sup>ns</sup>	สีเหลือง ( $b^*$ ) <sup>ns</sup>
สูตรควบคุม	0	16.46 ± 0.28 <sup>ab</sup>	3.05 ± 0.27	2.87 ± 0.61
กลีเซอริน	30	16.30 ± 0.39 <sup>abc</sup>	4.23 ± 0.16	3.08 ± 0.31
	40	16.18 ± 0.34 <sup>bc</sup>	3.89 ± 0.33	3.08 ± 0.39
	50	15.96 ± 0.42 <sup>c</sup>	3.31 ± 0.42	2.72 ± 0.74
ซอร์บิทอล	30	16.68 ± 0.19 <sup>a</sup>	3.59 ± 0.37	2.84 ± 0.64
	40	16.70 ± 0.16 <sup>a</sup>	3.69 ± 0.41	3.16 ± 0.32
	50	16.29 ± 0.47 <sup>abc</sup>	3.31 ± 0.34	2.66 ± 0.76

แสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สูตรควบคุมไม่มีการเติมสารลดปริมาณน้ำอิสระ

<sup>ns</sup> ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ )

<sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

### 4.3.3 ลักษณะเนื้อสัมผัส

จากการประเมินคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภาค โดยการวัดลักษณะเนื้อสัมผัส แสดงดังตารางที่ 4.12 พบว่า ผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภาคที่เติมกลีเซอรินทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 30, 40 หรือ 50 โดยน้ำหนักน้ำตาลทรายขาว ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งและค่าแรงการเคี้ยวไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ ) แต่มีค่าความเหนียว ค่าความยืดหยุ่น และค่าการยึดเกาะมากกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ส่วนการเติมซอร์บิทอลทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 30, 40 หรือ 50 โดยน้ำหนักน้ำตาลทรายขาว ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความเหนียวเพิ่มขึ้น ( $p < 0.05$ ) ในขณะที่ค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ค่าการยึดเกาะ และค่าแรงการเคี้ยวไม่แตกต่างกับสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ ) เนื่องจากกลีเซอรินและซอร์บิทอลเป็นสารพอลิออลที่มีคุณสมบัติเพิ่มความคงตัวต่อการเสียดสภาพของโปรตีนเนื่องจากความร้อน โดยมีผลเพิ่มความแข็งแรงของพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮโดรโฟบิกของโปรตีนกับน้ำ (Back และคณะ, 1979)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเติมกลีเซอรินกับซอร์บิทอลในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคน้ำตาลทั้ง 3 ระดับ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรินและซอร์บิทอลมีค่าความแข็ง ค่าความเหนียว ค่าความยืดหยุ่น ค่าการยึดเกาะ และค่าแรงการเคี้ยวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ )

#### 4.3.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้บริโภคน้ำตาลทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคน้ำตาล แสดงดังตารางที่ 4.13 พบว่า ผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคน้ำตาลที่เติมกลีเซอรินทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนักน้ำตาลทรายขาว ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบทุกด้านไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ ) ยกเว้นคะแนนความชอบโดยรวม ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรินทั้ง 3 ระดับมีคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่าสูตรควบคุม ( $p < 0.05$ ) โดยผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรินในปริมาณร้อยละ 50 โดยน้ำหนักน้ำตาลทรายขาว มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด

ส่วนการเติมซอร์บิทอลทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 30, 40 หรือ 50 โดยน้ำหนักน้ำตาลทรายขาวในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคน้ำตาล ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบทุกด้านไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ )

ดังนั้นจากผลการประเมินคุณภาพทางด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมสารลดปริมาณน้ำตาลที่ระดับต่างๆ แสดงให้เห็นว่าเติมกลีเซอรินที่ระดับร้อยละ 50 โดยน้ำหนักน้ำตาลทรายขาว ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำตาลน้อยกว่าสูตรอื่นๆ และมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด จึงเป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดในการลดปริมาณน้ำตาลของผลิตภัณฑ์และนำสูตรที่ได้ไปศึกษาในขั้นตอนถัดไป

ตารางที่ 4.12 ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภครวมที่เติมกลีเซอรินหรือซอร์บิทอลในปริมาณระดับต่างๆ

ชนิดสาร	ปริมาณ (ร้อยละ โดยน้ำหนักน้ำตาล)	ความแข็ง (kgf) <sup>ns</sup>	ความเหนียว (kgf.sec)	ความยืดหยุ่น	การยึดเกาะ	แรงการเคี้ยว (kgf) <sup>ns</sup>
สูตรควบคุม	0	8.91 ± 0.31	-0.019 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.85 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.63 ± 0.04 <sup>c</sup>	5.18 ± 1.20
กลีเซอริน	30	8.52 ± 0.71	-0.005 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.88 ± 0.03 <sup>ab</sup>	0.71 ± 0.01 <sup>a</sup>	6.01 ± 0.41
	40	8.29 ± 0.45	-0.002 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.91 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.71 ± 0.02 <sup>a</sup>	5.87 ± 0.28
	50	8.18 ± 0.65	-0.002 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.91 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.72 ± 0.02 <sup>a</sup>	5.89 ± 0.56
ซอร์บิทอล	30	8.66 ± 0.34	-0.009 ± 0.01 <sup>ab</sup>	0.85 ± 0.06 <sup>b</sup>	0.65 ± 0.02 <sup>bc</sup>	5.78 ± 0.27
	40	8.22 ± 1.59	-0.002 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.85 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.65 ± 0.03 <sup>bc</sup>	5.60 ± 0.24
	50	8.15 ± 0.78	-0.009 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.87 ± 0.02 <sup>ab</sup>	0.66 ± 0.01 <sup>bc</sup>	5.40 ± 0.51

แสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สูตรควบคุมไม่มีการเติมสารลดปริมาณน้ำอิสระ

<sup>ns</sup> ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ )

<sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

ตารางที่ 4.13 คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุ้งเชียงใหม่พร้อมบริโภคที่เติมกลีเซอรินหรือซอร์บิทอลในปริมาณระดับต่างๆ

ชนิดสาร	ปริมาณ (ร้อยละ โดยน้ำหนักน้ำตาล)	ลักษณะปรากฏ <sup>ns</sup>	สี <sup>ns</sup>	เนื้อสัมผัส <sup>ns</sup>	รสชาติ <sup>ns</sup>	กลิ่นรส <sup>ns</sup>	ความชอบ โดยรวม
สูตรควบคุม	0	7.03 ± 1.00	6.88 ± 1.04	6.71 ± 1.08	7.33 ± 1.23	7.13 ± 1.22	7.18 ± 1.14 <sup>bc</sup>
กลีเซอริน	30	7.08 ± 0.90	7.18 ± 0.92	7.08 ± 1.07	7.36 ± 0.95	7.13 ± 1.06	7.68 ± 1.01 <sup>a</sup>
	40	6.88 ± 1.02	7.10 ± 0.96	7.00 ± 1.23	7.51 ± 1.18	7.28 ± 1.16	7.55 ± 1.15 <sup>ab</sup>
	50	7.16 ± 0.99	7.25 ± 0.98	6.90 ± 1.00	7.43 ± 0.99	7.31 ± 0.89	7.73 ± 0.91 <sup>a</sup>
ซอร์บิทอล	30	6.98 ± 0.98	7.11 ± 1.16	6.75 ± 1.33	7.16 ± 1.22	7.13 ± 1.18	7.13 ± 1.17 <sup>bc</sup>
	40	7.00 ± 1.10	7.11 ± 1.09	6.71 ± 1.34	7.20 ± 1.23	6.90 ± 1.13	6.98 ± 1.15 <sup>c</sup>
	50	6.85 ± 0.97	7.01 ± 1.04	6.70 ± 1.21	7.13 ± 1.21	6.98 ± 1.17	6.96 ± 1.27 <sup>c</sup>

แสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สูตรควบคุมไม่มีการเติมสารลดปริมาณน้ำอิสระ

<sup>ns</sup> ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ )

<sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

#### 4.4 ผลการศึกษาสภาวะการบรรจุและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโกล

ผลการศึกษาสภาวะการบรรจุทั้ง 4 สภาวะและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโกลที่อุณหภูมิห้อง ( $28 \pm 2$  องศาเซลเซียส) โดยมีระยะเวลาติดตามผลการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ 5 ระดับ ได้แก่ สัปดาห์ที่ 0, 2, 4, 6 และ 8 ของการเก็บรักษา ได้ผลการทดลองดังนี้

##### 4.4.1 ปริมาณน้ำอิสระ

จากการประเมินผลการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโกลเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 4.14 พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ในสภาวะการบรรจุทั้ง 4 สภาวะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษา ไอน้ำจากบรรยากาศสามารถซึมผ่านเข้าไปในบรรจุภัณฑ์ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสภาวะการบรรจุที่แตกต่างกันทั้ง 4 สภาวะ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถุงลามิเนตพอยล์ทั้ง 3 สภาวะมีปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถุงพอลิโพรพิลีนในสภาวะความดันบรรยากาศ แสดงให้เห็นว่าถุงลามิเนตพอยล์สามารถช่วยชะลอการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีกว่าถุงพอลิโพรพิลีน เนื่องจากถุงลามิเนตพอยล์ประกอบไปด้วยชั้นพลาสติกและอลูมิเนียม (OPP/ALU/LLDPE) ซึ่งมีค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำเพียง 0.51 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำของถุงพอลิโพรพิลีนที่มีค่าเท่ากับ 2.19 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน

##### 4.4.2 พีเอช

จากการประเมินผลการเปลี่ยนแปลงของพีเอชของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโกลเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 4.14 พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น พีเอชของผลิตภัณฑ์ในสภาวะการบรรจุทั้ง 4 สภาวะไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ( $p \geq 0.05$ )

ตารางที่ 4.14 ปริมาณน้ำอิสระและพีเอชของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมอลดไขมันพร้อมบริโภคนในสภาวะการบรรจุแบบต่างๆ ที่การเก็บรักษา 8 สัปดาห์

ชนิดบรรจุภัณฑ์	สภาวะการบรรจุ	ลักษณะคุณภาพ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
			0	2	4	6	8
ถุงพอลิโพรพิลีน	ความดันบรรยากาศ	ปริมาณน้ำอิสระ	0.690 ± 0.00 <sup>Ba</sup>	0.733 ± 0.02 <sup>ABa</sup>	0.746 ± 0.03 <sup>Aa</sup>	0.758 ± 0.02 <sup>Aa</sup>	0.766 ± 0.01 <sup>Aa</sup>
ถุงลามิเนต	ความดันบรรยากาศ		0.689 ± 0.00 <sup>Ca</sup>	0.718 ± 0.00 <sup>Ba</sup>	0.724 ± 0.01 <sup>Ba</sup>	0.742 ± 0.01 <sup>Aa</sup>	0.746 ± 0.00 <sup>Aab</sup>
พอยล์	สุญญากาศ		0.690 ± 0.00 <sup>Ca</sup>	0.717 ± 0.01 <sup>Ba</sup>	0.735 ± 0.01 <sup>Aa</sup>	0.741 ± 0.00 <sup>Aa</sup>	0.744 ± 0.00 <sup>Ab</sup>
	ก๊าซไนโตรเจน		0.691 ± 0.00 <sup>Ca</sup>	0.720 ± 0.01 <sup>Ba</sup>	0.734 ± 0.00 <sup>ABa</sup>	0.739 ± 0.00 <sup>Aa</sup>	0.748 ± 0.01 <sup>Aab</sup>
ถุงพอลิโพรพิลีน	ความดันบรรยากาศ	พีเอช <sup>ns</sup>	6.06 ± 0.07	6.03 ± 0.12	6.05 ± 0.14	5.94 ± 0.00	5.91 ± 0.08
ถุงลามิเนต	ความดันบรรยากาศ		6.03 ± 0.05	6.07 ± 0.07	5.97 ± 0.13	5.91 ± 0.00	5.92 ± 0.06
พอยล์	สุญญากาศ		6.05 ± 0.06	6.03 ± 0.14	6.00 ± 0.24	5.95 ± 0.05	5.98 ± 0.16
	ก๊าซไนโตรเจน		6.03 ± 0.04	6.05 ± 0.12	6.01 ± 0.26	6.00 ± 0.02	5.97 ± 0.10

แสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

<sup>ns</sup> ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ )

A, B, C ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวแนวนอนเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

a, b ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

#### 4.4.3 ค่าสี

จากการประเมินผลการเปลี่ยนแปลงของค่าสีของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคนอกเคี้ยวในสภาวะการบรรจุที่ต่างกัน แสดงดังตารางที่ 4.15 พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) และค่าสีแดง ( $a^*$ ) ของผลิตภัณฑ์ในสภาวะการบรรจุทั้ง 4 สภาวะมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ในขณะที่ค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ( $p \geq 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสภาวะการบรรจุที่ต่างกันทั้ง 4 สภาวะ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุลงลามิเนตพอยล์ทั้ง 3 สภาวะมีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) และค่าสีแดง ( $a^*$ ) มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุลงพอลิโพรพิลีนในสภาวะความดันบรรยากาศ ( $p < 0.05$ )

จากการคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงสี ( $\Delta E$ ของการเปลี่ยนแปลงสีจากวันที่เริ่มต้น ) ของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคนอกเคี้ยวในสภาวะการบรรจุที่ต่างกัน แสดงดังตารางที่ 4.16 พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุลงพอลิโพรพิลีนในสภาวะความดันบรรยากาศมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีจากวันที่เริ่มต้นมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุลงลามิเนตพอยล์ทั้ง 3 สภาวะ ( $p < 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถงลามิเนตพอยล์ทั้ง 3 สภาวะ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุลงลามิเนตพอยล์ในสภาวะความดันบรรยากาศมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในสภาวะดัดแปรบรรยากาศด้วยก๊าซไนโตรเจน แต่มีค่ามากกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศที่มีค่าการเปลี่ยนแปลงสีน้อยที่สุด

ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของรงควัตถุสีแดงที่อยู่ในผงอังกัก ได้แก่ อุณหภูมิ แสง พีเอช และไอออนของโลหะ เช่น  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  และ  $\text{Zn}^{2+}$  (Feng และคณะ, 2012) โดยจะมีผลเร่งอัตราเร็วของการเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุ เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงของอนุพันธ์ในโครงสร้างหรือเกิดจากการรวมตัวกันกับสารประกอบอื่นๆ นอกจากนี้ Jung และคณะ (2005) ได้กล่าวว่ารังควัตถุสีแดง (monascorubramine และ rubropunctamine) หลังจากได้รับแสงแดดเป็นเวลานานจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เนื่องจากโครงสร้างรงควัตถุสีแดงเกิดการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าถงลามิเนตพอยล์สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุสีแดงที่อยู่ในผงอังกักได้ดีกว่าถงพอลิโพรพิลีน เนื่องจากถงลามิเนตพอยล์มีคุณสมบัติในการป้องกันแสงที่ดีกว่าถงพอลิโพรพิลีนมีลักษณะใสและโปร่งแสง นอกจากนี้การบรรจุผลิตภัณฑ์ที่สภาวะสุญญากาศยังสามารถช่วยชะลอการออกซิไดซ์ของรงควัตถุสีแดงได้อีกด้วย ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าการเปลี่ยนแปลงสี ( $\Delta E$ ของการเปลี่ยนแปลงสีจากวันที่เริ่มต้น ) น้อยที่สุด

ตารางที่ 4.15 ค่าสีของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคนในสภาวะการบรรจุแบบต่างๆ ที่การเก็บรักษา 8 สัปดาห์

ชนิดบรรจุภัณฑ์	สภาวะการบรรจุ	ลักษณะคุณภาพ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
			0	2	4	6	8
ถุงพอลิโพรพิลีน	ความดันบรรยากาศ	ความสว่าง ( $L^*$ )	17.19 ± 0.62 <sup>Aa</sup>	16.53 ± 0.13 <sup>ABa</sup>	15.22 ± 0.82 <sup>BCa</sup>	14.67 ± 0.33 <sup>Ca</sup>	12.95 ± 0.54 <sup>Db</sup>
ถุงลามิเนตพอยล์	ความดันบรรยากาศ		17.41 ± 1.24 <sup>Aa</sup>	15.74 ± 0.45 <sup>ABa</sup>	15.29 ± 0.30 <sup>Ba</sup>	15.02 ± 0.36 <sup>Ba</sup>	13.99 ± 0.57 <sup>Bab</sup>
	สุญญากาศ		17.67 ± 0.67 <sup>Aa</sup>	17.01 ± 0.88 <sup>ABa</sup>	16.14 ± 0.29 <sup>ABCa</sup>	16.08 ± 0.37 <sup>BCa</sup>	15.18 ± 0.53 <sup>Ca</sup>
	ก๊าซไนโตรเจน		17.44 ± 0.77 <sup>Aa</sup>	16.39 ± 1.12 <sup>ABa</sup>	15.79 ± 0.22 <sup>Aba</sup>	15.62 ± 0.80 <sup>ABa</sup>	14.33 ± 0.80 <sup>Bab</sup>
ถุงพอลิโพรพิลีน	ความดันบรรยากาศ	สีแดง ( $a^*$ )	5.49 ± 0.58 <sup>Aa</sup>	5.50 ± 0.02 <sup>Aa</sup>	4.20 ± 0.67 <sup>Bb</sup>	3.46 ± 0.16 <sup>Bb</sup>	3.51 ± 0.31 <sup>Bb</sup>
ถุงลามิเนตพอยล์	ความดันบรรยากาศ		5.55 ± 0.84 <sup>Aa</sup>	5.23 ± 0.33 <sup>Aa</sup>	4.79 ± 0.31 <sup>Aab</sup>	4.91 ± 0.58 <sup>Aa</sup>	5.12 ± 0.00 <sup>Aa</sup>
	สุญญากาศ		5.63 ± 0.78 <sup>Aa</sup>	5.62 ± 0.49 <sup>Aa</sup>	5.56 ± 0.45 <sup>Aa</sup>	5.56 ± 0.37 <sup>Aa</sup>	5.88 ± 0.45 <sup>Aa</sup>
	ก๊าซไนโตรเจน		5.70 ± 0.68 <sup>Aa</sup>	5.70 ± 0.37 <sup>Aa</sup>	5.61 ± 0.27 <sup>Aa</sup>	5.36 ± 0.28 <sup>Aa</sup>	5.44 ± 0.08 <sup>Aa</sup>
ถุงพอลิโพรพิลีน	ความดันบรรยากาศ	สีเหลือง ( $b^*$ )	3.93 ± 0.06 <sup>Aa</sup>	4.33 ± 0.40 <sup>Aa</sup>	4.28 ± 0.13 <sup>Aa</sup>	4.23 ± 0.15 <sup>Aa</sup>	4.45 ± 0.14 <sup>Aa</sup>
ถุงลามิเนตพอยล์	ความดันบรรยากาศ		4.13 ± 0.43 <sup>Aa</sup>	3.99 ± 0.35 <sup>Aa</sup>	4.16 ± 0.46 <sup>Aa</sup>	4.13 ± 0.36 <sup>Aa</sup>	4.44 ± 0.93 <sup>Aa</sup>
	สุญญากาศ		4.05 ± 0.26 <sup>Aa</sup>	3.99 ± 0.68 <sup>Aa</sup>	4.07 ± 0.14 <sup>Aa</sup>	4.37 ± 0.35 <sup>Aa</sup>	4.39 ± 0.05 <sup>Aa</sup>
	ก๊าซไนโตรเจน		4.31 ± 0.12 <sup>Aa</sup>	4.17 ± 0.15 <sup>Aa</sup>	4.36 ± 0.47 <sup>Aa</sup>	4.23 ± 0.64 <sup>Aa</sup>	4.59 ± 0.16 <sup>Aa</sup>

แสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

A, B ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวแนวนอนเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

a, b ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวแนวดิ่งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )



**ตารางที่ 4.16** ค่าการเปลี่ยนแปลงสี ( $\Delta E$ ของการเปลี่ยนแปลงสีจากรันที่เริ่มต้น) ของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคนในสภาวะการบรรจุแบบต่างๆที่การเก็บรักษา 8 สัปดาห์

ชนิดบรรจุภัณฑ์	สภาวะบรรจุ	ค่าการเปลี่ยนแปลงสี
ถุงพอลิโพรพิลีน	ความดันบรรยากาศ	$4.74 \pm 0.43^a$
ถุงลามิเนตพอยล์	ความดันบรรยากาศ	$3.67 \pm 0.61^b$
	สุญญากาศ	$2.55 \pm 0.07^c$
	ก๊าซไนโตรเจน	$3.19 \pm 0.00^{bc}$

แสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a, b, c ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

#### 4.4.4 ลักษณะเนื้อสัมผัส

จากการประเมินผลการเปลี่ยนแปลงของลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคนในสภาวะการบรรจุที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 4.17 พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น และแรงการเคี้ยวของผลิตภัณฑ์ในสภาวะการบรรจุทั้ง 4 สภาวะไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ( $p \geq 0.05$ ) ในขณะที่ค่าการยึดเกาะของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงลามิเนตพอยล์ที่สภาวะความดันบรรยากาศมีค่าเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 8 ของการเก็บรักษา ส่วนที่สภาวะสุญญากาศมีค่าการยึดเกาะเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 และลดลงในสัปดาห์ที่ 6 ของการเก็บรักษา ในขณะที่สภาวะการตัดแปรบรรยากาศด้วยก๊าซไนโตรเจนมีค่าการยึดเกาะเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 4 และลดลงในสัปดาห์ที่ 8 ของการเก็บรักษา เนื่องจากกุนเชียงหมูลดไขมันเป็นผลิตภัณฑ์ไส้กรอกบดหยาบไม่เป็นเนื้อเดียวกัน มีการกระจายตัวของไขมันที่ไม่สม่ำเสมอ จึงอาจส่งผลต่อการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.17 ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคนในสภาวะการบรรจุแบบต่างๆ ที่การเก็บรักษา 8 สัปดาห์

ชนิดบรรจุภัณฑ์	สภาวะการบรรจุ	ลักษณะคุณภาพ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
			0	2	4	6	8
ถุงพอลิโพรพิลีน	ความดันบรรยากาศ	ความแข็ง	8.80 ± 0.10 <sup>Aa</sup>	8.87 ± 0.20 <sup>Aa</sup>	8.78 ± 0.09 <sup>Aa</sup>	8.68 ± 0.02 <sup>Aa</sup>	8.76 ± 0.04 <sup>Aa</sup>
ถุงลามิเนตพอยล์	ความดันบรรยากาศ	(kgf)	8.75 ± 0.00 <sup>Aa</sup>	8.88 ± 0.05 <sup>Aa</sup>	8.83 ± 0.28 <sup>Aa</sup>	8.71 ± 0.25 <sup>Aa</sup>	8.71 ± 0.11 <sup>Aa</sup>
	สุญญากาศ		8.61 ± 0.27 <sup>Aa</sup>	8.76 ± 0.33 <sup>Aa</sup>	8.77 ± 0.12 <sup>Aa</sup>	8.79 ± 0.07 <sup>Aa</sup>	8.66 ± 0.15 <sup>Aa</sup>
	ก๊าซไนโตรเจน		8.62 ± 0.36 <sup>Aa</sup>	8.81 ± 0.20 <sup>Aa</sup>	8.82 ± 0.08 <sup>Aa</sup>	8.74 ± 0.07 <sup>Aa</sup>	8.71 ± 0.01 <sup>Aa</sup>
ถุงพอลิโพรพิลีน	ความดันบรรยากาศ	ความยืดหยุ่น	1.05 ± 0.20 <sup>Aa</sup>	0.98 ± 0.00 <sup>Aa</sup>	0.98 ± 0.01 <sup>Aa</sup>	0.95 ± 0.01 <sup>Aa</sup>	1.01 ± 0.06 <sup>Aa</sup>
ถุงลามิเนตพอยล์	ความดันบรรยากาศ		0.92 ± 0.01 <sup>Aa</sup>	1.00 ± 0.09 <sup>Aa</sup>	0.93 ± 0.00 <sup>Aa</sup>	0.93 ± 0.00 <sup>Aa</sup>	0.93 ± 0.01 <sup>Aa</sup>
	สุญญากาศ		0.90 ± 0.00 <sup>Aa</sup>	0.91 ± 0.00 <sup>Aa</sup>	0.93 ± 0.02 <sup>Aa</sup>	0.94 ± 0.01 <sup>Aa</sup>	0.99 ± 0.14 <sup>Aa</sup>
	ก๊าซไนโตรเจน		0.91 ± 0.01 <sup>Aa</sup>	0.92 ± 0.01 <sup>Aa</sup>	1.02 ± 0.11 <sup>Aa</sup>	0.93 ± 0.01 <sup>Aa</sup>	0.97 ± 0.00 <sup>Aa</sup>
ถุงพอลิโพรพิลีน	ความดันบรรยากาศ	การยืดเกาะ	0.66 ± 0.04 <sup>Aa</sup>	0.66 ± 0.02 <sup>Aa</sup>	0.70 ± 0.02 <sup>Aa</sup>	0.69 ± 0.00 <sup>Ab</sup>	0.71 ± 0.02 <sup>Aab</sup>
ถุงลามิเนตพอยล์	ความดันบรรยากาศ		0.67 ± 0.03 <sup>Ba</sup>	0.67 ± 0.00 <sup>Ba</sup>	0.66 ± 0.01 <sup>Bb</sup>	0.70 ± 0.01 <sup>Bab</sup>	0.76 ± 0.04 <sup>Aa</sup>
	สุญญากาศ		0.65 ± 0.00 <sup>Ca</sup>	0.68 ± 0.00 <sup>ABa</sup>	0.67 ± 0.01 <sup>BCab</sup>	0.71 ± 0.00 <sup>Aa</sup>	0.65 ± 0.03 <sup>BCb</sup>
	ก๊าซไนโตรเจน		0.66 ± 0.01 <sup>Ca</sup>	0.67 ± 0.00 <sup>Ca</sup>	0.68 ± 0.00 <sup>Bab</sup>	0.70 ± 0.00 <sup>Aab</sup>	0.64 ± 0.01 <sup>Db</sup>

แสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

<sup>A, B</sup> ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวแนวนอนเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

<sup>a, b</sup> ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

ตารางที่ 4.17 (ต่อ) ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคนในสภาวะการบรรจุแบบต่างๆ ที่การเก็บรักษา 8 สัปดาห์

ชนิดบรรจุภัณฑ์	สภาวะการบรรจุ	ลักษณะคุณภาพ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
			0	2	4	6	8
ถุงพอลิโพรพิลีน	ความดันบรรยากาศ	แรงการเคี้ยว	6.07 ± 0.84 <sup>Aa</sup>	5.67 ± 0.33 <sup>Aa</sup>	5.99 ± 0.23 <sup>Aa</sup>	5.64 ± 0.00 <sup>Aa</sup>	6.35 ± 0.29 <sup>Aa</sup>
ถุงลามิเนตพอยล์	ความดันบรรยากาศ	(kgf)	5.36 ± 0.17 <sup>Aa</sup>	6.09 ± 0.72 <sup>Aa</sup>	5.42 ± 0.29 <sup>Aa</sup>	5.68 ± 0.23 <sup>Aa</sup>	6.16 ± 0.35 <sup>Aba</sup>
	สุญญากาศ		5.03 ± 0.17 <sup>Ba</sup>	5.44 ± 0.18 <sup>ABa</sup>	5.51 ± 0.30 <sup>Aa</sup>	5.85 ± 0.00 <sup>Aa</sup>	5.64 ± 0.05 <sup>Abc</sup>
	ก๊าซไนโตรเจน		5.19 ± 0.12 <sup>Ba</sup>	5.37 ± 0.17 <sup>ABa</sup>	6.16 ± 0.77 <sup>Aa</sup>	5.68 ± 0.02 <sup>ABa</sup>	5.40 ± 0.04 <sup>ABc</sup>

แสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

<sup>A, B</sup> ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวแนวนอนเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

<sup>a, b, c</sup> ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

#### 4.4.5 ค่า TBARS

จากการประเมินผลการเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์กุ้งเชียงใหม่ลดไขมันพร้อมบริโภคนอกเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 4.18 พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ในสภาวะการบรรจุทั้ง 4 สภาวะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาก๊าซออกซิเจนจากบรรยากาศสามารถซึมผ่านเข้าไปในบรรจุภัณฑ์ ส่งผลเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า TBARS เพิ่มขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสภาวะการบรรจุที่แตกต่างกันทั้ง 4 สภาวะ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถุงพอลิโพรพิลีนในสภาวะความดันบรรยากาศมีค่า TBARS มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถุงลามิเนตพอยล์ทั้ง 3 สภาวะ เนื่องจากถุงพอลิโพรพิลีนมีคุณสมบัติเป็นถุงใสโปร่งแสงทำให้แสงสามารถกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ และมีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนมากกว่าถุงลามิเนตพอยล์ทำให้ชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้น้อยกว่า เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถุงลามิเนตพอยล์ทั้ง 3 พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถุงลามิเนตพอยล์ในสภาวะความดันบรรยากาศมีค่า TBARS มากกว่าในสภาวะสุญญากาศและสภาวะดัดแปรบรรยากาศด้วยก๊าซไนโตรเจน เนื่องจากการบรรจุในสภาวะความดันบรรยากาศมีปริมาณออกซิเจนหลงเหลืออยู่ในบรรจุภัณฑ์มากกว่าทั้ง 2 สภาวะ จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้มากกว่า

ตารางที่ 4.18 ค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์กุ้งเชียงใหม่สดไขมันพร้อมบริโภคนในสภาวะการบรรจุแบบต่างๆ ที่การเก็บรักษา 8 สัปดาห์

ชนิดบรรจุภัณฑ์	สภาวะการบรรจุ	ลักษณะคุณภาพ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
			0	2	4	6	8
ถุงพอลิโพรพิลีน	ความดันบรรยากาศ	TBARS	0.06 ± 0.06 <sup>Ca</sup>	0.08 ± 0.04 <sup>BCa</sup>	0.17 ± 0.03 <sup>ABa</sup>	0.26 ± 0.00 <sup>Aa</sup>	0.28 ± 0.10 <sup>Aa</sup>
ถุงลามิเนตพอยล์	ความดันบรรยากาศ	(g MDA/kg sample)	0.05 ± 0.00 <sup>Da</sup>	0.08 ± 0.03 <sup>CDa</sup>	0.14 ± 0.02 <sup>BCab</sup>	0.17 ± 0.01 <sup>ABb</sup>	0.21 ± 0.04 <sup>Aab</sup>
	สุญญากาศ		0.05 ± 0.01 <sup>Da</sup>	0.08 ± 0.02 <sup>Ca</sup>	0.09 ± 0.00 <sup>BCC</sup>	0.12 ± 0.01 <sup>ABc</sup>	0.13 ± 0.01 <sup>Ab</sup>
	ก๊าซไนโตรเจน		0.07 ± 0.03 <sup>Ba</sup>	0.08 ± 0.03 <sup>Ba</sup>	0.10 ± 0.01 <sup>Bbc</sup>	0.18 ± 0.02 <sup>Ab</sup>	0.18 ± 0.02 <sup>Ab</sup>

แสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

A, B, C, D ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวแนวนอนเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

a, b, c ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

#### 4.4.6 การประเมินคุณภาพทางจุลินทรีย์

จากการประเมินผลการเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคนกเก็บรักษาในสภาวะการบรรจุที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 4.19 พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ผลิตภัณฑ์ในสภาวะการบรรจุทั้ง 4 สภาวะมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด, ปริมาณของ *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum*, *Escherichia coli*, Mesophilic Aerobic sporeformers, Mesophilic Anaerobics poreformers และ ปริมาณ *Salmonella* spp. ไม่เกินข้อกำหนดมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชนหมูปูรุกรสรพร้อมบริโภค (2553) แสดงดังภาคผนวก ค เนื่องจากผลิตภัณฑ์ในสภาวะการบรรจุทั้ง 4 สภาวะตลอดการเก็บรักษานาน 8 สัปดาห์มีปริมาณน้ำอิสระอยู่ในช่วง 0.689–0.766 ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรีย โดยแบคทีเรียจะเริ่มเจริญเมื่อผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระมากกว่า 0.8 (นิธิยา, 2557)

เมื่อพิจารณาปริมาณยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ในสภาวะการบรรจุทั้ง 4 สภาวะ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถุงพอลิโพรพิลีนในสภาวะความดันบรรยากาศมีปริมาณยีสต์และรามิแนวโน้มเพิ่มขึ้น และมีปริมาณมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงลามิเนตพอยล์ทั้ง 3 สภาวะ และในสัปดาห์ที่ 6 และ 8 ของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มีปริมาณยีสต์และราเกินกว่าข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนหมูปูรุกรสรพร้อมบริโภค (2553) แสดงดังภาคผนวก ค ที่กำหนดไว้ว่าต้องมีปริมาณยีสต์และราไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถุงพอลิโพรพิลีนในสภาวะความดันบรรยากาศจึงมีอายุการเก็บรักษาเพียง 4 สัปดาห์ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถุงลามิเนตพอยล์ทั้ง 3 สภาวะมีปริมาณยีสต์และราไม่เกินข้อกำหนดมาตรฐานตลอดการเก็บรักษานาน 8 สัปดาห์ แสดงให้เห็นว่าถุงลามิเนตพอยล์สามารถช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ ยีสต์และราได้ดีกว่าถุงพอลิโพรพิลีน เนื่องจากถุงพอลิโพรพิลีนมีค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซออกซิเจนสูงกว่าถุงลามิเนตพอยล์ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพอลิโพรพิลีนมีปริมาณไอน้ำและก๊าซออกซิเจนจากบรรยากาศที่ซึมผ่านเข้าไปในบรรจุภัณฑ์ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระเพียงพอต่อการเจริญและเพิ่มปริมาณของยีสต์และราในระหว่างการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.19 ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์กุ้งเชียงใหม่พร้อมบริโภคในสภาวะการบรรจุแบบต่างๆ ที่การเก็บรักษา 8 สัปดาห์

ชนิดบรรจุภัณฑ์	สภาวะการบรรจุ	ชนิดจุลินทรีย์	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
			0	2	4	6	8
ถุงพอลิโพรพิลีน	ความดันบรรยากาศ	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10
		ยีสต์และรา (CFU/g)	<10	<10	1.3x10	1.6 x10 <sup>2</sup>	2.3 x10 <sup>2</sup>
		<i>Staphylococcus aureus</i> (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10
		<i>Clostridium botulinum</i> (per 0.1 g)	ND	ND	ND	ND	ND
		<i>Escherichia coli</i> (MPN/g)	<3	<3	<3	<3	<3
		<i>Salmonella</i> spp. (per 25 g)	ND	ND	ND	ND	ND
		Mesophilic Aerobic sporeformers (CFU/g)	<1	<1	<1	<1	<1
		Mesophilic Anaerobic sporeformers (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10

ND = Not Detected

ตารางที่ 4.19 (ต่อ) ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์กุ้งเชียงใหม่พร้อมบริโภคในสภาวะการบรรจุแบบต่างๆ ที่การเก็บรักษา 8 สัปดาห์

ชนิดบรรจุภัณฑ์	สภาวะการบรรจุ	ชนิดจุลินทรีย์	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
			0	2	4	6	8
ถุงลามิเนตพอยล์	ความดันบรรยากาศ	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10
		ยีสต์และรา (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10
		<i>Staphylococcus aureus</i> (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10
		<i>Clostridium botulinum</i> (per 0.1 g)	ND	ND	ND	ND	ND
		<i>Escherichia coli</i> (MPN/g)	<3	<3	<3	<3	<3
		<i>Salmonella</i> spp. (per 25 g)	ND	ND	ND	ND	ND
		Mesophilic Aerobic sporeformers (CFU/g)	<1	<1	<1	<1	<1
		Mesophilic Anaerobic sporeformers (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10

ND = Not Detected



ตารางที่ 4.19 (ต่อ) ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคนในสภาวะการบรรจุแบบต่างๆ ที่การเก็บรักษา 8 สัปดาห์

ชนิดบรรจุภัณฑ์	สภาวะการบรรจุ	ชนิดจุลินทรีย์	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
			0	2	4	6	8
ถุงลามิเนตพอยล์	สุญญากาศ	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10
		ยีสต์และรา (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10
		<i>Staphylococcus aureus</i> (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10
		<i>Clostridium botulinum</i> (per 0.1 g)	ND	ND	ND	ND	ND
		<i>Escherichia coli</i> (MPN/g)	<3	<3	<3	<3	<3
		<i>Salmonella</i> spp. (per 25 g)	ND	ND	ND	ND	ND
		Mesophilic Aerobic sporeformers (CFU/g)	<1	<1	<1	<1	<1
		Mesophilic Anaerobic sporeformers (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10

ND = Not Detected

ตารางที่ 4.19 (ต่อ) ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภคนในสภาวะการบรรจุแบบต่างๆ ที่การเก็บรักษา 8 สัปดาห์

ชนิดบรรจุภัณฑ์	สภาวะการบรรจุ	ชนิดจุลินทรีย์	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
			0	2	4	6	8
ถุงลามิเนตพอยล์	ก๊าซไนโตรเจน	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10
		ยีสต์และรา (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10
		<i>Staphylococcus aureus</i> (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10
		<i>Clostridium botulinum</i> (per 0.1 g)	ND	ND	ND	ND	ND
		<i>Escherichia coli</i> (MPN/g)	<3	<3	<3	<3	<3
		<i>Salmonella</i> spp. (per 25 g)	ND	ND	ND	ND	ND
		Mesophilic Aerobic sporeformers (CFU/g)	<1	<1	<1	<1	<1
		Mesophilic Anaerobic sporeformers (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10

ND = Not Detected

#### 4.4.7 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการประเมินผลการเปลี่ยนแปลงของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 60 คนในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภค เก็บรักษาในสภาวะการบรรจุที่ต่างกัน แสดงดังตารางที่ 4.20 พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถุงพอลิโพรพิลีนในสภาวะความดันบรรยากาศมีคะแนนความชอบทุกด้านมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) และมีคะแนนความชอบทุกด้านน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงลามิเนตพอยล์ทั้ง 3 สภาวะ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถุงพอลิโพรพิลีนในสภาวะความดันบรรยากาศมีสีที่คล้ำขึ้นและเกิดกลิ่นหืน จึงทำให้ไม่เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค ซึ่งสอดคล้องกับผลการประเมินคุณภาพทางด้านสีและค่า TBARS

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสภาวะการบรรจุในถุงลามิเนตพอยล์ทั้ง 3 สภาวะ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในสภาวะความดันบรรยากาศและสภาวะดัดแปรบรรยากาศด้วยก๊าซไนโตรเจนมีคะแนนความชอบทางด้านสี รสชาติ กลิ่นรส และความชอบโดยรวมน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถุงลามิเนตพอยล์ในสภาวะสุญญากาศ ( $p < 0.05$ ) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถุงลามิเนตพอยล์ในสภาวะสุญญากาศมีคะแนนความชอบทุกด้านไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจากวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ( $p \geq 0.05$ ) และมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดตลอดการเก็บรักษา ( $p > 0.05$ ) โดยมีคะแนนความชอบทุกด้านอยู่ในระดับชอบ แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถุงลามิเนตพอยล์ในสภาวะสุญญากาศเป็นสภาวะการบรรจุที่เหมาะสมที่สุด และสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้เป็นเวลาอย่างน้อย 8 สัปดาห์ โดยผู้บริโภคยังคงชื่นชอบผลิตภัณฑ์เท่ากับผลิตภัณฑ์เริ่มต้นของการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.20 คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุ้งเชียงใหม่พร้อมบริโภคนในสภาวะการบรรจุแบบต่างๆ ที่การเก็บรักษา 8 สัปดาห์

ชนิดบรรจุภัณฑ์	สภาวะการบรรจุ	ลักษณะคุณภาพ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
			0	2	4	6	8
ถุงพอลิโพรพิลีน	ความดันบรรยากาศ	ลักษณะปรากฏ	6.68 ± 1.36 <sup>Aa</sup>	5.80 ± 1.82 <sup>Bc</sup>	5.72 ± 1.75 <sup>Bc</sup>	-	-
ถุงลามิเนตพอยล์	ความดันบรรยากาศ	ลักษณะปรากฏ	6.57 ± 0.91 <sup>ABa</sup>	6.32 ± 1.33 <sup>Bb</sup>	6.48 ± 1.35 <sup>ABb</sup>	6.75 ± 1.22 <sup>ABa</sup>	6.81 ± 1.02 <sup>Aa</sup>
		สุญญากาศ	6.90 ± 0.99 <sup>Aa</sup>	6.87 ± 1.07 <sup>Aa</sup>	7.08 ± 1.00 <sup>Aa</sup>	6.98 ± 1.21 <sup>Aa</sup>	6.68 ± 1.00 <sup>Aa</sup>
		ก๊าซไนโตรเจน	6.63 ± 1.19 <sup>Aa</sup>	6.65 ± 1.33 <sup>Aab</sup>	6.78 ± 1.37 <sup>Aab</sup>	6.87 ± 0.93 <sup>Aa</sup>	6.85 ± 1.05 <sup>Aa</sup>
ถุงพอลิโพรพิลีน	ความดันบรรยากาศ	สี	6.70 ± 1.01 <sup>Aa</sup>	5.95 ± 1.77 <sup>Bb</sup>	5.65 ± 1.78 <sup>Bb</sup>	-	-
ถุงลามิเนตพอยล์	ความดันบรรยากาศ	สี	6.75 ± 0.88 <sup>Aa</sup>	6.32 ± 1.41 <sup>ABab</sup>	6.15 ± 1.76 <sup>BCb</sup>	6.27 ± 1.39 <sup>ABb</sup>	5.68 ± 1.19 <sup>Cb</sup>
		สุญญากาศ	6.90 ± 0.92 <sup>Aa</sup>	6.78 ± 1.03 <sup>Aa</sup>	7.22 ± 0.94 <sup>Aa</sup>	6.85 ± 1.45 <sup>Aa</sup>	6.78 ± 1.24 <sup>Aa</sup>
		ก๊าซไนโตรเจน	6.70 ± 1.03 <sup>Aa</sup>	6.70 ± 0.89 <sup>Aa</sup>	6.82 ± 1.53 <sup>Aa</sup>	6.80 ± 1.09 <sup>Aa</sup>	6.63 ± 1.10 <sup>Aa</sup>
ถุงพอลิโพรพิลีน	ความดันบรรยากาศ	เนื้อสัมผัส	6.07 ± 1.31 <sup>Aa</sup>	5.38 ± 1.74 <sup>Bc</sup>	5.30 ± 1.64 <sup>Bb</sup>	-	-
ถุงลามิเนตพอยล์	ความดันบรรยากาศ	เนื้อสัมผัส	6.48 ± 1.11 <sup>Aab</sup>	5.85 ± 1.41 <sup>Bbc</sup>	5.37 ± 1.50 <sup>Cb</sup>	5.97 ± 1.38 <sup>Bb</sup>	6.18 ± 0.95 <sup>ABb</sup>
		สุญญากาศ	6.90 ± 1.12 <sup>Ab</sup>	6.53 ± 0.95 <sup>Aa</sup>	6.83 ± 1.28 <sup>Aa</sup>	6.92 ± 1.23 <sup>Aa</sup>	6.90 ± 1.23 <sup>Aa</sup>
		ก๊าซไนโตรเจน	6.27 ± 1.16 <sup>Aa</sup>	6.27 ± 1.25 <sup>Aab</sup>	6.27 ± 1.85 <sup>Aa</sup>	6.28 ± 1.18 <sup>Ab</sup>	6.30 ± 1.06 <sup>Ab</sup>

แสดงค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

A, B, C ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวแนวนอนเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

a, b ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

ตารางที่ 4.20 (ต่อ) คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุ้งเชียงใหม่พร้อมบริโภคนในสภาวะการบรรจุแบบต่างๆ ที่การเก็บรักษา 8 สัปดาห์

ชนิดบรรจุภัณฑ์	สภาวะการบรรจุ	ลักษณะคุณภาพ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
			0	2	4	6	8
ถุงพอลิโพรพิลีน	ความดันบรรยากาศ	รสชาติ	6.15 ± 1.29 <sup>Ab</sup>	5.30 ± 2.04 <sup>Bb</sup>	4.80 ± 1.98 <sup>Bc</sup>	-	-
ถุงลามิเนตพอยล์	ความดันบรรยากาศ	กลิ่นรส	6.58 ± 1.09 <sup>Aab</sup>	5.52 ± 1.64 <sup>Bb</sup>	5.18 ± 1.85 <sup>Bcc</sup>	4.68 ± 1.47 <sup>Cc</sup>	3.55 ± 1.25 <sup>Dc</sup>
	สุญญากาศ		6.68 ± 1.10 <sup>Aa</sup>	6.62 ± 1.06 <sup>Aa</sup>	6.98 ± 1.37 <sup>Aa</sup>	6.88 ± 1.06 <sup>Aa</sup>	7.00 ± 1.43 <sup>Aa</sup>
	ก๊าซไนโตรเจน		6.40 ± 1.09 <sup>Aab</sup>	6.50 ± 1.19 <sup>Aa</sup>	6.22 ± 1.95 <sup>Ab</sup>	5.63 ± 1.16 <sup>Bb</sup>	4.33 ± 1.51 <sup>Cb</sup>
ถุงพอลิโพรพิลีน	ความดันบรรยากาศ	กลิ่นรส	6.23 ± 1.24 <sup>Ab</sup>	5.07 ± 1.90 <sup>Bb</sup>	4.63 ± 1.84 <sup>Bc</sup>	-	-
ถุงลามิเนตพอยล์	ความดันบรรยากาศ		6.52 ± 0.98 <sup>Aab</sup>	5.30 ± 1.58 <sup>Bb</sup>	4.73 ± 1.80 <sup>Cc</sup>	4.70 ± 1.57 <sup>Cc</sup>	3.78 ± 1.26 <sup>Dc</sup>
สุญญากาศ	6.78 ± 1.04 <sup>Aa</sup>		6.72 ± 0.83 <sup>Aa</sup>	7.02 ± 1.28 <sup>Aa</sup>	6.80 ± 1.18 <sup>Aa</sup>	6.83 ± 1.40 <sup>Aa</sup>	
ถุงพอลิโพรพิลีน	ความดันบรรยากาศ	ความชอบโดยรวม	6.45 ± 1.11 <sup>Aab</sup>	6.58 ± 0.89 <sup>Aa</sup>	6.25 ± 1.67 <sup>Ab</sup>	5.57 ± 1.14 <sup>Bb</sup>	4.27 ± 1.29 <sup>Cb</sup>
ถุงลามิเนตพอยล์	ความดันบรรยากาศ		6.28 ± 1.33 <sup>Ab</sup>	5.42 ± 1.85 <sup>Bb</sup>	4.85 ± 1.83 <sup>Bc</sup>	-	-
สุญญากาศ	6.52 ± 1.13 <sup>Aab</sup>		5.68 ± 1.48 <sup>Bb</sup>	4.86 ± 1.69 <sup>Cc</sup>	4.78 ± 1.47 <sup>Cc</sup>	4.05 ± 1.29 <sup>Dc</sup>	
ถุงลามิเนตพอยล์	ความดันบรรยากาศ	ความชอบโดยรวม	6.95 ± 0.87 <sup>Aa</sup>	6.83 ± 0.98 <sup>Aa</sup>	7.08 ± 1.23 <sup>Aa</sup>	6.92 ± 1.06 <sup>Aa</sup>	6.95 ± 1.38 <sup>Aa</sup>
	ก๊าซไนโตรเจน		6.33 ± 1.10 <sup>Aab</sup>	6.63 ± 0.90 <sup>Aa</sup>	6.32 ± 1.83 <sup>Ab</sup>	5.80 ± 1.05 <sup>Bb</sup>	4.60 ± 1.22 <sup>Cb</sup>

แสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

A, B, C ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวแนวนอนเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

a, b ตัวเลขที่อักษรกำกับต่างกันจากแถวแนวดิ่งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

การผลิตและเก็บรักษาคุณภาพของไขมันพร้อมบริโภคโดยใช้เทคโนโลยีเฮอรัลด์สามารถสรุปได้ดังนี้

##### 5.1.1 การศึกษาการใช้สีจากธรรมชาติในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโภค

การศึกษาการใช้สีจากธรรมชาติในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโภค พบว่าการเสริมผงอังกร์ร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนักรวมในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโภค เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดในการปรับปรุงคุณภาพทางด้านสีของผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณน้ำอิสระพีเอช ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ค่าลักษณะเนื้อสัมผัส และคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสทุกด้านไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมที่ไม่มีการเติมสีสังเคราะห์และเกลือไนไตรท์หรือไนเตรท ( $p \geq 0.05$ ) แต่มีค่าสีแดง ( $a^*$ ) มากกว่าสูตรควบคุม ( $p < 0.05$ ) และมีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบ

##### 5.1.2 การศึกษาการใช้สารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโภค

การศึกษาการใช้สารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโภคที่เสริมผงอังกร์ร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนักรวม พบว่าการทดแทนไขมันด้วยเจลเซลลูโลสร้อยละ 25 โดยน้ำหนักไขมันในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโภค เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดในการทดแทนไขมันของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ยังคงมีปริมาณน้ำอิสระ ค่าสีแดง ( $a^*$ ) ค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ค่าลักษณะเนื้อสัมผัส และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทุกด้านไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมที่ไม่ได้เติมสารทดแทนไขมัน ( $p \geq 0.05$ ) และมีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบถึงชอบปานกลาง

##### 5.1.3 การศึกษาการใช้สารลดปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโภค

การศึกษาการใช้สารลดปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโภคที่เสริมผงอังกร์ร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนักรวม และทดแทนไขมันด้วยเจลเซลลูโลสร้อยละ 25 โดยน้ำหนักไขมัน พบว่าการเติมกลีเซอรินร้อยละ 50 โดยน้ำหนักน้ำตาลทรายขาวในผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโภค เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดในการลดปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ โดยทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.698 นอกจากนี้ยังมีค่าสีแดง ( $a^*$ ) ค่าสีเหลือง ( $b^*$ )

ค่าความแข็ง ค่าแรงการเคี้ยว และคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสทุกด้านไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมที่ไม่มีการเติมสารลดปริมาณน้ำอิสระ ( $p \geq 0.05$ ) และมีคะแนนความชอบทุกด้านอยู่ในระดับชอบถึงชอบปานกลาง

#### 5.1.4 การศึกษาสภาวะการบรรจุและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภครวม

ผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภครวมมีส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตประกอบไปด้วย เนื้อหมูส่วนสะโพกร้อยละ 55.19 มันหมูแข็งร้อยละ 17.68 เครื่องเทศผสมจากโรงงานกุนเชียงบุรี จังหวัดราชบุรีร้อยละ 0.04 เกลือร้อยละ 1.10 น้ำตาลทรายขาวร้อยละ 9.85 ซอสถั่วเหลืองปรุงรสร้อยละ 0.19 ผงอังกักร้อยละ 0.20 เจลเซลลูโลสร้อยละ 5.90 และกลีเซอรินร้อยละ 9.85 โดยน้ำหนักรวม

การศึกษาสภาวะการบรรจุและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภครวมที่เสริมผงอังกักร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนักรวม ทดแทนไขมันด้วยเจลเซลลูโลสร้อยละ 25 โดยน้ำหนักไขมัน และเติมกลีเซอรินร้อยละ 50 โดยน้ำหนักน้ำตาลทรายขาว พบว่า การบรรจุถุงลามิเนตพอยล์ในสภาวะสุญญากาศเป็นสภาวะการบรรจุที่เหมาะสมที่สุดในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เนื่องจากมีคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสทุกด้านไม่แตกต่างจากวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ( $p \geq 0.05$ ) โดยมีคะแนนความชอบทุกด้านอยู่ในระดับชอบ และมีปริมาณจุลินทรีย์เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนหมูปรุงรสพร้อมบริโภค (2553) ทำให้สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง ( $28 \pm 2$  องศาเซลเซียส) ได้นานอย่างน้อย 8 สัปดาห์

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

(1) ในการศึกษาการใช้สีจากธรรมชาติในกุนเชียงหมูพร้อมบริโภค ควรศึกษาเปรียบเทียบสูตรที่มีการใช้สีจากธรรมชาติกับสูตรที่มีการใช้ในไตรท์ เนื่องจากไนไตรท์เป็นวัตถุเจือปนในอาหารที่ผู้ประกอบการนิยมเติมลงในผลิตภัณฑ์กุนเชียง

(2) ในการศึกษาสภาวะการบรรจุและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภค ควรมีการศึกษาการบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงไนลอนเปรียบเทียบกับถุงลามิเนตพอยล์ เนื่องจากถุงลามิเนตพอยล์มีข้อเสียคือ ผู้บริโภคไม่สามารถเห็นลักษณะของผลิตภัณฑ์ได้ ในขณะที่ถุงไนลอนมีคุณสมบัติใส โปร่งแสง ปิดผนึกด้วยความร้อนได้ แข็งแรงเหนียว ต้านทานแรงดึง และแรงฉีกขาดได้ดี ป้องกันการซึมผ่านของไขมันและออกซิเจนได้ดี (งามทิพย์, 2550)

## รายการอ้างอิง

- กิติมา เหมวงษา. 2549. การพัฒนาการผลิตผงสีจากแครอทและการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2542. เทคโนโลยีของแป้ง. กรุงเทพมหานคร: เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น. 225 น.
- ชนิษฐ์ณิชา ศักดิ์สมบูรณ์ และสุธีรา มีมุขกิจ. 2555. ผลของการเสริมมะเขือเทศผงต่อคุณภาพ กุนเชียงหมูลดไนโตรเจน. ปัญหาพิเศษภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- เคียง เมฆวเศรษฐ์พันธ์. 2540. คู่มือบรรจุภัณฑ์อาหารสำหรับอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปขนาดเล็ก และครัวเรือน. กรุงเทพมหานคร: กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 108 น.
- งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2537. ก๊าซกับการบรรจุภัณฑ์อาหาร. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาเทคโนโลยี การบรรจุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 173 น.
- งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2550. การบรรจุอาหาร. กรุงเทพมหานคร: เอส. พี. เอ็ม. การพิมพ์. 389 น.
- จุฑามาศ ธีระสาโรช และเฉลิมพล ถนอมวงศ์. 2557. การใช้ฮ็อกกี้เพื่อการเกิดสีในไส้กรอกปลา อิมัลชัน. วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น 42: 169-175.
- จूरรัตน์ ห่อเกียรติ. 2540. การใช้สีผสมอาหารอย่างปลอดภัย. กรุงเทพมหานคร: สำนักงาน คณะกรรมการอาหารและยา. 73 น.
- จุไรรัตน์ เกิดดอนแฝก. 2537. ภัยมืดจากสารพิษ. กรุงเทพมหานคร: เซซฐ์ สตูดิโอ แอน กราฟิค ดีไซน์ จำกัด. 188 น.
- ดารณี วโรตมวิจิตร. 2544. การลดไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์โดยใช้สารทดแทน ไขมันจำพวกคาร์โบไฮเดรต. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เทวีภา กิรติบุรณะ. 2556. เทคโนโลยีเฮอर्टิล. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย ราชภัฏบุรีรัมย์ 29: 73-77.
- นิธิยา รัตนาปนนท์. 2557. เคมีอาหาร. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์. 504 น.
- นิราณี ปือราเฮง. 2555. การศึกษาองค์ประกอบความแปรปรวนทางพันธุกรรมของลักษณะ องค์ประกอบผลผลิตในมะเขือเทศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



- บุญส่ง เอกพงษ์. 2557. มะเขือเทศอุตสาหกรรมลูกผสมเปิดพันธุ์ใหม่ UBU 406. วารสาร  
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 16: 76-82.
- ปัทมกร พรหมจรรย์ และก่องกาญจน์ กิจรุ่งโรจน์. 2548. การลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีผลิตภัณฑ์  
ปลาข้างเหลือง (*Selaroides leptolepis*) กึ่งแห้ง. วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับ  
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 27: 617-631.
- ประภาศรี เทพรักษา และตรัยรัตน์ แก้วสะอาด. 2554. การพัฒนากระบวนการผลิตและยกระดับ  
คุณภาพผลิตภัณฑ์เนื้ออบแห้งปรุงรส. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 19: 40-5.
- ปริญญา เทพนรงค์. 2556. อิทธิพลของอุณหภูมิและอายุการเก็บรักษาต่อการเกิดอาการสะท้อน  
หนาวใน มะเขือเทศเชอร์รี่ (*Lycopersicon esculentum* CV. CH154) และการ  
ประยุกต์ใช้แคลเซียมเพื่อลดอาการ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัย  
เทคโนโลยีสุรนารี.
- มณีฉัตร นิกรพันธ์. 2538. มะเขือเทศ. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์. 98 น.
- เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิษฐ์. 2536. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์  
สมิตรรอฟเซต. 135 น.
- รุ่งลักษณ์ ประทุมชัย วรนนต์ นาคบรรพต มนัชญา สังข์ศรีอินทร์ สุจิรา มณีรัตน์ และ อภิเดช แสงดี.  
2558. ข้าวแดงจากปลายข้าวและการใช้เป็นสืผสมอาหารในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน.  
การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัย 11: 204-211.
- วัฒน์ บุญวิทยา. 2542. เทคโนโลยีเนื้อและผลิตภัณฑ์. ปทุมธานี: คณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาการณ ในพระบรมราชูปถัมภ์. 145 น.
- วัลย์ลดา หงส์ทอง และนฤมล รื่นไวย์. 2534. คู่มือการใช้โลหะเพื่อการหีบห่อ. กรุงเทพมหานคร:  
ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.  
106 น.
- ศิริพร จงผาดิวุฒิ. 2551. กลีเซอรอลผลิตภัณฑ์พลอยได้จากไบโอดีเซล. วารสารส่งเสริมเทคโนโลยี  
35: 70-76.
- ศิวาพร ศิวเวช. 2529. วัตถุประสงค์อาหารเล่มที่ 2. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชา  
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมการเกษตร  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 182 น.
- สุขเกษม สิทธิพจน์. 2555. การบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร. เอกสารสอนชุดวิชาเทคโนโลยีการถนอม  
และแปรรูปอาหาร. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 343 น.

- สุภาวดี อินทร์เขียว. 2545. การใช้สารสีโมแนสคัส (อังกัก) ทดแทนไนโตรทีในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควันและกุนเชียง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 126 น.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2553. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนหมูปรุงรสพร้อมบริโภค. มพช.150/2553. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2555. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกุนเชียงหมู. มพช. 130/2555. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- Almeida, C. M., Wagner, R., Mascarin, L. G., Zepka, L. Q., and Campagnol, P. C. B. 2014. Production of low-fat emulsified cooked sausage using amorphous cellulose gel. *Journal of Food Quality*: 1745-4557.
- Askar, A. and Treptow, H. 1985. Fructose as a sugar substitute-properties, metabolism and uses. *Ernahrungs-Umschau* 32: 135.
- Back, F. A., Oakenfull, D., and Smith, M. B. 1979. Increased thermal stability of proteins in the presence of sugars and polyols. *Biochemistry* 18: 5191-5196.
- Bacteriological Analytical Manual. 2001. Aerobic plate count. [online]. Available from: <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm2006949.html>. Accessed Oct 16, 2015.
- Bacteriological Analytical Manual. 2001. Yeasts, Molds and Mycotoxins. [online]. Available from: <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm071435.htm>. Accessed Oct 16, 2015.
- Budavari, S. 1989. *The Merck manual*. 11<sup>th</sup> ed. New Jersey: Merck and Co. 132 pp.
- Cachaldora, A., García, G., Lorenzo, J. M., and García-Fontán, M. C. 2013. Effect of modified atmosphere and vacuum packaging on some quality characteristics and the shelf-life of “morcilla” a typical cooked blood sausage. *Meat Science* 93: 220–225.
- Calvo, M. M., García, M. L., and Selgas, M. D. 2008. Dry fermented sausages enriched with lycopene from tomato peel. *Meat Science* 80: 167–172.
- Campagnol, P. C. B., Santos, B. A. D., Wagner, R., Terra, N. N., and Pollonio, M. A. R. 2012. Amorphous cellulose gel as a fat substitute in fermented sausages. *Meat Science* 90: 36–42.

- Cauvian, S. P. and Young, L. S. 2000. Bakery Food Manufacturing and Quality: Water Control and Effects. Oxford: Blackwell Science. 209 pp.
- Chen, C. S. 1987. Relationship between water activity and freezing point depression of food systems. *Journal of Food Science* 52: 433-435.
- Chen, W. S., Liu, D. C., Chen, M. T., and Ockerman, H. W. 2000. Improving texture and storage stability of Chinese style pork jerky by the addition of humectants. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 13: 1455-1460.
- Chen, W. S., Lin, Y. K., Lee, M. R., Lin, L. C., Wan, T. C., and Sakata, R. 2014. Effects of humectants on venison jerky. *Fleischwirtschaft* 94: 102-106.
- Choi, Y. S., Kim, H. W., Hwang, K. E., Song, D. H., Choi, J. H., Lee, M. A., Chung, H. J., and Kim, C. J. 2014. Physicochemical properties and sensory characteristics of reduced-fat frankfurters with pork back fat replaced by dietary fiber extracted from makgeolli lees. *Meat Science* 96: 892-900.
- Deda, M. S., Bloukas, J. G., and Fista, G. A. 2007. Effect of tomato pasta and nitrite level on processing and quality characteristics of frankfurters. *Meat Science* 76: 501-508.
- DeMan, J. M. 1990. Principles of Food Chemistry. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Van Nostrand Reinhold. 489 pp.
- Dias, F. F. 1999. Sorbitol and other sugar alcohols in the food industry. *Indian Food Industry* 18: 229-237.
- Doménech-Asensi, G., García-Alonso, F. J., Martínez, E., Santaella, M., Martín-Pozuelo, G., Bravo, S., and Periago, M. J. 2013. Effect of the addition of tomato paste on the nutritional and sensory properties of mortadella. *Meat Science* 93: 213-219.
- Eyiler, E. and Oztan, A. 2011. Production of frankfurters with tomato powder as a natural additive. *LWT - Food Science and Technology* 44: 307-311.
- Feng, Y., Shao, Y., and Chen, F. 2012. Monascus pigment. *Applied Microbiology and Biotechnology* 96: 1421-1440.
- Franck, A. 2002. Technological functionality of inulin and oligofructose. *British Journal of Nutrition* 87: 287-91.

- Garcia, M. L., Caceres, E., and Selgas, M. D. 2006. Effect of inulin on the textural and sensory properties of mortadella, a spanish cooked meat product. *International Journal of Food Science and Technology* 41: 1207–1215.
- Georgantelis, D., Blekas, G., Katikou, P., Ambrosiadis, I., and Fletouris, D. J. 2006. Effect of rosemary extract, chitosan and  $\alpha$ -tocopherol on lipid oxidation and colour stability during frozen storage of beef burgers. *Meat Science* 75: 266-274.
- Hajjaj, H., Klaébé, A., Goma, G., Blanc, P. J., Barbier, E., and Franceois, J. 2000. Medium-chain fatty acids affect citrinin production in the filamentous fungus *Monascus ruber*. *Applied and Environmental Microbiology* 66: 1120–1125.
- Huang, S. C., Tsai, Y. F., and Chen, C. M. 2011. Effects of wheat fiber, oat fiber, and inulin on sensory and physicochemical properties of Chinese-style sausages. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 24: 875-880.
- Izzo, M. and Franck, A. 1998. Nutritional and health benefits of inulin and oligofructose conference. *Trends in Food Science and Technology* 9: 255-257.
- Jafari, M. and Emam-Djomeh, Z. 2007. Reducing nitrite content in hot dogs by hurdle technology. *Food Control* 18: 1488–1493.
- Jung, H. Y., Kim, C., and Shin, C. S. 2005. Enhanced photostability of monascus pigments derived with various amino acids via fermentation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53:7108–7114.
- Kanatt, S. R., Chawla, S. P., Chander, R., and Sharma, A. 2006. Development of shelf-stable, ready-to-eat (RTE) shrimps (*Penaeus indicus*) using  $\gamma$ -radiation as one of the hurdles. *LWT - Food Science and Technology* 39: 621–626.
- Kim, G. D. Jung, E. Y. Seo, H. W. Joo, S. T., and Yang, H. S. 2010. Textural and sensory properties of pork jerky adjusted with tenderizers or humectant. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* 30: 930-937.
- Kuo, C. C. and Chu, C. Y., 2003. Quality characteristics of Chinese sausages made from PSE pork. *Meat Science* 64: 441–449.

- Leistner, L. and Gould, G. W. 2002. Hurdle Technologies: Combination Treatments for Food Stability, Safety and Quality. New York: Kluwer Academic. 185 pp.
- Liu, D. C., Wu, S. W., and Tan, F. J. 2010. Effect of addition of anka rice on the quality of low-nitrite Chinese sausage. *Food Chemistry* 118: 245-250.
- Moarefian, M., Barzegar, M., and Sattari, M. 2013. *Cinnamomum zeylanicum* essential oil as a natural antioxidant and antibacterial in cooked sausage. *Journal of Food Biochemistry* 37: 62-69.
- Nakanishi, K., Ohashi, M., Kumasaki, S., and Yamamura, S. 1959. Structure of monascorubrin and monascamine. *Journal of the American Chemical Society* 81: 6339-6340.
- O'Donnel, K. and Kearsley, M. 2012. Sweeteners and sugar alternatives in food technology. 2<sup>nd</sup> ed. Oxford: Wiley-Blackwell. 484 pp.
- Ozvural, E. B. and Vural, H. 2008. Utilization of interesterified oil blends in the production frankfurters. *Journal of Food Science* 59: 725-733.
- Pagliari, M. and Rossi, M. 2010. The Future of Glycerol. 2<sup>nd</sup> ed. Cambridge : The Royal Society of Chemistry. 127 pp.
- Ščetar, M., Kovačić, E., Kurek, M., and Galić, K. 2013. Shelf life of packaged sliced dry fermented sausage under different temperature. *Meat Science* 93: 802–809.
- Selgas, M. D., Cáceres, E., and García, M. L. 2005. Long-chain soluble dietary fibre as functional ingredient in cooked meat sausages. *Food Science and Technology International* 11: 41-47.
- Tseng, Y. Y., Chen, M. T., and Lin, C. F. 2000. Growth, pigments production and protease activity of *Monascus purpureus* as effect by salt, sodium nitrite, polyphosphate and various sugars. *Journal of Applied Microbiology* 88: 31–37.
- Von Elbe, J. H. and Schwartz, S. J. 1996. Colorants. In *Food Chemistry*. 3<sup>rd</sup> ed. Fennema, O. R., Ed. New York: Marcel Dekker: 1051 pp.
- Wang, F. S. 2000. Effects of three preservative agents on the shelf life of vacuum packaged Chinese-style sausage stored at 20 °C. *Meat Science* 56: 67-71.

- Wang, I. K., Lin-Shiau, S. Y., Chen, P. C., and Lin, J. K. 2000. Hypertriglyceridemic effect of ankak (a fermented rice product of *Monascus* spp.) in rat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 3183-3189.
- Weiss, J., Gibis, M., Schuh, V., and Salminen, H. 2010. Advance in ingredient and processing systems for meat and meat product. *Meat Science* 86: 196-213.





ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

### การวิเคราะห์คุณภาพ

#### 1. การวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโภค

##### 1.1 อุปกรณ์

1.1.1 เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น ColorFlex CX2687 ประเทศสหรัฐอเมริกา

1.1.2 ถ้วยใส่ตัวอย่าง

##### 1.2 วิธีการทดลอง

1.2.1 เปิดเครื่องวัดสี

1.2.2 standardize เครื่องวัดด้วยแผ่นมาตรฐานสีดำและสีขาว

1.2.3 เลือกใช้ port ที่มีช่องเปิดรับแสงที่มีความกว้าง 2 เซนติเมตร และเลือกใช้ Daylight color mode ที่มีค่ามุม 10 องศา

1.2.4 เตรียมตัวอย่าง โดยการตัดตัวอย่างในแนวขวางหนา 10 มิลลิเมตรจากนั้นวางตัวอย่างในถ้วยตัวอย่างที่วางอยู่บนแท่นรับแสง และปิดครอบให้สนิท

1.2.5 กดอ่านค่าสีของตัวอย่าง โดยหนึ่งตัวอย่างอ่าน 3 ด้าน จากนั้นจึงกจดคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

##### 1.3 การแปลผล

$L^*$  แสดงถึง ค่าความสว่างจากสว่างมาก (100) ไปสว่างน้อย (0)

-  $a^*$  แสดงถึงค่าสีเขียว                                +  $a^*$  แสดงถึงค่าสีแดง

-  $b^*$  แสดงถึงค่าสีน้ำเงิน                                +  $b^*$  แสดงถึงค่าสีเหลือง

#### 2. การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูพร้อมบริโภค

##### 2.1 เครื่องมือ

เครื่องมือวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analysis) ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA-XTPlus ประเทศอังกฤษ

##### 2.2 หัววัด

Cylinder probe P/50

##### 2.3 T.A. Setting

- Mode: Measure Force in Compression



- Option: Return to Start
- Pre – Test Speed: 0.8 mm/s
- Test Speed: 0.8 mm/s
- Post – Test Speed: 8.0 mm/s
- Distance: 40.0 %
- Trigger Type: Auto
- Trigger Force: 0.2 N
- Times: 3 s
- Unit Force: Grams
- Unit Distance: Millimeters
- Data Acquisition Rate: 200 pps

## 2.4 การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมตัวอย่างโดยการตัดตัวอย่างในแนวขวางหนา 10 มิลลิเมตร ไปวัดด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้หัววัด Cylinder probe (P/50) และตั้งค่าตาม Test Set - Up

## 2.5 วิธีการทดลอง

- 2.5.1 Calibrate force โดยใช้ตุ้มน้ำหนักขนาด 1 กิโลกรัม
- 2.5.2 ทำการติดตั้งหัวที่ใช้วัดและส่วนฐานเข้ากับเครื่อง Texture Analyzer
- 2.5.3 ทำการ calibrate probe แล้ววางตัวอย่างให้ตรงกับหัววัด
- 2.5.4 ใช้คำสั่ง T.A. Setting เพื่อตั้งค่าที่กำหนดไว้แล้วข้างต้น
- 2.5.5 ใช้คำสั่ง T.A. และ Run a test โดยทำการทดลองซ้ำในแต่ละตัวอย่างตัวอย่างละ 10 ซ้ำ

## 3. การวัดพีเอช (Kuo และ Chu, 2003)

### 3.1 อุปกรณ์

- 3.1.1 เครื่องวัดพีเอช (pH meter) ยี่ห้อ Sartorius รุ่น PB-20 ประเทศไทย
- 3.1.2 บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร
- 3.1.3 เครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น BA210S ประเทศเยอรมนี

### 3.2 วิธีการทดลอง

ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร นำไปปั่นผสมกับน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ไปวัดพีเอชด้วยเครื่องวัดพีเอช

#### 4. การวิเคราะห์ Thiobarbituric acid-reactive substances (TBARS) (ดัดแปลงจาก Russell และคณะ, 1977)

##### 4.1 อุปกรณ์

- 4.1.1 เครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ยี่ห้อ TOMY รุ่น MX-305 ประเทศญี่ปุ่น
- 4.1.2 หลอดปั่นเหวี่ยง (centrifuge tube) ขนาด 50 มิลลิลิตร ยี่ห้อ Thermo nunc รุ่น Conical Tube ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 4.1.3 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ยี่ห้อ Memmert รุ่น WNB14 ประเทศเยอรมนี
- 4.1.4 เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (spectrophotometer) ยี่ห้อ Spectronic Unicam รุ่น 4001/4 ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 4.1.5 คิวเวทท์ (cuvette) ขนาด 10 มิลลิลิตร ยี่ห้อ Hellma รุ่น 100.600-QC ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 4.1.6 ออโต้ปิเปต (automatic pipette) ยี่ห้อ Gilson รุ่น Neo P100N ประเทศฝรั่งเศส
- 4.1.7 เครื่องผสมสาร (vortex mixer) ยี่ห้อ Scientific Industries รุ่น Vortex genie-2 ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 4.1.8 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น BA210S ประเทศเยอรมนี

##### 4.2 สารเคมี

- 4.2.1 2-Thiobarbituric acid (TBA) ยี่ห้อ Sigma-Aldrich บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 4.2.2 NaOH ยี่ห้อ Univar บริษัท Ajax Finechem ประเทศออสเตรเลีย
- 4.2.3 TCA Solution ยี่ห้อ Sigma-Aldrich บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 4.2.4 HCl ยี่ห้อ RCI Labcan บริษัท RCI Labcan ประเทศไทย
- 4.2.5 BHA ยี่ห้อ Aldrich Chemistry บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 4.2.6 Propylene glycol ยี่ห้อ Carlo Erba บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
- 4.2.7 Tween 20 ยี่ห้อ AppliChem Panreac บริษัท AppliChem GmbH – An ITW ประเทศเยอรมนี

4.2.8 1,1,3,3-Tetraethoxypropane ยี่ห้อ TCI บริษัท Tokyo Chemical Industry ประเทศญี่ปุ่น

### 4.3 การเตรียมสารเคมี

#### 4.3.1 สารละลาย TBA

ชั่ง TBA 1 กรัม ละลายใน 0.1 N NaOH 75 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

#### 4.3.2 Trichloroacetic Acid-HCl Reagent

นำสารละลาย TCA ความเข้มข้นร้อยละ 25 ปริมาณ 50 มิลลิลิตร และ 0.6 N HCl 30 มิลลิลิตร ผสมในน้ำกลั่น 420 มิลลิลิตร

#### 4.3.3 สารละลาย Antioxidant

เตรียม BHA 0.3 กรัม มาละลายใน Propylene glycol 5.4 กรัม และเตรียม BHT 0.3 กรัม มาละลายใน Tween 20 อุ่น จากนั้นนำสารที่เตรียมไว้ทั้ง 2 ชนิดมาผสมกัน

### 4.4 วิธีการทดลอง

4.4.1 ชั่งตัวอย่างที่ปั่นละเอียด 0.5 กรัม ใส่ลงในหลอดปั่นเหวี่ยงขนาด 25 มิลลิลิตร และหยดสารละลาย Antioxidant จำนวน 3 หยดและเติมสารละลาย TBA 3 มิลลิลิตร ผสมสารให้เข้ากัน

4.4.2 นำตัวอย่างผสมที่ได้เติม Trichloroacetic Acid-HCl Reagent 17 มิลลิลิตร ผสมสารให้เข้ากัน และนำไปต้มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ เป็นเวลา 30 นาที

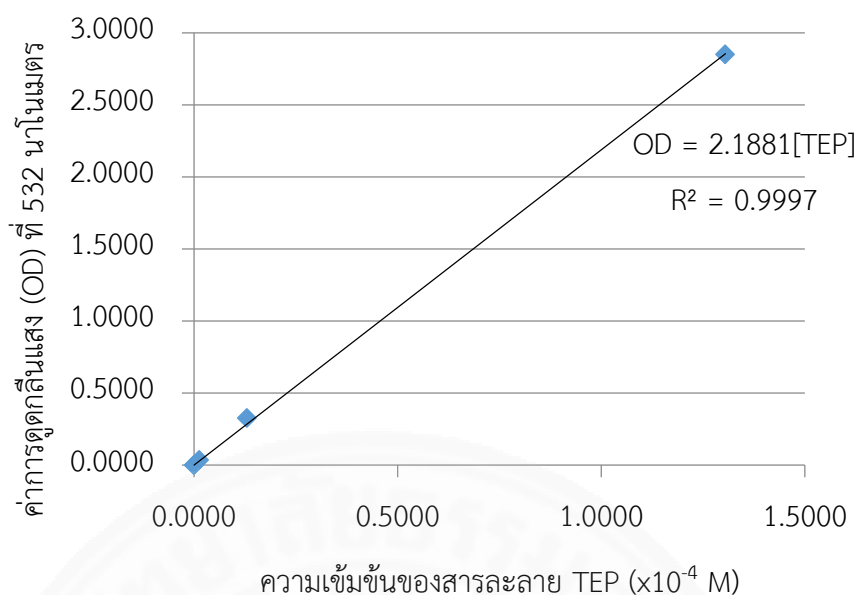
4.4.3 ทิ้งสารละลายให้เย็นในน้ำที่อุณหภูมิห้อง

4.4.4 เทสารสีที่ได้ใส่หลอดปั่นเหวี่ยง ขนาด 25 มิลลิลิตร และเติม chloroform 5 มิลลิลิตร ผสมสารให้เข้ากัน

4.4.5 นำสารไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 3,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที

4.4.6 ปิดสารละลายใส่ใส่คิวเวทท์ 1 เซนติเมตร และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร บันทึกค่าการดูดกลืนแสงที่ได้

4.4.7 เตรียมกราฟมาตรฐานโดยใช้ 1,1,3,3-Tetraethoxypropane (TEP) ที่ความเข้มข้นจาก 0 ถึง 1.304 M แสดงตั้งรูปผนวก ก-1 และแสดงผลค่า TBARS ในรูป กรัมของ มาโลอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมของตัวอย่าง (g MDA/kg sample)



รูปภาคผนวก ก-1 กราฟมาตรฐานของสารละลาย 1,1,3,3-Tetraethoxypropane (TEP)

## 5. การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) (BAM, 2001)

### 5.1 อาหารเลี้ยงเชื้อ

5.1.1 Plate count agar (PCA) ยี่ห้อ Himedia บริษัท Himedia ประเทศอินเดีย

เตรียมโดยละลายอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ปรับพีเอชให้ได้  $7.0 \pm 0.2$  ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นำไป Autoclave เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส

### 5.1.2 สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (phosphate buffer solution)

#### 5.1.2.1 การเตรียม stock solution

ชั่ง Potassium phosphate monobasic 34 กรัม เติมน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ปรับพีเอชให้ได้  $7.2 \pm 0.1$  ด้วย 1 N Sodium hydroxide ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น ทำการ Autoclave เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เก็บสารที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส

#### 5.1.2.2 การเตรียมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์

ดูดตัวอย่างจาก stock solution 1.25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1 ลิตร ทำการ Autoclave เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส

## 5.2 การเตรียมตัวอย่าง

5.2.1 ชั่งตัวอย่างๆ ละ 25 กรัม ลงในขวดปลอดเชื้อ

5.2.2 เติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์จำนวน 225 มิลลิลิตร แล้วปั่นด้วยความเร็วต่ำเป็นเวลา 1 นาที ( $10^{-1}$ )

5.2.3 ทำการเจือจางตัวอย่างอาหารให้เป็น  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$  และ  $10^{-6}$  ตามลำดับ โดยใช้สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์

## 5.3 การตรวจนับจุลินทรีย์

5.3.1 คูดตัวอย่างจากข้อ 5.2.3 อย่างละ 1 มิลลิลิตร (ทำ 2 ซ้ำ) ลงในงานเพาะเชื้อที่อบอุ่นแล้ว

5.3.2 เติมอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA ประมาณ 30 มิลลิลิตร

5.3.3 เขย่างานเพาะเชื้อเบาๆ แล้วตั้งทิ้งไว้ให้อุ่นแข็งตัวประมาณ 15 นาที

5.3.4 อบเพาะเชื้อที่ 35 องศาเซลเซียส ในลักษณะคว่ำงานเพาะเชื้อเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตรวจนับจุลินทรีย์จากงานเพาะเชื้อที่มีจำนวนประมาณ 30-300 โคโลนี บันทึกผลและรายงานผลการทดลองเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัมต่อตัวอย่าง (CFU/g)

$$\text{CFU/g} = \text{Average no. of colonies} \times \text{Dilution factor}$$

## 6. การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์ และรา (BAM, 2001)

### 6.1 อาหารเลี้ยงเชื้อ

6.1.1 Potato dextrose agar (PDA) ยี่ห้อ Himedia บริษัท Himedia ประเทศอินเดีย

เตรียมโดยละลายอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ปรับพีเอชให้ได้  $5.6 \pm 0.2$  ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นำไป Autoclave เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส แล้วเติมสารละลายกรดทาร์ทาริกเข้มข้นร้อยละ 10 ที่ฆ่าเชื้อแล้ว 14 มิลลิลิตร ลงไปและผสมให้เข้ากัน

6.1.2 peptone water ยี่ห้อ Himedia บริษัท Himedia ประเทศอินเดีย

เตรียมเปปโตนร้อยละ 0.1 ในหลอดทดลองปริมาตร 9 มิลลิลิตร และในขวดฝาเกลียวปริมาตร 225 มิลลิลิตร

6.1.3 สารละลายกรดทาร์ทาริกเข้มข้นร้อยละ 10 เตรียมโดยนำกรดทาร์ทาริกเข้มข้น 10 กรัม มาละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร นำไป Autoclave เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส

## 6.2 วิธีการตรวจวิเคราะห์

6.2.1 ชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม ใส่ในถุงพลาสติกทึบร้อน เติมน้ำไป 200 มิลลิเมตร (รวมปริมาตร 225 มิลลิเมตร) เขย่าให้เข้ากัน ตัวอย่างอาหารที่ได้จะมีระดับความเจือจาง  $10^{-1}$

6.2.2 เจือจางสารละลายตัวอย่างให้มีระดับความเจือจางเป็น  $10^{-2}$  ถึง  $10^{-4}$  โดยใช้ไป 100 มิลลิเมตรน้ำ 0.1

6.2.3 ปิเปตตัวอย่างอาหาร 1 มิลลิเมตร จากแต่ละระดับความเจือจางลงในจานเพาะเชื้อที่ปลอดเชื้อ

6.2.4 เททับด้วยอาหาร PDA ประมาณ 15-20 มิลลิเมตร แกว่งจานเพาะเชื้อเบาๆ แล้วตั้งทิ้งไว้ให้อาหารแข็งตัว

6.2.5 บ่มจานเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3-5 วัน

6.2.6 ตรวจนับจำนวนโคโลนีจากจานเพาะเชื้อและรายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัมต่อตัวอย่าง (CFU/g)

$$\text{CFU/g} = \text{Average no. of colonies} \times \text{Dilution factor}$$

**ภาคผนวก ข**  
**แบบประเมินทางประสาทสัมผัส**

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์กุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภาค

ชุดที่ .....

ชื่อผู้ทดสอบ .....

วันที่ .....

คำแนะนำ 1. กรุณากลั้วปากก่อนชิมตัวอย่างและระหว่างที่ท่านชิมตัวอย่างถัดไปด้วยน้ำเปล่า  
2. กรุณาทดสอบตัวอย่างที่ได้รับจากซ้ายไปขวา โดยทดสอบอย่างน้อยหนึ่งส่วนสามของปริมาณตัวอย่างที่ได้รับ แล้วให้คะแนนความชอบ 1 ถึง 9 ลงในช่องว่าง

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

2 = ไม่ชอบมาก

3 = ไม่ชอบปานกลาง

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ

6 = ชอบเล็กน้อย

7 = ชอบปานกลาง

8 = ชอบมาก

9 = ชอบมากที่สุด

ลักษณะทาง ประสาทสัมผัส	รหัสตัวอย่าง			
ลักษณะปรากฏ				
สี				
เนื้อสัมผัส				
รสชาติ				
กลิ่นรส				
ความชอบโดยรวม				

ข้อเสนอแนะ

.....  
.....

## ภาคผนวก ค

### มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนหมูปรุงรสพร้อมบริโภค มผช.150/2553

#### 1. ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะหมูปรุงรสพร้อมบริโภคที่บรรจุในภาชนะบรรจุ

#### 2. นิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

หมูปรุงรสพร้อมบริโภค หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเนื้อหมูมาล้างให้สะอาด ตัดเป็นชิ้นให้ได้ขนาดตามต้องการ อาจทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานอื่น ปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรส เช่น เกลือ น้ำตาล น้ำผึ้ง ซีอิ๊วขาว อาจเติมเครื่องเทศหรือสมุนไพร เช่น กระเทียม พริกไทย ผงพะโล้ ก่อนหรือหลังการทำให้สุกและอาจนำไปอบด้วยก็ได้

#### 3. คุณลักษณะที่ต้องการ

##### 3.1 ลักษณะทั่วไป

ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปร่างเดียวกันและมีขนาดใกล้เคียงกัน ผิวไม่แตกหรือฉีกขาด การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

##### 3.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส

ต้องมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีตามธรรมชาติของหมูปรุงรสพร้อมบริโภคนั้น

##### 3.3 สี

ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของหมูปรุงรสพร้อมบริโภคนั้น

##### 3.4 กลิ่นรส

ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของหมูปรุงรสพร้อมบริโภคนั้น ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน รสขม เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ 8.1 แล้ว ต้องไม่มีลักษณะใดได้ 1 คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

##### 3.5 สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น กระดูก เส้นผม ดิน กรวดทราย ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์ การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจทดสอบอื่นที่เทียบเท่า



### 3.6 วอเตอร์แอกทิวิตี

ต้องไม่เกิน 0.6 การทดสอบให้ใช้เครื่องวัดวอเตอร์แอกทิวิตีที่ควบคุมอุณหภูมิที่  $25 \pm 2$  องศาเซลเซียส หมายเหตุ วอเตอร์แอกทิวิตีเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งมีผลโดยตรงต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำอิสระที่เชื้อจุลินทรีย์ใช้ในการเจริญเติบโต

### 3.7 วัตถุเจือปนอาหาร

#### 3.7.1 ห้ามใช้สีทุกชนิด

3.7.2 ห้ามใช้วัตถุกันเสียทุกชนิด เว้นแต่กรณีที่ติดมากับวัตถุดิบให้เป็นไปตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

3.7.3 ห้ามใช้โซเดียมไนเตรท โพแทสเซียมไนเตรท โซเดียมไนไตรท์ หรือโพแทสเซียมไนไตรท์ การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

### 3.8 จุลินทรีย์

3.8.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องน้อยกว่า  $1 \times 10^4$  โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.8.2 แซลโมเนลลา ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม

3.8.3 สแตฟีโลค็อกคัส ออเรียส ต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.8.4 เอสเชอริเชีย โคลิ โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.8.5 ยีสต์และรา ต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือ BAM (U.S.FDA) หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

## 4. สุขลักษณะ

### 4.1 สถานที่ตั้งและอาคารที่ทำ

4.1.1 สถานที่ตั้งตัวอาคารและที่ใกล้เคียงอยู่ในที่ๆ จะไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เกิดการปนเปื้อนได้ง่าย โดย

4.1.1.1 สถานที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบ สะอาด ไม่มีน้ำขังและและสกปรก

4.1.1.2 อยู่ห่างจากบริเวณหรือสถานที่ที่มีฝุ่น เขม่า ควัน

4.1.1.3 ไม่อยู่ใกล้เคียงกับสถานที่น่ารังเกียจ เช่น บริเวณเพาะเลี้ยงสัตว์ แหล่งเก็บหรือกำจัดขยะ

4.1.2 อาคารที่ทำมีขนาดเหมาะสม มีการออกแบบและก่อสร้างในลักษณะที่ง่ายแก่การบำรุงรักษา การทำความสะอาดและสะดวกในการปฏิบัติงาน โดย

4.1.2.1 พื้น ฝาผนัง และเพดานของอาคารที่ทำการก่อสร้างด้วยวัสดุที่คงทนเรียบ ทำความสะอาด และซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ดีตลอดเวลา

4.1.2.2 แยกบริเวณที่ทำออกเป็นสัดส่วน สำหรับวัตถุประสงค์ วัสดุบรรจุผลิตภัณฑ์รอกการบรรจุ และผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ไม่อยู่ใกล้ห้องสุขาซึ่งเปิดสู่บริเวณที่ทำโดยตรง ไม่มีสิ่งของที่ไม่ใช้แล้วหรือการทำอยู่ในไม่เกี่ยวข้องกับบริเวณที่ทำ

4.1.2.3 พื้นปฏิบัติงานไม่แออัด มีแสงสว่างเพียงพอและมีการระบายอากาศที่เหมาะสม

4.1.2.4 ห้องสุขา อ่างล้างมือมีจำนวนเหมาะสม มีอุปกรณ์เครื่องใช้สำหรับทำความสะอาด หรือฆ่าเชื้อโรค

#### 4.2 เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการทำ

4.2.1 ภาชนะหรืออุปกรณ์ในการทำที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ทำจากวัสดุที่มีผิวเรียบไม่เป็นสนิม ล้างทำความสะอาดได้ง่าย

4.2.2 เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้สะอาด ก่อนและหลังการใช้งาน ต้องทำความสะอาด เหมาะสมกับการใช้งาน ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน ติดตั้งได้ง่าย มีปริมาณเพียงพอ รวมทั้งสามารถทำความสะอาดได้ง่ายและทั่วถึงและเก็บไว้ในที่เหมาะสม

#### 4.3 การควบคุมกระบวนการทำ

4.3.1 วัตถุประสงค์และส่วนผสมในการทำต้องสะอาด มีคุณภาพดี ได้จากแหล่งที่เชื่อถือได้ปลอดภัย จัดเก็บในภาชนะสะอาด ป้องกันการปนเปื้อนได้แยกเก็บเป็นสัดส่วน

4.3.2 การทำ การเก็บรักษา การขนย้าย และการขนส่งให้มีการป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

4.3.3 เครื่องชั่งที่ใช้ต้องตรวจสอบได้เที่ยงตรง

#### 4.4 การสุขาภิบาล การบำรุงรักษา และการทำความสะอาด

4.4.1 น้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์และมือของผู้ทำเป็นน้ำสะอาดและมีปริมาณเพียงพอ

4.4.2 มีวิธีการป้องกันและกำจัดสัตว์นำเชื้อ แมลง และฝุ่นผงในบริเวณที่ทำตามความเหมาะสม

4.4.3 มีวิธีการป้องกันไม่ให้สัตว์เลี้ยง เช่น สุนัข แมว เข้าไปในบริเวณที่ทำ

4.4.4 มีการกำจัดขยะสิ่งสกปรก และน้ำทิ้งอย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนกลับลงสู่ผลิตภัณฑ์

4.4.5 สารเคมีที่ใช้ล้างทำความสะอาด และใช้กำจัดสัตว์นำเชื้อและแมลง ใช้ในปริมาณที่เหมาะสม และเก็บแยกจากบริเวณที่ทำ เพื่อไม่ให้ปนเปื้อนลงสู่ผลิตภัณฑ์ได้

#### 4.5 บุคลากรและสุขลักษณะของผู้ทำ

4.5.1 ผู้ทำทุกคนต้องมีสุขภาพดีทั้งร่างกายและจิตใจ รักษาความสะอาดส่วนบุคคลให้ดี เช่น สวมเสื้อผ้าที่สะอาด มีผ้าคลุมผมเพื่อป้องกันไม่ให้เส้นผมหล่นลงในผลิตภัณฑ์ ไม้ไผ่ เล็บยาว ล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนปฏิบัติงาน หลังการใช้ห้องสุขาและเมื่อมือสกปรก

4.5.2 ผู้ทำทุกคนไม่กระทำการใดๆ ที่ไม่ถูกสุขลักษณะในสถานที่ทำ เช่น รับประทานอาหาร สูบบุหรี่

## 5. การบรรจุ

5.1 ให้บรรจุหมูปรุงรสพร้อมบริโภคนในภาชนะบรรจุที่สะอาด ปิดได้สนิท และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้ การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

5.2 น้ำหนักสุทธิของหมูปรุงรสพร้อมบริโภคในแต่ละภาชนะบรรจุต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลากการทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

## 6. เครื่องหมายและฉลาก

ที่ภาชนะบรรจุหมูปรุงรสพร้อมบริโภคทุกหน่วยอย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดดังต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่ายชัดเจน

- 6.1 ชื่อผลิตภัณฑ์ (ตาม มผช.) อาจตามด้วยชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น หมูสวรรค์ หมูเส้น
- 6.2 เลขสารบณอาหาร
- 6.3 ส่วนประกอบที่สำคัญ เป็นร้อยละของน้ำหนักโดยประมาณและเรียงจากมากไปน้อย
- 6.4 ชนิดและปริมาณวัตถุเจือปนอาหาร (ถ้ามี)
- 6.5 น้ำหนักสุทธิ เป็นกรัมหรือกิโลกรัม
- 6.6 วัน เดือน ปีที่ทำ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า “ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี)”
- 6.7 ข้อเสนอแนะในการเก็บรักษา เช่น ควรเก็บในภาชนะที่ปิดสนิท
- 6.8 ชื่อผู้ทำหรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

## 7. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

7.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง หมูปรุงรสพร้อมบริโภคที่มีส่วนประกอบเดียวกัน ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ในระยะเวลาเดียวกัน

7.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไป

7.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่น รส ลักษณะเนื้อสัมผัสสิ่งแปลกปลอม การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่ม จากรุ่นเดียวกันจำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.1 ถึงข้อ 3.5 ข้อ 5 และข้อ 6 จึงจะถือว่าหมู่ปรุงรสพร้อมบริโภคนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบบอเตอร์แอกทิวิตี ค่าเพอร์ออกไซด์ และวัตถุเจือปนอาหาร ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วย ภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 300 กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้ว ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.6 ถึงข้อ 3.8 จึงจะถือว่าหมู่ปรุงรสพร้อมบริโภคนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ ที่กำหนด

7.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบจุลินทรีย์ ให้ชัก ตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนัก รวมไม่น้อยกว่า 300 กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่าง ที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.9 จึงจะถือว่าหมู่ปรุงรส พร้อมบริโภคนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

### 7.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างหมู่ปรุงรสพร้อมบริโภคต้องเป็นไปตามข้อ 7.2.1 ข้อ 7.2.2 และข้อ 7.2.3 ทุกข้อ จึงจะถือว่าหมู่ปรุงรสพร้อมบริโภคนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

## 8. การทดสอบ

### 8.1 การทดสอบสีและกลิ่นรส

8.1.1 ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการ ตรวจสอบหมู่ปรุงรสพร้อมบริโภค 5 คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

8.1.2 เติตัวอย่างหมู่ปรุงรสพร้อมบริโภคลงในจานกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบโดยการตรวจพินิจและชิม

8.1.3 หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางตารางภาคผนวก ค-1

ตารางภาคผนวก ค-1 หลักเกณฑ์การให้คะแนนในการทดสอบสีและกลิ่นรส (ข้อ 8.1.3)

ลักษณะที่ตรวจสอบ	ระดับการตัดสิน	คะแนนที่ได้รับ
สี	สีดีตามธรรมชาติของหมูปรุงรสพร้อมบริโกลนั้น	3
	สีพอใช้ตามธรรมชาติของหมูปรุงรสพร้อมบริโกลนั้น	2
	สีผิดปกติหรือมีการเปลี่ยนสี	1
กลิ่นรส	กลิ่นรสดีตามธรรมชาติของหมูปรุงรสพร้อมบริโกลนั้น	3
	กลิ่นรสพอใช้ตามธรรมชาติของหมูปรุงรสพร้อมบริโกลนั้น	2
	กลิ่นรสผิดปกติหรือมีกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน	1

**ภาคผนวก ง**  
**คุณสมบัติของอินูลินและเซลลูโลส**

**1. อินูลิน**

1.1 ชื่อทางการค้า: FIBRULINE INSTAT

1.2 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ

1.2.1 Dry matter	95.5 %
1.2.2 Ash on Dry matter	0.04 %
1.2.3 Carbohydrates on Dry matter	100 %
1.2.4 Free Fructose, Glucose and Sucrose	7.8 %
1.2.5 Inulin on Dry matter	92.2 %

**2. เซลลูโลส**

2.1 ชื่อทางการค้า: VITACEL MCG 0018

2.2 ลักษณะ

เป็น colloidal microcrystalline cellulose ใช้เป็นสารทดแทนไขมันใน  
ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

2.3 องค์ประกอบ

- 2.3.1 Microcrystalline cellulose (cellulose gel) (E 460)
- 2.3.2 Sodium carboxymethyl cellulose (cellulose gum) (E 466)

2.4 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ

2.4.1 Loss on drying	max. 8 %
2.4.2 Oxide ash (840 °C, 4 h)	max. 5 %
2.4.3 pH-value (1.2 % dispersion)	6-8
2.4.4 Sieve analysis (air jet sieve) > 250 µm	max. 50 %
2.4.5 Bulk density	360-600 g/l

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวชิดชนก ศุขศรีไพศาล
วันเดือนปีเกิด	3 กันยายน 2534
วุฒิการศึกษา	ปีการศึกษา 2556: วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคโนโลยีการเกษตร) เกียรตินิยมอันดับสอง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ทุนการศึกษา	- ปีการศึกษา 2557: ทุนบัณฑิตเรียนดี คณะวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ - ปีการศึกษา 2559: ทุนผู้ช่วยวิจัยสำนักงานพัฒนาการ วิจัยการเกษตร เรื่องการผลิตกุ้งเชียงใหม่เพื่อสุขภาพ แบบพร้อมบริโภคร
ผลงานทางวิชาการ	

ชิดชนก ศุขศรีไพศาล และกัญญาวีร์ นวลศรี. 2556. การศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดใบชะพลูและดอกแค. ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ชิดชนก ศุขศรีไพศาล, กรรวิ พิสันเทียะ, ขนิษฐาณิชา ศักดิ์สมบูรณ์ และ ประภาศรี เทพรักษา. 2558. รางวัลทางด้านวิชาการระดับดี เรื่องไถ่ยกเพื่อสุขภาพในบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัว การประกวดผลงานนวัตกรรมสายอุดมศึกษา.

ชิดชนก ศุขศรีไพศาล, กรรวิ พิสันเทียะ และประภาศรี เทพรักษา. 2558. การผลิตผลิตภัณฑ์กุ้งเชียงใหม่พร้อมบริโภค. รายงานการวิจัยสำนักทรัพยากรสัตว์น้ำและประมง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต.

ชิดชนก ศุขศรีไพศาล และ กรรวิ พิสันเทียะ. 2559. การเสริม Emfiber ที่ปราศจากฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์แฮม. รายงานการวิจัยร่วมกับบริษัท Emsland Group.

ชิดชนก ศุขศรีไพศาล และ ประภาศรี เทพรักษา. 2561. การใช้ผงมะเขือเทศและผงอังกักในผลิตภัณฑ์กุ้งเชียงใหม่. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 26(1): (ตอบรับการตีพิมพ์)