# รายงานวิจัย

# การพัฒนากระบวนการผลิตไก่เบตงพร้อมปรุงด้วยสารสกัดจากพืชสู่การผลิตเชิงพาณิชย์
# Process Development of The Effect of Ready-to-cook Betong Chicken with Plant Juice Extracts for Commercial Production


กมลทิพย์ กรรไพเราะ
นิภาภัทร์ กุณฑล
ภัทรวดี เอียดเต็ม
กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง
สิทธิพงศ์ สาธะวงศ์



ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษา ประจำปี 2565
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

# รายงานวิจัย

# การพัฒนากระบวนการผลิตไก่เบตงพร้อมปรุงด้วยสารสกัดจากพืชสู่การผลิตเชิงพาณิชย์

# Process Development of The Effect of Ready-to-cook Betong Chicken with Plant Juice Extracts for Commercial Production


กมลทิพย์ กรรไพเราะ
นิภาภัทร์ กุณฑล
ภัทรวดี เอียดเต็ม
กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง
สิทธิพงศ์ สาธะวงศ์



ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษา ประจำปี 2565
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

**หัวข้อวิจัย** การพัฒนากระบวนการผลิตไก่เบตงพร้อมปรุงด้วยสารสกัดจากพืชสู่การผลิตเชิงพาณิชย์

**ชื่อผู้วิจัย** กมลทิพย์ กรรไพเราะ นิภาภัทร์ กุณฑล ภัทรวดี เอียดเต็ม กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง และสิทธิพงศ์ สาธะวงศ์

**คณะ/หน่วยงาน** คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร

**มหาวิทยาลัย** ราชภัฏยะลา

**ปีงบประมาณ** 2565

## บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสของไก่เบตงต้มพร้อมปรุง เพื่อศึกษาสมบัติของสารสกัดจากพืชที่ส่งผลต่อการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของไก่เบตง โดยศึกษาวิธีการหมักด้วยสารสกัดจากพืช (สารสกัดจากสับปะรดและสารสกัดจากขิง) แบ่งชุดการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลองคือ 1) ชุดควบคุม 2) หมักด้วยสารสกัดจากสับปะรด 3) หมักด้วยสารสกัดจากขิง และ 4) หมักด้วยสารสกัดจากสับปะรดร่วมกับขิง เพื่อศึกษาคุณภาพด้านสี (L* a* b*) ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังต้ม (cooking loss) ปริมาณผลผลิต (cooking yield) ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) เนื้อสัมผัส และลักษณะโครงสร้างพื้นผิวและการทดสอบทางประสาทสัมผัส จากผลการทดลองพบว่า สารสกัดจากพืชที่ต่างกัน ส่งผลต่อคุณภาพด้านต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยวิธีหมักเนื้อไก่เบตงที่เหมาะสมคือ การนำเนื้อเบตงไก่มาหมักด้วยด้วยสารสกัดจากสับปะรดร่วมกับขิงอัตราส่วน 1:1 โดยวิธีการดังกล่าวช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงของค่า L* a* b* และลดการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน ส่งผลให้เนื้อสัตว์สามารถอุ้มน้ำได้มากขึ้น ทำให้เนื้อมีความนุ่มและฉ่ำน้ำมากกว่าการหมักด้วยวิธีอื่น ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 200 คน เกี่ยวกับความเป็นไปได้ในการนำไปผลิตเป็นข้าวมันไก่/ไก่สับ โดยใช้วิธีฮีโดนิคสเกลแบบ 5 ระดับพบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนด้านปัจจัยคุณภาพที่มีต่อข้าวมันไก่/ไก่สับเฉลี่ย เท่ากับ 4.22 ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสำคัญในเรื่องของความสะอาดและความอร่อยของผลิตภัณฑ์เป็นหลัก ส่วนผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไก่เบตงพร้อมปรุง 3 ชุดการทดลองคือ 1) การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ 2) การบรรจุแบบสุญญากาศ และ 3) การบรรจุแบบดัดแปรบรรยากาศ 50%$O_2$ :25%$CO_2$ : 25%$N_2$ เก็บรักษาในสภาวะเย็น (4±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 40 วัน ผลการทดลองพบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของไก่เบตงพร้อมปรุงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่า เนื้อไก่เบตงพร้อมปรุงที่เก็บในสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง นอกจากนี้ยังพบว่า ไก่เบตงพร้อมปรุงมีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน ค่าพีเอช ค่า TBA เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นในขณะที่คะแนนทางประสาทสัมผัสมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากคุณสมบัติทางจุลชีวเคมีและประสาทสัมผัสสรุปได้ว่า ไก่เบตงพร้อมปรุงที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการบรรจุในสภาวะบรรยากาศและสภาวะดัดแปรบรรยากาศ โดยสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นาน 35 วันที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส

**คำสำคัญ :** ไก่เบตง พร้อมปรุง สารสกัดจากพืช การผลิตเชิงพาณิชย์

**Research Title** Process Development of The Effect of Ready-to-cook Betong Chicken with Plant Juice Extracts for Commercial Production

**Researchers** Kamontip Kanpairo, Niphapat Kunthon, Phattarawadee Aiedtem, Kurosiyah Yamirudeng and Sittipong Sathawong

**Faculty** Science Technology and Agricultural

**University** Yala Rajabhat University

**Year** 2022

# ABSTRACT

This research aimed to improve the texture of the ready-to-eat boiled Betong chicken. To study the properties of plant extracts affecting the texture improvement of Betong chicken, the experimental set for the method of marination with plant extracts study was divided into four trials: 1) control, 2) marinating with pineapple extract, 3) marinating with ginger extract, and 4) marinating with both pineapple and ginger extracts and taken to examine the qualities of color (L* a* b*), cooking loss, cooking yield, water holding capacity, texture, surface structure, and sensory evaluation. The results found that different extracts significantly affected the quality in various aspects ($p \leq 0.05$) and the appropriate marination method was marinating the chicken with both pineapple and ginger extracts at a ratio of 1:1. By this method, the change in L* a* b* values were slowed, and the cooking loss after heating was reduced resulting in the chicken having more water holding capacity making it more tender and juicier than other marinades. The results of the acceptance test of 200 general consumers about the possibility of using this chicken in chicken rice/ minced chicken production by a 5-level hedonic scale method found that the consumers rated the quality factor towards chicken rice/ minced chicken on average at 4.22 and mostly gave priority to cleanliness and deliciousness. To investigate the change in qualities during storage, three experimental sets of ready-to-eat boiled Betong chicken; 1) atmospheric packing 2) vacuum packing, and 3) modified atmosphere packing under 50%$O_2$, 25%$CO_2$: 25% $N_2$, were prepared and stored in cool (4±2C) for 40 days. The results showed that the storage period had a statistically significant effect on the total microbial content of ready-to-eat boiled Betong chicken ($p<0.05$). There was an increase in the total number of microorganisms at the end of the experiment when stored under atmospheric, vacuum and modified atmosphere packing. It showed that cooking loss after heating, pH, and TBA increased with a longer storage period while the sensory scores significantly tended to decrease ($p< 0.05$).

From the microbiochemical and sensory properties, it can be concluded that ready-to-eat boiled Betong chicken with vacuum packing had the least change in quality when compared to packing under atmospheric and modified atmosphere conditions. The product from the experiment could be stored for 35 days at 4±2 °C.

**Keywords :** Betong Chicken, , Ready-to-Cook, Plant Juice Extracts, Commercial Production

# กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ซึ่งได้สนับสนุนเงินทุนในการวิจัย ส่งเสริมให้เกิดกระบวนการในการดำเนินการวิจัย ทำให้การวิจัยดำเนินไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ หลักสูตรการประกอบอาหารฮาลาลและหลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ เพื่อใช้ในการดำเนินวิจัย

ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ได้เสียสละเวลาในการเสนอแนะ ให้ข้อคิดเห็น และติดตามให้การทำวิจัยครั้งนี้เป็นไปตามแผนงานที่วางไว้

การวิจัยครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง จะได้นำไปเป็นแนวทางในการพัฒนางานวิจัย หากมีข้อผิดพลาดประการใดในการทำวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอน้อมรับ เพื่อนำมาพัฒนาต่อไป

ขอขอบคุณในความร่วมมืออันดียิ่ง
กมลทิพย์ กรรไพเราะ และคณะ
(2565)

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| **บทคัดย่อภาษาไทย** | ก |
| **บทคัดย่อภาษาอังกฤษ** | ข |
| **กิตติกรรมประกาศ** | ง |
| **สารบัญ** | จ |
| **สารบัญตาราง** | ช |
| **สารบัญภาพ** | ซ |
| **บทที่ 1 บทนำ** | |
| ความสำคัญและที่มาของปัญหา | 1 |
| วัตถุประสงค์การวิจัย | 2 |
| ขอบเขตการวิจัย | 2 |
| ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| นิยามศัพท์เฉพาะ | 2 |
| **บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** | |
| ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง | 3 |
| งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 13 |
| **บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย** | |
| วัสดุ/อุปกรณ์ สารเคมี เครื่องมือ และวิธีการ | 17 |
| วิธีดำเนินการวิจัย | 18 |
| การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ | 20 |
| **บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล** | |
| ผลการศึกษาสมบัติของสารสกัดจากพืชที่ส่งผลต่อคุณภาพเนื้อไก่เบตง | 21 |
| ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ไก่เบตงพร้อมปรุง | 33 |
| ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไก่เบตงพร้อมปรุง | 39 |

# สารบัญ (ต่อ)

**หน้า**

**บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ**

สรุป 54

ข้อเสนอแนะ 55

**เอกสารอ้างอิง**

**ภาคผนวก**

ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ 68

ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์คุณลักษณ์ทางเคมี 70

ภาคผนวก ค. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลินทรีย์ 71

ภาคผนวก ง. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 72

**ประวัติผู้วิจัย** 77

# สารบัญตาราง

**ตารางที่** **หน้า**


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 4.1 | ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของเนื้อไก่เบตงพร้อมปรุง 4 ชุดการทดลอง | 27 |
| 4.2 | คุณภาพทางประสาทสัมผัสของไก่เบตงต้มพร้อมปรุง 4 ชุดการทดลอง | 33 |
| 4.3 | ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้บริโภคที่มีต่อไก่เบตงสับ | 35 |
| 4.4 | ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคไก่เบตงสับ | 36 |
| 4.5 | ข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไก่สับ/ข้าวมันไก่เบตง | 39 |
| 4.6 | ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของไก่เบตงต้มพร้อมปรุงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 วัน ภายใต้การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ | 48 |

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | ไมโอไฟบริลลาร์โปรตีน | 4 |
| 2.2 | ไมโอไฟบริลลาร์โปรตีน | 5 |
| 2.3 | ลักษณะของมัดกล้ามเนื้อ | 6 |
| 2.4 | องค์ประกอบของซาร์โคเมียร์ | 6 |
| 2.5 | ไก่เบตง | 7 |
| 4.1 | ลักษณะปรากฏของเนื้อไก่ (A) ชุดควบคุม (B) หมักด้วยสารสกัดจากสับปะรด (C) หมักด้วยสารสกัดจากขิง (D) หมักด้วยสารสกัดจากสับปะรดร่วมกับขิง | 22 |
| 4.2 | โครงสร้างระดับจุลภาคของเนื้อไก่เบตงต้ม (กำลังขยาย 1,000 เท่า) ชุดการทดลอง A คือ  ชุดควบคุม ชุดการทดลอง B คือ เนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากสับปะรด ชุดการทดลอง C คือ เนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากขิง ชุดการทดลอง D คือ เนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากสับปะรดร่วมกับสารสกัดจากขิง | 28 |
| 4.3 | การยอมรับของผู้บริโภคต่อไก่สับ/ข้าวมันไก่เบตง | 39 |
| 4.4 | ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ไก่เบตงพร้อมปรุงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 วัน ภายใต้การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ | 41 |
| 4.5 | ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักหลังแช่เย็น (% drip loss) ของผลิตภัณฑ์ไก่เบตงพร้อมปรุงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 วัน ภายใต้การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ | 42 |
| 4.6 | ค่า pH ของผลิตภัณฑ์ไก่เบตงพร้อมปรุงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 วัน ภายใต้การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ | 44 |
| 4.7 | ปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริกของผลิตภัณฑ์ไก่เบตงพร้อมปรุงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 วัน ภายใต้การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ | 46 |

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 4.8 | ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของไก่เบตงต้มพร้อมปรุงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 วัน ภายใต้การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ | 51 |
| 4.9 | ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของไก่เบตงต้มพร้อมปรุงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 วัน ภายใต้การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ | 52 |
| 4.10 | ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของไก่เบตงต้มพร้อมปรุงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 วัน ภายใต้การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ | 52 |
| 4.11 | ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมของไก่เบตงต้มพร้อมปรุงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 วัน ภายใต้การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ | 53 |

# บทที่ 1
# บทนำ

## ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันประชากรส่วนใหญ่นิยมบริโภคเนื้อสัตว์เพิ่มมากขึ้นทั้งในและต่างประเทศ และไก่เนื้อถือเป็นสินค้าปศุสัตว์ชนิดหนึ่งที่ผู้บริโภคต้องการสูง แต่จากอันตรายจากสารเร่งที่พบในไก่เนื้อทำให้ผู้บริโภคเริ่มหันมาบริโภคไก่พื้นเมือง โดยตั้งแต่ปี 2561 เป็นต้นมาพบว่า ปริมาณไก่พื้นเมืองที่เลี้ยงในประเทศมีประมาณ 70 ล้านตัว/ปี หรือประมาณร้อยละ 19 ของปริมาณไก่ทั้งหมดที่เลี้ยงในประเทศ ในพื้นที่จังหวัดสตูล สงขลา ยะลา ปัตตานี และนราธิวาส (เขต 9) พบสัดส่วนการเลี้ยงไก่พื้นเมืองสูงกว่าร้อยละ 40 ของปริมาณไก่ทั้งหมด (ปิยะนันท์ นวลหนูปล้อง, 2562) ไก่เบตง เป็นไก่พื้นเมืองประเภทหนึ่งที่สำคัญทางภาคใต้ตอนล่าง พบมากในจังหวัดปัตตานี ยะลา และนราธิวาส ถูกนำมาเลี้ยงครั้งแรกในอำเภอเบตง จังหวัดยะลา โดยคนจีนที่อพยพมาจากเมืองกวางไส (กว่างซี) ไก่เบตงเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคในท้องถิ่นและจากนักท่องเที่ยว เนื่องจากเนื้อไก่มีรสชาติดี กลิ่นหอม เนื้อนุ่มกว่าไก่พันธุ์พันธุ์เมืองชนิดอื่น และหนังมีความหนึบ จากความต้องการไก่เบตงที่เพิ่มขึ้นของตลาด เกษตรจึงต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิตจากการเลี้ยงหลังบ้านให้หากินเองตามธรรมชาติเป็นการเลี้ยงไก่เชิงพาณิชย์ (ไชยวรรณ วัฒนจันทร์ และคณะ., 2562) โดยในปัจจุบันราคาไก่เบตงในท้องตลาดอยู่ที่กิโลกรัมละ 120-160 บาทขึ้นอยู่กับ แต่ละสถานที่ บางตัวมีน้ำหนักมากถึง 4 กิโลกรัม หรือตกราคาตัวละ 500 บาท ส่งผลให้ราคาอาหาร เช่น ไก่เบตงคั่วเค็ม ไก่เบตงตุ๋นยาจีนและไก่เบตงสับมีราคาเฉลี่ยจานละ 300-350 บาท (อิทธิพร แก้วเพ็ง และคณะ, 2560) ไก่เบตงสับเป็นอาหารขึ้นชื่ออีกอย่างหนึ่งที่ผู้บริโภคนิยมรับประทาน โดยใช้กระบวนการนึ่งในการทำให้สุก ซึ่งการให้ความร้อนในเนื้อสัตว์และสัตว์ปีกมีอิทธิพลอย่างมากต่อเนื้อสัมผัส การเปลี่ยนแปลงของโปรตีน ผลผลิตที่ได้หลังการปรุงสุก และยังส่งผลต่อปัจจัยคุณภาพที่สำคัญอื่น ๆ เช่น ความชุ่มฉ่ำ สี และรสชาติ ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องกับความอร่อยและการยอมรับของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย (Zang *et al.*, 2020) Wattanachant *et al.* (2005) ได้รายงานการศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่พื้นเมืองว่า ความร้อนมีผลทำให้เกิดการทำลายโครงสร้างของกล้ามเนื้อไก่ ในช่วงอุณหภูมิ 85-95 องศาเซลเซียส ไมโอไฟบริลลาโปรตีนจะเกิดการหดตัวและสูญเสียสภาพธรรมชาติ ส่งผลให้เนื้อสัมผัสแห้งและแข็ง การมาริเนทเป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของเนื้อสัตว์ก่อนนำไปปรุงสุก วิธีการดังกล่าวเป็นการใช้สารละลายซึ่งอาจประกอบด้วยเกลือ น้ำตาล ร่วมกับ สมุนไพร สารสกัดจากธรรมชาติ และเครื่องเทศ ซึ่งเกลือจะทำให้เกิดการคลายตัวของไมโอไพบริลลาร์โปรตีน ทำให้โปรตีนมีความสามารถจับกับน้ำได้มากขึ้น ส่วนสารสกัดที่เป็นกรดจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชทำให้ปฏิกิริยาการย่อยโปรตีนในกล้ามเนื้อเกิดได้ดีขึ้น  รวมทั้งเพิ่มการละลายของคอลลาเจนในเนื้อสัตว์เมื่อได้รับความร้อน

ส่งผลทำให้เนื้อมีความนุ่มขึ้น (ประกายแก้ว โกมนตรี, 2555; Kaewthong *et al*., 2021) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสของไก่เบตงก่อนนำไปให้ความร้อน โดยศึกษาชนิดของสารสกัดจากพืชที่เหมาะสมในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของไก่เบตงพร้อมปรุง รวมทั้งศึกษาสภาวะการบรรจุที่เหมาะสมเพื่อยืดอายุเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไก่เบตงพร้อมปรุง โดยมีความคาดหวังว่า ข้อมูลดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการเลี้ยงไก่และแปรรูปไก่เบตงในการนำไปปรับใช้กับกระบวนการผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพ สามารถใช้ในการวางแผนการจำหน่ายและกระจายสินค้า รวมทั้งใช้ข้อมูลดังกล่าวต่อยอดงานวิจัยไปยังสัตว์ปีกประเภทอื่นได้ในอนาคต

## วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาชนิดของสารสกัดจากพืชที่เหมาะสมในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่เบตงพร้อมปรุง

2. เพื่อศึกษาสภาวะการบรรจุที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์หลังปรุงเสร็จ โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่เบตงพร้อมปรุง

## ขอบเขตการวิจัย

โครงการวิจัยนี้มีการวิจัยแบ่งเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 คือ ศึกษาการใช้สารสกัดจากพืชในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของไก่เบตงได้แก่ 1) การใช้สารสกัดจากสับปะรด 2) การใช้สารสกัดจากขิง 3) การใช้สารสกัดจากสับปะรดร่วมกับสารสกัดจากขิง โดยวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัส เพื่อหาชนิดของสารสกัดที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของไก่เบตง รวมทั้งศึกษาผลการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไก่เบตงพร้อมปรุงที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงเนื้อสัมผัส ตอนที่ 2 ศึกษาสภาวะการบรรจุ 3 สภาวะคือ 1) สภาวะบรรยากาศ 2) สภาวะสุญญากาศ 3) สภาวะการดัดแปรบรรยากาศ ที่ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หลังปรุงเสร็จ โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ การทดสอบประสาทสัมผัส

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบชนิดของสารสกัดจากพืชที่เหมาะสมในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่เบตงพร้อมปรุง
2. ทราบถึงสภาวะการบรรจุที่เหมาะสมเพื่อยืดอายุเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไก่เบตงพร้อมปรุง
3. ผู้ประกอบการเลี้ยงไก่และแปรรูปไก่เบตงสามารถนำผลจากการวิจัยไปใช้ในการวางแผนจำหน่ายและกระจายสินค้า
4. สามารถใช้ผลจากงานวิจัยเป็นข้อมูลสำหรับต่อยอดไปยังผลิตภัณฑ์สัตว์ปีกประเภทอื่น

## นิยามศัพท์เฉพาะ

ไก่ต้มพร้อมปรุง คือ การนำเนื้อไก่มาผ่านกระบวนการทำให้สุก (cooking) หลังการทำให้สุกแล้ว นำมาผ่านกระบวนการแช่เย็น หรือแช่เยือกแข็ง เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา

# บทที่ 2
# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 1. ไก่ต้มพร้อมรับประทาน

ผลิตภัณฑ์ไก่แปรรูป วิธีการทำเนื้อไก่ให้สุก (cooking) หลังการทำให้สุกแล้วผลิตภัณฑ์ไก่แปรรูป นำมาผ่านกระบวนการแช่เย็น หรือแช่เยือกแข็ง เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา ซึ่งกระบวนการผลิตเนื้อไก่แปรรูปโดยทั่วไปแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอน คือ

**1. การเตรียมวัตถุดิบและส่วนผสม** โดยวัตถุดิบที่สำคัญในขั้นนี้ คือ เนื้อไก่ชำแหละ เครื่องปรุง และซอสต่างๆ จะได้รับการตรวจสอบคุณภาพ โดยเฉพาะเนื้อไก่นั้นจะมีการคัดเลือกให้ได้ส่วน และขนาดที่เหมาะสมกับการผลิต และส่วนผสมต่างๆ นั้นจะเตรียมตามสูตรที่ลูกค้ากำหนด

**2. การแปรรูป และปรุงสุก** เป็นการผสมเครื่องปรุงให้เข้ากับเนื้อไก่โดยการฉีด หรือนวดด้วยเครื่อง การทำให้ขึ้นรูป การชุบแป้งต่างๆ ก่อนนำไปทำให้สุกด้วยวิธีการทอด นึ่ง อบ หรือย่างตามประเภทของผลิตภัณฑ์

**3. การแช่แข็ง** ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการปรุงสุกแล้วจะส่งเข้าเครื่องแช่แข็ง (Individual Quick Freeze: IQF) ที่อุณหภูมิประมาณ –40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที เพื่อรักษารสชาติ และคุณภาพของผลิตภัณฑ์

**4. การบรรจุ และเก็บรักษา** ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านขั้นตอนที่ 3 จะถูกนำมาบรรจุผ่านเครื่องตรวจเช็คโลหะ (Metal Director) ก่อนทำการบรรจุแบบสุญญากาศ และเก็บเข้าห้องเย็นที่อุณหภูมิประมาณ –20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการส่งออก

## 2. เนื้อสัตว์

เนื้อสัตว์ (Meat) คือ ชิ้นส่วนของร่างกายสัตว์ เช่น โค กระบือ สุกร แพะ แกะ ไก่ เป็ด กระต่าย เป็นต้น ที่มนุษย์สามารถนำมาบริโภคได้ ประกอบด้วยส่วนเนื้อเยื่อ อวัยวะภายใน โดยส่วนที่มีความสำคัญ คือ เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อหรือกล้ามเนื้อ (Muscle) ใช้เรียกในขณะที่สัตว์ยังมีชีวิตอยู่ ส่วนคำว่าเนื้อสัตว์(Meat) จะใช้เรียกส่วนของกล้ามเนื้อภายหลังจากสัตว์ตายแล้ว เนื้อสัตว์จัดเป็นแหล่งของโปรตีนที่สำคัญ มีกรดอมิโน ที่จำเป็น (Essential amino acid) เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย นอกจากโปรตีนแล้วเนื้อสัตว์ยังมี สารอาหารจำพวก ไขมัน เกลือแร่ และวิตามิน โดยเฉพาะธาตุเล็ก ซีลีเนียม วิตามินเอ วิตามินบี 12 และ กรดโฟลิก ที่ไม่สามารถพบได้ในอาหารจำพวกพืช หรือมีอยู่แต่ร่างกายจะนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย (Poor bioavailability) ดังนั้นการใช้ประโยชน์จากเนื้อสัตว์ รวมทั้งการแปรรูปเป็น ผลิตภัณฑ์ต่างๆ จะช่วยเพิ่มมูลค่าของผลผลิตทางการเกษตร และเพิ่มช่องทางการได้รับสารอาหารโปรตีนที่ หลากหลาย จากผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ให้กับผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น

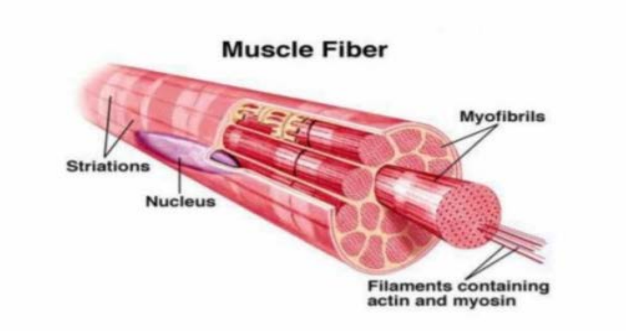
**3. องค์ประกอบของเนื้อสัตว์**

องค์ประกอบที่สำคัญของกล้ามเนื้อ ประกอบด้วย น้ำร้อยละ 75 โปรตีนร้อยละ 20 ไขมันร้อยละ 3 นอกจากนี้จะเป็นสารที่ละลายได้ที่ไม่ใช่โปรตีนร้อยละ 2 ซึ่งประกอบด้วย วิตามิน เกลือแร่ สารที่มีไนโตรเจน เป็นองค์ประกอบ คาร์โบไฮเดรต และสารประกอบอนินทรีย์

**3.1 โปรตีนเนื้อสัตว์ (Meat protein)**

โปรตีนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเนื้อสัตว์ โดยเฉพาะส่วนกล้ามเนื้อโครงร่าง ซึ่งมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลักประมาณร้อยละ 20 สามารถแบ่งโปรตีนในเนื้อสัตว์ตามแหล่งที่มา และความสามารถใน การละลายได้ 3 กลุ่ม ดังนี้ (Tornberg, 2005)

**3.1.1 ไมโอไฟบริลลาโปรตีน (Myofibrillar protein)** เป็นโปรตีนที่พบมากที่สุดประมาณร้อย ละ 50-55 ของโปรตีนทั้งหมดในเนื้อสัตว์ โปรตีนชนิดนี้ทำหน้าที่ในการยืด หดตัวของกล้ามเนื้อ สามารถละลายในสารละลายเกลือ โปรตีนที่พบมากที่สุดในกลุ่มนี้คือ ไมโอซิน แอคติน โทรโปนิน และโทรโปไมโอซิน ดังภาพที่ 2.1

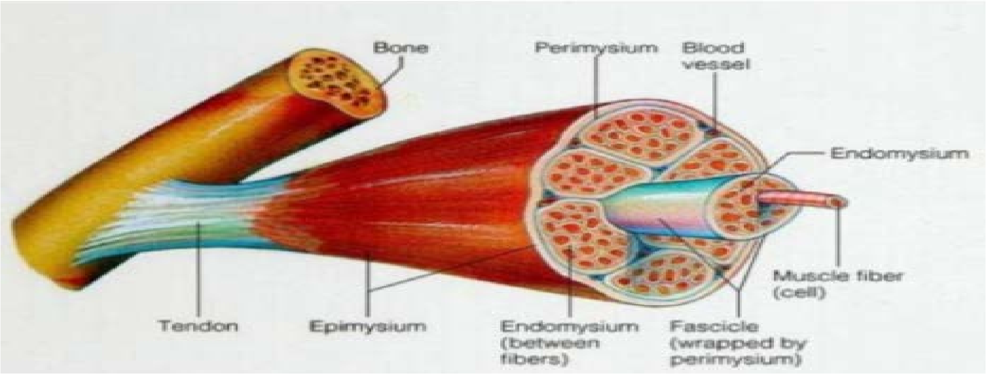



**ภาพที่ 2.1** ไมโอไฟบริลลาโปรตีน
**ที่มา**: ประกายแก้ว โกมลตรี (2555, น.5)

**3.1.2 ซาร์โคพลาสมิคโปรตีน (Sarcoplasmic protein)** พบประมาณร้อยละ 30-34 ของโปรตีนทั้งหมด เป็นโปรตีนที่ห่อหุ้มรอบเส้นใยย่อย ซึ่งละลายอยู่ในส่วนของซาร์โคพลาสซึม จึงเรียกว่าซาร์โคพลาสมิคโปรตีน มีคุณสมบัติที่ละลายได้ในน้ำและสารละลายน้ำเกลืออ่อนๆ โปรตีนในกลุ่มนี้ประกอบไป ด้วย ไมโอโกบิน ฮีโมลโกลบิน ไซโตโครม และเอนไซม์ต่างๆ

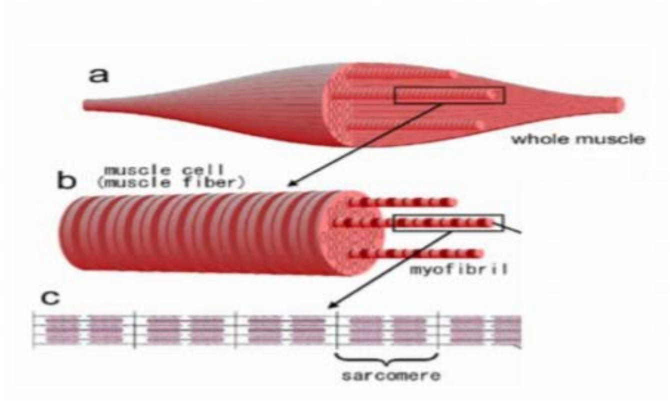
**3.1.3 สโตรมอลโปรตีน (Stromal protein)** พบประมาณร้อยละ 10-15 ของโปรตีนทั้งหมด เป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่เชื่อม และยึดให้ส่วนต่างๆ ในร่างกายสัตว์ติดกัน พบกระจายอยู่ทั่วไปใน

สัตว์ ในโครงกระดูกจะเชื่อมยึดกล้ามเนื้อให้ติดกับกระดูก เป็นส่วนประกอบสำคัญในหลอดเลือดต่างๆ ห่อหุ้มเส้นใย ประสาทในบางส่วนและโดยเฉพาะในกล้ามเนื้อ จะห่อหุ้มตั้งแต่กล้ามเนื้อทั้งก้อน เรียกว่า อีพิไมเซียม (Epimysium) ห่อหุ้มมัดกล้ามเนื้อเรียกว่า เพอริไมเซียม (Perimysium) และห่อหุ้มหน่วยที่เล็กที่สุดของ กล้ามเนื้อคือ เส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fiber) เรียกว่า เอนโดไมเซียม (Endomysium) ดังภาพที่ 2.2



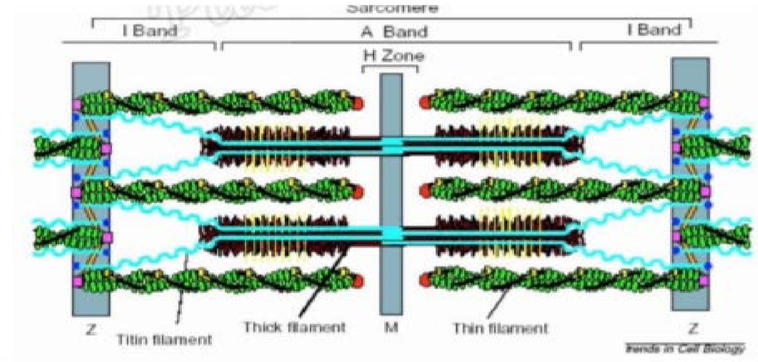

**ภาพที่ 2.2** ไมโอไฟบริลลาโปรตีน
**ที่มา**: ประกายแก้ว โกมลตรี (2555, น.6)

**3.1.4 เส้นใยกล้ามเนื้อหรือเซลล์กล้ามเนื้อโครงร่าง** มีรูปร่างเป็นเส้นกลมยาวคล้ายเส้นด้าย ปลายทั้งสองข้างสอบแหลมคล้ายกระสวย มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10-100 ไมครอน ความยาวตั้งแต่ 30 เซนติเมตร เส้นใยกล้ามเนื้อจะถูกห่อหุ้มด้วยเยื่อบาง ที่เรียกว่าซาร์โคเลมมา (Sarcolemma) และมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Connective tissue) หุ้มอีกชั้นหนึ่ง เรียกว่า เอนโดไมเซียม (Endomysium) เส้นใยกล้ามเนื้อ หลายๆ เส้นรวมกันเป็นมัดกล้ามเนื้อ (Muscle bundle) โดยมีเนื้อเกี่ยวพันเพอริไมซียม (Perimysium) ห่อหุ้มมัดกล้ามเนื้อ ลักษณะเฉพาะตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ คือ มีลายปรากฏอยู่โดยตลอด เมื่อส่องดูด้วยกล้อง จุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Electron microscope) ซึ่งมีกำลังขยายได้มากกว่ากล้องจุลทรรศน์ปกติจะพบว่า มี เส้นใยกลมยาวเล็กลงไปเป็นจำนวนมาก กล่าวคือ ถ้าเส้นใยกล้ามเนื้อมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 50 ไมครอน ก็จะมีจำนวนมากถึง 2,000 เส้น เส้นใยเล็กๆมีชื่อเรียกว่า เส้นใยย่อย (Myofibril) แต่ละเส้นของเส้น ใยกล้ามเนื้อจะมีเส้นใยย่อยเรียงตัวตามยาวอัดแน่นอยู่อย่างเป็นระเบียบ โดยมีซาร์โคเลมมาห่อหุ้มไว้ภายใน ของเหลวซาร์โคพลาสซึม และเมื่อดูเฉพาะเส้นใยย่อยหนึ่งเส้น จะพบว่า มีแถบทึบแสงสลับกับแถบโปร่งแสง และเป็นไปตลอดความยาวของเส้นใยย่อย เป็นเหตุผลทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อมีความลาย ดังภาพที่ 2.3




**ภาพที่ 2.3** ลักษณะของมัดกล้ามเนื้อ
**ที่มา**: ประกายแก้ว โกมลตรี (2555, น.7)

เส้นใยย่อย ทำหน้าที่ในการยืดหดตัวของกล้ามเนื้อ ภายในเส้นใยย่อยจะพบหน่วยย่อยที่เล็กที่สุด เรียกว่า ซาร์โคเมียร์ (Sarcomere) (ดังภาพที่ 2.4) เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยย่อยแต่ละเส้นเท่ากับ 1 ไมครอน และเมื่อกล้ามเนื้ออยู่ในระยะพัก ซาร์โคเมียร์ 1 เส้นจะมีความยาวประมาณ 2.2 ไมครอน ภายในแต่ละซาร์โคเมียร์ พบว่า ประกอบไปด้วยเส้นใยฝอย (Myofilament) 2 ขนาดคือ เส้นใหญ่หนา มีชื่อ เรียกว่าโปรตีนไมโอซิน (Myosin) และเส้นเล็กบางเรียกว่า โปรตีน แอคติน (Actin) (Tornberg, 2005)




**ภาพที่ 2.4** องค์ประกอบของซาร์โคเมียร์
**ที่มา**: ประกายแก้ว โกมลตรี (2555, น.7)

**4. ไก่เบตง**

จัดเป็นไก่พื้นเมืองชนิดหนึ่งที่มีชื่อท้องถิ่นและชื่อสามัญว่า Betong Chicken ชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Gallus gallus* (คลินิกเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคนิคปัตตานี, 2560) และจัดเป็นไก่พื้นเมืองที่นิยมเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในจังหวัดภาคใต้ตอนล่าง คือ ยะลา ปัตตานี และนราธิวาส มีลักษณะประจำพันธุ์ คือ ตอนเล็ก ๆ ไม่ค่อยมีขน มีขนเมื่อโตเต็มวัย ปากมีสีเหลืองผสมสีแดง ตุ้มหูแดง คิ้วและบริเวณตามีขนสีเหลืองแซมขาว ปกติมีขนสีเหลือง หนังและลำแข้งมีสีเหลือง (ภาพที่ 5) มีการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารดีกว่าไก่พื้นเมือง น้ำหนักตัวมีชีวิตและน้ำหนักซากมากกว่า

ไก่พื้นเมือง เป็นไก่ที่ทนต่อสภาพอากาศร้อน ทนต่อโรคแมลงและใช้อาหารคุณภาพต่ำได้ดี จึงนิยมเลี้ยงแบบปล่อยในสวนยางพารา (ปิ่น จันจุฬา, 2545)

**ลักษณะเด่นของไก่เบตง**

ไก่เบตง มีจุดเด่นหลายอย่างตั้งแต่วิธีการเลี้ยงแบบโบราณ คือเลี้ยงแบบปล่อยให้หากินเองตามธรรมชาติ และการหุงข้าวให้กิน ผสมข้าวโพด จะทำให้เนื้อมีรสชาติพิเศษกว่าไก่ชนิดอื่น หนังจะกรอบไม่มีมันแทรก เนื้อนุ่ม หนังมีสีเหลืองอ่อน ไม่ขาวเหมือนไก่ทั่วไป นิยมนำมาทำเป็นไก่ต้มสับ ข้าวมันไก่ และเป็นที่นิยมบริโภคกันทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทศกาลตรุษจีน เพราะเป็นไก่ที่มีรสชาติอร่อย เนื้อนุ่ม มีไขมันน้อย กลิ่นหอมน่ารับประทาน และปราศจากสารเร่งการเจริญเติบโต จึงเป็นที่นิยมบริโภคและเป็นที่ต้องการทั้งจากภายในประเทศและต่างประเทศ (มาเลเซียและสิงคโปร์) ส่งผลให้ไก่เบตงมีราคาค่อนข้างสูง ปัจจุบันราคาไก่จากฟาร์มกิโลกรัมละ 350 บาท หรือไก่นึ่งแล้วสำหรับรับประทานกับข้าวมันไก่ราคาตัวละ 1,200-1,800 บาท ดังนั้นไก่เบตงจึงเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของท้องถิ่นในภาคใต้ตอนล่าง (สายใจ แก้วอ่อน และคณะ, 2562) ดังภาพที่ 2.5

**ภาพที่ 2.5** ไก่เบตง
**ที่มา**: พรรณวดี โสพรรณรัตน์ (2550, น3)

**5. คุณภาพและการปรับปรุงคุณภาพของเนื้อสัตว์**

คุณภาพในการรับประทานเนื้อสัตว์จะขึ้นอยู่กับลักษณะปรากฏ กลิ่นรส ความนุ่ม และความฉ่ำของเนื้อร่วมกัน โดยทั่วไป ผู้บริโภคต้องการบริโภคเนื้อที่มีลักษณะละเอียด แต่กล้ามเนื้อค่อนข้างแน่นและ คงรูปได้ดี ความนุ่มเป็นปัจจัยสำคัญต่อความน่ารับประทาน จึงเป็นลักษณะหลักของเนื้อสัตว์ในการตัดสินใจ บริโภคเนื้อสัตว์ เนื้อสัตว์ที่เหนียว และแห้งจะไม่เป็นที่ยอมรับ ดังนั้น จึงมีความพยายามที่จะปรับปรุงความนุ่มของเนื้อสัตว์ตั้งแต่การเลี้ยงดู การให้อาหารเมื่อสัตว์มีชีวิต กระบวนการเชือดและตัดแต่ง รวมไปถึงใน ขั้นตอนการนำเนื้อมาประกอบอาหาร การทำให้เนื้อนุ่มต้องทำให้เนื้อสัตว์หดตัวน้อยที่สุด หรือการสลาย โครงสร้างของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ซึ่งมีหลายวิธี เช่น การบ่มซาก เป็นการเก็บชิ้นเนื้อไว้อุณหภูมิต่ำกว่า 3 องศาเซลเซียส

**คุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปเนื้อสัตว์**

**ความสามารถในการอุ้มน้ำ** คือ ความสามารถของเนื้อที่สามารถรักษาปริมาณน้ำไว้ได้ แม้จะมีผล จากสิ่งแวดล้อมภายนอกมากระทำ เช่น การให้ความร้อน การตัด การบดและอัด เป็นต้น เนื้อที่มีคุณสมบัติ ในการอุ้มน้ำที่ดีจะให้ความความรู้สึกชุ่มฉ่ำจากประสาทสัมผัสภายในปาก ถ้านำเนื้อสัตว์วางพื้นจะพบว่า มี น้ำเยิ้มออกมาจากชิ้นเนื้อ ซึ่งน้ำที่เยิ้มออกมานี้จะมากหรือน้อยขึ้นกับความสามารถในการอุ้มน้ำ นอกจากนี้ ความสามารถในการอุ้มน้ำยังมีผลต่อลักษณะทางกายภาพของเนื้อสัตว์ เช่น สี ความหนาแน่น ลักษณะโครง ร่างหรือความหยาบละเอียดของเนื้อสัตว์ และมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อในระหว่างการเก็บรักษา รวมทั้งความน่ารับประทาน เนื้อที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ เมื่อนำไปปรุงสุกจะสูญเสียน้ำมากและยังทำให้สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ เช่น วิตามิน และแร่ธาตุที่ละลายอยู่ในน้ำ ส่วนเนื้อสัตว์ที่มีความสามารถ ในการอุ้มน้ำสูงเมื่อนำไปปรุงสุก แม้น้ำบางส่วนจะสูญเสียไปแต่น้ำส่วนใหญ่ยังคงอยู่ในเนื้อ เมื่อเคี้ยวในปาก ผู้บริโภคจะรู้สึกมีการหล่อลื่นภายในปากที่ดีทำให้เกิดความชุ่มฉ่ำ

**ความนุ่มของเนื้อ (Tenderness)** หมายถึง ความยากหรือง่ายของเนื้อจากการตัดหรือเคี้ยว (Yargay et al., 2007) ซึ่งวัชรวิทย์ มีหนองใหญ่ (2557) พบว่า ความนุ่มเป็นอีกปัจจัยหนึ่งของความอร่อย สาเหตุของความ นุ่มเนื้อมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง และล้วนมีความสำคัญ จึงเป็นการยากที่จะอธิบายว่าปัจจัยใดสำคัญกว่ากัน นอกจากนี้ความนุ่มยังเกี่ยวข้องกับความรู้สึกของมนุษย์ ซึ่งการที่จะวัดความรู้สึกของมนุษย์เป็นเรื่องยาก และละเอียดอ่อนมาก ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะอธิบายเกี่ยวกับความนุ่มของเนื้อ

**ปัจจัยที่มีผลต่อความนุ่มของเนื้อ**

**1. ไขมันแทรกต่อความนุ่มของเนื้อ** หมายถึง ลักษณะไขมันที่แทรกอยู่ในมัดกล้ามเนื้อที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าอย่างชัดเจน โดยไขมันที่แทรกอยู่ในมัดกล้ามเนื้อนี้จะบ่งบอกถึงความน่ากินของเนื้อ ซึ่งไขมันจะช่วยกระตุ้นการหลั่ง น้ำลายจึงทำให้เกิดความรู้สึกชุ่มน้ำอยู่ในปาก โดยปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่ กับอิทธิพลทางพันธุกรรมของสัตว์

**2. การบ่มเนื้อ** เป็นอีกปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความนุ่มของเนื้อ โดยเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการเมทาบอลิซึมในเนื้อหลังจากการฆ่า (Cifuni et al., 2004) หลังการฆ่าจะนำซากเข้าห้องแช่เย็นที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียสทันทีและคงอุณหภูมินี้ไปจนครบ 24 ชั่วโมง เพื่อให้ขบวนการเกรงตัว (rigor mortis) เกิดขึ้นตามขั้นตอนจนสมบูรณ์ ซึ่งระยะเวลาของการบ่มเนื้อที่ยาวนานอาจมีผลทำให้สภาพแวดล้อมภายในเนื้อเกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี คือ ทำให้ actomyosin ถูกตัดขาด ณ บริเวณ Z-line ทำให้ความตึงลดลง และเป็นเหตุให้เนื้อมีความนุ่มเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงทางเคมีใน

เนื้อโดย cathepsins เกิดการไหลออกมานอกเซลล์ แล้วเข้าไปย่อยโปรตีนบริเวณ Z-line ทำให้ sarcomere มีความยาวขึ้นและเนื้อมีความนุ่มขึ้น นอกจากนี้แล้วระดับ pH และอุณหภูมิในเนื้อจะส่งผลต่อการทำงานของเอนไซม์ cathepsins และตัวที่ทำหน้าที่ยับยั้ง ซึ่งจะส่งผลต่อความนุ่มของเนื้อ (Dransfield, 1994) นอกจากนี้การนำเนื้อไปแช่ แข็งทันทีโดยไม่ผ่านการบ่มจะทำให้เนื้อเกิดความเหนียวมากขึ้น เกิดสภาวะ การหดตัวเนื่องจากความเย็น (cold shortening) ซึ่งปรากฏการณ์นี้อาจเกิดขึ้นได้ในกรณีที่นำซากเนื้อเข้า ห้องเย็นที่อุณหภูมิต่ำและถ้าอุณหภูมิในเนื้อลดลงต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียสอย่างรวดเร็วภายใน 10 ชั่วโมง  โอกาสเกิดสภาวะดังกล่าวจะ มีสูงมาก และซากเนื้อที่มีไขมันหุ้มซากบาง โอกาสเกิด cold shortening  จะสูงกว่าซากเนื้อที่มีไขมันหุ้มซากเนื้อ

**3. การใช้สารบางชนิดเพื่อทำให้เนื้อนุ่ม** การเก็บรักษาเนื้อเป็นเวลานาน ส่งผลทำให้เนื้อมีเนื้อสัมผัสแข็งกระด้าง ขาดความนุ่ม และชุ่มฉ่ำเนื่องจากโครงสร้างของโปรตีนเปลี่ยนแปลงไป เกิดการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Myofibrilla protein) สูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) ซึ่งจำเป็นต้องใช้สารบางชนิดเพื่อปรับปรุง คุณภาพของเนื้อก่อนนำไปแปรรูป ยกตัวอย่างเช่น การใช้ฟอสเฟต โดยทำให้ pH ของกล้ามเนื้อสูงกว่าค่า pH ของ ไมโอไฟบริลลาโปรตีน ทำให้เกิดการคลี่ออกของโมเลกุลโปรตีน นอกจากนี้ฟอสเฟตยังทำให้เกิดการแยกของแอคติน และไมโอซิน ทำให้น้ำเข้าไปในโครงสร้างมากขึ้น ความสามารถในการอุ้มน้ำก็เพิ่มขึ้นด้วย

**4. เนื้อเยื่อเกี่ยวพันในเนื้อต่อความนุ่มของเนื้อ** เนื้อเยื่อเกี่ยวพันเป็นอีกตัวชี้วัดในการประเมินความนุ่มของเนื้อ ซึ่งการที่เนื้อสัตว์มีความแตกต่างกัน ในแง่ของความนุ่มนั้นอาจกล่าวได้ว่า เป็นผลมาจากปริมาณและโครงสร้างของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่อยู่ภายใน เนื้อ อีกทั้งคำว่าเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมีความหมายครอบคลุมโครงสร้างหลาย ๆ ส่วนในร่างกายสัตว์ ได้แก่ เอ็น และพังผืด ซึ่งทำหน้าที่ในการยึดและมัดรวมกล้ามเนื้อให้อยู่รวมกันได้ในกล้ามเนื้อนั้น เนื้อเยื่อเกี่ยวพันมีอยู่ ในรูปของ epimysium perimysium และ endomysium ซึ่งห่อหุ้ม และแทรกตัวเข้าไปในกล้ามเนื้อจนถึง ระดับเส้นใยกล้ามเนื้อ โดยปริมาณของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเป็นผลสะท้อนมาจากการทำงานของกล้ามเนื้อนั้นๆ เป็นหลัก เช่น กล้ามเนื้อขาหลังซึ่งจำเป็นที่จะต้องแข็งแรง และมีกำลังมากกว่ากล้ามเนื้อส่วนอื่นๆ จึงทำให้ ต้องมีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันสูงรวมทั้งต้องมีปริมาณของ cross link สูงตามไปด้วย และการเพิ่มความเหนียวของเนื้อสัตว์ที่มีอายุมากก็เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ซึ่งสัตว์ที่มีอายุมากก็ จะต้องทำงานหนักมากขึ้นจึงเป็นเหตุให้ intermolecular cross link ภายในเส้นใยย่อยของ collagen เพิ่ม สูงขึ้นตามอายุสัตว์ที่เพิ่มขึ้น

**5. ด้านวิธีปรุงอาหารต่อความนุ่มของเนื้อ** กรรมวิธีการปรุงอาหารเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความนุ่มของเนื้อ โดยการปรุงสุกของชิ้นส่วนเนื้อ แต่ละส่วนที่ต่างกัน ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างกันจะทำให้เนื้อมีความนุ่มแตกต่างกันไปด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่ากล้ามเนื้อชนิดนั้นมีเอ็น พังผืด และไขมันแทรกมากน้อยเพียงใด เช่น เนื้อสันนอกเป็นเนื้อที่ มีความนุ่มรองจากเนื้อสันใน นิยม

นำไปทำอาหารประเภทที่ใช้ความร้อนสูงและเวลาสั้นในการทำให้เนื้อสุก เนื่องจากความร้อนจะทำให้โปรตีนเสื่อมสภาพ และทำให้เนื้อแข็งกระด้าง (วัชรวิทย์ มีหนองใหญ่, 2557)

**การมาริเนท**

การมาริเนทเป็นเทคนิคในการทำอาหารเพื่อให้เนื้อนุ่ม พัฒนากลิ่นรส และความฉ่ำของเนื้อและยืดอายุการเก็บรักษาสัตว์ปีก อาหารทะเล และผัก ในขั้นตอนของการมาริเนทมีการใช้สารละลายซึ่งอาจประกอบด้วย น้ำตาล เครื่องเทศ น้ำมัน กรดอินทรีย์ เช่น กรดอะซิติกและเกลือ โดยเกลือเป็นส่วนผสมที่มีความสำคัญมากที่สุดในการมาริเนท ซึ่งมีผลต่อการพัฒนากลิ่นรสและความนุ่มของเนื้อโซเดียมคลอไรด์จะปรับปรุงคุณสมบัติของเนื้อโดยเพิ่มความสามารถในการละลายของโปรตีนไมโอไฟบริล ส่วนโพลีฟอสเฟตมีผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เนื้อโดยทำให้สีและกลิ่นรสมีความคงตัว เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำและลดค่า TBA ในเนื้อไก่ที่เก็บรักษาในอุณหภูมิที่เย็นเป็นเวลา 1-3 วัน การมาริเนทส่วนใหญ่มีการใช้เกลือร่วมกับฟอสเฟต เพื่อเสริมการทำงานให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความฉ่ำและมีความนุ่มของเนื้อดียิ่งขึ้น แต่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากมีการอุ้มน้ำไว้ โดยความเข้มข้นที่ใช้ต้องเพียงพอในการพัฒนาความนุ่มและความฉ่ำของเนื้อ แต่ไม่มีผลต่อกลิ่นรส สี และไม่ทำให้เนื้อนุ่มจนเละ (ประกายแก้ว โกมนตรี 2554; สุนิสา ศิริพงศ์วุฒิกร, 2555) สารที่ใช้ในการมาริเนทเช่น

- เกลือ เกลือที่ใช้การแปรรูปเนื้อสัตว์ดั้งเดิมจะใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ซึ่งเกลือจะมีคุณสมบัติในผลิตภัณฑ์อาหารดังนี้คือ 1) เพิ่มกลิ่นรสให้กับผลิตภัณฑ์ 2) เพิ่มปริมาณความชื้นให้กับผลิตภัณฑ์ 3) สกัดโปรตีนที่ละลายได้ในเกลือ 4) มีประสิทธิภาพร่วมกับโซเดียมไนไตรท์ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ *Clostridium botulinum* และ 5) ที่ความเข้มข้นสูงจะทำหน้าที่เป็นสารกันเสียโดยจะทำให้บริเวณผิวหน้าของเนื้อแห้ง
- โซเดียมไบคาร์บอเนต โซเดียมไบคาร์บอเนต หรือโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต หรือเบคกิ้งโซดา มีสูตร ทางเคมีคือ $NaHCO_3$ มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว หรือแป้งสีขาว ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยเพิ่มค่าพีเอช ทำให้อาหารขึ้นฟู ช่วยปรับปรุงสี รสชาติ และปรับปรุงความแข็งแรงของเจล นิยมใช้เป็นสารหมักเนื้อในการประกอบอาหารจีน ปัจจุบันมีการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตในการปรับปรุงคุณภาพของเนื้อที่มีสีซีดจาง มีน้ำไหลเยิ้ม และเนื้อมีความอ่อนนมมากกว่าปกติ (Pale, soft and exudative : PSE)

**เทคโนโลยีเฮอร์เดิล (hurdle technology)**

เทคโนโลยีเฮอร์เดิล (hurdle technology) เป็นการนำปัจจัยหรือวิธีการต่างๆ มาใช้ร่วมกันอย่างเหมาะสมในอาหารแต่ละชนิด เพื่อเพิ่มความคงตัว (stability) ความปลอดภัย และ คุณภาพของอาหาร เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงในการยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร และยังสามารถคง คุณลักษณะที่ดีทางประสาทสัมผัสไว้ได้เฮอร์เดิลหรือปัจจัย เช่น การใช้ความร้อน การท้าแห้ง การใช้ สารกันเสีย การหมัก การลดปริมาณน้ำอิสระ การฉายรังสี รวมถึงการใช้เทคโนโลยีด้านบรรจุภัณฑ์ที่ ยืดอายุการเก็บ

รักษา ต้องสามารถควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ปกติในอาหารแต่ละชนิดนั้นได้ การใช้ผลของเฮอร์เดิลอย่างมีประสิทธิภาพจะต้องทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถก้าวข้ามปัจจัยที่นำมาใช้ ไม่เช่นนั้นอาหารจะเกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์และอาจทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษได้ โดยปัจจัยที่มีผลต่อจุลินทรีย์ และนำมาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาอาหารโดยเทคโนโลยีเฮอร์เดิล ส่วนใหญ่จะสามารถยับยั้งหรือทำลายจุลินทรีย์ รวมทั้งการทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตช้าลง แบ่งออกได้ดังนี้

- ปัจจัยภายใน (intrinsic factors) ได้แก่ ปัจจัยทางกายภาพและเคมีที่อยู่ในตัวอาหาร ซึ่งสัมผัสกับจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ โดยที่จุลินทรีย์ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้
- ปัจจัยกระบวนการผลิต (processing factors) ได้แก่วิธีการต่างๆ ที่จงใจนำมาใช้กับอาหารเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร
- ปัจจัยภายนอก (extrinsic factors) ได้แก่ ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อจุลินทรีย์ในอาหาร ที่ใส่เข้าไปจากภายนอกอาหารและมีประสิทธิภาพในระหว่างการเก็บรักษาอาหาร
- ปัจจัยที่มีอยู่ (implicit factors) เป็นปัจจัยที่เกี่ยวของกับธรรมชาติของจุลินทรีย์ที่ปรากฏและมีปฏิกิริยาซึ่งกันและกัน ภายในสภาพแวดล้อมที่จุลินทรีย์นั้นสัมผัสในระหว่างการเจริญเติบโต
- ปัจจัยของผลโดยรวม (net effects) ซึ่งเป็นผลที่เกิดขึ้นจากการมีปัจจัยหลายปัจจัยที่ มีผลซึ่งกันและกัน ทำให้เกิดการรวมกัน (combinations) ของปัจจัยที่อาจจะไม่สามารถทำนายผลได้แน่นอน แต่คาดว่าอาจจะมีผลมากกว่าปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งเพียงปัจจัยเดียว

การเลือกใช้เฮอร์เดิลที่เหมาะสม นอกจากจะช่วยปรับปรุงความคงตัวและความปลอดภัยจากจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์แล้ว ยังช่วยทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัส คุณค่าทางโภชนาการ และความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์เพิ่มขึ้นอีกด้วย (ชิดชนก ศุขศรีไพศาล, 2559)

**การแช่เย็นอาหาร**

อุณหภูมิต่ำจะมีผลในการลดปฏิกิริยาทางเคมีและการทำงานของเอนไซม์ ลดอัตราเมตาบอลิซึมของเซลล์จุลินทรีย์ ทำให้ยับยั้งการเจริญแต่ไม่ได้ฆ่าหรือทำลายจุลินทรีย์ วิธีนี้จึงใช้ในการถนอมผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อให้เก็บรักษาได้นานขึ้น การใช้อุณหภูมิต่ำสามารถควบคุมจุลินทรีย์ โดยแบ่งออกได้หลายช่วงคือ การใช้ช่วงอุณหภูมิ 10 -20 ℃ ส่วนใหญ่อยู่ที่ 15 ℃ มักใช้กับอาหารพวกผักผลไม้ การใช้ช่วงอุณหภูมิระหว่าง 4-12 ℃ ส่วนใหญ่อยู่ที่ 8 ℃ ซึ่งเป็นอุณหภูมิของตู้เย็นทั่วไป ความเย็นระดับนี้จุลินทรีย์ที่เจริญได้ คือ แบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิต่ำ (psychrophiles) ซึ่งตามปกติอาหารแช่เย็น ไม่เหมาะสมกับการเจริญของแบคทีเรียประเภทที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง (mesophiles) แต่เหมาะสมกับแบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิต่ำ (psychrophiles) หรือแบคทีเรียที่ปรับตัวเจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำ (psychrotrophs)

จุลินทรีย์สามารถเจริญที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากองค์ประกอบของไขมันในเยื้อหุ้มเซลล์ ส่วนมากประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวและกรดไขมันโมเลกุลสั้น กรดไขมันเหล่านี้มีจุดหลอมเหลวต่ำ จึงคงภาวะเป็นของเหลวแม้ว่าจะมีอุณหภูมิต่ำก็ตามเป็นผลให้เยื่อหุ้มเซลล์ยังทำงานได้และยอมให้สารอาหารและเอนไซม์บางชนิดผ่านเข้าสู่เซลล์ ในการทำลายจุลินทรีย์ โปรตีนและเอนไซม์มักเป็นเป้าหมายสำคัญ เพราะเป็นส่วนที่ไวต่อความร้อน ยกเว้นแบคทีเรียบางชนิดที่ทนความร้อน เช่น แบคทีเรียจำพวก pseudomonads จะสร้างเอนไซม์ไลเปส (lipase) และ โปรตีเอส (protease)ที่ทนความร้อนขึ้นมา นับเป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้นมสดพาสเจอไรซ์ที่เก็บไว้นานเสื่อมคุณภาพ

สำหรับแบคทีเรียจำพวก mesophiles แม้ว่าจะเจริญได้ดีที่อุณหภูมิปานกลางก็ตาม แต่ที่อุณหภูมิต่ำ แบคทีเรียกลุ่มดังกล่าวจะเจริญช้าหรือหยุดเจริญโดยที่ยังไม่ตาย การแช่เย็นแบบเร็ว (rapid cooling) มีผลทำให้เกิดสภาวะที่เรียกว่า cold shock หรือการได้รับความเย็นจัดในทันทีทันใด ทำให้แบคทีเรียบาดเจ็บและตายได้มากกว่าการแช่เย็นแบบค่อยเป็นค่อยไป ซึ่งแบคทีเรียมีโอกาสปรับตัวได้มากกว่า

เนื่องจากเทคนิคการแช่เย็นแบบธรรมดาไม่ได้มุ่งทำลายแบคทีเรีย ดังนั้นจึงมีแบคทีเรียจำนวนหนึ่งรอดชีวิตอยู่ได้ ด้วยเหตุนี้การใช้วัตถุดิบที่มีจุลินทรีย์ปนเปื้อนมาน้อยและการเคลื่อนย้ายอาหารอย่างถูกหลักสุขอนามัย จึงมีความจำเป็นต่อการผลิตอาหารแช่เย็นที่มีความปลอดภัย แบคทีเรียจำพวก mesophiles ที่รอดชีวิตจากกระบวนการแช่เย็นอาจบาดเจ็บและต้องใช้ระยะเวลาหนึ่งในการพักฟื้นกว่าจะแข็งแรงมีจำนวนมากพอที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค จึงต้องใช้เวลานาน และต้องมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมด้วย ดังนั้นการแช่เย็นจึงเป็นเทคนิคหนึ่งในการถนอมอาหาร ที่สามารถป้องกันความเสี่ยงจากโรคอาหารเป็นพิษได้ในระดับหนึ่ง จากแบคทีเรียจำพวก mesophiles มิให้เพิ่มจำนวนขึ้นจนก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภคได้ แต่การแช่เย็นอาหารไม่สามารถประกันได้ว่าจะปลอดภัยจากแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ เพราะไม่สามารถกำจัดแบคทีเรียออกไปได้หมด นอกจากนี้ยังมีแบคทีเรียบางสายพันธุ์ที่สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำด้วย ซึ่งอุตสาหกรรมการผลิตอาหารแช่เย็นจะต้องให้ความสนใจเป็นพิเศษ และนำมาเป็นข้อพิจารณาในการจัดการความเสี่ยงสำหรับการจัดทำระบบคุณภาพ เพื่อเข้าถึงความปลอดภัยของอาหารในปัจจุบัน นอกจากนี้ยังมีประเด็นที่ต้องคำนึงถึงอีก เช่น ธรรมชาติของอาหารบางชนิดเกิดการเปลี่ยนแปลงได้เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ หรือเกิดลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ขึ้น อาทิ การช้ำเนื่องจากความเย็น (cold injury) การฉีกขาดของเนื้อเยื่อหรือการสูญเสียความคงตัวของอาหาร ซึ่งจะมีผลให้จุลินทรีย์เข้าทำลายได้ง่าย (ธีรวัฒน์ อภิปรัชญาฐิติกุล, 2554; สุมณฑา วัฒนสินธุ์, 2549)

**การบรรจุอาหารแบบดัดแปรบรรยากาศ**

การบรรจุแบบดัดแปรบรรยากาศทำได้โดยการบรรจุอาหารในบรรจุภัณฑ์ที่มีการปรับสัดส่วนบรรยากาศ ภายในให้มีอัตราส่วนของก๊าซชนิดต่างๆ แตกต่างไปจากบรรยากาศปกติ ซึ่งในสภาพบรรยากาศปกติ อากาศ ประกอบด้วยก๊าซที่สำคัญ 3 ชนิดได้แก่ ไนโตรเจนร้อยละ 79 ออกซิเจนร้อยละ 20.9 และคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 0.03 ซึ่งก๊าซเหล่านี้ มีผลต่อคุณภาพของอาหาร ดังนี้

- ออกซิเจน เป็นก๊าซที่สามารถทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารประกอบต่างๆในอาหาร เช่น ไขมันและวิตามิน โดยอาหารที่มีไขมันสูงและอาหารที่สูญเสียวิตามินได้ง่ายควรบรรจุภายใต้บรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนเพื่อป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนี้ออกซิเจนยังถูกใช้สำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ต้องการอากาศและรา การบรรจุอาหารภายใต้บรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนหรือมีออกซิเจนน้อยกว่าร้อยละ 0.1 สามารถชะลอการเสื่อมเสียคุณภาพของอาหารจากการกระทำของจุลินทรีย์ดังกล่าวได้

- คาร์บอนไดออกไซด์ พบว่าคาร์บอนไดออกไซด์ช่วยชะลอการเจริญ แต่ไม่ได้ทำลายหรือฆ่าจุลินทรีย์ โดยคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นอย่างน้อยร้อยละ 20 ที่สมดุลในบรรยากาศจึงจะมีผลชะลอการเติบโตของแบคทีเรียที่ต้องการอากาศและรา แต่ไม่มีผลยับยั้งแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศและยีสต์

- ไนโตรเจน เป็นก๊าซเฉื่อยต่อการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี จึงมักใช้แทนที่อากาศ เพื่อใช้ในการรักษาระดับความดันภายในบรรจุภัณฑ์ ป้องกันการยุบตัวของบรรจุภัณฑ์และการแตกหัก เสียรูปทรงของผลิตภัณฑ์ ไนโตรเจนไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ละลายในน้ำและไขมันได้น้อยมาก จึงสามารถใช้ได้กับผลิตภัณฑ์อาหารทุกชนิด (ชิดชนก ศุขศรีไพศาล, 2559)

ในปัจจุบันการบรรจุแบบสุญญากาศได้รับความนิยมทั้งในอุตสาหกรรมขนาดเล็กถึงขนาดใหญ่ สามารถใช้ร่วมกับการเก็บรักษาแบบแช่เย็น การบรรจุมีทั้งการบรรจุขนาดใหญ่และขนาดเล็ก มีต้นทุนต่ำเนื่องจากไม่ต้องควบคุมความเข้มข้นของก๊าซ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอาหารหลายชนิดเพื่อควบคุมและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ (undesirable microoganism) แบคทีเรียที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียเช่น *Pseudomonas, Enterobacteriaceae* และ แบคทีเรียก่อโรค เช่น *Listeria monocytogenes, salmonella* และ *staphylococcus aureus* โดยลดอัตราการเจริญและเพิ่มระยะเวลาในช่วงการปรับตัวของจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศในการเจริญให้นานขึ้น แต่การเก็บรักษาภายใต้สภาวะนี้จะสนับสนุนการเจริญของ lactic acid bacteria สายพันธุ์ *Lactobacillus* spp. และอาจเสี่ยงต่อการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค *C.botulinum* ซึ่งการใช้ $CO_2$ ในปริมาณสูง สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียได้ (สมหวัง เล็กจริง และสุนิสา ศิริพงศ์วุฒิกร., 2557)

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

กาญจนาพร นนทะลุน และคณะ (2561) ศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของเอนไซม์ที่มีต่อความนุ่มของเนื้อ โดยการนำเนื้อสุกรหมักด้วยเอนไซม์ปาเปนและโบรมีเลนที่ความเข้มข้น 0.5%, 1% และ 1.5% ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อคัดเลือกชนิดและความเข้มข้นของเอนไซม์ที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของเนื้อสุกร พบว่าหลังเนื้อผ่านการหมักด้วยเอนไซม์ที่ 0.5% ค่า Shear force, Springiness, Hardness, Chewiness และ Cohesiveness ลดลง 8.28%, 10.53%,

18.16%, 39.82% และ 5.98% ตามลำดับ ซึ่งเอนไซม์ปาเปนมีประสิทธิภาพในการ ปรับปรุงความนุ่มของเนื้อมากกว่าเอนไซม์โบรมีเลนเมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็น 1% และ 1.5% ความนุ่มของเนื้อเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่ค่า Adhesiveness เพิ่มขึ้นจากค่าที่ความเข้มข้น 0.5% ถึง 2 เท่า และ 4 เท่า รวมถึงค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการทำให้สุกเพิ่มขึ้นเป็น 49.33% และ 50.64% ในขณะที่ค่าการอุ้มน้ำและค่าความชื้นลดลง ชนิดและความเข้มข้นของเอนไซม์ไม่มีผลต่อค่า ΔE, L*, a* และค่า pH แต่มีผลทำให้ค่า b* เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะหลังผ่านการหมักด้วยเอนไซม์ปาเปน เช่นเดียวกับค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสทั้งของเอนไซม์และของเนื้อหลังผ่านการหมัก 2 ชั่วโมง ดังนั้นจากการศึกษานี้แสดง ให้ทราบว่าเอนไซม์ปาเปนที่ความเข้มข้น 0.5% เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของเนื้อสุกรและการใช้เอนไซม์ที่ความเข้มข้นมากเกินไปทำให้ส่งผลเสียต่อคุณภาพของเนื้อ

ภูธฤทธิ์ วิทยาพัฒนานุรักษ์ รักษาศิริ และคณะ (2563) ศึกษาการใช้น้ำสับปะรดร่วมกับสารละลายเกลือต่อคุณลักษณะด้านบริโภคของเนื้อไก่ไข่ปลดระวางทำการทดลองโดยนำเนื้อไก่ไข่ปลดระวางหมักในน้ำสับปะรดและสารสะลายเกลือในอัตราส่วน 0:0, 0:100, 100:0, 25:75, 50:50 และ 75:50 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค คุณสมบัติทางกายภาพ และชีวภาพ พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับด้านลักษณะที่ปรากฏ สี ลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ และการยอมรับโดยรวม ในกลุ่มเนื้อไก่ไข่ปลดระวางที่หมักด้วยน้ำสับปะรดร่วมกับสารละลายเกลือที่อัตรา 25:75 (T4) สูงกว่ากลุ่มทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งเป็นการแสดงการยอมรับในระดับชอบมาก (5.30-6.15) อย่างไรก็ดีจำนวนแบคทีเรียรวม ค่าสี (L*,a*,b*) ค่าความสดใส ค่าความเหนียว ค่าความยืดหยุ่น ค่าแรงขบกัด ค่าแรงตัดผ่านเนื้อค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา และค่าวอเตอร์แอคติวิตีไม่พบความแตกต่างในทางสถิติ และคุณสมบัติทางกายภาพพบว่าของเนื้อไก่ไข่ปลดระวางหมักด้วยน้ำสับปะรด มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่ต่ำลง ในขณะที่ค่าองศาสีและค่าความแข็งสูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และในกลุ่มเนื้อไก่ไข่ปลดระวางที่หมักด้วยน้ำสับปะรดร่วมกับสารละลายเกลือที่อัตรา 25:75 และ 50:50 มีค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสุก (22.62 และ 24.31 %) ต่ำกว่ากลุ่มทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) อย่างไรก็ดีการประเมินต้นทุนการผลิตพบว่าการใช้เนื้อไก่ไข่ปลดระวางมีต้นทุนที่ต่ำกว่าเนื้อไก่กระทง 20.56-24.66 บาท/กิโลกรัม

อิทธิพร แก้วเพ็ง และคณะ (2563) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไก่เบตงตุ๋นสมุนไพรจีน โดยศึกษาผลของระยะเวลาการให้ความร้อนต่อคุณภาพเนื้อไก่เบตงตุ๋นสมุนไพรจีน โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ชั่วโมง พบว่า การให้ความร้อนแก่ไก่เบตงตุ๋นสมุนไพรจีนที่ระยะเวลา 2.5 ชั่วโมง มีค่าการสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 34.20 เมื่อเปรียบเทียบกับการให้ความร้อน 1.0, 1.5, และ 2.0 ชั่วโมงที่มีร้อยละการ สูญเสียน้ำหนักเท่ากับ29.85, 30.00 และ 32.45 ตามลำดับ แสดงว่าเมื่อระยะเวลาในการตุ๋นเพิ่มขึ้นค่าการสูญเสียน้ำหนักของไก่เบตง

ตุ๋นสมุนไพรจีนจะมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากเกิดการเสียสภาพของโปรตีนที่เป็นโครงสร้างหลักของเนื้อ คือ แอกโตไมโอซินและคอลลาเจน ซึ่งการให้ความร้อนแก่เนื้อสัตว์ในช่วงอุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส อาจเกี่ยวข้องกับการทำให้เกิดการเสียสภาพธรรมชาติของไมโอซิน (เสียสภาพธรรมชาติที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส) แอกติน (เสียสภาพธรรมชาติที่อุณหภูมิ 66-73 องศาเซลเซียส) และการหดตัวของคอลลาเจน (เสียสภาพธรรมชาติที่อุณหภูมิ 56-62 องศาเซลเซียส) ซึ่งการหดตัวของ โปรตีนจะทำให้เกิดการขับน้ำออก และส่งผลต่อคุณลักษณะของคุณภาพเนื้อสัตว์ในด้านอื่นๆ เช่น เนื้อสัมผัส ปริมาณโปรตีน ความชุ่มฉ่ำ สี และรสชาติของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ปรุงสุก ดังนั้นเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสในการตุ๋นไก่เบตงสมุนไพรจีนต้องใช้ระยะเวลา 2.00 ชั่วโมง จึงจะเหมาะสมที่สุด ซึ่งการเวลาดังกล่าว ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนทางด้านลักษณะปรากฏ รสชาติเนื้อสัมผัส และความชอบรวม คิดเป็นร้อยละ 7.03 8.04 8.26 และ 7.17 ตามลำดับ พบว่า การให้คะแนนสูงสุดที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง

ศราวุธ เหมหมัด และสรรพสิทธิ์ กล่อมเกล้า (2562) ศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อวัวที่ผ่านการบ่มด้วยเอนไซม์โบรติเนสจากเครื่องในปลานิลต่อการย่อยเนื้อวัวที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน และเอนไซม์ปาเปนที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.2 ที่เวลาต่างๆ ศึกษาการทำให้เนื้อนุ่มโดยบ่มเนื้อด้วยเอนไซม์โบรติเนสจากเครื่องในปลานิลเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ไม่บ่มเนื้อ) และการใช้เอนไซม์ทางการค้า (เอนไซม์ปาเปนยี่ห้อ SIGMA ) นำมาทดลองความชอบแบบ 9-point hedonic scale พบว่า เนื้อวัวที่บ่มด้วยสารสกัดเอนไซม์โปนติเนสเข้มข้นร้อยละ 4 ผู้ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสให้คะแนนลักษณะปรากฏ กลิ่น ความฉ่ำน้ำ ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบรวมสูงที่สุดคือ 7.10 7.60, 7.75, 8.00 และ 7.95 คะแนน ตามลำดับ ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อวัวชุดควบคุมในเวลาที่ 0 ได้รับคะแนน 5.75 เนื่องจากเนื้อวัวมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหนียว เคี้ยวยาก และคะแนนการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้าน กลิ่น และรสชาติของเนื้อวัวที่ผ่านการบ่มด้วยเอนไซม์ปาเปนเข้มข้นร้อยละ 0.2 ได้รับคะแนน 5.65 และ 5.65 ตามลำดับ เนื่องจากกลิ่นและรสชาติของเนื้อวัวผิดไปจากเนื้อวัวอบชุดควบคุม ทำให้ผู้ทดสอบชิมไม่ยอมรับ จากการประเมินด้านประสาทสัมผัสเปรียบเทียบระหว่างเอนไซม์โปรติเนส และเอนไซม์ปาเปน พบว่า เนื้อวัวที่ผ่านการบ่มด้วยเอนไซม์โปรติเนสจากเครื่องในปลานิลสามารถนำมาใช้แทนเอนไซม์ปาเปนในการทำให้เนื้อนุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Gonçalves *et al.*, (2018) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลาช่อนทะเลปรุงรสที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศ สภาวะบรรยากาศ (control) และสภาวะดัดแปรบรรยากาศชุดที่ 1 80%$CO_2$ : 5%$O_2$ :15% $N_2$ ) และสภาวะดัดแปรบรรยากาศชุดที่ 1 70%$CO_2$ : 10%$O_2$ :20% $N_2$ ) เก็บที่อุณหภูมิ 5 $^{\circ}C$ เป็นเวลา 28 วัน ตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด, *Staphylococcus*, *Salmonella* sp., และ Coliforms) คุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์

ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่า TVB-N และค่า TMA ผลการทดลองพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาที่เหมาะสมคือ สภาวะดัดแปรบรรยากาศด้วย 80%$CO_2$ : 5%$O_2$ :15% $N_2$ โดยสภาวะดังกล่าวยังคงคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ตลอดระยะเวลา 28 วัน ที่อุณหภูมิ 5 °C

Kaewthong *et al*. (2021) ศึกษาปรับปรุงเนื้อแพะบาบีคิว โดยพืช 2 ชนิดคือ น้ำสับปะรดและสารสกัดจากขิง ร่วมกับโซเดียมคาร์บอเนตที่ความเข้มข้นร้อยละ 0,1,3และ 5 พบว่า การหมักเนื้อแพะด้วยน้ำสับปะรดและสารสกัดขิง ทำให้ค่าความแข็งและแรงที่ใช้ในการบดเคี้ยวบาบีคิวเนื้อแพะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (Non-marinated) ส่วนการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตในการหมักเนื้อ ทำให้เนื้อมีค่าความแข็งและค่าแรงที่ใช้ในการบดเคี้ยวลดลงเช่นกัน จะพบว่าการใช้การสกัดจากพืช 2 ชนิด ร่วมกับโซเดียมคาร์บอเนต ทำให้เนื้อมีค่าความแข็งลดลง โดยเฉพาะการหมักเนื้อแพะด้วยน้ำสับปะรดร่วมกับการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 5 พบว่า ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังปรุงสุก (Cooking loss) ค่าความแข็ง (hardness) มีค่าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ เนื่องจากสารโซเดียมไบคาร์บอเนตมีคุณสมบัติคล้ายกับฟอสเฟต ส่งผลให้เกิดความแตกต่างของประจุทำให้เกิดการคลายตัวของไบโอไฟบริลลาร์โปรตีน pH ของโซเดียมคาร์บอเนตสูงกว่า pH ของเนื้อ เกิดการแยกตัวโปรตีนในกล้ามเนื้อน้ำสามารถแทรกเข้าไปในโครงสร้างให้มากขึ้น ส่งผลให้เนื้อมีลักษณะที่นุ่มขึ้น

# บทที่ 3
# วิธีดำเนินการวิจัย

**ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ**

**วัสดุ/อุปกรณ์ สารเคมี เครื่องมือ และวิธีการ**

**1. วัสดุ/อุปกรณ์**

**1.1 วัตถุดิบในการผลิตไก่เบตง**

- ไก่เบตงเพศเมีย อายุการเลี้ยง 4 เดือน น้ำหนักตัวอยู่ ระหว่าง 1.5-1.8 กิโลกรัม ได้รับจากเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่เบตง อำเภอปะนาเระ จังหวัดปัตตานี
- สับปะรด พันธุ์ปัตตาเวีย น้ำหนัก 0.5 -1.0 กิโลกรัม จากตลาดเสรี อ.เมือง จ.ยะลา
- ขิงแก่ น้ำหนักประมาณ 1-1.5 ขีด/หัว  จากตลาดเสรี อ.เมือง จ.ยะลา
- ผักชี กระเทียม ขิง สับปะรด และเครื่องเทศ จากตลาดเสรี อ.เมือง จ.ยะลา
- เกลือแกง

**1.2 สารเคมี**

- กรดซัลฟิวริก (sulfuric acid, $H_2SO_4$) Merck Germany
- กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid, HCl) Merck Germany
- กรดไทโอบาบิทูริก (Triobabituric acid ) Merck Germany
- โพแทสเซียมซัลเฟต (potassium sulfate, $K_2SO_4$) Merck Germany
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide, NaOH) Merck Germany
- กรดบอริก (boric acid, $H_3BO_3$) Merck Germany
- อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC (2000)

**1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ**

- อุปกรณ์สำหรับการผลิตเนื้อไก่เบตงพร้อมปรุง
- อุปกรณ์สำหรับการผลิตสารสกัดจากพืช
- อุปกรณ์สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส
- เครื่องมือหรับวิเคราะห์ค่า TMA TVB-N ค่าสี และค่าพีเอช
- เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์หาค่าเนื้อสัมผัส
- เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- เครื่องวิเคราะห์โครงสร้างระดับจุลภาค (Scanning Electron Microscope) รุ่น JSM-5800LV, Japan

## ขั้นตอนและวิธีการ

**1. การเตรียมวัตถุดิบและสารสกัดจากพืช**

1.1 การเตรียมเนื้อไก่ โดยใช้เนื้อไก่เบตงแช่เย็น มาล้างทำความสะอาด ตัดแต่งเนื้อไก่โดยให้ติดหนัง ขนาดชิ้นเนื้อคือ 6.5x10x2.5 เซนติเมตร (กว้างxยาวxหนา) มีน้ำหนักต่อชิ้นประมาณ 100 กรัม จากนั้นหมักเนื้อไก่ด้วยเกลือป่นร้อยละ 5

1.2 การเตรียมสารสกัดหยาบจากสับปะรด ใช้สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย มาปอกเปลือกและแคะตาออก ทำการบดให้ละเอียด อัตราส่วนเนื้อสับปะรด 4 ส่วน: น้ำ 1 ส่วน นำไปกรอง 1 ครั้งด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยง 6000 รอบต่อน่าที อุณหภูมิ 4 ℃ เป็นเวลา 15 นาที นำน้ำที่สกัดได้ไปแช่เย็นเพื่อใช้ในการหมักในขั้นตอนต่อไป (Kaewthong *et al*, 2021)

1.3 การเตรียมสารสกัดหยาบจากขิง นำขิงแก่มาล้าง แกะเปลือก จากนั้นหั่นเป็นแว่น ทำการบดละเอียด อัตราส่วนขิง 4 ส่วน: น้ำ 1 ส่วน นำไปกรอง 1 ครั้งด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยง 6000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 ℃ เป็นเวลา 15 นาที นำน้ำที่สกัดได้ไปแช่เย็นเพื่อใช้ในการหมักในขั้นตอนต่อไป (Putra *et al*, 2019)

**2. ศึกษาผลของสารสารสกัดจากพืชที่ส่งผลต่อคุณภาพเนื้อไก่เบตง**

นำเนื้อไก่จากข้อ 3.1 มาหมักการสารสกัดจากพืช ตามงานวิจัยของ (Kaewthong *et al*, 2021) โดยแบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ดังนี้

2.1 ชุดควบคุม

2.2 หมักไก่โดยใช้สารสกัดจากสับปะรด อัตราส่วนเนื้อไก่ต่อสารสกัดจากสับปะรดคือ 1:2 หมักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที

2.3 หมักไก่โดยใช้สารสกัดจากขิง อัตราส่วนเนื้อไก่ต่อสารสกัดจากขิงคือ 1:2 หมักไก่หมักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที

2.4 หมักไก่โดยใช้สารสกัดจากสับปะรดร่วมกับสารสกัดจากขิง ใช้อัตราส่วนสารสกัดจากสับปะรดต่อสารสกัดจากขิงคือ 1:1 จากนั้นนำมาหมักไก่ อัตราส่วนเนื้อไก่ต่อสารสกัดจากสับปะรดคือ 1:2 หมักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

นำเนื้อไก่ทั้ง 4 ชุดการทดลอง ที่ผ่านการหมักจนครบเวลาไปล้างน้ำ แล้วนำไปนึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที (วัดอุณหภูมิของเนื้อไก่ให้ได้ประมาณ 85 องศาเซลเซียส) วิเคราะห์สมบัติดังนี้

- ค่าสี ค่าสี (L* a* b*) โดยใช้เครื่อง (Hunter) ตรา Color flax รุ่น CX 1471
- ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักหลังต้ม (%cooking loss) (Crehan *et al*., 2000)
- ปริมาณร้อยละผลผลิต (%Cook yield) ตามวิธีของ (Bethany et al., 2012)
- ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity) (Panpipat *et al*., 2020)

- วิเคราะห์เนื้อสัมผัส โดยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) ด้วยเครื่อง texture analyzer ใช้หัววัดชนิด Stainless steel cylindrical No. P50 กำหนดความเร็วในการวัด (Cross-head speed) 2 มิลลิเมตรต่อวินาที ทำการวัดตามแนวขวางของเส้นใยกล้ามเนื้อ แต่ละชุดการทดลองวัด 5 ซ้ำ

- ลักษณะโครงสร้างระดับจุลภาคของเส้นใยกล้ามเนื้อด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนแบบส่องกราด (SEM : Scanning electron microscopy) (Wattanachant *et al*., 2005)

- ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค (acceptance test) โดยใช้แบบทดสอบแบบ 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ที่ประเมินในด้านคุณลักษณะ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม

คัดเลือกชุดการทดลองที่เหมาะสมที่สุดโดยพิจารณาจากคุณสมบัติทางกายภาพ และการยอมรับทางประสาทสัมผัส เพื่อนำไปทดสอบผู้บริโภคทั่วไปและศึกษาอายุการเก็บรักษาต่อไป

**3. การทดสอบผู้บริโภคทั่วไปเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ไก่เบตงพร้อมปรุง**

นำเนื้อไก่เบตงที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 2 มาศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป โดยผลิตเป็นไก่เบตงสับ ใช้สูตรน้ำราดไก่เบตงสับจากงานวิจัยของ มีนา ระเด่นอาหมัด และคณะ, (2561) จากนั้นนำมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคแบบ Central Location Test ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 200 คน แบบทดสอบแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ข้อมูลเกี่ยวกับผู้บริโภค ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภค และข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ โดยให้คะแนนความชอบ 5 ระดับคะแนน (5-point Hedonic Scale)

**4. การประเมินอายุการเก็บรักษา**

นำผลิตภัณฑ์ไก่เบตงที่ได้รับการคัดเลือกจากข้อ 2 มาบรรจุในถุงพลาสติกชนิด low density polypropylene (LDPE) ขนาด 6x9 นิ้ว ศึกษาสภาวะการบรรจุและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไก่เบตงพร้อมปรุง 3 สภาวะคือ 1) สภาวะบรรยากาศ 2) สภาวะสุญญากาศ และ 3) สภาวะดัดแปรบรรยากาศ 50%$O_2$ :25%$CO_2$ : 25%$N_2$ (Ferdaous & Maria, 2016) นำผลิตภัณฑ์มาเก็บรักษาในสภาวะเย็น (4±2 องศาเซลเซียส) จากนั้นตรวจสอบคุณภาพทุก 5 วัน เป็นเวลา 40 วันหรือจนกระทั่งตัวอย่างเสีย/ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค วิเคราะห์สมบัติ ดังนี้

- วิเคราะห์เนื้อสัมผัส โดยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) ด้วยเครื่อง texture analyzer ใช้หัววัดชนิด Stainless steel cylindrical No. P50 กำหนดความเร็วในการวัด (Cross-head speed) 2 มิลลิเมตรต่อวินาที ทำการวัดตามแนวขวางของเส้นใยกล้ามเนื้อ แต่ละชุดการทดลองวัด 5 ซ้ำ

- ร้อยละการสูญเสียน้ำหลังการแช่เย็น (% drip loss) ตามวิธี (Xia *et al*., 2009)
- วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ด้วยเครื่องวัด pH meter
- วิเคราะห์ปริมาณกรดไธโอบาบิทูริค (Thiobarituric acid , TBA) ตามวิธี (AOAC, 2000)
- ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดหมด (Total Bacterial Count) ตามวิธี (AOAC, 2000)
- ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค (acceptance test) โดยใช้แบบทดสอบแบบ 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ที่ประเมินในด้าน สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

**การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้**

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ในการวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ เคมี และวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) ในการวิเคราะห์คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ข้อมูลทั้งหมดจะนำมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองแบบ Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

## ระยะเวลาการวิจัย

30 กันยายน 2564 – 31 สิงหาคม 2565

# บทที่ 4
# ผลการศึกษาและวิจารณ์

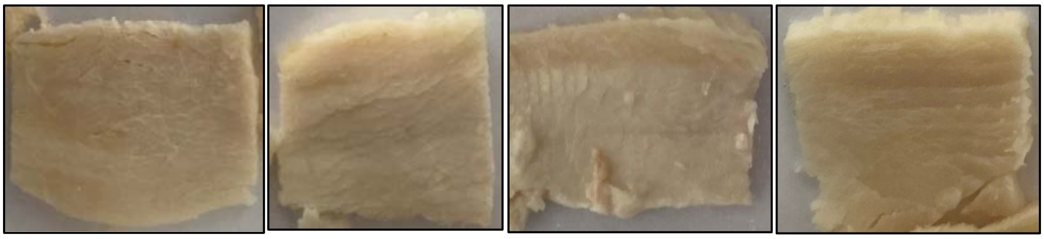
## 4.1 ผลการศึกษาสมบัติของสารสกัดจากพืชที่ส่งผลต่อคุณภาพเนื้อไก่เบตง

เตรียมวัตถุดิบโดยนำเนื้อไก่เบตง มาล้างทำความสะอาด ตัดแต่งเนื้อไก่เบตงให้มีขนาด 6.5x10x2.5 เซนติเมตร (กว้างxยาวxหนา) น้ำหนักประมาณ 100 กรัม/ชิ้น หมักเนื้อไก่เบตงด้วยเกลือป่นร้อยละ 5 เป็นเวลา 2 นาที นำเนื้อไก่เบตงที่ผ่านการเตรียมมาศึกษาการหมักด้วยสารสกัดจากพืชคือ 1. หมักไก่โดยใช้สารสกัดจากสับปะรด อัตราส่วนเนื้อไก่ต่อสารสกัดจากสับปะรดคือ 1:2 หมักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 2. หมักไก่โดยใช้สารสกัดจากขิง อัตราส่วนเนื้อไก่ต่อสารสกัดจากขิงคือ 1:2 หมักไก่ หมักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 3. หมัก ไก่โดยใช้สารสกัดจากสับปะรดร่วมกับสารสกัดจากขิง ใช้อัตราส่วนสารสกัดจากสับปะรดต่อสารสกัด จากขิงคือ 1:1 จากนั้นนำมาหมักไก่ อัตราส่วนเนื้อไก่ต่อสารสกัดจากสับปะรดคือ 1:2 หมักทิ้งไว้ที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยเทียบกับชุดควบคุม (ไม่ผ่านการหมักสารสกัดจากพืช) นำเนื้อไก่ทั้ง 4 ชุดการทดลอง ที่ผ่านการหมักจนครบเวลาไปล้างน้ำ แล้วนำไปนึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที (วัดอุณหภูมิของเนื้อไก่ให้ได้ประมาณ 85 องศาเซลเซียส) วิเคราะห์สมบัติดังนี้

### 4.1.1 ค่าสี (L* a* b*)

จากผลการวิเคราะห์ค่าสี (L* a* b*) ของผลิตภัณฑ์ไก่เบตง 4 ชุดการทดลองพบว่า เนื้อไก่เบตงชุดควบคุมมีค่า L* เท่ากับ 48.64±0.84 a* เท่ากับ 2.58±1.27 b* เท่ากับ 10.95±1.00 เนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากสับปะรดมีค่า L* เท่ากับ 55.11±0.70 a* เท่ากับ 2.07±1.04 b* เท่ากับ 13.50±1.02 เนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากขิงมีค่า L* เท่ากับ 52.30±0.22 a* เท่ากับ 1.63±1.10 b* เท่ากับ 12.92±1.22 ส่วนเนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากสับปะรดร่วมกับขิงมีค่า L* เท่ากับ 54.97±0.88 a* เท่ากับ 1.83±0.90 b* เท่ากับ 13.12±0.80 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) จากผลการทดลองพบว่า การหมักไก่ด้วยสารสกัดจากสับปะรด สารสกัดจากขิง และสารสกัดจากสับปะรดร่วมกับขิง ส่งผลต่อค่า L* a* b* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ภาพที่ 4.1) โดยการเปลี่ยนสีของเนื้อสัตว์อาจเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของ Oxymyoglobin ไปเป็น Metmyoglobin ทำให้เนื้อมีสีคล้ำ (Kaewthong *et al.*, 2021) หรือการให้ความร้อน ซึ่ง Gonzalezs-Fandos *et al.*, (2005) ได้อธิบายการเปลี่ยนสีของเนื้อสัตว์เนื่องจากความร้อนว่า การใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า 70 องศาเซลเซียส ในการปรุงอาหาร จะทำให้พันธะไฮโดรเจนระหว่างสายโพลีเปปไทด์ถูกทำลาย

มีผลให้โครงสร้างทางเคมีเปลี่ยนไป นอกจากนี้กรณีการสุกของเนื้อสัตว์มีผลเกี่ยวข้องกับการที่โครงสร้างเกิดการคลายตัว (unfolded) และเกิดการตกตะกอนของโปรตีน ทำให้มีสีที่เปลี่ยนแปลงไปและผันกลับไม่ได้ โดยมีการเปลี่ยนสีจากลักษณะใสเป็นลักษณะทึบสีขาวขุ่นและมีลักษณะเป็นเจลแข็งตัวมากขึ้น จากผลการทดลองพบว่า การนำเนื้อไปผ่านกระบวนการหมักจะช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านสีของเนื้อสัตว์ คือช่วยชะลอการเปลี่ยนสีในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เนื่องจากความเป็นกรดในสับปะรดและขิงทำให้ไมโอไฟบริลาร์โปรตีนเสียสภาพ โดยปกติ ค่า pH ของโปรตีนที่พบในธรรมชาติจะสูงกว่าจุดไอโซอิเล็กทริก (isoelectric point) ซึ่งทำให้โปรตีนในธรรมชาติมีประจุเป็นลบ (negative charge) ซึ่งประจุที่เหมือนกันจะเกิดแรงผลักกัน การอยู่ในสภาวะกรดจะทำให้ค่า pH ของโปรตีนลดลง จนมีค่าเท่ากับจุดไอโซอิเล็กทริก ซึ่งอาจทำให้ประจุรวมของโปรตีนเป็นศูนย์ แรงผลักกันระหว่างประจุที่เหมือนกันจะลดลง มีผลให้โปรตีนเกิดการตกตะกอน ดังนั้นถ้าหากอยู่ในสภาวะกรดมากขึ้น จะทำให้ค่า pH ของโปรตีนต่ำกว่าจุดไอโซอิเล็กทริกมาก โปรตีนจึงมีโอกาสมีประจุรวมเป็นบวก (positive charge) ถ้ามีประจุบวกมากแรงผลักกัน ระหว่างประจุก็จะมากขึ้น หากแรงผลักรุนแรง อาจทำให้โครงสร้างของโปรตีนเปลี่ยนไป สายของโพลีเปปไทด์ อาจเกิดการคลายตัว สูญเสียโครงสร้างตามธรรมชาติ จึงชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไมโอโกลบินจาก $Fe^{++}$ (ferrous) เป็น $Fe^{+++}$ (ferric) จึงทำให้เนื้อสัตว์เกิดสีคล้ำน้อยกว่าเนื้อสัตว์ที่ไม่ผ่านการหมัก (Putra *et al.*, 2019)



A B C D

**ภาพที่ 4.1** ลักษณะปรากฏของเนื้อไก่ (A) ชุดควบคุม (B) หมักด้วยสารสกัดจากสับปะรด (C) หมักด้วยสารสกัดจากขิง (D) หมักด้วยสารสกัดจากสับปะรดร่วมกับขิง

**4.1.2 ปริมาณร้อยละการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน (% cooking loss)**

การสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปมักเกิดจากปัจจัยการให้ความร้อน ซึ่งเป็นผลจากเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของโปรตีนในโครงสร้างหลักของเนื้อ คือ แอกโตไมโอซิน และคอลลาเจน การเปลี่ยนแปลงในช่วงอุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส ส่งผลทำให้เกิดการเสียสภาพธรรมชาติของไมโอซิน (40-60 องศาเซลเซียส) แอกติน (66-73 องศาเซลเซียส) และการหดตัวของคอลลาเจน (56-62 องศาเซลเซียส) การหดตัวของโปรตีนจะทำให้เกิดการขับน้ำออก ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนรวมทั้งต่อเนื้อสัมผัส เช่น เนื้อสัมผัส ความชุ่มฉ่ำ สี (Yancey *et al.*, 2011; อิทธิพร แก้วเพ็ง และคณะ, 2562) จึงต้องมีการปรับปรุงเนื้อสัมผัสก่อนนำมาแปรรูป ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า การหมักเนื้ออกไก่ด้วยสับปะรด มีปริมาณการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน

เท่ากับร้อยละ 24.45±1.04 การหมักเนื้ออกไก่ด้วยสารสกัดจากขิง มีปริมาณการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนเท่ากับร้อยละ 21.76±1.28 ส่วนการหมักเนื้ออกไก่ด้วยสับปะรดร่วมกับขิง มีปริมาณการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนเท่ากับร้อย 22.59±1.10 ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่มีปริมาณการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนเท่ากับร้อยละ 27.83±1.00 (ตารางที่ 4.1) จากผลการทดลองพบว่า เนื้อไก่ที่ไม่ผ่านกระบวนการหมักเกิดการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของโปรตีนที่เป็นโครงสร้างหลักของเนื้อ คือ แอกโตไมโอซิน และคอลลาเจน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ขึ้นไป โดยส่งผลให้เกิดการเสียสภาพธรรมชาติของไมโอซิน (เสียสภาพที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส) แอกติน (เสียสภาพที่อุณหภูมิ 66-73 องศาเซลเซียส) และการหดตัวของคอลลาเจน (อุณหภูมิ 56-62 องศาเซลเซียส) ซึ่งการหดตัวของโปรตีนจะทำให้เกิดการขับน้ำออก ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์หลังปรุงสุก (อิทธิพร แก้วเพ็ง และคณะ., 2562) ส่วนการหมักเนื้อไก่เบตงด้วยสารสกัดจากสับปะรดทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนมากกว่าการหมักด้วยสารสกัดจากขิง เนื่องจากน้ำสับปะรดมีเอนไซม์โบรมีเลนซึ่งเป็นเอนไซม์ในกลุ่มโปรติเอสที่มีความสามารถในการย่อยโมเลกุลของโปรตีนให้เป็นเปปไทด์ที่มีขนาดเล็กลงหรือเป็นกรดอะมิโน โดยเฉพาะโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเก็บรักษาน้ำไว้ในโครงสร้างเกิดการเสียสภาพ ส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลงเกิดการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน ส่วนการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนของเนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากขิงมีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อนน้อยกว่าชุดการทดลองอื่นๆ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Keawthong et al. (2021) ที่ศึกษาการใช้สารสกัดพืชในการปรับปรุงคุณภาพเนื้อแพะบาร์บีคิวพบว่า การใช้สารสกัดจากขิงช่วยลดปริมาณการสูญเสียน้ำหนักหลังต้มได้ดีกว่าการใช้สับปะรดเพียงอย่างเดียวในการหมักเนื้อแพะ เนื่องจากค่าพีเอชของสารสกัดจากขิงมีค่าเท่ากับ 6.31±0.01 ส่วนในน้ำสับปะรดมีค่าพีเอชเท่ากับ 3.96±0.01 ซึ่งการใช้สารสกัดจากขิงทำให้เพิ่มค่า pH ของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ให้สูงขึ้นและห่างออกจากค่า isoelectric point ของโปรตีนไมโอฟิบิลลาร์ (pI ประมาณ 5.4) ส่งผลให้เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ (อังสุมา แก้วคต, 2559) เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของพลังงาน electrostatics repulsive ภายในโครงสร้างของโปรตีนในเนื้อสัตว์ ทำให้เพิ่มขนาดของช่องว่างระหว่างโปรตีนแอกตินและไมโอซิน และส่งผลให้โมเลกุลน้ำตรึงในโครงสร้างร่างแหของโปรตีนได้มากขึ้น ส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักน้อยลงเมื่อนำเนื้อไปให้ความร้อน

**4.1.3 ปริมาณร้อยละผลผลิต (% cook yield)**

ปริมาณร้อยละของผลผลิตมีความสัมพันธ์กับค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน เนื่องจากเกิดการเสียสภาพของโปรตีนกล้ามเนื้อ ทำให้น้ำภายในเนื้อถูกขับออกมา ส่งผลต่อปริมาณของผลผลิตที่ได้ จากผลการวิเคราะห์ร้อยละผลผลิตของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากสับปะรด มีปริมาณผลผลิตเท่ากับร้อยละ 59.24±1.25 เนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากขิงมีปริมาณ

ผลผลิตเท่ากับร้อยละ 62.24±1.08 ไก่ไข่ด้วยสารสกัดจากสับปะรดร่วมกับขิงมีปริมาณผลผลิตเท่ากับร้อยละ 61.87±0.88 ส่วนชุดควบคุมปริมาณผลผลิตเท่ากับร้อยละ 51.49±2.04 ซึ่งทั้ง 4 ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4.1) จากผลการทดลองพบว่า การนำเนื้ออกไก่เบตงไปต้ม (ชุดควบคุม) มีการสูญเสียน้ำหนักหลังต้มมากที่สุดซึ่งเป็นผลสอดคล้องมาจากค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อนที่พบว่ามีการสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อนมากที่สุดเช่นกันเนื่องจากเกิดการเสียสภาพของโปรตีนกล้ามเนื้อ ทำให้น้ำภายในเนื้อถูกขับออกมา ร้อยละของผลผลิตที่ได้จึงน้อย ส่วนการหมักเนื้อไก่เบตงด้วยสารสกัดจากสับปะรดพบว่ามีร้อยละของผลผลิตน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการหมักเนื้อไก่ด้วยสารสกัดจากขิง เนื่องจากเอนไซม์โบรมีเลนซึ่งเป็นเอนไซม์ในกลุ่มโปรติเอสที่มีความสามารถในการย่อยโมเลกุลของโปรตีนให้เป็นเปปไทด์ที่มีขนาดเล็กลงหรือเป็นกรดอะมิโน โดยเฉพาะโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเก็บรักษาน้ำไว้ในโครงสร้างเกิดการเสียสภาพ ส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง เกิดการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนส่งผลให้ปริมาณผลผลิตจึงมีค่าน้อยไปด้วย (Liu *et al.*, 2011; อาภัสสร ศิริจริยวัตร และคณะ, 2563) ส่วนเนื้อการหมักเนื้อไก่เบตงด้วยสารสกัดจากขิงและสารสกัดจากสับปะรดร่วมกับขิงมีการลดลงของร้อยละผลผลิตน้อยเมื่อเทียบกับการหมักด้วยสารสกัดจากสับปะรดเพียงอย่างเดียว ซึ่งอาจจะเป็นเนื่องมาจากสารสกัดจากขิงที่ช่วยลดการเสียสภาพของโปรตีนในกล้ามเนื้อสัตว์ภายหลังให้ความร้อนเนื่องจากการใช้ สารสกัดจากขิงทำให้เพิ่มค่า pH ของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ให้สูงขึ้นและห่างออกจากค่า isoelectric point ของโปรตีนไมโอฟิบิลลาร์ (pI ประมาณ 5.4) ส่งผลให้เนื้อสัตว์มีความสามารถในการอุ้มน้ำมากขึ้น ปริมาณผลผลิตจึงมีค่ามากขึ้นตามไปด้วย (อังสุมา แก้วคต, 2559)

**4.1.4 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity)**

จากการวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity) ของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เบตงทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4.1) เนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากสับปะรดมีความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับร้อยละ 73.37±1.02 เนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากขิงมีความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับร้อยละ 80.49±0.68 เนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากสับปะรดร่วมกับขิงมีความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับร้อยละ 77.81±1.20 ส่วนชุดควบคุมมีความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับร้อยละ 67.59±1.04 ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่าเนื้อไก่เบตงชุดควบคุมมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำที่สุดเนื่องจากเมื่อเนื้อสัตว์ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสขึ้นไป โครงสร้างของโปรตีนในเนื้อเกิดการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ ทำให้ช่องว่างระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อและรอบๆเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเอนโดไมเซียมลดลงและมีการหดตัวมากขึ้นเมื่อใช้ระยะเวลาที่นานขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุของการสูญเสียน้ำ ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง (โสรยา เกิดพิบูลย์, 2561) ส่วนการเนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากสับปะรดพบว่า มีความสามารถในการอุ้มน้ำน้อยกว่าการหมักด้วยสารสกัดจากขิงเนื่องจากน้ำสับปะรดมีเอนไซม์โบรมีเลนซึ่งเป็นเอนไซม์ในกลุ่มโปรติเอสที่มีความสามารถในการย่อยโมเลกุลของโปรตีนให้เป็นเปปไทด์ที่มีขนาดเล็กลงหรือเป็นกรดอะมิโน โดยเฉพาะโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเก็บรักษาน้ำไว้ในโครงสร้างเกิดการเสียสภาพ ส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง ส่วนการใช้สารสกัดจากขิงช่วยลดปริมาณการสูญเสียน้ำหนักหลังต้มได้ดีกว่าการใช้สับปะรดเพียงอย่างเดียว เนื่องจากค่าพีเอชของสารสกัดจากขิงมีค่าเท่ากับ 6.31±0.01 ส่วนในน้ำสับปะรดมีค่าพีเอชเท่ากับ 3.96±0.01 ซึ่งการใช้สารสกัด

จากขิงทำให้เพิ่มค่า pH ของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ให้สูงขึ้นและห่างออกจากค่า isoelectric point ของโปรตีนไมโอฟิบิลลาร์ (pI ประมาณ 5.4) รวมทั้งการเพิ่มขึ้นของพลังงาน electrostatics repulsive ภายในโครงสร้างของโปรตีนในเนื้อสัตว์ ทำให้เพิ่มขนาดของช่องว่างระหว่างโปรตีนแอกตินและไมโอซิน และส่งผลให้โมเลกุลน้ำตรึงในโครงสร้างร่างแหของโปรตีนได้มากขึ้น (อังสุมา แก้วคต, 2559)

**4.1.5 เนื้อสัมผัสด้านความแข็ง (Hardness)**

จากการวิเคราะห์ความแข็งของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เบตงทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4.1) เนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากสับปะรดมีค่าความแข็งเท่ากับ 8.10±1.02 นิวตัน เนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากขิงมีค่าความแข็งเท่ากับ 12.39±1.08 นิวตัน เนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากสับปะรดร่วมกับขิงมีค่าความแข็งเท่ากับ 10.64±1.16 นิวตัน ส่วนชุดควบคุมมีค่าความแข็งเท่ากับ 17.09±1.14 นิวตัน ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่าเนื้อไก่เบตงชุดควบคุมมีความแข็งมากที่สุดเนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูง 70 องศาเซลเซียสขึ้นไป โครงสร้างของโปรตีนในเนื้อเกิดการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ ทำให้ช่องว่างระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อและรอบๆเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเอนโดไมเซียมลดลงและมีการหดตัวมากขึ้น มีผลทำให้โครงสร้างอาหารเปลี่ยนแปลงไป เป็นผลทำให้ความแข็งของเนื้อเพิ่มขึ้น (Barekat & Soltanizadeh, 2017) ส่วนการหมักเนื้อไก่ด้วยสารสกัดจากสับปะรดพบว่า เนื้อมีความแข็งน้อยที่สุด เนื่องจากเอนไซม์โบรมิเลนในสับปะรดเป็นเอนไซม์ในกลุ่มโปรติเอสที่มีความสามารถในการย่อยโปรตีนและมีกิจกรรมในการย่อยโปรตีนสูง ดังนั้นหากใช้ปริมาณและระยะเวลาที่ไม่เหมาะสมอาจส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ภายหลังการปรุงสุก เช่น เนื้อมีความแห้งและเหนียว (Kemp *et al.*, 2010; Ha *et al.*, 2012) ส่วนการใช้สารสกัดจากขิงพบว่าสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพทางเนื้อสัมผัสได้เช่นกัน เนื่องจากการใช้สารสกัดจากขิงทำให้เพิ่มค่า pH ของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ให้สูงขึ้นและห่างออกจากค่า isoelectric point ของโปรตีนไมโอฟิบิลลาร์ (pI ประมาณ 5.4) การเพิ่มขึ้นของพลังงาน electrostatics repulsive ภายในโครงสร้างของโปรตีนในเนื้อสัตว์ ทำให้เพิ่มขนาดของช่องว่างระหว่างโปรตีนแอกตินและไมโอซิน และส่งผลให้โมเลกุลน้ำตรึงในโครงสร้างร่างแหของโปรตีนได้มากขึ้น (อังสุมา แก้วคต, 2559) ซึ่ง Ha et al. (2012) รายงานว่าเอนไซม์มีความจำเพาะต่อสารตั้งต้นเช่น เอนไซม์ซินจิเบียน จำเพาะต่อการย่อยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และเอนไซม์ที่มีกิจกรรมการย่อยโปรตีนสูงทำให้เนื้อนุ่มมากที่สุดคือเอนไซม์โบรมีเลน

**4.1.6 เนื้อสัมผัสด้านความยืดหยุ่น (Springiness)**

จากการวิเคราะห์ความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เบตงทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4.1) เนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากสับปะรดมีค่าความยืดหยุ่นเท่ากับ 1.66±0.13 มิลลิเมตร เนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากขิงมีค่าความยืดหยุ่นเท่ากับ 1.94±0.30 มิลลิเมตร เนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากสับปะรดร่วมกับขิงมีค่าความยืดหยุ่นเท่ากับ 1.82±0.34 มิลลิเมตร ส่วนชุดควบคุมมีค่าความยืดหยุ่นเท่ากับ 0.96±0.10 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งค่าความยืดหยุ่น (springiness) มีความสัมพันธ์กับค่าความแข็ง (hardness) ถ้าผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งมาก แสดงว่าผลิตภัณฑ์ไม่มีความยืดหยุ่น จากผลการทดลองพบว่า เนื้อไก่เบตงชุดควบคุมมีค่าความยืดหยุ่นน้อยที่สุดเนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูง 70 องศาเซลเซียสขึ้นไป โครงสร้างของโปรตีนในเนื้อเกิดการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ ทำให้ช่องว่างระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อและรอบๆ

เนื้อเยื่อเกี่ยวพันเอนโดไมเซียมลดลงและมีการหดตัวมากขึ้น มีผลทำให้โครงสร้างอาหารเปลี่ยนแปลงไป ทำให้ความแข็งของเนื้อเพิ่มขึ้น (Barekat & Soltanizadeh, 2017) ส่วนการหมักเนื้อไก่ด้วยสารสกัดจากพืชคือสับปะรดและขิงส่งผลให้เนื้อไก่มีความยืดหยุ่นมากขึ้น เนื่องจากในสับปะรดและขิงเป็นเอนไซม์ประเภทโปรตีเอส มีคุณสมบัติทำให้เนื้อมีความนุ่มขึ้น ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า การหมักด้วยสับปะรดทำให้เนื้อมีความยืดหยุ่นน้อยกว่าการหมักด้วยสารสกัดจากขิงเนื่องจาก เอนไซม์โบรมิเลนในสับปะรดเป็นเอนไซม์ในกลุ่มโปรติเอสที่มีความสามารถในการย่อยโปรตีนและมีกิจกรรมในการย่อยโปรตีนสูง หากใช้ปริมาณและระยะเวลาที่ไม่เหมาะสมอาจส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ภายหลังการปรุงสุกเช่นเนื้อมีความแห้งและเหนียว (Kemp *et al.*, 2010; Ha *et al.*, 2012) สอดคล้องกับ สามารถ สายอุต (2561) ที่กล่าวว่า สับปะรดมีเอนไซม์โบรมีเลนซึ่งเป็นเอนไซม์ในกลุ่มโปรติเอสที่มีความสามารถในการย่อยโมเลกุลของโปรตีนให้เป็นเปปไทด์ที่มีขนาดเล็กลงหรือเป็นกรดอะมิโน โดยเฉพาะโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเก็บรักษาน้ำไว้ในโครงสร้างเกิดการเสียสภาพ หากใช้อุณหภูมิสูงกว่า 90 องศาเซลเซียสเป็นการหยุดการทำงานของเอนไซม์ ส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลงเกิดการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน ทำให้เกิดข้อบกพร่องทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์ได้ ส่วนการหมักด้วยสารสารสกัดจากขิงพบว่า เนื้อไก่ยังมีความยืดหยุ่นและชุ่มฉ่ำ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Keawthong et al. (2021) ที่ศึกษาการใช้สารสกัดพืชในการปรับปรุงคุณภาพเนื้อแพะบาร์บีคิวพบว่าการใช้สารสกัดจากขิงช่วยลดปริมาณการสูญเสียน้ำหนักหลังต้มได้ดีกว่าการใช้สับปะรดเพียงอย่างเดียวในการหมักเนื้อแพะ เนื่องจากค่าพีเอชของสารสกัดจากขิงมีค่าเท่ากับ 6.31±0.01 ส่วนในน้ำสับปะรดมีค่าพีเอชเท่ากับ 3.96±0.01 ซึ่งการใช้สารสกัดจากขิงทำให้เพิ่มค่า pH ของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ให้สูงขึ้นและห่างออกจากค่า isoelectric point ของโปรตีนไมโอฟิบิลลาร์ (pI ประมาณ 5.4)  ส่งผลให้เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ (อังสุมา แก้วคต, 2559) เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของพลังงาน electrostatics repulsive ภายในโครงสร้างของโปรตีนในเนื้อสัตว์ ทำให้เพิ่มขนาดของช่องว่างระหว่างโปรตีนแอกตินและไมโอซิน และส่งผลให้โมเลกุลน้ำตรึงในโครงสร้างร่างแหของโปรตีนได้มากขึ้น เนื้อจะยังคงความนุ่มและชุ่มฉ่ำ

**ตารางที่ 4.1** ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของเนื้อไก่เบตงพร้อมปรุง 4 ชุดการทดลอง

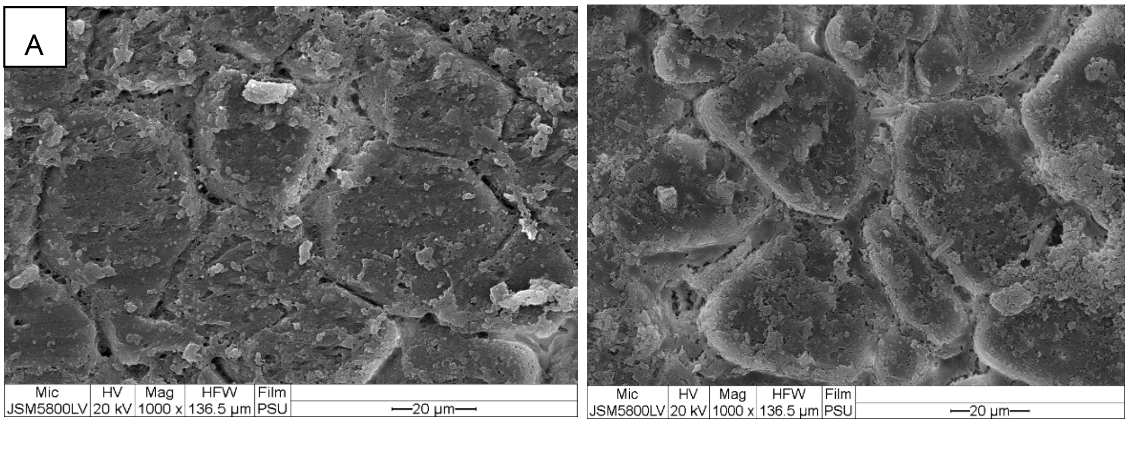
| **คุณสมบัติ** | **ชุดการทดลอง** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | D |
| L* | 48.64±0.84$^{c}$ | 55.11±0.70$^{a}$ | 52.30±0.22$^{b}$ | 54.97±0.88$^{a}$ |
| a* | 2.58±1.27$^{a}$ | 2.07±1.04$^{a}$ | 1.63±1.10$^{b}$ | 1.83±0.90$^{b}$ |
| b* | 10.95±1.00$^{b}$ | 13.50±1.02$^{a}$ | 12.92±1.22$^{a}$ | 13.12±0.80$^{a}$ |
| %cook yield | 51.49±2.04$^{c}$ | 59.24±1.25$^{b}$ | 62.24±1.08$^{a}$ | 61.87±0.88$^{a}$ |
| %cooking loss | 27.83±1.00$^{a}$ | 24.45±1.04$^{b}$ | 21.76±1.28$^{c}$ | 22.59±1.10$^{bc}$ |
| %Water holding capacity | 67.59±1.04$^{c}$ | 74.37±1.02$^{b}$ | 80.49±0.68$^{a}$ | 77.81±1.20$^{ab}$ |
| Hardness (N) | 17.09±1.14$^{a}$ | 8.10±1.02$^{c}$ | 12.39±1.08$^{b}$ | 10.64±1.16$^{b}$ |
| Springiness (mm.) | 0.96±0.10$^{c}$ | 1.66±0.13$^{b}$ | 1.94±0.30$^{a}$ | 1.82±0.34$^{a}$ |

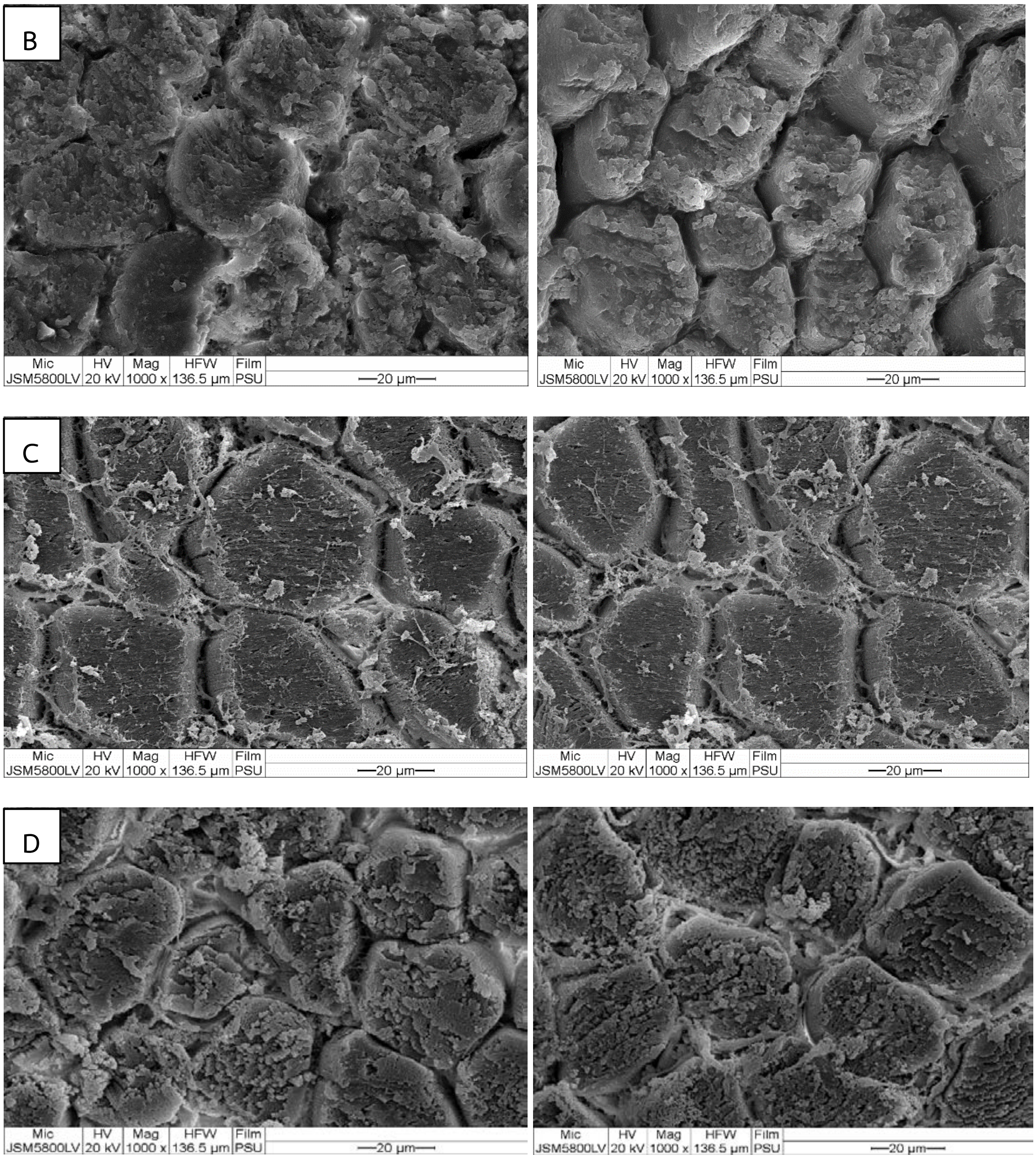
**หมายเหตุ** : ชุดการทดลอง A คือ ชุดควบคุม
ชุดการทดลอง B คือ เนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากสับปะรด
ชุดการทดลอง C คือ เนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากขิง
ชุดการทดลอง D คือ เนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากสับปะรดร่วมกับสารสกัดจากขิง
ตัวอักษร a-c กำกับที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**โครงสร้างระดับจุลภาคของเนื้อไก่เบตง**

การศึกษาโครงสร้างระดับจุลภาคของเนื้อไก่เบตง จากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) ที่กำลังขยาย 1000 เท่า ความกว้างของเส้นใยกล้ามเนื้อเท่ากับ 20 ไมโครเมตร (ภาพที่ 4.2) จากผลการทดลองพบว่า ลักษณะโครงสร้างของเนื้อไก่เบตงที่ไม่ผ่านการหมัก (ชุดควบคุม) เส้นใยกล้ามเนื้อจะมีลักษณะค่อนข้างกลม และเส้นใยกล้ามเนื้อมีลักษณะชิดติดกัน (ภาพ A) เป็นผลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะโครงสร้างของเนื้อออกไก่เบตงเป็นผลเนื่องมาจากเนื้อไก่ได้รับความร้อน ซึ่งการนำเนื้อไก่ไปต้ม (ภาพ A) ทำให้มัดกล้ามเนื้อมีลักษณะชิดติดกันเนื่องจากช่วงอุณหภูมิ 75-85 องศาเซลเซียส เกิดการเพิ่มขึ้นของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อ และช่องว่างระหว่างกล้ามเนื้อมีปริมาณลดลง เมื่อให้ความร้อน 85 องศาเซลเซียสขึ้นไป เกิดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อและเกิดการรวมตัวกันของไมโอไฟบริลลาร์ ส่งผลทำให้เนื้อสัตว์มีความเหนียวและแข็ง (Wattanachant *et al.*, 2005; Zhang & Wu, 2010) สอดคล้องกับสัญชัย จตุรสิทธา (2555) รายงานว่าการปรุงอาหารให้สุกด้วยความร้อนนั้น อุณหภูมิเริ่มแรกที่ประมาณ 55 องศาเซลเซียส จะทำให้เส้นใยโปรตีนเสียสภาพ (denature) และขดตัวรวมกัน เกิดโครงสร้างของเส้นใยโปรตีนที่แน่นขึ้น และความยาวของซาโครเมียร์สั้นลง เมื่อให้ความร้อนสูงขึ้น (มากกว่า 60 องศาเซลเซียส) เป็นผลให้คอลลาเจนหดตัวลงไปถึง 1/3 ของความยาวปกติซึ่งผลของการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำที่อยู่ในเนื้อ ทำให้เนื้อแห้งและแข็ง ลักษณะโครงสร้างของเนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากสับปะรดพบว่า เส้นใยกล้ามเนื้อมีลักษณะเป็นรูพรุน สามารถสังเกตเห็นลักษณะช่องว่าง

ระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อได้ชัดเจน (ภาพ B) ลักษณะโครงสร้างของเนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากขิง (ภาพ C) พบว่า สามารถสังเกตเห็นลักษณะเส้นใยกล้ามเนื้อและลักษณะช่องว่างระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อมีลักษณะชิดติดกัน ส่วนลักษณะโครงสร้างของเนื้อไก่ เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากสับปะรดร่วมกับขิง (ภาพ D) พบว่า เส้นใยกล้ามเนื้อมีลักษณะเป็นรูพรุน และลักษณะช่องว่างระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อมีลักษณะชิดติดกัน ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแข็งที่พบว่า การหมักด้วยสับประรดเนื้อมีความแข็งน้อยกว่าหมักด้วยสารสกัดสับประรดร่วมกับขิง และการหมักด้วยสารสกัดจากขิง เนื่องจากเอนไซม์โบรมิเลนในสับปะรดเป็นเอนไซม์ในกลุ่มโปรติเอสที่มีความสามารถในการย่อยโปรตีนและมีกิจกรรมในการย่อยโปรตีนสูง โดยเฉพาะโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเก็บรักษาน้ำไว้ในโครงสร้างเกิดการเสียสภาพ ดังนั้นหากใช้ปริมาณและระยะเวลาที่ไม่เหมาะสมอาจส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ภายหลังการปรุงสุกเช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลงจนเนื้อมีความแห้งและเหนียว (Kemp *et al.*, 2010; Ha *et al.*, 2012) ส่วนการใช้สารสกัดจากขิงพบว่า มีคุณสมบัติในการทำให้เนื้อนุ่มเช่นเดียวกับการใช้สารสกัดจากสับปะรดแต่ลักษณะของเนื้อไม่ยุ่ยเหมือนกับการหมักด้วยสับปะรดเนื่องจาก ค่าพีเอชของสารสกัดจากขิงมีค่าเท่ากับ 6.31±0.01 ส่วนในน้ำสับปะรดมีค่าพีเอชเท่ากับ 3.96±0.01 ซึ่งการใช้สารสกัดจากขิงทำให้เพิ่มค่า pH ของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ให้สูงขึ้นและห่างออกจากค่า isoelectric point ของโปรตีนไมโอฟิบิลลาร์ (pI ประมาณ 5.4) การเพิ่มขึ้นของพลังงาน electrostatics repulsiveภายในโครงสร้างของโปรตีนในเนื้อสัตว์ ทำให้เพิ่มขนาดของช่องว่างระหว่างโปรตีนแอกตินและไมโอซิน และส่งผลให้โมเลกุลน้ำตรึงในโครงสร้างร่างแหของโปรตีนได้มากขึ้น (อังสุมา แก้วคต, 2559) ซึ่ง Ha et al. (2012) รายงานว่า เอนไซม์มีความจำเพาะต่อสารตั้งต้นเช่น เอนไซม์ซินจิเบียน จำเพาะต่อการย่อยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และเอนไซม์ที่มีกิจกรรมการย่อยโปรตีนสูงทำให้เนื้อนุ่มมากที่สุดคือเอนไซม์โบรมีเลน ซึ่งเอนไซม์โบรมิเลนในสับปะรดมีลักษณะเป็นไกลโคโปรตีน (glycoprotein) สามารถเร่งปฏิกิริยาการย่อยโมเลกุล จัดอยู่ในกลุ่มของเอนไซม์ ประเภทที่มีกลุ่มซัลไฟดริล มีคุณสมบัติในการย่อยได้ของโปรตีนในเนื้อสัตว์ ย่อยอาหารทั้งในสภาวะกรดและ ด่าง เอนไซม์มี ความจำเพาะต่อสารตั้งต้น จำเพาะต่อการย่อยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและเอนไซม์ที่มีกิจกรรมการย่อยโปรตีนสูง ทำให้เนื้อนุ่มมากที่สุด นอกจากนี้เอนไซม์โบรมิเลนยังสามารถเร่งการย่อยสารพวกเอมีน (amine) ของ กรดอะมิโนและเปปไทด์ได้ด้วย (กาญจนาพร และคณะ, 2561; ภูธฤทธิ์ วิทยาพัฒนานุรักษ์ รักษาศิริ และคณะ, 2563)






**ภาพที่ 4.2** โครงสร้างระดับจุลภาคของเนื้อไก่เบตงต้ม (กำลังขยาย 1,000 เท่า) ชุดการทดลอง A คือ ชุดควบคุม ชุดการทดลอง B คือ เนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากสับปะรด ชุดการทดลอง C คือ เนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากขิง ชุดการทดลอง D คือ เนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากสับปะรดร่วมกับสารสกัดจากขิง

**การทดสอบทางประสาทสัมผัส**

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสเนื้อไก่เบตงต้มทั้ง 4 ชุดการทดลองคือ ชุดการทดลองที่ 1 คือ ชุดควบคุม ชุดการทดลองที่ 2 คือ หมักไก่โดยใช้สารสกัดจากสับปะรด อัตราส่วนเนื้อไก่ต่อสารสกัดจากสับปะรดคือ 1:2 หมักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที  ชุดการทดลองที่ 3 คือ หมักไก่โดยใช้สารสกัดจากขิง อัตราส่วนเนื้อไก่ต่อสารสกัดจากขิงคือ 1:2 หมักไก่ หมักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที  และชุดการทดลองที่ 4 คือ หมักไก่โดยใช้สารสกัดจากสับปะรดร่วมกับสารสกัดจากขิง ใช้อัตราส่วนสารสกัดจากสับปะรดต่อสารสกัดจากขิงคือ 1:1 จากนั้นนำมาหมักไก่ อัตราส่วนเนื้อไก่ต่อสารสกัดจากสับปะรดคือ 1:2 หมักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำเนื้อไก่ทั้ง 4 ชุดการทดลอง ที่ผ่านการหมักจนครบเวลาไปล้างน้ำ แล้วนำไปนึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที (วัดอุณหภูมิของเนื้อไก่ให้ได้ประมาณ 85 องศาเซลเซียส) ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบทดสอบแบบ 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ที่ประเมินในด้าน สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวม ให้ผลการทดลองดังนี้

**ด้านสี** พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เบตงชุดควบคุม เนื้อไก่เบตงหมักด้วยสารสกัดจากสับปะรด  เนื้อไก่เบตงหมักด้วยสารสกัดจากขิง และเนื้อไก่เบตงหมักด้วยสารสกัดจากสับปะรดร่วมกับขิงเท่ากับ 6.44±0.82, 7.06±0.63, 7.00±0.73  และ 7.06±0.94 คะแนนตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) จากผลการทดลองพบว่า การหมักเนื้อไก่เบตงด้วยสารสกัดจากพืช (ชุดการทดลอง B, C และ D) ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสีแตกต่างจากชุดควบคุม (ชุดการทดลอง A) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)  โดยทั่วไปการเปลี่ยนสีของเนื้อสัตว์เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ของ Oxymyoglobin ไปเป็น Metmyoglobin ทำให้เนื้อมีสีคล้ำ (Kaewthong *et al.*, 2021) หรือการให้ความร้อน ซึ่ง Gonzalezs-Fandos *et al.*, (2005) ได้อธิบายการเปลี่ยนสีของเนื้อสัตว์เนื่องจากความร้อนว่า การใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า 70 องศาเซลเซียส ในการปรุงอาหาร จะทำให้พันธะไฮโดรเจนระหว่างสายโพลีเปปไทด์ถูกทำลาย มีผลให้โครงสร้างทางเคมีเปลี่ยนไป นอกจากนี้กรณีการสุกของเนื้อสัตว์มีผลเกี่ยวข้องกับการที่โครงสร้างเกิดการคลายตัว (unfolded) และเกิดการตกตะกอนของโปรตีน ทำให้มีสีที่เปลี่ยนแปลงไปและผันกลับไม่ได้ โดยมีการเปลี่ยนสีจากลักษณะใสเป็นลักษณะทึบสีขาวขุ่นและมีลักษณะเป็นเจลแข็งตัวมากขึ้น จากผลการทดลองพบว่า การนำเนื้อไปผ่านกระบวนการหมักจะช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านสีของเนื้อสัตว์ คือ ช่วยชะลอการเปลี่ยนสีในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เนื่องจากความเป็นกรดในสับปะรดและขิงทำให้ไมโอไฟบริลาร์โปรตีนเสียสภาพ ชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไมโอโกลบินจาก $Fe^{++}$ (ferrous) เป็น $Fe^{+++}$ (ferric) จึงทำให้เนื้อสัตว์เกิดสีคล้ำน้อยกว่าเนื้อสัตว์ที่ไม่ผ่านการหมัก (Putra *et al.*, 2019)

**ด้านกลิ่น** พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เบตงชุดควบคุม เนื้อไก่เบตงหมักด้วยสารสกัดจากสับปะรด  เนื้อไก่เบตงหมักด้วยสารสกัดจากขิง และเนื้อไก่เบตงหมักด้วยสารสกัดจากสับปะรดร่วมกับขิงเท่ากับ6.14±0.87, 6.74±0.42, 6.96±0.98 และ 7.04±0.86 คะแนนตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) จากผลการทดลองพบว่า การหมักเนื้อไก่เบตงด้วยสับปะรด การหมักเนื้อไก่เบตงด้วยขิง  และการหมักเนื้อไก่เบตงด้วยสับปะรดร่วมกับขิง ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการประเมินคุณลักษณะทางด้านกลิ่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เมื่อเทียบกับชุดควบคุม เนื่องจากส่วนในสับปะรดมีสาร methyl hexanoate, ethyl 3- (methylthio) propanoate และ 1,3,5-undecatriene ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นรสเฉพาะ นิยมใช้สับปะรดในการหมักเนื้อสัตว์เพื่อให้เนื้อมีความนุ่ม (เศรษฐศิลป์ อัมมวรรธน์ และคณะ., 2562) ส่วนในขิงมีสารซิงจิเบอรีน (Zingiberene) ซิงจิเบอรอล (Zingiberol) ซึ่งให้กลิ่นเฉพาะตัว เมื่อนำมาปรุงอาหารจะช่วยเพิ่มรสชาติของอาหาร ช่วยดับกลิ่นคาวในเนื้อสัตว์ และยับยั้งเชื้อไวรัสในสัตว์ปีก (พิริญญา วงศ์วิวัฒน์ และคณะ., 2550; Panpipat *et al*., 2020) ซึ่งสารสกัดจากธรรมชาติทั้ง 2 ชนิดนี้ควรใส่ในปริมาณที่เหมาะสมเมื่อนำเนื้อสัตว์ไปปรุงอาหาร ซึ่งหากใส่ในปริมาณที่มากเกินไปก็ส่งผลให้เนื้อสัตว์มีกลิ่นที่ไม่น่ารับประทาน

**ด้านเนื้อสัมผัส** พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เบตงชุดควบคุม เนื้อไก่เบตงหมักด้วยสารสกัดจากสับปะรด เนื้อไก่เบตงหมักด้วยสารสกัดจากขิง และเนื้อไก่เบตงหมักด้วยสารสกัดจากสับปะรดร่วมกับขิงเท่ากับ 5.26±1.22, 6.80±0.99, 7.00±0.95 และ 7.26±0.68 คะแนนตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) จากผลการทดลองพบว่า การหมักเนื้อไก่เบตงด้วยสับประรด การหมักเนื้อไก่เบตงด้วยขิง และการหมักเนื้อไก่เบตงด้วยสับประรดร่วมกับขิง ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการประเมินคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ผู้ทดสอบชิมให้ข้อเสนอแนะว่าชุดการทดลองที่ 2 (เนื้อไก่เบตงหมักด้วยสารสกัดจากสับปะรด) เนื้อจะค่อนข้างแห้งและเหนียว ซึ่งอาจเป็นผลมาจากระยะเวลาในการหมักที่ไม่เหมาะสม โดยเอนไซม์โบรมิเลนในสับปะรดเป็นเอนไซม์ในกลุ่มโปรติเอสที่มีความสามารถในการย่อยโปรตีนและมีกิจกรรมในการย่อยโปรตีนสูงดังนั้นหากใช้ปริมาณและระยะเวลาที่ไม่เหมาะสมอาจส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ภายหลังการปรุงสุกเช่น เนื้อมีความแห้งและเหนียว (Kemp *et al.*, 2010; Ha *et al.*, 2012) ส่วนการหมักเนื้อไก่เบตงด้วยสารสกัดจากขิง และสารสกัดสับปะรดร่วมกับขิง ผู้ทดสอบชิมให้ข้อเสนอแนะว่า เนื้อค่อนข้างนุ่ม กัดแล้วรู้สึกว่าฉ่ำน้ำ โดยผลการทดลองที่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกับปริมาณการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนที่เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าการหมักอกไก่ด้วยสับปะรดเพียงอย่างเดียว อาจเป็นผลมาจากเนื่องจากการใช้สารสกัดจากขิงทำให้เพิ่มค่า pH ของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ให้สูงขึ้นและห่างออกจากค่า isoelectric point ของโปรตีนไมโอฟิบิลลาร์ (pI ประมาณ 5.4) ส่งผลให้เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ (อังสุมา แก้วคต, 2559) เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของพลังงาน electrostatics repulsive ภายในโครงสร้างของโปรตีนในเนื้อสัตว์ ทำให้เพิ่มขนาดของช่องว่างระหว่างโปรตีนแอกตินและไมโอซิน และส่งผลให้โมเลกุลน้ำตรึงในโครงสร้างร่างแหของโปรตีนได้มากขึ้น ส่งผลเนื้อสัมผัสยังคงชุ่มฉ่ำ ไม่แห้ง แข็ง

**ด้านรสชาติ** พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เบตงชุดควบคุม เนื้อไก่เบตงหมักด้วยสารสกัดจากสับปะรด เนื้อไก่เบตงหมักด้วยสารสกัดจากขิง และเนื้อไก่เบตงหมักด้วยสารสกัดจากสับปะรดร่วมกับขิงเท่ากับ 5.60±1.24, 6.86±0.90, 6.90±0.76 และ 7.00±1.01 คะแนนตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) จากผลการทดลองพบว่า การหมักเนื้อไก่เบตงด้วยสับประรด การหมักเนื้อไก่เบตงด้วยขิง และการหมักเนื้อไก่เบตงด้วยสับประรดร่วมกับขิง

ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการประเมินคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งการหมักไก่เบตงด้วยสารสกัดจากสับปะรดผู้ทดสอบชิมให้ข้อเสนอแนะว่ามีรสชาติหวานอมเปรี้ยว ซึ่งน่าจะมาจากรสชาติของน้ำสับปะรดที่ใช้หมัก สอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากสับปะรดในการหมักเนื้อแกะโดยพบว่า การใช้เอนไซม์โบรมิเลนจากสับปะรดนอกจากช่วยย่อยโปรตีนในเนื้อทำให้เนื้อแกะนุ่มขึ้นแล้ว ยังมีกลิ่นหอมและรสหวานอมเปรี้ยวชวนรับประทานกว่าเนื้อแกะที่ไม่ผ่านกระบวนการหมัก (สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ และคณะ., 2563) ส่วนการหมักไก่เบตงด้วยสารสกัดจากขิงรสชาติจะเผ็ดร้อน ซึ่งในสารสกัดจากขิงซิงจิเบอรีน (Zingiberene) ซิงจิเบอรอล (Zingiberol) ซึ่งให้กลิ่นเฉพาะตัว เมื่อนำมาปรุงอาหารจะช่วยเพิ่มรสชาติของอาหาร ช่วยดับกลิ่นคาวในเนื้อสัตว์ (Panpipat *et al*., 2020) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Putra *et al*., (2019) ที่ศึกษาการใช้สารสกัดจากขิงในการหมักเนื้อแพะพบว่า เอนไซม์ซิงจิเบอรีนในขิงมีคุณสมบัติช่วยในการทำให้เนื้อนุ่ม ช่วยลดกลิ่นผิดปกติจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งการหมักเนื้อไก่เบตงด้วยสารสกัดจากสับปะรดร่วมกับขิง ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนด้านรสชาติสูงสุด ซึ่งเป็นรสชาติที่ลงตัวเมื่อนำมาใช้ในการหมักไก่เบตง โดยได้รับคะแนนด้านรสชาติเท่ากับ 7.00±1.01 คะแนน

**ด้านความชอบรวม** พบว่า การหมักไก่ด้วยสารสกัดจากพืช ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนคุณลักษณะด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และรสชาติ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งเป็นผลมาจากคุณสมบัติของสารสกัดจากพืชที่นำมาใช้ในการหมักไก่เบตง คือ สับปะรดมีสาร methyl hexanoate, ethyl 3- (methylthio) propanoate และ 1,3,5-undecatriene ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นรสเฉพาะ นิยมใช้สับปะรดในการหมักเนื้อสัตว์เพื่อให้เนื้อมีความนุ่มและมีรสหวานอมเปรี้ยวชวนรับประทาน (เศรษฐศิลป์ อัมมวรรธน์ และคณะ., 2562) ส่วนในขิงมีสารซิงจิเบอรีน (Zingiberene) ซิงจิเบอรอล (Zingiberol) ซึ่งให้กลิ่นเฉพาะตัว เมื่อนำมาปรุงอาหารจะช่วยเพิ่มรสชาติของอาหาร และช่วยดับกลิ่นคาวในเนื้อสัตว์ (พิริญญา วงศ์วิวัฒน์และคณะ., 2550; Panpipat *et al*., 2020) จากผลการทดลองพบว่า การหมักไก่เบตงด้วยสารสกัดจากสับปะรดร่วมกับขิง ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบรวมสูงสุดคือ 7.20±0.32 คะแนน

**ตารางที่ 4.2** คุณภาพทางประสาทสัมผัสของไก่เบตงต้มพร้อมปรุง 4 ชุดการทดลอง

| คุณสมบัติ | ชุดการทดลอง | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | D |
| สี | 6.44±0.82$^{b}$ | 7.06±0.63$^{a}$ | 7.00±0.73$^{a}$ | 7.06±0.94$^{a}$ |
| กลิ่น | 6.14±0.87$^{b}$ | 6.74±0.42$^{a}$ | 6.96±0.98$^{a}$ | 7.04±0.86$^{a}$ |
| เนื้อสัมผัส | 5.26±1.22$^{c}$ | 6.80±0.99$^{b}$ | 7.00±095$^{ab}$ | 7.26±0.68$^{a}$ |
| รสชาติ | 5.60±1.24$^{b}$ | 6.86±0.90$^{a}$ | 6.90±0.76$^{a}$ | 7.00±1.01$^{a}$ |
| ความชอบรวม | 6.20±0.57$^{c}$ | 6.74±0.63$^{b}$ | 6.90±0.52$^{b}$ | 7.20±0.32$^{a}$ |

**หมายเหตุ** : ชุดการทดลอง A คือ ชุดควบคุม

ชุดการทดลอง B คือ เนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากสับปะรด

ชุดการทดลอง C คือ เนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากขิง

ชุดการทดลอง D คือ เนื้อไก่เบตงที่หมักด้วยสารสกัดจากสับปะรดร่วมกับสารสกัดจากขิง

ตัวอักษร a-c กำกับที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เมื่อพิจารณาจากคุณภาพทางกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสพบว่า การหมักไก่ด้วยด้วยสารสกัดจากสับปะรดร่วมกับสารสกัดจากขิง ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวมสูงสุด ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะนุ่มและฉ่ำน้ำ โดยมีค่า L* a* b* เท่ากับ 54.97, 1.83 และ 13.12 มีการสูญเสียน้ำหนักหลังต้ม ปริมาณผลผลิตและความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับร้อยละ 22.59, 61.87 และ 77.81 มีค่าความแข็งและความยืดหยุ่นเท่ากับ 10.64 นิวตัน และ 1.04 มิลลิเมตร ตามลำดับ จึงนำกระบวนการดังกล่าวไปศึกษาในข้อต่อไป

## 4.2 ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ไก่เบตงพร้อมปรุง

นำเนื้อไก่เบตงที่ผ่านการคัดเลือก มาศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป โดยผลิตเป็นไก่เบตงสับใช้สูตรน้ำราดไก่เบตงสับจากงานวิจัยของ มีนา ระเด่นอาหมัด และคณะ, (2561) จากนั้นนำมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคแบบ Central Location Test ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 200 คน แบบทดสอบแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ข้อมูลเกี่ยวกับผู้บริโภค ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภค และข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ โดยให้คะแนนความชอบ 5 ระดับคะแนน (5-point Hedonic Scale)

### 4.2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้บริโภค

จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 200 คน พบว่า ผู้บริโภคเป็นเพศชายคิดเป็นร้อยละ 33 เป็นเพศหญิงร้อยละ 67 อายุระหว่าง 20-29 ปี มากที่สุดร้อยละ 44 อาชีพนักเรียนและนักศึกษา มากที่สุดร้อยละ 32 รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ต่ำกว่า 10,000 บาท มากที่สุดร้อยละ 55 แสดงดังตารางที่ 4.3

**ตารางที่ 4.3** ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้บริโภคที่มีต่อไก่เบตงสับ

| ข้อมูลทั่วไป | ร้อยละ |
|---|---|
| เพศ | |
| - ชาย | 33 |
| - หญิง | 67 |
| อายุ | |
| - ต่ำกว่า 20 ปี | 26 |
| - 20-29 ปี | 44 |
| - 30-39 ปี | 13 |
| - 40-49 ปี | 10 |
| - 50 ปีขึ้นไป | 7 |
| อาชีพ | |
| - นักเรียน/นักศึกษา | 32 |
| - ประกอบธุรกิจส่วนตัว | 25 |
| - พนักงานบริษัทเอกชน | 7 |
| - รับราชการ | 8 |
| - พนักงานรัฐวิสาหกิจ | 3 |
| - อื่นๆ (พนักงานมหาวิทยาลัย พนักงานราชการ เจ้าหน้าที่โครงการจ้างเหมา) | 25 |
| รายได้เฉลี่ยต่อเดือน | |
| - ต่ำกว่า 10,000 บาท | 55 |
| - 10,000 – 19,999 บาท | 29 |
| - 20,000 – 29,999 บาท | 10 |
| - 30,000 – 39,999 บาท | 3 |
| - 40,000 – 49,999 บาท | 2 |
| - 50,000 บาท ขึ้นไป | 1 |

**4.2.2 พฤติกรรมการบริโภคไก่เบตงสับ**

จากการสำรวจพฤติกรรมการบริโภคที่มีต่อไก่สับจำนวน 200 คน พบว่า รู้จักข้าวมันไก่/ไก่สับคิดเป็นร้อยละ 99 ชอบรับประทานข้าวมันไก่/ไก่สับ คิดเป็นร้อยละ 93 เลือกซื้อข้าวมันไก่/ไก่สับจากร้านอาหาร มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 44 เกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกรับประทานข้าวมันไก่/ไก่สับคือ รสชาติดี คิดเป็นร้อยละ 70 ความถี่ในการเลือกรับประทานข้าวมันไก่/ไก่สับ 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 54 รับประทานข้าวมันไก่/ไก่สับเป็นอาหารมื้อเช้า มากที่สุดร้อยละ 40 ผู้บริโภครับประทานไก่เบตง ร้อยละ 89 หากมีการผลิตไก่สับ/ข้าวมันไก่เบตงเพื่อจัดจำหน่ายผู้บริโภคส่วนใหญ่จะซื้อผลิตภัณฑ์คิดเป็นร้อยละ 86 แสดงดังตารางที่ 4.4

**ตารางที่ 4.4** ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคไก่เบตงสับ

| ข้อมูลทั่วไป | ร้อยละ |
|---|---|
| 1.คุณรู้จักไก่สับ/ข้าวมันไก่หรือไม่ (ถ้าไม่รู้จักข้ามไปทำข้อ 2,3) | |
| - รู้จัก | 99 |
| - ไม่รู้จัก | 1 |
| 1.1 คุณชอบรับประทานไก่สับ/ข้าวมันไก่หรือไม่ | |
| - ชอบ | 93 |
| - ไม่ชอบ | 7 |
| 1.2 คุณสามารถเลือกซื้อไก่สับ/ข้าวมันไก่จากที่ใด | |
| - ตลาด | 39 |
| - ร้านอาหาร | 54 |
| - ภัตตาคาร | 7 |
| - อื่นๆ ................ | 0 |
| 1.3 เกณฑ์ที่คุณใช้ในการเลือกรับประทานไก่สับ/ข้าวมันไก่ คือ | |
| - รสชาติดี | 70 |
| - มีวางขายทั่วไป | 20 |
| - ราคาไม่แพง | 10 |
| - อื่นๆ ................ | 0 |

**ตารางที่ 4.4** ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคไก่เบตงสับ (ต่อ)

| ข้อมูลทั่วไป | ร้อยละ |
|---|---|
| 1.4 ความถี่ในการเลือกรับประทานไก่สับ/ข้าวมันไก่ | |
| - 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ | 54 |
| - 3-4 ครั้งต่อสัปดาห์ | 12 |
| - มากกว่า 6 ครั้งต่อสัปดาห์ | 5 |
| - 2-3 ครั้งต่อเดือน | 29 |
| 1.5 ท่านรับประทานไก่สับ/ข้าวมันไก่เป็นอาหารมื้อใด | |
| - มื้อเช้า | 40 |
| - มื้อเที่ยง | 29 |
| - มื้อเย็น | 31 |
| 2. ท่านรับประทานไก่เบตงหรือไม่ | |
| - รับประทาน | 89 |
| - ไม่รับประทาน | 11 |
| 3. หากมีการผลิตไก่สับ/ข้าวมันไก่เบตง เพื่อจำหน่ายในราคา 60-100 บาท คุณคิดว่าจะซื้อหรือไม่ | |
| - ซื้อ | 86 |
| - ไม่ซื้อ | 14 |
| - ไม่แน่ใจ | 0 |

**4.2.3 ผลของทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อไก่เบตงสับ**

ผลการทดสอบทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไก่เบตงสับ จำนวน 200 คน โดยให้ผู้บริโภครับประทานพร้อมข้าว ใช้แบบทดสอบ 5-Point Hedonic Scale กำหนดให้ 1 หมายถึง ไม่ดีมาก 2 หมายถึง ไม่ดี 3 หมายถึง เฉย ๆ 4 หมายถึง ดี และ 5 หมายถึง ดีมาก พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนด้านทัศนคติทางด้านปัจจัยคุณภาพที่มีต่อข้าวมันไก่เบตงเฉลี่ย เท่ากับ 4.22 และโดยส่วนใหญ่ผู้บริโภคให้คะแนนด้านปัจจัยคุณภาพของข้าวมันไก่เบตงอยู่ในระดับ 4 คือ ดี  ดังแสดงในตารางที่ 4.5

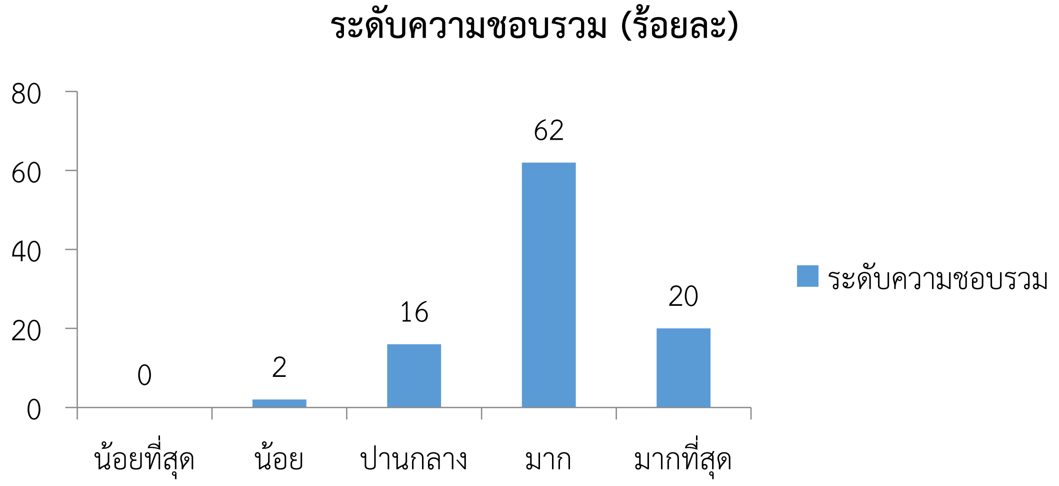
**ตารางที่ 4.5** ข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไก่สับ/ข้าวมันไก่เบตง

| ปัจจัยคุณภาพ/ลำดับ | ผู้ทดสอบ (N=100) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **ค่าเฉลี่ย** |
| **ข้าว** | | | | | | |
| **เม็ดสวย** | 0 | 0 | 8 | 56 | 36 | 4.28 |
| **ความนุ่ม** | 0 | 0 | 13 | 54 | 33 | 4.2 |
| **ความมัน** | 0 | 0 | 18 | 53 | 29 | 4.11 |
| **ความสะอาด** | 0 | 0 | 8 | 51 | 41 | 4.33 |
| **ความอร่อย** | 0 | 0 | 11 | 45 | 44 | 4.33 |
| **เนื้อไก่** | | | | | | |
| **ความนุ่ม** | 0 | 1 | 22 | 62 | 15 | 3.91 |
| **ความอร่อย** | 0 | 0 | 21 | 62 | 17 | 3.96 |
| **น้ำจิ้ม** | | | | | | |
| **เข้มข้น** | 0 | 1 | 11 | 40 | 48 | 4.35 |
| **กลมกล่อม** | 0 | 0 | 9 | 43 | 48 | 4.39 |
| **ความอร่อย** | 0 | 0 | 13 | 39 | 48 | 4.35 |
| **ค่าเฉลี่ย** | | | | | | 4.22 |

จากข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไก่เบตงสับ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสำคัญในเรื่องของความสะอาดและความอร่อยเป็นหลัก ทั้งข้าว เนื้อไก่ และน้ำจิ้ม จากข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า ความสะอาด รสชาติ/ความอร่อยของไก่เบตงสับมีความสำคัญค่อนข้างมากต่อการตัดสินใจซื้อ ดังนั้นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ จึงต้องมุ่งเน้นในเรื่องของความสะอาดและความอร่อยเป็นสำคัญ

**4.2.4 ผลการยอมรับผลิตภัณฑ์ไก่สับ/ข้าวมันไก่เบตง**

ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อไก่สับ/ข้าวมันไก่เบตงจำนวน 200 คน โดยใช้แบบทดสอบ 5-Point Hedonic Scale กำหนดให้ 1 หมายถึง น้อยที่สุด 2 หมายถึง น้อย 3 หมายถึง ปานกลาง 4 หมายถึง มาก และ 5 หมายถึง มากที่สุด พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ข้าวมันไก่เบตงในระดับมากถึงมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 82 แสดงดังภาพที่ 4.1




**ภาพที่ 4.3** การยอมรับของผู้บริโภคต่อไก่สับ/ข้าวมันไก่เบตง

## 4.3 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไก่เบตงพร้อมปรุง

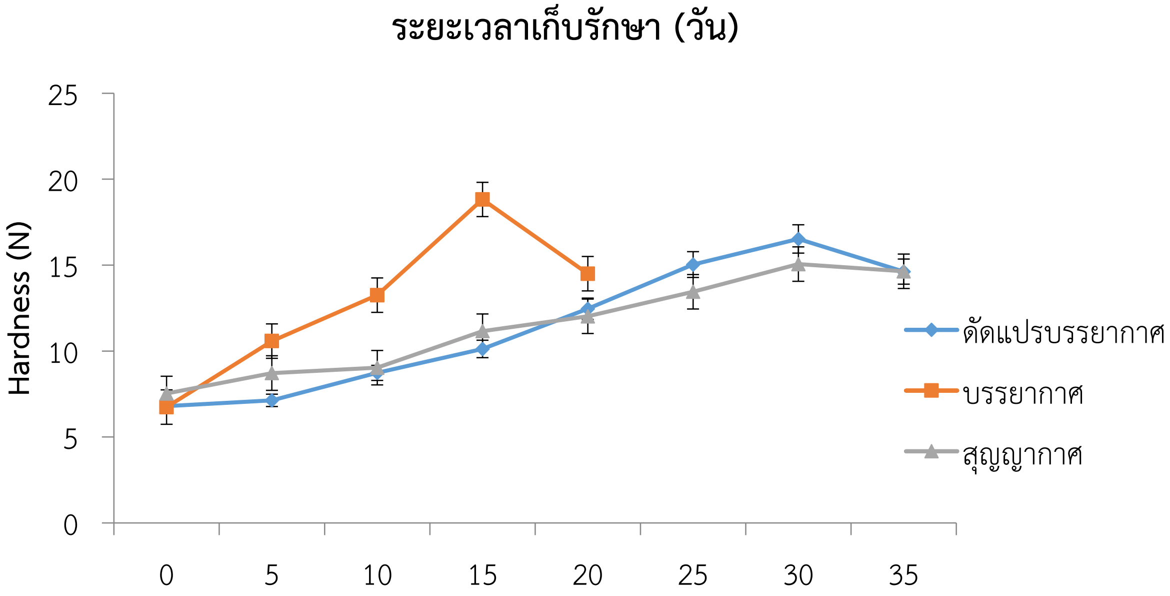
นำผลิตภัณฑ์ไก่เบตงที่ได้ผ่านการหมักด้วยสารสกัดจากสับปะรดร่วมกับสารสกัดจากขิง มาบรรจุในถุงพลาสติกชนิด low density polypropylene (LDPE) ขนาด 6x9 นิ้ว ศึกษาสภาวะการบรรจุและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไก่เบตงพร้อมปรุง 3 สภาวะคือ 1) สภาวะบรรยากาศ 2) สภาวะสุญญากาศ และ 3) สภาวะดัดแปรบรรยากาศ 50%$O_2$ :25%$CO_2$ : 25%$N_2$ (Ferdaous & Maria, 2016) นำผลิตภัณฑ์มาเก็บรักษาในสภาวะเย็น (4±2 องศาเซลเซียส) จากนั้นตรวจสอบคุณภาพทุก 5 วัน เป็นเวลา 40 วันหรือจนกระทั่งตัวอย่างเสีย/ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค วิเคราะห์สมบัติ ดังนี้

## ผลการวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ

### การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

#### ความแข็ง (Hardness)

ผลการวิเคราะห์ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ไก่เบตงต้มพร้อมปรุงทั้ง 3 สภาวะคือ 1) สภาวะบรรยากาศ 2) สภาวะสุญญากาศ และ 3) สภาวะดัดแปรบรรยากาศ 50%$O_2$ : 25%$CO_2$ : 25%$N_2$ เก็บรักษาในสภาวะเย็น (4±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 40 วัน พบว่า บรรจุแบบสภาวะบรรยากาศมีค่าความแข็งเริ่มต้นเท่ากับ 6.74 N เมื่อผ่านไป 20 วัน มีค่า มีค่าความแข็งเท่ากับ 14.5 N การบรรจุแบบสภาวะสุญญากาศ มีค่าความแข็งเริ่มต้นเท่ากับ 6.88 N เมื่อผ่านไป 35 วัน มีค่า มีค่าความแข็งเท่ากับ 14.64 N ส่วนการบรรจุแบบสภาวะดัดแปรบรรยากาศ มีค่าความแข็งเริ่มต้นเท่ากับ 6.80 N เมื่อผ่านไป 35 วัน มีค่า มีค่าความแข็งเท่ากับ 14.62 N ตามลำดับ ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อความแข็งของเนื้อมี 2 ปัจจัยคือ 1) วิธีการแปรรูปซึ่งเป็นการให้ความร้อนโดยตรง ซึ่งวิธีดังกล่าวมีผลทำให้โปรตีนไมโอไฟบริล (myofibril) เกิดการเสียสภาพตามธรรมชาติ (โสรยา เกิดพิบูล, 2558) ส่งผลให้เนื้อไก่มีลักษณะแห้งและแข็งมากขึ้น สอดคล้องกับ Kaur *et al*., (2020) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าสี เนื้อสัมผัส และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเนื้อสเต๊ก พบว่า การให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์โดยตรง มีผลทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพ เกิดการตกตะกอนในระหว่างการให้ความร้อน เมื่อให้ความร้อนสูงจะทำให้เนื้อสัมผัสแห้งและแข็งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค 2) ชนิดของบรรจุภัณฑ์ โดยพบว่า การบรรจุในสภาวะบรรยากาศพบว่า ไก่เบตงมีความแข็งเพิ่มขึ้นในช่วง 15 วันของการเก็บรักษาแต่หลังจากนั้นค่าความแข็งจะลดลงเนื่องจากสภาวะดังกล่าวเป็นสภาวะที่เอื้อต่อการเจริญของจุลินทรีย์ จึงทำให้มีจำนวนจุลินทรีย์มากกว่าการเก็บรักษาในสภาวะดัดแปรบรรยากาศและสุญญากาศ ดังนั้นจึงมีการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์มากกว่าการเก็บรักษา ในสภาวะบรรยากาศอื่นๆ ซึ่งจะส่งผลทำให้เนื้อสัมผัสของเนื้อไก่มีความนิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ส่วนการบรรจุแบบดัดแปรบรรยากาศทำให้เนื้อไก่มีความแข็งเพิ่มขึ้นในช่วง 30 วันของการเก็บรักษาเนื่องจาก $CO_2$ มีผลทำให้โปรตีนในเนื้อไก่เสียสภาพธรรมชาติ ทำให้เนื้อไก่มีการสูญเสียน้ำและมีเนื้อสัมผัสที่แน่นขึ้น หลังจากนั้นเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่ก็จะมีความแข็งลดลงเนื่องจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ส่วนการการบรรจุแบบสุญญากาศก็ให้ผลในทำนองเดียวกันคือ ในช่วง 30 วันแรกเนื้อไก่จะมีความแข็งมากขึ้นเนื่องจากเกิดแรงบีบอัดระหว่างถุงกับเนื้อไก่ แต่หลังจากนั้นความแข็งก็จะลดลงเนื่องจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งสภาวะบรรยากาศ เป็นสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนสูงสุด เนื่องจากเป็นสภาวะที่เอื้อต่อการเจริญของจุลินทรีย์ จึงเกิดการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์อย่างรวดเร็ว ส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่เบตงพร้อมปรุง ซึ่งเนื้อสัมผัสจะเปลี่ยนแปลงเร็วกว่าการเก็บรักษาที่สภาวะอื่นๆ

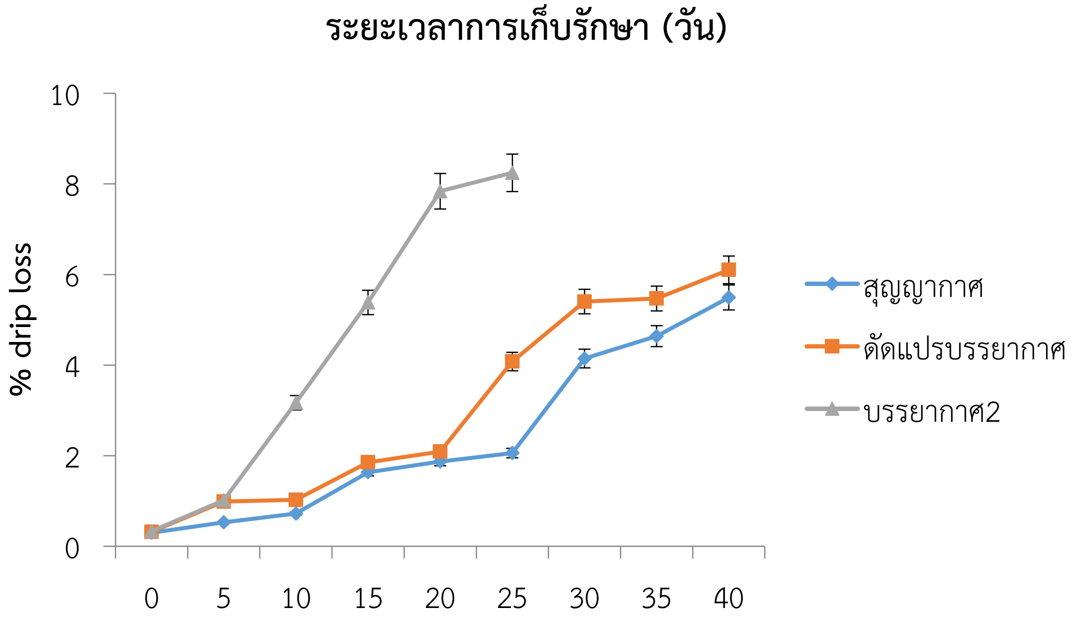



**ภาพที่ 4.4** ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ไก่เบตงพร้อมปรุงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 วัน ภายใต้การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ

**ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักหลังการแช่เย็น (%Drip loss)**

ผลการวิเคราะห์ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักหลังแช่เย็นของผลิตภัณฑ์ไก่เบตงต้มพร้อมปรุงทั้ง 3 สภาวะคือ 1) สภาวะบรรยากาศ 2) สภาวะสุญญากาศ และ 3) สภาวะดัดแปรบรรยากาศ 50%$O_2$ : 25%$CO_2$ : 25%$N_2$ เก็บรักษาในสภาวะเย็น (4±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 40 วัน พบว่า บรรจุแบบสภาวะบรรยากาศมีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังแช่เย็นเท่ากับร้อยละ 0.33 เมื่อผ่านไป 20 วัน มีค่า มีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังแช่เย็นเท่ากับร้อยละ 8.25 การบรรจุแบบสภาวะสุญญากาศ มีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังแช่เย็นเริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 0.30 เมื่อผ่านไป 35 วัน มีค่า มีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังแช่เย็นเท่ากับร้อยละ 5.49 ส่วนการบรรจุแบบสภาวะดัดแปรบรรยากาศ มีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังแช่เย็นเริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 0.32 เมื่อผ่านไป 35 วัน มีค่า มีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังแช่เย็นเท่ากับร้อย 6.10 ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่า การบรรจุในสภาวะบรรยากาศเกิดการสูญเสียน้ำหลังแช่เย็นน้อยที่สุด เนื่องจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งจะสร้างเมือกมาห่อหุ้มชิ้นอาหาร ทำให้ขัดขวางการแพร่ผ่านของน้ำจากภายในตัวอาหารออกสู่ภายนอก เป็นผลทำให้วัดค่าการสูญเสียน้ำได้น้อย การบรรจุในสภาวะสุญญากาศพบว่า เกิดการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดเนื่องจากการบรรจุแบบสุญญากาศต้องใช้แรงในการบีบอัดอาหาร ทำให้น้ำที่อยู่ในอาหารซึมออกมา ส่วนการบรรจุแบบดัดแปรบรรยากาศพบการสูญเสียน้ำหนัก

หลังแช่เย็นเช่นกันเนื่องจาก ก๊าซ $CO_2$ มีความสามารถในการละลายน้ำ ดังนั้นจึงละลายลงไปในน้ำที่มีอยู่ในอาหารและเกิดเป็นกรดคาร์บอนิก ส่งผลให้โปรตีนในเนื้อไก่เสียสภาพธรรมชาติและเสียคุณสมบัติในการจับกับน้ำ ซึ่ง Young et al. (2014) ศึกษาสภาวะการบรรจุกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) สุก พบว่า การบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ 40% $CO_2$ : 30% $O_2$ : 30% $N_2$ มีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักหลังแช่เย็นน้อยกว่าการบรรจุแบบสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เนื่องจากคุณสมบัติของโปรตีนเรื่องความสามารถในการอุ้มน้ำยังคงดีอยู่ น้ำไม่ถูกปลดปล่อยออกจากโมเลกุล ซึ่งหมายถึงความชื้นที่ออกมาจึงมีไม่มากเช่นกัน



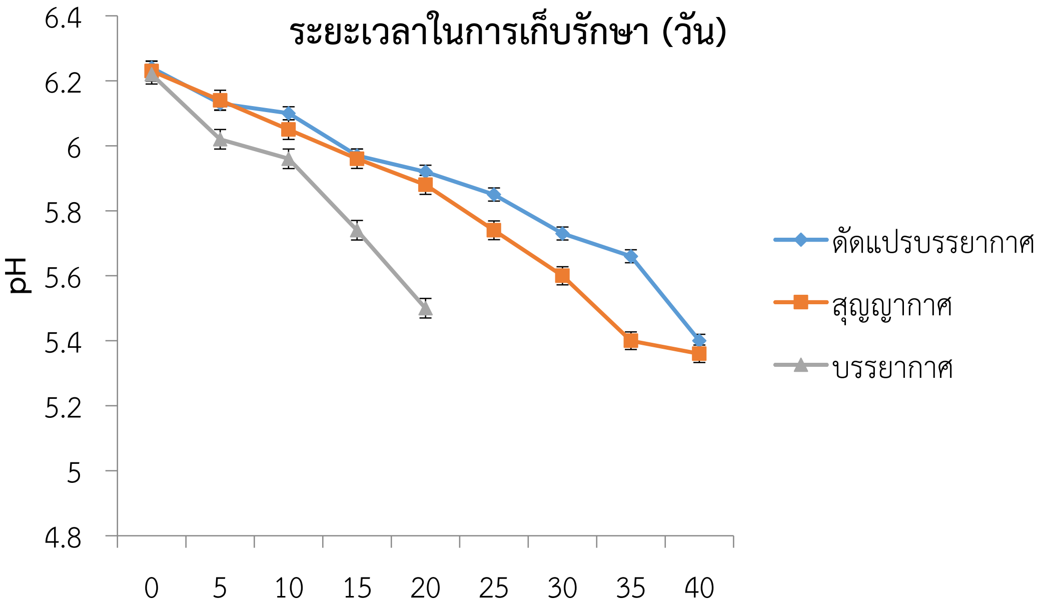

**ภาพที่ 4.5** ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักหลังแช่เย็น (% drip loss) ของผลิตภัณฑ์ไก่เบตงพร้อมปรุงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 วัน ภายใต้การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ

**ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี**

**ค่าพีเอช**

ผลการวิเคราะห์ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไก่เบตงต้มพร้อมปรุงทั้ง 3 สภาวะคือ 1) สภาวะบรรยากาศ 2) สภาวะสุญญากาศ และ 3) สภาวะดัดแปรบรรยากาศ 50%$O_2$ : 25%$CO_2$ : 25%$N_2$ เก็บรักษาในสภาวะเย็น (4±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 40 วัน แสดงดังภาพที่ 4.4 พบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3

สภาวะ มีการลดลงของค่าพีเอชตลอดระยะเวลา 40 วัน ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ การบรรจุผลิตภัณฑ์ในสภาวะบรรยากาศมีการลดลงของพีเอช มากกว่าการบรรจุในสภาวะสุญญากาศและสภาวะการดัดแปรบรรยากาศ เนื่องจากสภาวะบรรยากาศ เป็นสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนเหลืออยู่ในบรรจุภัณฑ์ จุลินทรีย์จึงเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ จึงมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์สูงสุด พัชรี มีชัย และพรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์, (2550) ได้อธิบายความสัมพันธ์ของค่าพีเอชกับปริมาณจุลินทรีย์ในอาหารว่าสภาวะบรรยากาศเป็นสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนสูงสุด จึงมีปริมาณจุลินทรีย์สูงสุด โดยในจำนวนนี้จะมีจุลินทรีย์ในกลุ่ม *Lactobacillus* spp. ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มักพบในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยจุลินทรีย์กลุ่มนี้จะผลิตกรดแลกติกในระหว่างการเจริญ ดังนั้นจะส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศมีค่าพีเอชลดลงมากที่สุดและเก็บรักษาได้เพียง 15 วัน ที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส การบรรจุในสภาวะสุญญากาศเป็นการบรรจุโดยอาศัยกลไกการจำกัดออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ อย่างไรก็ตามปริมาณออกซิเจนที่หลงเหลืออยู่ในบรรจุภัณฑ์เมื่อปิดสนิทมีน้อยกว่าร้อยละ 1 จึงสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานขึ้น แต่การเสื่อมเสียจากเชื้อจุลินทรีย์สามารถเกิดขึ้นได้เช่นกัน โดยเนื้อสัตว์ที่บรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำอาจก่อให้เกิดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศ (anaerobic pathogen) หรือเชื้อจุลินทรีย์ที่ทนต่ออุณหภูมิต่ำได้แก่ กลุ่ม lactic acid bacteria เมื่อมีการเจริญของเชื้อกลุ่มนี้ ก็จะทำให้ค่าพีเอชของอาหารลดลงด้วยเช่นกัน (ตรีชฎา อุทัยดา, 2563) ส่วนการบรรจุในสภาวะดัดแปรบรรยากาศ มีการลดลงของค่า pH น้อยที่สุด เนื่องจากการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่มีการปรับสภาพบรรยากาศที่มีสัดส่วนและปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์แตกต่างไปจากบรรยากาศปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซ $CO_2$ ที่มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเน่าเสียช้าลง อีกทั้งก๊าซ $CO_2$ สามารถละลายในน้ำที่มีอยู่ในอาหารได้เป็นกรดคาร์บอนิก ซึ่งทำให้ค่า pH ลดต่ำลงและยังสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่สามารถทนกรดได้ (สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2558) หากต้องการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้น ควรใช้ $CO_2$ ในปริมาณที่สูงขึ้น ซึ่งจะช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ ส่งผลให้ค่า pH ลดลงด้วย ดังนั้นการบรรจุภายใต้ สภาพบรรยากาศดัดแปลงร่วมกับการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิต่ำจึงช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของอาหารในระหว่างการเก็บรักษาได้ (สุนัน ปานสาคร และจตุรงค์ ลังกาพินธุ์, 2562)

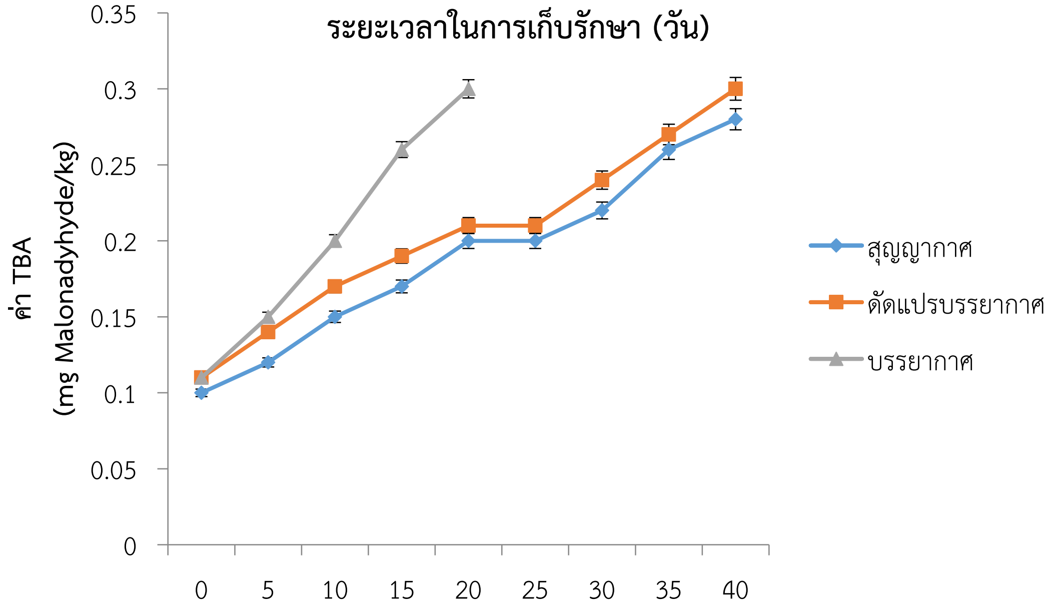



**ภาพที่ 4.6** ค่า pH ของผลิตภัณฑ์ไก่เบตงพร้อมปรุงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 วัน ภายใต้การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ

**การวิเคราะห์ค่ากรดไทโอบาร์บิทูริก**

ปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์ (TBA) เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน เป็นกระบวนการที่สามารถเกิดขึ้นได้ โดยมีแสงและอุณหภูมิเป็นตัวเร่ง ซึ่งจะเกิดกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง (Polyunsaturated fatty acid: PUFA) ได้ง่าย และก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอาหารด้านต่างๆ โดย Gray., (1978) กำหนดเกณฑ์ไว้ว่าในผลิตภัณฑ์เนื้อนิยมใช้ค่า TBA เป็นดัชนีในการวัดการเสื่อมเสียคุณภาพของไขมันในอาหาร เมื่อค่า TBA อยู่ในช่วง 0.1-0.3 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์/กิโลกรัม พบว่า ไขมันเสื่อมเสียน้อย ค่า TBA มากกว่า 3 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์/กิโลกรัม ทำให้ผู้บริโภคสามารถรับรู้กลิ่นแปลกปลอมทางประสาทสัมผัสต่ออาหารได้ และค่า TBA มากกว่า 7 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์/กิโลกรัม ไขมันเสื่อมคุณภาพและมีกลิ่นรุนแรง ผลการวิเคราะห์ปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์ของผลิตภัณฑ์ไก่เบตงต้มพร้อมปรุงทั้ง 3 สภาวะคือ 1) สภาวะบรรยากาศ 2) สภาวะสุญญากาศ และ 3) สภาวะดัดแปรบรรยากาศ 50%$O_2$ : 25%$CO_2$ : 25%$N_2$ เก็บรักษาในสภาวะเย็น (4±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 40 วัน แสดงดังภาพที่ 4.5 พบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สภาวะ มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์ตลอดระยะเวลา 40 วัน โดยการบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศมีค่า TBA เริ่มต้นเท่ากับ 0.11 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์/กิโลกรัม เมื่อผ่านไป

20 วัน มีค่า TBARs เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.30 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์/กิโลกรัม การบรรจุแบบสภาวะสุญญากาศ มีค่า TBA เริ่มต้นเท่ากับ 0.10 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์/กิโลกรัม เมื่อผ่านไป 40 วัน มีค่า TBA เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.28 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์/กิโลกรัม ส่วนการบรรจุแบบสภาวะดัดแปรบรรยากาศ มีค่า TBA เริ่มต้นเท่ากับ 0.11 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์/กิโลกรัม เมื่อผ่านไป 20 วัน มีค่า TBA เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.30 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์/กิโลกรัม แสดงดังภาพที่ 4.5 จากการทดลองพบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่า TBA เป็นผลมาจาก 2 ปัจจัยคือ 1) ผลจากการใช้สารสกัดจากพืชในหมักไก่ โดยในขั้นตอนการหมักมีการใช้สารสกัดจากขิง ซึ่งคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันโดยธรรมชาติ มีสารซิงจิเบอรีน (Zingiberene) ซิงจิเบอรอล (Zingiberol) ส่งผลให้ค่า TBA เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อย (พัชรินทร์  ภักดีฉนวน และคณะ, 2560; ภาวินี อินทร์มณี, 2556) ปัจจัยที่ 2 มาจากสภาวะการบรรจุ การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ เป็นสภาวะที่มีปริมาณของออกซิเจน ซึ่งป็นตัวกลางสำคัญในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่า TBA เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา สภาวะดัดแปรบรรยากาศ เป็นสภาวะที่ยังมีออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ใช้สภาวะดัดแปรบรรยากาศคือ 50%$O_2$ : 25%$CO_2$ : 25%$N_2$ ซึ่งปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ในบรรจุภัณฑ์จะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน แต่จะเกิดช้าว่าในสภาวะการบรรจุแบบบรรยากาศ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Masniyom *et al.*, (2013) ที่ศึกษาผลของการบรรจุแบบดัดแปรบรรยากาศต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลานิลแล่ที่พบว่า ค่า TBA ของปลานิลแล่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา บ่งบอกถึงการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างการเก็บรักษา ส่วนการบรรจุในสภาวะสุญญากาศ ซึ่งเป็นการดึงเอาอากาศภายในภาชนะหรือภายในตัวอย่างออกไป ส่งผลให้มีปริมาณออกซิเจนลดลงกว่าปกติ ปฏิกิริยาออกซิเดชันจึงเกิดได้ช้ากว่าการบรรจุในสภาวะบรรยากาศ (Cosansu *et al.*, 2013) ทำให้สามารถลดปริมาณออกซิเจนและช่วยลดการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้ ทั้งนี้พบว่า ตลอดระยะเวลา 40 วัน สามารถเก็บรักษาไก่เบตงพร้อมปรุงในสภาวะดัดแปรบรรยากาศและสุญญากาศ โดยที่ค่า TBA อยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐาน คือ อยู่ในช่วง 0.1-0.3 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์/กิโลกรัม ซึ่งหมายถึงไขมันเสื่อมเสียเล็กน้อย และผลิตภัณฑ์ยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (ปรมาภรณ์ เกิดทรัพย์ และคณะ. 2561)




**ภาพที่ 4.7** ปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริกของผลิตภัณฑ์ไก่เบตงพร้อมปรุงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 วัน ภายใต้การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ

## ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

### การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (TVC : Total plate count) ของผลิตภัณฑ์ไก่เบตงต้มพร้อมปรุงทั้ง 3 สภาวะคือ 1) สภาวะบรรยากาศ 2) สภาวะสุญญากาศ และ 3) สภาวะดัดแปรบรรยากาศ 50%$O_2$ :25%$CO_2$ : 25%$N_2$ เก็บรักษาในสภาวะเย็น (4±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 40 วัน แสดงดังตารางที่ 4.6 จากนั้นสุ่มตัวอย่างวิเคราะห์คุณลักษณะด้านทางจุลินทรีย์ทุก 5 วัน โดยเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไก่ปรุงรสพร้อมบริโภค ซึ่งได้กำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน $1\times10^4$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไก่ปรุงรสพร้อมบริโภค, 2548) พบว่า ไก่เบตงต้มพร้อมปรุงที่บรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น เท่ากับ $1.3\times10^2$ cfu/g และในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา พบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมีปริมาณเท่ากับ $1.2\times10^4$ cfu/g ซึ่งเกินเกณฑ์ที่กำหนด บริเวณผิวของเนื้อไก่มีลักษณะเป็นเมือกเหนียวและมีกลิ่นเน่าเสียรุนแรง จึงสรุปได้ว่า ไก่เบตงต้มที่พร้อมปรุงที่บรรจุสภาวะบรรยากาศ สามารถเก็บรักษาไม่เกิน 10 วัน ณ อุณหภูมิเย็น (4±2องศาเซลเซียส) ไก่เบตงต้มพร้อมปรุงที่

บรรจุแบบสภาวะดัดแปรบรรยากาศ ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์มีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น เท่ากับ $1.3\times10^{2}$ cfu/g และในวันที่ 30 ของการเก็บรักษา พบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมีปริมาณเท่ากับ $2.5\times10^{4}$ cfu/g ซึ่งเกินเกณฑ์ที่กำหนด จึงสรุปได้ว่า ไก่เบตงที่พร้อมปรุงที่บรรจุสภาวะดัดแปรบรรยากาศ สามารถเก็บรักษาไม่เกิน 25 วัน ณ อุณหภูมิเย็น (4±2องศาเซลเซียส) ส่วนไก่เบตงต้มพร้อมปรุงที่บรรจุแบบสภาวะสุญญากาศ ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์มีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น เท่ากับ $1.1\times10^{2}$ cfu/g และในวันที่ 40 ของการเก็บรักษา พบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมีปริมาณเท่ากับ $2.7\times10^{4}$ cfu/g ซึ่งเกินเกณฑ์ที่กำหนด จึงสรุปได้ว่า ไก่เบตงต้มที่พร้อมปรุงที่บรรจุสภาวะสุญญากาศ สามารถเก็บรักษาไม่เกิน 35 วัน ณ อุณหภูมิเย็น (4±2องศาเซลเซียส) จากผลการทดลองพบว่า สภาวะการเก็บรักษาแบบดัดแปรบรรยากาศและสภาวะสุญญากาศจะช่วยยืดอายุของผลิตภัณฑ์ไก่เบตงพร้อมปรุง เนื่องจากเมื่อมีการปรับสภาพบรรยากาศระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งก๊าซ $CO_2$ ที่ใช้นั้นมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะจุลินทรีย์กลุ่มที่ต้องการอากาศ ทั้งนี้เนื่องมาจากก๊าซ $CO_2$ มีคุณสมบัติเป็น Bacteriostatic สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ก๊าซ $CO_2$ สามารถละลายในน้ำที่เป็นองค์ประกอบหนึ่งของอาหาร เกิดเป็นกรดคาร์บอนิก จุลินทรีย์ที่ไม่สามารถทนต่อสภาวะความเป็นกรดไม่สามารถเจริญได้ (สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2558) แต่สภาวะดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ช่วงแรกเท่านั้น เนื่องจากมีการซึมผ่านของก๊าซ $CO_2$ ออกจากบรรจุภัณฑ์มากในระหว่างการเก็บรักษา ประสิทธิภาพของการยับยั้งจึงลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น ส่วนการบรรจุในสภาวะสุญญากาศเป็นการดึงอากาศภายในภาชนะออกไปและผนึกแน่นไม่ให้มีอากาศเข้าไปได้อีก (Kachele *et al.*, 2017) การที่ไม่มีออกซิเจนจะช่วยป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่ต้องใช้ออกซิเจน ซึ่งมักเป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหาร และการใช้อุณหภูมิต่ำในการเก็บรักษา สามารถชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจนหรือใช้ออกซิเจนเพียงเล็กน้อยในการเจริญเติบโต ส่งผลให้ยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น (Dang *et al.*, 2018) สอดคล้องกับงานวิจัยของจันทิรา วงศ์วิเชียร และคณะ., (2562) ที่ศึกษาผลของการบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปูม้าต้ม (*Portunus pelagicus*) พบว่า การบรรจุแบบสุญญากาศสามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและการเกิดออกซิเดชันของไขมัน สภาวะการเก็บรักษาปูม้าที่เหมาะสมที่สุดคือการบรรจุแบบสุญญากาศโดยสามารถเก็บรักษาปูม้าได้นาน 9 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

**ตารางที่ 4.6** ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของไก่เบตงต้มพร้อมปรุงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 วัน ภายใต้การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ

| ชุดการทดลอง | ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน) | ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g) |
|---|---|---|
| บรรยากาศ | 0 | $1.3\times10^{2}$ |
| | 5 | $6.4\times10^{2}$ |
| | 10 | $3.4\times10^{3}$ |
| | 15 | $6.0\times10^{3}$ |
| | 20 | $1.2\times10^{4}$ |
| | 25 | - |
| | 30 | - |
| | 35 | - |
| | 40 | - |
| ดัดแปรบรรยากาศ | 0 | $1.3\times10^{2}$ |
| | 5 | $2.4\times10^{2}$ |
| | 10 | $5.8\times10^{2}$ |
| | 15 | $1.2\times10^{3}$ |
| | 20 | $3.6\times10^{3}$ |
| | 25 | $4.0\times10^{3}$ |
| | 30 | $2.5\times10^{4}$ |
| | 35 | - |
| | 40 | - |
| สุญญากาศ | 0 | $1.1\times10^{2}$ |
| | 5 | $2.0\times10^{2}$ |
| | 10 | $3.4\times10^{2}$ |
| | 15 | $6.2\times10^{2}$ |
| | 20 | $1.2\times10^{3}$ |

**ตารางที่ 4.6** ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของไก่เบตงต้มพร้อมปรุงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 วัน ภายใต้การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ **(ต่อ)**

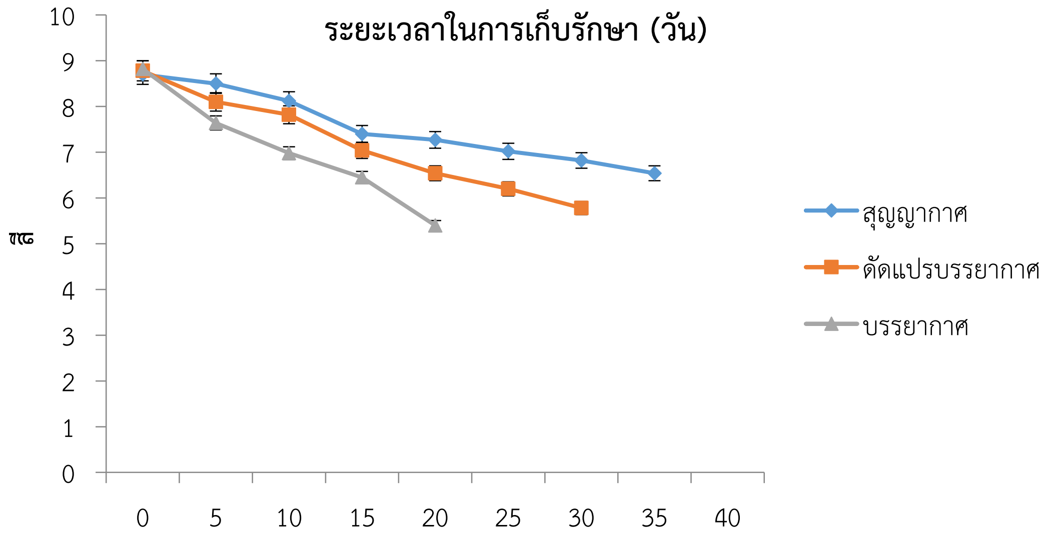
| ชุดการทดลอง | ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน) | ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g) |
|---|---|---|
| สุญญากาศ | 25 | $3.9\times10^{3}$ |
| | 30 | $5.3\times10^{3}$ |
| | 35 | $6.8\times10^{3}$ |
| | 40 | $2.7\times10^{4}$ |

## ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

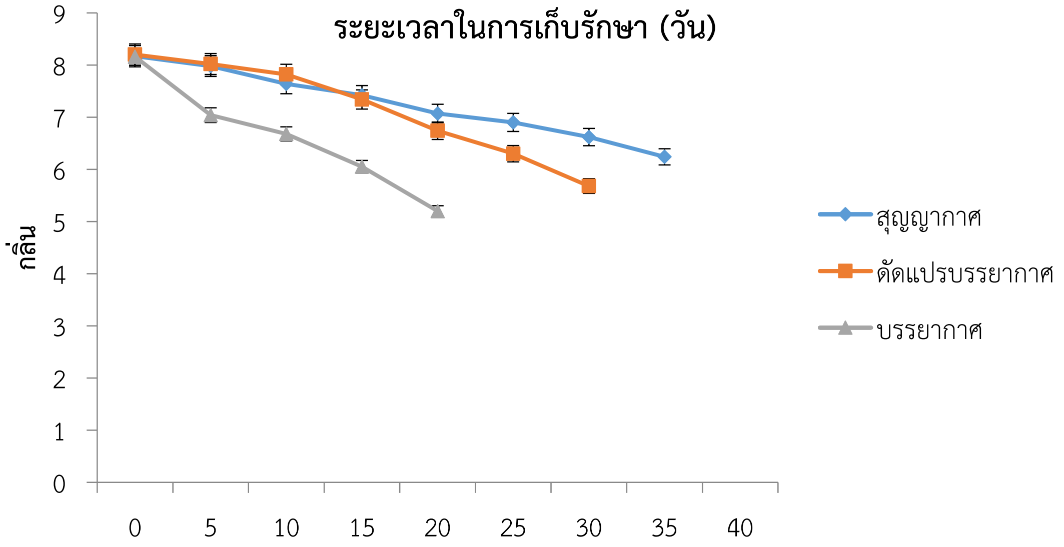
### การทดสอบประสาทสัมผัส

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่เบตงต้มพร้อมปรุงทั้ง 3 สภาวะคือ 1) สภาวะบรรยากาศ 2) สภาวะสุญญากาศ และ 3) สภาวะดัดแปรบรรยากาศ 50%$O_2$ : 25%$CO_2$ : 25%$N_2$ เก็บรักษาในสภาวะเย็น (4±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 40 วัน โดยใช้แบบทดสอบ 9-Point Hedonic Scale (กำหนดให้ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด) พบว่า การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สามารถทดสอบทางประสาทสัมผัสได้ในวันที่ 0 ถึงวันที่ 10 เนื่องจากในวันที่ 20 พบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เกินเกณฑ์ที่กำหนด จึงทำการยุติการทดสอบ โดยในวันแรกของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบรวม เท่ากับ 7.10, 6.96, 7.63, 7.16 และ 7.30 ตามลำดับ ในวันที่ 5 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนทุกคุณลักษณะลดลง คือ ด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบรวม เท่ากับ 5.40, 5.20, 4.88 และ 5.10 ตามลำดับ ซึ่งการเก็บรักษาที่นานขึ้น ส่งผลต่อคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนทุกคุณลักษณะลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากการบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ เป็นสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนอยู่ภายในบรรจุภัณฑ์รวมทั้งออกซิเจนยังสามารถแพร่ผ่านบรรจุภัณฑ์เข้ามาได้ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น เนื้ออกไก่มีสีคล้ำลง เกิดเมือกบริเวณผิวจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ส่งผลทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติและเนื้อสัมผัสของเนื้ออกไก่เบตงเปลี่ยนไปจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ไก่เบตงที่บรรจุแบบสภาวะดัดแปรบรรยากาศ สามารถทดสอบชิมได้ในวันที่ช่วงวันแรกของการเก็บรักษา จนถึงวันที่ 25 เนื่องจากในวันที่ 30 พบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เกินเกณฑ์ที่เชื้อจุลินทรีย์ ส่งผลทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติและเนื้อสัมผัสของเนื้ออกไก่เบตงเปลี่ยนไปจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ไก่เบตงที่บรรจุแบบสภาวะดัดแปรบรรยากาศ สามารถทดสอบชิมได้ในวันที่ช่วงวันแรกของการเก็บรักษา จนถึงวันที่ 25 เนื่องจากในวันที่ 30 พบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เกินเกณฑ์ที่กำหนดจึงยุติการทดสอบ โดยผู้ทดสอบชิมด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบรวมในวันที่ 0 เท่ากับ 8.78, 8.20, 8.00 และ 8.10 ตามลำดับ ในวันที่ 40ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนทุกคุณลักษณะลดลงคือ ด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบรวม เท่ากับ 5.78, 5.68, 5.42

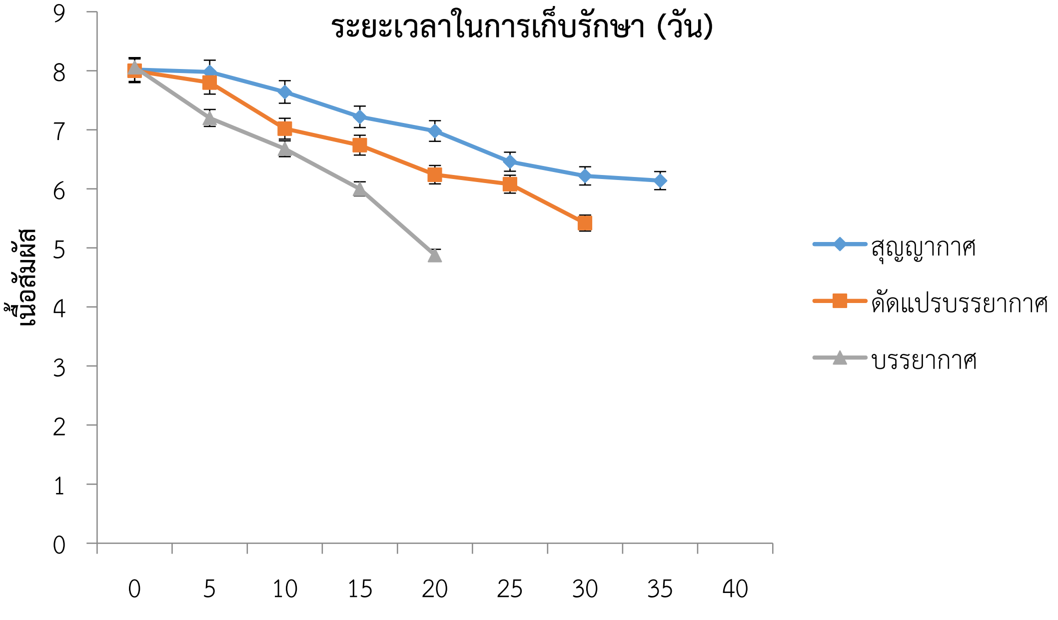
และ 5.62 ตามลำดับ ซึ่งการดัดแปรบรรยากาศมีการใช้ก๊าซ $CO_2$ มีผลทำให้จุลินทรีย์อยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญ ทั้งยังทำลายโครงสร้างของจุลินทรีย์ในกลุ่มแกรมลบ จึงชะลอการเน่าเสียในช่วงแรกของการเก็บรักษา แต่สภาวะดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ช่วงแรกเท่านั้น เนื่องจากมีการซึมผ่านของก๊าซ $CO_2$ ออกจากบรรจุภัณฑ์มากในระหว่างการเก็บรักษา ประสิทธิภาพของการยับยั้งจึงลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น เกิดเมือกบริเวณผิวจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ส่งผลทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติและเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่เบตงเปลี่ยนไปจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ส่วนไก่เบตงที่บรรจุแบบสภาวะสุญญากาศ สามารถทดสอบชิมได้ในวันที่ช่วงวันแรกของการเก็บรักษา จนถึงวันที่ 35 เนื่องจากในวันที่ 40 พบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เกินเกณฑ์ที่กำหนด จึงยุติการทดสอบโดยผู้ทดสอบชิมด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ในวันที่ 0 เท่ากับ 8.70, 8.17, 8.02 และ 8.00 ตามลำดับ ในวันที่ 40 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนทุกคุณลักษณะลดลงคือ ด้านสี  กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบรวม เท่ากับ 6.54, 6.24, 6.14 และ 6.24 ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ส่งผลให้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในทุกคุณลักษณะลดลงเช่นกัน แต่เมื่อพิจารณาถึงสภาวะการเก็บรักษาพบว่า สภาวะการบรรจุแบบสภาวะสุญญากาศสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้นเมื่อเทียบกับสภาวะการบรรจุแบบบรรยากาศเนื่องจาก เป็นสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนน้อยกว่าร้อยละ 1 ซึ่งช่วยลดปริมาณออกซิเจนตั้งต้น สามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี ชีวเคมี และยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียและส่งผลต่อคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส



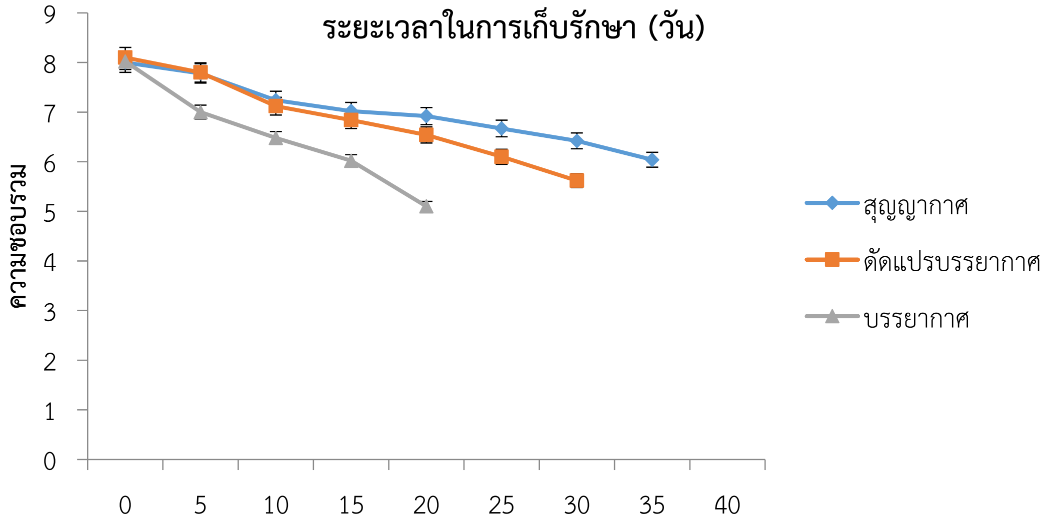

**ภาพที่ 4.8** ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของไก่เบตงต้มพร้อมปรุงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 วัน  ภายใต้การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ




**ภาพที่ 4.9** ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของไก่เบตงต้มพร้อมปรุงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 วัน ภายใต้การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ




**ภาพที่ 4.10** ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของไก่เบตงต้มพร้อมปรุงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 วัน ภายใต้การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ




**ภาพที่ 4.11** ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมของไก่เบตงต้มพร้อมปรุงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 วัน ภายใต้การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะดัดแปรบรรยากาศ

# บทที่ 5
# สรุปและข้อเสนอแนะ

## สรุป

การปรับปรุงเนื้อสัมผัสของไก่เบตงต้มพร้อมปรุง มีขั้นตอนดังนี้ คือศึกษาการใช้สารสกัดจากพืชในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของไก่เบตงต้มพร้อมปรุงที่ส่งผลต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และการยอมรับของผู้บริโภค พร้อมทั้งศึกษาสภาวะการบรรจุที่ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไก่เบตงต้มพร้อมปรุง สรุปได้ดังนี้

1. การศึกษาผลของสารสกัดจากพืช 2 ชนิดคือ สารสกัดจากสับปะรดและสารสกัดจากขิง ในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของไก่เบตงพร้อมปรุง แบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลองคือ 1) ชุดควบคุม 2) หมักไก่โดยใช้สารสกัดจากสับปะรด อัตราส่วนเนื้อไก่ต่อสารสกัดจากสับปะรดคือ 1:2 หมักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที 3) หมักไก่โดยใช้สารสกัดจากขิง อัตราส่วนเนื้อไก่ต่อสารสกัดจากขิงคือ 1:2 หมักไก่ หมักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที และ 4) หมักไก่โดยใช้สารสกัดจากสับปะรดร่วมกับสารสกัดจากขิง ใช้อัตราส่วนสารสกัดจากสับปะรดต่อสารสกัดจากขิงคือ 1:1 จากนั้นนำมาหมักไก่ อัตราส่วนเนื้อไก่ต่อสารสกัดคือ 1:2 หมักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำเนื้อไก่ทั้ง 4 ชุดการทดลอง ที่ผ่านการหมักจนครบเวลาไปล้างน้ำ แล้วนำไปนึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที (วัดอุณหภูมิของเนื้อไก่ให้ได้ประมาณ 85 องศาเซลเซียส) พบว่า การหมักด้วยสารสกัดจากพืชที่ต่างกัน ส่งผลต่อคุณภาพด้านสี (L* a* b*) ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังต้ม (cooking loss) ปริมาณผลผลิต (cooking yield) ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) เนื้อสัมผัส (ความแข็งและความยืดหยุ่น) และการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \le 0.05$) ชุดควบคุม เป็นชุดการทดลองที่ไม่ได้ใช้สาสกัดจากพืชในการหมักเนื้อไก่ พบว่า เมื่อนำไปให้ความร้อน มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะแห้ง ไม่ฉ่ำน้ำ ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนทางประสาทสัมผัสน้อยที่สุด ส่วนการนำเนื้อไก่ติดมาหมักด้วยสารสกัดจากสับปะรดร่วมกับสารสกัดขิงพบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับสูงสุดเนื่องจาก การใช้เอนไซม์โบรมิเลนจากสับปะรดนอกจากช่วยย่อยโปรตีนในเนื้อทำให้เนื้อแกะนุ่มขึ้นแล้ว ยังมีกลิ่นหอมและรสหวานอมเปรี้ยวชวนรับประทาน ส่วนเอนไซม์ซิงจิเบอรีนในขิงมีคุณสมบัติช่วยในการทำให้เนื้อนุ่ม ช่วยลดกลิ่นผิดปกติจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนี้การใช้สารสกัดจากขิงทำให้เพิ่มค่า pH ของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ให้สูงขึ้นและห่างออกจากค่า isoelectric point ของโปรตีนไมโอฟิบิลลาร์ (pI ประมาณ 5.4) ส่งผลให้เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ (อังสุมา แก้วคต, 2559) เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของพลังงาน electrostatics repulsive ภายในโครงสร้าง

ของโปรตีนในเนื้อสัตว์ ทำให้เพิ่มขนาดของช่องว่างระหว่างโปรตีนแอกตินและไมโอซิน และส่งผลให้โมเลกุลน้ำตรึงในโครงสร้างร่างแหของโปรตีนได้มากขึ้น ส่งผลเนื้อสัมผัสยังคงชุ่มฉ่ำ ไม่แห้ง แข็ง

2. ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป เกี่ยวกับความเป็นไปได้ในการนำไปผลิตเป็นไก่สับ/ข้าวมันไก่เบตง โดยนำเนื้อไก่เบตงที่ผ่านการปรับปรุงเนื้อสัมผัสโดยการใช้สารสกัดจากพืช มาทดสอบผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 200 คน โดยใช้วิธีฮีโดนิคสเกลแบบ 5 ระดับ พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนด้านทัศนคติทางด้านปัจจัยคุณภาพที่มีต่อไก่สับ/ข้าวมันไก่เบตงเฉลี่ย เท่ากับ 4.22 ปัจจัยคุณภาพด้านเนื้อไก่เกี่ยวกับความนุ่มได้รับคะแนน 3.91 คะแนน หากมีการผลิตเพื่อวางจำหน่าย ผู้ทดสอบชิมจำนวน 86 คนจะซื้อผลิตภัณฑ์ มีข้อสังเกตว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสำคัญในเรื่องของความสะอาดและความอร่อยของผลิตภัณฑ์เป็นหลัก ทั้งข้าว เนื้อไก่ และน้ำจิ้ม จากข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า ความสะอาด รสชาติ/ความอร่อยของผลิตภัณฑ์มีความสำคัญค่อนข้างมากต่อการตัดสินใจซื้อ ดังนั้นในการพัฒนาไก่สับ/ข้าวมันไก่เบตง จึงต้องมุ่งเน้นในเรื่องของความสะอาดและความอร่อยเป็นสำคัญ

3. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไก่เบตงต้มพร้อมปรุง 4 ชุดการทดลองคือ 1) การบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศ 2) การบรรจุแบบสุญญากาศ และ 3) 3) การบรรจุแบบดัดแปรบรรยากาศ 50%$O_2$ :25%$CO_2$ : 25%$N_2$ เก็บรักษาในสภาวะเย็น (4±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 40 วัน ผลการทดลองพบว่า เนื้อไก่เบตงต้มพร้อมปรุงที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศ มีความแตกต่างของค่าเนื้อสัมผัส (ความแข็ง) ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักหลังแช่เย็น ค่าพีเอช ค่ากรดไทโอบาร์บิทูริก และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าเนื้อไก่เบตงต้มพร้อมปรุงที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศและสภาวะดัดแปรบรรยากาศตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การบรรจุในสภาวะสุญญากาศ สามารถชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้ ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า การบรรจุในสภาวะสุญญากาศมีคะแนนคุณลักษณะด้าน สี กลิ่น เนื้อสัมผัสและความชอบรวมสูงกว่าการบรรจุในสภาวะบรรยากาศและสภาวะดัดแปรบรรยากาศ ดังนั้นสภาวะการเก็บรักษาเนื้อไก่เบตงต้มพร้อมปรุงที่เหมาะสมที่สุดคือ การบรรจุในสภาวะสุญญากาศ สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นาน 35 วันที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส โดยผลิตภัณฑ์มีค่า TBA เท่ากับ 0.26 มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์/กิโลกรัม จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ $6.8\times10^3$ โคโลนีต่อกรัม ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไก่ปรุงรสพร้อมบริโภค (มผช. 755/2548) ที่กำหนดเกณฑ์ไว้ว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน $1\times10^4$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

## ข้อเสนอแนะ

1. การใช้ประโยชน์จากสารสกัดจากพืชเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสเนื้อสัตว์ประเภทอื่น
2. ควรศึกษากระบวนการผลิตสารสกัดจากพืชเพื่อใช้ในเชิงพาณิชย์ เช่น รูปแบบผง

# เอกสารอ้างอิง


กนกวรรณ วาจางาม และปัทธิมา อุดมไพจิตรกุล. (2562). บทบาทของฟอสเฟตต่อคุณภาพ การยอมรับทางประสาทสัมผัสและการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย กลุ่มไซโครโทรปของผลิตภัณฑ์หมูยอ. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ “วลัยลักษณ์วิจัย” ครั้งที่ 11,* 27-28 มีนาคม 2562. นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

กาญจนาพร นนทะลุน และอาภัสสร ศิริจริยวัตร. (2561). ผลของชนิดและความเข้มข้นของเอนไซม์ที่มีต่อความนุ่มเนื้อ. *แก่นเกษตร, 46*, 100-105.

กรรวี พิสันเทียะ และประภาศรี เทพรักษา. (2561). การใช้สารทดแทนฟอสเฟตต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่ยอพร้อมรับประทานที่บรรจุในรีทอร์ทเพาช์. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 26*(1), 121-135.

คลินิกเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคนิคปัตตานี. (2560). โครงการการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเลี้ยงไก่เบตงเพื่อการค้าและเพาะพันธุ์ไก่เบตง. ใน *รายงานสรุปผลการดำเนินงานคลินิกเทคโนโลยีวิทยาลัยเทคนิคปัตตานี*. ปัตตานี: วิทยาลัยเทคนิคปัตตานี.

จันทิรา วงศ์วิเชียร จุรีภรณ์ นวนมุสิก และจีราภรณ์ สังข์ผุด. (2562). ผลของการบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปูม้าต้ม (*Portunus pelagicus*). *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, 11*(1), 1-17.

ชิดชนก ศุขศรีไพศาล. (2559). *การผลิตและเก็บรักษากุนเชียงหมูลดไขมันพร้อมบริโภค โดยใช้เทคโนโลยีเฮิอร์เดิล.* ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ไชยวรรณ วัฒนจันทร์ ปิยะนันท์ นวลหนูปล้อง และสุธา วัฒนสิทธิ์. (2562). ผลของรูปแบบการเลี้ยงต่อคุณภาพเนื้อของไก่เบตง. *แก่นเกษตร, 47*(2), 327-334.

ตรีชฎา อุทัยดา. (2563). การพัฒนาลูกชิ้นหมูและศึกษาอายุการเก็บรักษาด้วยการเปรียบเทียบชนิดของบรรจุภัณฑ์. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 22*(1), 45-51.

ถนอม ทาทอง และจีรศักดิ์ เพิ่มฉลาด. (2564). ผลของการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าร่วมกับเทคนิคซูวีต่อคุณภาพสเต๊กเนื้อสันนอกสุกร. *แก่นเกษตร, 1*, 432-436.

ธีรวัฒน์ อภิปรัชญาฐิติกุล. (2554). *คุณภาพทางจุลชีววิทยา เคมี และกายภาพของไก่ต้มน้ำปลาที่แปรรูปโดยเทคโนโลยีเฮอร์เดิล*. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ณัฐพล สุรพันธพิศิษฐ์. (2561). *การใช้การซูวีดร่วมกับความดันเพื่อการผลิตเนื้ออกไก่นุ่มสำหรับสูงอายุ.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พัชรินทร์ ภักดีฉนวน ใบศรี สร้อยสน และชุมพร หนูเมือง. (2560). ผลของเทคนิค sous vide และสารประกอบไนไตรท์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไก่กอและ. *วารสารวิทยาศาสตร์ มข, 45*(5), 914-923.

พัชรี มีชัย และพรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์. (2550). ผลของสัดส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจนต่ออายุการเก็บรักษาลูกชิ้นปลานิลที่เก็บภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปร. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ, 30*(3), 449-462.

พรรณวดี โสพรรณรัตน์ และชัยภูมิ บัญชาศักดิ์. (2558). ไก่เบตง (สายเคยู) หรือไก่เคยูเบตง. *วารสารข่าวสารเกษตรศาสตร์, 61*(1), 13-21.

พิริญญา วงศ์วิวัฒน์  สุธาสินี ญาณภักดี และเสาวคนธ์ วัฒนจันทร์. (2550). การศึกษาผลของเครื่องเทศในสูตรไก่ตะไคร้ทรงเครื่องต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของเนื้อไก่พื้นเมืองพร้อมปรุงระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็น. *วารสารสงขลานครินทร์ วทท, 29*(6), 1619-1632.

เบญญาภา รัตนโรจน์ตระกูล. (2563). *คุณลักษณะของเนื้ออกไก่ในระหว่างกระบวนการซูวีดร่วมกับความดัน*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ปรมาภรณ์ เกิดทรัพย์ พรรณทิพา เจริญไทยกิจ ธีรารัตน์ อิทธิโสภณกุล น้ำฝน รักขุมแก้ว และพิสุทธิ หนักแน่น. (2561). ผลของการบรรจุแบบสุญญากาศต่อคุณภาพทางเคมี จุลชีววิทยา และประสาทสัมผัสของปลาส้มนครนายก. *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี), 10*(19), 92-105.

ปิ่น จันจุฬา วรวิทย์ วณิชาภิชาติ สมศักดิ์ เหล่าเจริญสุข และธำรง ทองจำรูญ. (2545). การเลี้ยงไก่เบตงในหมู่บ้านใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ของประเทศไทย: การศึกษาลักษณะปรากฏ การเจริญเติบโต เปอร์เซ็นต์ซาก และลักษณะการผลิตไข่ของไก่เบตง. *วารสารเกษตร, 20*(3), 278-288.

ปิยะนันท์ นวลหนูปล้อง. (2562). *รูปแบบการเลี้ยงไก่เบตงใน 3 จังหวัดชายแดนใต้*. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ประกายแก้ว โกมนตรี. (2554). *ผลของสารหมักเนื้อและเทคนิค Sous Vide ต่อคุณภาพของไก่กอและพร้อมบริโภค*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ภูธฤทธิ์ วิทยาพัฒนานุรักษ์ รักษาศิริ จุฑาทิพย์ สุ่นสา ปิยากร ดวงจินดา พชร ศรีสุขสวัสดิ์ จันทร์จิรา สิทธิยะ และมนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี. (2563). *การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำสับปะรดร่วมกับสารละลายเกลือต่อคุณสมบัติด้านการบริโภคของเนื้อไก่ไข่ปลดระวาง.* คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี.

ภาวินี อินทร์มณี. (2556). *การใช้ไคโตซานและสารสกัดขิง (Zingiber officinale Roscoe) เพื่อเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสารต้านเชื้อจุลินทรีย์ในเนื้อวัวบดและลูกชิ้นเนื้อวัว.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มาลี ซิ้มศรีสกุล และปัทมา ผาสุถาน. (2562). ผลของฟอสเฟต น้ำและไข่ขาวดิบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์หมูสับ. ใน *การประชุมสวนสุนันทาวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 2,* 8 พฤศจิกายน 2562. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

มีนา ระเด่นอาหมัด วรนาถ แซ่เซ่น และนิมารูนี หะยีวาเงาะ. (2561). *ภูมิปัญญาท้องถิ่นอาหารสามวัฒนธรรมจังหวัดชายแดนใต้.* (รายงานผลการวิจัย). ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

วัชรวิทย์ มีหนองใหญ่. (2557). ปัจจัยที่มีผลต่อความนุ่มของเนื้อโค. *แก่นเกษตร, 42*(3), 443-452.

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล นิสานารถ กระแสร์ชล และพรนภา น้อยพันธ์. (2558). *การยืดอายุการเก็บหอยหลอดด้วยเทคนิค Sous Vide และ การพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้ง.* (รายงานผลการวิจัย). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

สายใจ แก้วอ่อน และลักขณา รักขพันธ์. (2562). การคัดแยกแบคทีเรียแลกติกที่มีศักยภาพเป็นโปรไบโอติกจากไก่เบตง. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, 11*(2), 219-231.

สัญชัย จตุรสิทธา. (2555). *เทคโนโลยีเนื้อสัตว์.* ภาควิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2558). การยืดอายุการเก็บรักษาหอยแมลงภู่สุกด้วยการเคลือบอัลจิเนต ผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ: ผลของสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน. (รายงานวิจัย). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูพา.

สามารถ สายอุต. (2561). การประยุกต์เอนไซม์สำหรับอุตสาหกรรมอาหารกลุ่มโปรตีน. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 23 (3), 1234-1252.*

สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ ภัทวรา ปฐมรังษิยังกุล บุญล้อม ชีวะอิสระกุล วิไลพร ทัณฑะรักษ์ ณัฐกานต์ มณีทอง เอื้องพลอย ใจลังกา และคณะ. (2563). การใช้สารช่วยหมักร่วมกับเครื่องเทศในขาแกะรมควันและสารช่วยย่อยในสตูเนื้อแกะ. *วารสารเกษตร, 36*(3): 377-386.

สุภาลักษณ์ มากชุมพล ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์ ธีรวิทย์ เป่ยคำภา กีรติกร พูลทวี และเชาว์วิทย์ ระฆังทอง. (2558). การเปรียบเทียบคุณภาพเนื้อไก่กระทง กับไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู). ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53, 3-6 กุมภาพันธ์ 2558.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุนิสา ศิริพงศ์วุฒิกร. (2555). *การสกัดและสมบัติการต้านออกซิเดชันของสมุนไพร/เครื่องเทศที่เป็นองค์ประกอบในเครื่องต้มข่าและการประยุกต์ใช้เครื่องต้มข่าในการมาริเนทในกุ้งขาวและเก็บรักษาแบบดัดแปลงบรรยากาศ.* (รายงานวิจัย). สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. (2549). จุลชีววิทยาทางอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: จามจุรีโปรดักท์.

สุนัน ปานสาคร และจตุรงค์ ลังกาพินธุ์. (2562). ผลของอุณหภูมิและการดัดแปลงสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษารากบัวสดตัดแต่ง. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี. 17*(2). 139-150.

สมหวัง เล็กจริง และสุนิสา ศิริพงศ์วุฒิกร. (2557). *การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหอยนางรมพาสเจอร์ไรซ์ระหว่างการเก็บรักษาโดยการแช่เย็นภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศ.* (รายงานวิจัย). สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

โสรยา เกิดพิบูลย์. (2558). *การใช้กระบวนการซูวีดในการผลิตเนื้อสเต็กพร้อมปรุงและมัสมั่นเนื้อ* (รายงานวิจัย). กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2548). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไก่ปรุงรสพร้อมบริโภค (มผช.755/2548)*. (ออนไลน์). ค้นเมื่อ 25 กรกฎาคม 2564, จาก http://app.tisi.go.th/otop/otop.html.

ศราวุธ เหมหมัด และสรรพสิทธิ์ กล่อมเกล้า. (2562). ผลของเอนไซม์โปรติเนสจากเครื่องในปลานิล (Oreochromis niloticus Linneaus) ต่อการย่อยเนื้อวัว. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิน. 22*(2). 9-14.

เศรษฐศิลป์ อัมมวรรธน, วรรณา อัมมวรรธน และทะนงศักดิ์ สัสดีแพง.(2557). *พัฒนาผงหมักเนื้อปรุงรสจากก้านและแกนสับปะรดและการพัฒนาซอสหมักบาบีคิวพร้อมใช้จากเนื้อและเปลือกสับปะรด*. (รายงานวิจัย). เชียงใหม่ : มหาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

อมมี เบญจมะ สุเฟียนี แวดอเลาะ และพายัพ มาศนิยม. (2559). คุณภาพผลิตภัณฑ์หมึกสอดไส้ข้าวเหนียวที่ปรุงเสร็จระหว่างเก็บรักษาในสภาวะเย็น. *วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง, 10* (2), 98-106.

อรนลิน อินทร์แก้ว มาริษา ภู่ภิญโญกุล และวิชชา ตรีสุวรรณ. (2562). การศึกษาคุณภาพทางกายภาพและสารอาหารในเนื้อปลานิลที่ผ่านกระบวนการปรุงโดยใช้ความร้อนชื้น. *วารสารโภชนาการ, 54*(1), 24-36.

อิทธิพร แก้วเพ็ง นัทวุฒิ รังสี รสกมล หมูดหยี และปิยะนันท์ นวลหนูปล้อง. (2562). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไก่เบตงตุ๋นสมุนไพรจีน. *วารสารวิชชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช, 38*(2), 80-92.

อังสุมา แก้วคต. (2559). *การสกัดและสมบัติการต้านออกซิเดชันของสมุนไพร/เครื่องเทศที่เป็นองค์ประกอบในเครื่องต้มข่าและการประยุกต์ใช้เครื่องต้มข่าในการมาริเนทในกุ้งขาวและเก็บรักษาแบบดัดแปลงบรรยากาศ*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อิศราภรณ์ คงเปี่ยม. (2558). *การปรับปรุงคุณภาพเนื้อใบบัวจากโคไทยเพื่อใช้ในการผลิตสเต็กด้วยกระบวนการวูวีด*. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อาภัสสร ศิริจริยวัตร รุ่งกานต์ บุญนาถกร บุศราวรรณ ไชยะ และโศรยา แสนเมือง. (2563). ผลของจำนวนรอบในการแช่เยือกแข็งและละลายน้ำแข็งและการใช้เอนไซม์ปาเปนต่อคุณภาพของเนื้อสุกร. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 25*(1). 194-208.

AOAC. (2000). *Official methods of analysis of association of official chemists* ($17^{th}$). Washinton DC: The Association of official Analytical Chemists Inc.

Baldwin, D.E. (2012). Sous-vide cooking : A review. International *Journal of Gastronomy and Food Science, 1*, 15-30.

Barekat, S. & Soltanizadeh, N. (2017). Improvement of meat tenderness by simultaneous application of high-intensity ultrasonic radiation and papain treatment. *Innovative Food Science and Emerging Technologies, 39*, 223-229.

Bertram, C. H., Meyer, L. R., Wu, Z., Zhou, X. & Andersen, J. H. (2008). Water Distribution and Microstructure in Enhanced Pork. *Journal of Agricultural and Food Chemistry. 56*, 7201-7207.

Bethany A. Showell., Juhi R. Williams., Marybeth Duvall., Juliette C. Howe., Kristine Y. Patterson., Janet M. Roseland., and Joanne M. Holden. (2012). USDA Table of Cooking Yields for Meat and Poultry. *Agricultural Research Service,* 1-43.

Botinestean, C., Keenan, D. F., Kerry, J. P. & Hamilla, R. M. (2016). The effect of thermal treatments including sous-vide, blast freezing and their combinations on beef tenderness of M. semitendinosus steaks targeted at elderly consumers. *LWT – Food Sci. Technology, 74*, 154–159.

Crehan, C.M., Hughes, E., Troy, D.J. and Buckley, D.J. (2000). Effects of fat level and maltodextrin on the functional properties of frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat. *Meat Science, 55(*4), 463-469.

Cifuni, G. F., Napolitano, F., Riviezzi, A. M., Braghieri, A. & Girolami, A. (2004). Fatty acid profile, cholesterol content and tenderness of meat from Podolian young bulls. *Meat Science, 67*, 289-297.

Chueachuaychoo, A., Wattanachant, S. & Benjakul, S. (2011). Quality characteristics of raw and cooked spent hen *Pectoralis major* muscles during chilled storage: Effect of salt and phosphate. *International Food Research Journal, 18*, 601-613.

Cosansu, S., Mol, S., Ucok, D., Ozturan, A., & Ozturan, S. (2013). The Effect of Lemon Juice on Shelf Life of Sous vide Packaged Whiting (Merlangiusmerlangus euxinus, Nordmann, 1840). *Food Bioprocess Technology, 6*, 283-289.

Dang, H. T. T., Gudjonsdottir, M., Tomasson, T., Nguyen, M. V., Karlsdottir, M. G. & Arason, S. (2018). Influence of processing additives, packaging and storage conditions on the physicochemical stability of frozen Tra catfish (*Pangasius hypophthalmus*) fillets. *Journal of Food Engineering, 238*, 148-155.

Dransfield E. (1994). Optimisation of Tenderisation, Ageing and Tenderness. *Meat Science*, *36*, 105-121

Fandos, G. E., Rodriguez, V. A., Linares, G. M. C., Arias, G. M. T. & Fernandez, G. M. C. (2005). Microbiological safety and sensory characteristics of salmon slices processed by the sous vide method. *International Journal of Food Control, 16,* 77-85.

Zouaghi F. & Cantalejo M. J. (2016). Study of modified atmosphere packaging on the quality of ozonated freeze-dried chicken meat. *Meat Science, 119,* 123-131.

Gomez, I., Ibanez, F. C. & Beriain, M. J. (2019). Physicochemical and sensory properties of sous vide meat and meat analog products marinated and cooked at different temperature-time combinations. *International Journal of Food Properties, 22*(1), 1693–1708.

Gonzalez, F. E., Villarino, R. A., Garcia, L M. C., Garcia, A. M. T. & Garcia, F. M. C. (2005). Microbiological safety and sensory characteristics of salmon slices processed by the sous vide method. *Food Control, 16*, 77-85.

Gonçalves A. A. & Santos T. C. L. (2018). The effects of vacuum and modified atmosphere packaging on quality changes in seasoned cobia (Rachycentron canadum) sticks stored under refrigeration. *Journal of Food Technology*, *21,* 1-9.

Gray, J. I. (1978). Mesurement of lipid oxidation: A review. *Journal of the American Oil Chemists's Society, 55*, 539-546.

Ha M., Bekhit A. E. A., Carne A., & Hopkins D. L. (2012). Characterisation of commercial papain, bromelain, actinidin and zingibain protease preparations and their activities toward meat proteins. *Food Chemistry, 134,* 95-105.

Hong, G. P., Lee, E. J. & Hwang, S. I. (2019). Effects of Temperature and Time on the Cookery Properties of Sous-vide Processed Pork Loin. *Food Science of Animal Resources, 39*(1), 65-72.

Jeong, K, Hyeonbin, O, Shin, S.Y. & Kim, Y.S. (2018). Effects of sous-vide method at different temperatures, times and vacuum degrees on the quality, structural, and microbiological properties of pork ham. *Meat Science,* 143, 1–7.

Jose, S. & Antonio, G. J. R. (2012). Physico-chemical, textural and structural characteristics of sous-vide cooked pork cheeks as affected by vacuum, cooking temperature, and cooking time. *International Journal of Meat Science, 90*, 828-835.

Kachele, R., Zhang, M., Gao, Z. & Adhikari, B. (2017). Effect of vacuum packaging on the shelf-life of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets stored at 4 °C. *LWT Food Science and Technology, 80*, 163-168.

Kaewthong, P., & Wattanachant, S. (2017). Optimizing the electrical conductivity on marinade solution for water-holding capacity of broiler breast meat. *Poultry Science, 97*, 701-708.

Kaewthong, P., Wattanachant, C. & Wattanachant, S. (2021). Improving the quality of barbecued culled-dairy-goat meat by marination with plant juices and sodium bicarbonate. *Journal of Food Science & Technologists*, 58(1), 388-339.

Kaur, L., Hui, S. X. & Boland, M. (2020). Changes in Cathepsin Activity during LowTemperature Storage and Sous Vide Processing of Beef Brisket. *Food Science of Animal Resources, 40*(3), 415-425.

Kerdpiboon, S., Suraphantapisit, N., Pongpaew, P., & Pramual, S. (2019). Properties Changes of Chicken Breast during Sous-Vide Cooking and Acceptance for Elderly. *Food and Applied Bioscience to Innovation and Technology, 18*(2), 156-166.

Kemp C. M., Sensky P. L., Buttery P. J., Parr T. (2010). Tenderness – An enzymatic view. *Meat Science*, *84,* 248-256.

Kim, Y.S., Jeong, K., Hyeonbin, O., & Shin, S.Y. (2018). Effects of sous-vide method at different temperatures, times and vacuum degrees on the quality, structural, and microbiological properties of pork ham. *Meat Science, 143*, 1-7.

Liu Z., Xiong Y. L., & Chen J. (2011). Morphological Examinations of Oxidatively Stressed Pork Muscle and Myofibrils upon Salt Marination and Cooking To Elucidate the Water-Binding Potential. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59*, 13026-13034.

Marino, R., Albenzio, M., Malva, D. A., Santillo, A., Loizzo, P. & Sevi, A. (2013). Proteolytic pattern of myofibrillar protein and meat tenderness as affected by breed and aging time. *Meat Science, 95*, 281-287.

Massimiliano, R., Chiara, A., Maria, P., Martina, C., Chiara, M. & Emma, C. (2013). A Novel Time/ Temperature. *International Journal of Food and Bioprocess Technology, 7*, 2969-2977.

Masniyom P., Benjama O., & Maneesri J. (2013). Effect of modified atmosphere and vacuum packaging on quality changes of refrigerated tilapia (Oreochromis niloticus) fillets. *International Food Research Journal, 20*(3), 1401-1408.

Mudalal, S., Babini, E., Cavani, C. & Petracci, M. (2014). Quantity and functionality of protein fractions in chicken breast fillets affected by WS. *Poultry Science, 93*, 1-9.

Panpipat, W., Chaijan, S., Chaijan, M., Panya, A. & Cheong, L. Z. (2020). Preservation of chilled Asian sea bass (*Lates calcarifer*) steak by whey protein isolate coating containing polyphenol extract from ginger, lemongrass, or green tea. *Food Control, 118,* 1-10.

Park, C. H., Lee, B., Oh, E., Kim, Y. S. & Choi, Y. M. (2020). Combined effects of sous-vide cooking conditions on meat and sensory quality characteristics of chicken breast meat. *Poultry Science, 99*(6), 3286–3291.

Picouet, P. A., Silvia, C. C., Heloise, V., Laia, C. B. & Pere, C. (2011). Stability of sous-vide cooked salmon loins processed by high pressure. *Innovative Food Science and Emerging Technologies, 12*, 26–31.

Putra, A. A., Wattanachant, S. & Wattanachant, C. (2019). Sensory-related attributes of raw and cooked meat of culled Saanen goat marinated in ginger and pineapple juices. *Tropical Animal Science Journal, 42*(1), 59-67.

Roldan, M., Antequera, T., Martin, A., Mayoral, Al. & Ruiz, J. (2013). Effect of different temperature-time combinations on physicochemical, microbiological, textural and structural features of sous-vide cooked lamb loins. *Meat Science, 93*(3), 572-578.

Tornberg, E. (2005). Effects of heat on meat proteins –Implications on structure and quality of meat products. *Meat Science, 70*, 493-508.

Wattanachant, S., Benjakul, S. & Ledward, D.A. (2005). Effect of heat treatment on changes in texture, structure and properties of Thai indigenous chicken muscle. *Food Chemistry, 93*(2), 337-348.

Wongwiwat, P., Wattanachant, S. & Siripongvutikorn, S. (2010). Effect of phosphate treatments on microbiological, physicochemical changes of spent hen muscle marinated with Tom Yum paste during chilled storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 90,* 1293-1299.

Xia X., Kong B., Liu Q., & Liu J. (2009). Physicochemical change and protein oxidation in porcine longissimus dorsi as influenced by different freeze–thaw cycles. *Meat Science, 83,* 239-245.

Yancey J. W. S., Wharton M. D., Apple J. K. (2011). Cookery method and end-point temperature can affect the Warner–Bratzler shear force, cooking loss, and internal cooked color of beef longissimus steaks. *Meat Science, 88,* 1-7.

Young H., Anang D. M., & Tiwari B. K. (2014). Shelf life and textural properties of cooked-chilled black tiger prawns (Penaeus monodon) stored in vacuum pack or modified atmospheric packaging at 4 or 20 °C. *Food packaging and shelf life, 2,* 59-64.

Zhang, L.Y. & Wu, B. (2010). Study on the thermal induced changes of proteins and texture properties of Qingyuan chicken thighs. *Food and Fermentation Industries, 2010*(10), 174-179.

Zhu, X., Kaur, L., Staincliffe, M. & Boland, M. (2018). Actinidin pretreatment and sous vide cooking of beef brisket: Effects on meat microstructure, texture and in vitro protein digestibility. *Meat Science, 145*, 256-265.

# ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ

### ก.1 การวัดค่าสี

**วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์**

1. เครื่องมือวัดค่าสี (colour) ตรา Hunter lab รุ่น Cx 1471

**วิธีการ**

1.เปิดเครื่อง และเลือกโปรแกรม STANDARDIZE โดยกดปุ่มสัญลักษณ์ ⚡

2. ทำการ calibration

- วางแผ่นสีดำมาตรฐาน (Black Glass) ในที่สำหรับวางตัวอย่าง แล้วกดสัญลักษณ์ ⚡
- วางแผ่นสีขาวมาตรฐาน (White Glass) ในที่สำหรับวางตัวอย่าง แล้วกดสัญลักษณ์ ⚡
- หน้าจอเครื่องจะปรากฏ L* a* และ b*

3. วางตัวอย่างในที่สำหรับวางตัวอย่าง แล้วกดปุ่มสัญลักษณ์ ⚡

4. อ่านผลที่ได้จากเครื่อง พร้อมบันทึกผลการทดลอง

### ก.2 การวัดค่าแรงกดของเนื้อสัมผัส

**อุปกรณ์**

1. เครื่อง Texture analyzer ยี่ห้อ Stable micro system รุ่น TA-XT2

**วิธีการ**

เตรียมตัวอย่างเพื่อวัดค่าแรงเฉือน (shear force) โดยหั่นชิ้นเนื้อขนาด 1×2×1 เซนติเมตร (กว้าง×ยาว×สูง) โดยใช้หัววัด Warner bratzler ต่อเข้ากับเครื่อง Texture Profile Analysis (TPA) (TA.XT2) อัตราการเคลื่อนที่ของหัววัด 4 มิลลิตเมตร/วินาที วิเคราะห์ตัวอย่างด้วยการทำซ้ำ 5 ครั้ง วัดคุณสมบัติทางลักษณะเนื้อสัมผัส ได้แก่ ความแข็ง (Hardness) และความยืดหยุ่น (Adhesiveness)

**ก.3 กล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนแบบส่องกราด (SEM : Scanning electron microscopy)**

วิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนแบบส่องกราด (SEM : Scanning electron microscopy) (Wattanachant *et al*., 2004)

**ก. 4 ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักหลังการแช่เย็น (Drip loss)**

นำชิ้นเนื้อไก่สด (ส่วนอก) ที่เก็บในสภาวะเย็น (3 องศาเซลเซียส) มาตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ซับให้แห้ง ชั่งน้ำหนักหลังการแช่เย็น คำนวณเปอร์เซ็นการสูญเสียน้ำหนักหลังการแช่เย็น

$$\%\text{drip loss} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนแช่เย็น - น้ำหนักตัวอย่างหลังแช่เย็น})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนแช่เย็น}} \times 100$$

**ก. 5 การสูญเสียน้ำหนักหลังต้ม (Cooking loss)**

นำชิ้นเนื้อไก่สด (ส่วนอกและส่วนสะโพก) บรรจุใส่ถุงพลาสติก นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที จากนั้นนำเนื้อไก่แช่ในน้ำเย็นทันทีเป็นเวลา 10 นาที ซึ่งน้ำหนักตัวอย่างหลังการต้ม คำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังการต้ม

$$\%\text{Cooking loss} = \frac{(\text{น้ำหนักก่อนให้ความร้อน-น้ำหนักหลังให้ความร้อน})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนให้ความร้อน}} \times 100$$

**ก. 6 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity)**

วิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำโดยดัดแปลงตามวิธีของ Jauregui et al., (1981) ชั่งเนื้อไก่สุกที่ทราบน้ำหนักแน่นอนจำนวน 2 กรัม ใส่หลอดปั่นเหวี่ยงที่มีกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 รองอยู่ที่ก้นหลอด ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6,000×g เป็นเวลา 15 นาที ซึ่งน้ำหนักไก่หลังจากการปั่นเหวี่ยง คำนวณความสามารถในการอุ้มน้ำดังสมการ

$$\%\text{น้ำที่สูญเสียหลังการปั่นเหวี่ยง} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนปั่นเหวี่ยง-น้ำหนักตัวอย่างหลังปั่นเหวี่ยง})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนปั่นเหวี่ยง}} \times 100$$

$$\%\text{ความสามารถในการอุ้มน้ำ} = \frac{(\%\text{ความชื้น-}\%\text{น้ำที่สูญเสียหลังการปั่นเหวี่ยง})}{\%\text{ความชื้น}} \times 100$$

## ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี

### ข. 1 วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)

**วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์**

1. กระบอกตวง (cylinder) ขนาด 100 มิลลิลิตร
2. บีกเกอร์ (beaker) ขนาด 50 มิลลิลิตร
3. เครื่องวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

**วิธีการ**

1. ชั่งตัวอย่างอัตราส่วน (1:9) น้ำหนักเนื้อไก่ 10 กรัม ต่อน้ำกลั่น 90 มิลลิลิตร นำไป Homogenizer เป็นเวลา 2 นาที
2. วัดค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง pH meter
3. อ่านค่าและบันทึกผล

### ข. 2 วิเคราะห์ปริมาณกรดไธโอบาบิทิวริค (Thiobabituric acid, TBA) ตามวิธี AOAC (2000)

1. Thiobabituric acid reagent

ละลายกรด Thiobabituric จำนวน 0.2883 กรัม ในสารละลายกรดอะซิติคความเข้มข้น 90% โดยการอุ่นเบาๆ แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตรด้วยกรดอะซิติคความเข้มข้น 90% ใน Volumetric flask

วิธีการทำ

1. ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ต่อน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ปั่นด้วย Homogenizer เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นเทลงในขวดกลั่น แล้วใช้น้ำกลั่นกลั้วล้างภาชนะที่ติดบีกเกอร์ให้หมด แล้วเทลงในขวดกลั่น
2. เติม 2.5 มิลลิลิตร 4 N HCl
3. กลั่นให้ได้ของเหลว 50 มิลลิลิตร (ภายในเวลา 10 นาที หลังเดือด)
4. ปิเปตของเหลวที่กลั่นได้ 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่มีฝาปิด
5. เติม 5 มิลลิลิตร TBA ปิดฝา เขย่า แล้วนำไปต้มให้ความร้อนด้วยน้ำเดือดเป็นเวลา 35 นาที
6. ทำ blank พร้อมไปด้วย โดยใช้น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร และสารละลาย TBA 5 มิลลิลิตร เขย่าให้ความร้อนด้วยน้ำเดือด เป็นเวลา 35 นาที
7. ทำตัวอย่าง และ blank ให้เย็นภายในเวลา 10 นาที นำไปวัดค่า O.D. ที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับ blank คำนวณค่า TBA ดังนี้ TBA number = 7.8×O.D. (มิลลิกรัม malonaldehyde ต่อกิโลกรัม)

## ภาคผนวก ค. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางจุลินทรีย์

**ค.1 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Viable Count)** ได้แก่ จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิต่ำ จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง และจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศในการเจริญด้วยเทคนิค pour plate (BAM, 2001)

**สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ**

1. Plate count agar (PCA)
2. peptone water ร้อยละ 0.1

**วิธีการ**

1. ชั่งตัวอย่าง 25 กรัม ลงในถุงที่มี peptone water ร้อยละ 0.1 ที่ปลอดเชื้อจำนวน 225 มิลลิลิตร แล้วทำให้เข้ากันโดยการเขย่าเป็นเวลา 1 นาที
2. ทำการเจือจางให้ $10^{-1}$-$10^{-6}$ โดยใช้ peptone water ร้อยละ 0.1
3. ดูดตัวอย่างความเจือจางที่เหมาะสมจากข้อ 1.2 อย่างละ 1.0 มิลลิลิตร (ทำ 3 ซ้ำ) ลงในจานเพาะเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้ว
4. เทอาหาร PCA ซึ่งกำลังหลอมเหลวและมีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส ลงในจานเพาะเชื้อจานละประมาณ 15-20 มิลลิลิตร
5. เขย่าจานเพาะเชื้อให้อาหารเลี้ยงเชื้อผสมกับตัวอย่างที่เจือจาง โดยการหมุนจานเพาะเชื้อในทิศตามเข็มนาฬิกา 5 ครั้ง ทวนเข็มนาฬิกา 5 ครั้ง ทำอย่างระมัดระวังและรวดเร็วเพื่อไม่ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัวก่อน
6. ตั้งทิ้งไว้ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว
7. สำหรับจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศในการเจริญ นำไปใส่ใน anaerobic jar แล้วกำจัดอากาศออก
8. บ่มเพาะเชื้อที่ 4 องศาเซลเซียส (จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิต่ำ) และ 35-37 องศาเซลเซียส (จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง และจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศในการเจริญ) ในลักษณะคว่ำจานเพาะเชื้อเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
9. ตรวจนับจำนวนโคโลนีจากจานเพาะเชื้อประมาณ 30-300 โคโลนี รายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง

โคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง = ค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนี × ระดับความเจือจาง

## ภาคผนวก ง. แบบสอบถามทางประสาทสัมผัส

### ง.1 แบบประเมินทางประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ทดสอบ.................................................................................วัน.........................................

**คำแนะนำ** : กรุณาทดสอบตัวอย่างพร้อมให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของตัวอย่าง และบ้วนปากก่อนทุกครั้งที่จะทดสอบตัวอย่างต่อไปนี้ โดยกำหนดระดับการให้คะแนนที่ 1-9 ดังนี้

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

5= เฉยๆ 6= ชอบเล็กน้อย 7= ชอบปานกลาง 8= ชอบมาก

9= ชอบมากที่สุด

| คุณลักษณะ | รหัสตัวอย่าง | | |
|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| สี | | | |
| กลิ่น | | | |
| เนื้อสัมผัส | | | |
| รสชาติ | | | |
| ความชอบรวม | | | |

**ข้อเสนอแนะ**

.......................................................................................................................................................

.......................................................................................................................................................

.......................................................................................................................................................

.......................................................................................................................................................

**ง.2 แบบสอบถามทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคทั่วไป**

**แบบสอบถามทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคทั่วไป**

**แบบสอบถามความคิดเห็นผู้บริโภคข้าวมันไก่เบตง**

**คำชี้แจง** งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาข้าวมันไก่เบตงให้ตรงกับความชอบและความพึงพอใจของผู้บริโภค ทั้งนี้เพื่อให้งานวิจัยดังกล่าวบรรลุตามวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยใคร่ขอความร่วมมือจากท่านในการกรอกแบบสอบถามด้วยข้อมูลที่เป็นจริงเพื่อความสมบูรณ์ในงานวิจัย และทางผู้วิจัยขอขอบคุณในความร่วมมือที่ดีของท่าน ทั้งนี้ข้อมูลจากแบบสอบถามดังกล่าวจะถูกเก็บเป็นความลับและใช้เฉพาะในงานวิจัยเท่านั้น

**ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ทดสอบแบบสอบถาม**

โปรดกรอกข้อมูลและทำเครื่องหมาย √ ลงในช่อง ☐ ดังหัวข้อต่อไปนี้

**1. เพศ**

☐ 1.) ชาย ☐ 2.) หญิง

**2. อายุ**

☐ 1.) ต่ำกว่า 20 ปี ☐ 2.) 20 - 29 ปี

☐ 3.) 30 - 39 ปี ☐ 4.) 40 – 49 ปี

☐ 6.) 50 ปีขึ้นไป

**3. อาชีพ**

☐ 1.) นักเรียน/นักศึกษา ☐ 2.) ประกอบธุรกิจส่วนตัว

☐ 3.) พนักงานบริษัทเอกชน ☐ 4.) รับราชการ

☐ 5.) พนักงานรัฐวิสาหกิจ ☐ 6.) อื่นๆ (โปรดระบุ)..........................

**5. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน**

☐ 1.) ต่ำกว่า 10,000 บาท ☐ 2.) 10,000 – 19,999 บาท

☐ 3.) 20,000 - 29,999 บาท ☐ 4.) 30,000 – 39,999 บาท

☐ 5.) 40,000 – 49,999 บาท ☐ 6.) 50,000 บาท ขึ้นไป

**ส่วนที่ 2** ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคไก่สับ/ข้าวมันไก่

โปรดกรอกข้อมูลและทำเครื่องหมาย / ลงในช่อง ☐ ดังหัวข้อต่อไปนี้

1. คุณรู้จักไก่สับ/ข้าวมันไก่หรือไม่ (ถ้าไม่รู้จักข้ามไปทำข้อ 2,3)

☐ 1.) รู้จัก ☐ 2.) ไม่รู้จัก

1.1คุณชอบรับประทานไก่สับ/ข้าวมันไก่หรือไม่

☐ 1.) ชอบ ☐ 2.) ไม่ชอบ

1.2 คุณสามารถเลือกซื้อไก่สับ/ข้าวมันไก่จากที่ใด

☐ 1.) ตลาด ☐ 3.) ภัตตาคาร

☐ 2.) ร้านอาหาร ☐ 4.) อื่นๆ...............

1.3 เกณฑ์ที่คุณใช้ในการเลือกรับประทานข้าวมันไก่ คือ

☐ 1.) รสชาติดี ☐ 2.) ราคาถูก ☐ 3.) มีวางขายทั่วไป

☐ 3.) อื่นๆ............

1.4 ความถี่ในการเลือกรับประทานไก่สับ/ข้าวมันไก่ ของท่าน *

☐ 1.) 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์

☐ 2.) 3-4 ครั้งต่อสัปดาห์

☐ 3.) มากกว่า 6 ครั้งต่อสัปดาห์

☐ 4.) 2-3 ครั้งต่อเดือน

☐ 5.) อื่น ๆ (โปรดระบุ)...........................

1.5 ท่านรับประทานไก่สับ/ข้าวมันไก่ เป็นอาหารมื้อใด

☐ 1.) มื้อเช้า ☐ 2.) มื้อเที่ยง ☐ 3.) มื้อเย็น ☐ 4.) อื่นๆ............

2. ท่านรับประทานไก่เบตง หรือไม่

☐ 1.) รับประทาน ☐ 2.) ไม่รับประทาน

3. หากมีการผลิตไก่สับ/ข้าวมันไก่เบตง เพื่อจำหน่าย ในราคา 60-100 บาท (ข้าว 30 กรัม ไก่ 50 กรัม ต่อ 1 เสริฟ) คุณคิดว่าจะซื้อหรือไม่

☐ 1.) ซื้อ ☐ 3.) ไม่แน่ใจ

☐ 2.) ไม่ซื้อ ☐ 4.) อื่นๆ............

**ส่วนที่ 2 ทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อข้าวมันไก่** ท่านมีทัศนคติต่อข้าวมันไก่อย่างไรในเรื่องต่อไปนี้ ?

| รายการ | ระดับทัศนคติของผู้บริโภค | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ดีมาก (5) | ดี (4) | เฉย ๆ (3) | ไม่ดี (2) | ไม่ดีมาก (1) | |
| 1. ลักษณะของผลิตภัณฑ์ | | | | | | |
| 1.1 เมล็ดข้าว เม็ดสวย | | | | | | |
| ความนุ่ม | | | | | | |
| ความมัน | | | | | | |
| ความสะอาด | | | | | | |
| ความอร่อย | | | | | | |
| 1.2 เนื้อไก่ ความนุ่ม | | | | | | |
| ความอร่อย | | | | | | |
| 1.5 น้ำจิ้ม เข้มข้น | | | | | | |
| กลมกล่อม | | | | | | |
| ความอร่อย | | | | | | |

1. ความพอดี (JAR) ของผู้บริโภคที่มีต่อเนื้อไก่เบตง

| ตัวอย่าง | ลักษณะที่ประเมิน | ความถี่ (%) | | | ทิศทางการปรับปรุง |
|---|---|---|---|---|---|
| | | น้อยไป | พอดี | มากไป | |
| เนื้อไก่เบตง | สีของเนื้อไก่สุก | | | | |
| | กลิ่นของเนื้อไก่สุก | | | | |
| | ความนุ่มของเนื้อไก่ | | | | |
| | รสชาติของเนื้อไก่ | | | | |
| | ความชอบโดยรวม | | | | |

**2. คุณยอมรับข้าวมันไก่เบตงเพียงใดโปรดระบุระดับการยอมรับ**

| **การยอมรับ** | **น้อยที่สุด** | **น้อย** | **ปานกลาง** | **มาก** | **มากที่สุด** |
|---|---|---|---|---|---|
| ข้าวมันไก่เบตง | | | | | |

**ข้อเสนอแนะ**.................................................................................................................................

.................................................................................................................................................

.....................................................................................................................................................

# ประวัติผู้วิจัย

**หัวหน้าโครงการ**

**ชื่อ – สกุล** นางสาวกมลทิพย์ กรรไพเราะ

**ตำแหน่งทางวิชาการ** อาจารย์

**สังกัด** คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร

**ประวัติการศึกษา**

- วท. ม. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขต หาดใหญ่
- วท. บ. (อุตสาหกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

**ผลงานทางวิชาการ**

**งานวิจัย**

กมลทิพย์ กรรไพเราะ ภัทรวดี เอียดเต็ม และภารดี พละไชย. (2563). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เห็ดทอดปรุงรส: กรณีศึกษา อ.ธารโต จ.ยะลา*, ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง ภัทรวดี เอียดเต็ม สุธีรา ศรีสุข และนุชเนตร ตาเย๊ะ (2562). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์อัตลักษณ์อาหารท้องถิ่นใน 3 จังหวัดชายแดนใต้*, ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ จริยา สุขจันทรา และภารดี พละไชย. (2562). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาของข้าวหอมกระดังงาชนิดแท่ง*, ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ วิภาดา มุนินทร์นพมาศ และภัทรวดี เอียดเต็ม. (2562). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์จำปาดะอบกรอบ,* ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ และนิภาภัทร์ กุณฑล (2562). *การพัฒนาขนมไทยลดพลังงานและการปรับปรุงสัดส่วนกรดไขมันด้วยสารให้ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช* , ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ. (2561). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเจ๊ะเหมชงพร้อมดื่มพร้อมบริโภค,* ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ และภารดี พละไชย (2560). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารฮาลาล: น้ำสลัดแขกไขมันต่ำ,* คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ นัสรินทร์ สุหลงกูด และแวนาซีเราะห์ แวมามุ. (2559). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดแขกพาสเจอไรส์พร้อมบริโภค*, ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ และสุธีรา ศรีสุข. (2559). *การพัฒนาและใช้ประโยชน์จากดาหลาเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเชิงสุขภาพ*, ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

วิภาดา มุนินทร์นพมาศ, กมลทิพย์ กรรไพเราะ, จีรวุธ มุนินทร์นพมาศ, อับดุลนาเซร์ ฮายีสาเมาะ, และสุธีรา ศรีสุข. (2558). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำปรุงรสพริกไทยดำของหมี่เบตงกึ่งสำเร็จรูป,* ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

สมทบ เวทโอสถ, กมลทิพย์ กรรไพเราะ, และอิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์. (2558). *ผลของการจุ่มน้ำร้อนต่อคุณภาพผลของส้มโชกุน,* ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

**บทความ**

กมลทิพย์ กรรไพเราะ กัสมีนี เล๊ะนุ และอาลีฟ กาเจ็ง. (2563). การยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เต้าส้อไส้ถั่วกวน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย. 5*(2): 7-21.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ. (2563). ผลของการใช้มอลโตเด็กซ์ตรินต่อคุณภาพของน้ำชาเจ๊ะเหมชงพร้อมดื่ม สำเร็จรูป. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 25*(3): 1067-1082.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ. (2561). ผลของการใช้สารทดแทนน้ำตาลต่อคุณภาพของกัมมี่เยลลี่ดาหลา. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 23*(2): 944-958.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ. (2559, กรกฎาคม-ธันวาคม). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาซาดีนแดดเดียวโดยใช้ตู้อบลมร้อน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย. 2*(1): 7-21.

กมลทิพย์ กรรไพเราะ และสุธีรา ศรีสุข. (2559). การพัฒนากัมมี่เยลลี่ดาหลาพลังงานต่ำด้วยซูคราโลส. ใน *รายงานการประชุมงานประชุมวิชาการเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 14 "เกษตรและสุขภาพ" (Agriculture and Health) ประจำปี 2559 วันที่ 1-2 พฤศจิกายน 2559.* พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สมทบ เวทโอสถ, กมลทิพย์ กรรไพเราะ, และอิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์. (2558). ผลของการจุ่มน้ำร้อนต่อคุณภาพผลของส้มโชกุน. ใน *รายงานการประชุมบริการิชาการครั้งที่ 54 ประจำปี 2559 วันที่ 2-5 กุมภาพันธ์ 2559.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิภาดา มุนินทร์นพมาศ, กมลทิพย์ กรรไพเราะ, จีรวุธ มุนินทร์นพมาศ, อับดุลนาเซร์ ฮายีสาเมาะ

และสุธีรา ศรีสุข. (2558). การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำปรุงรสพริกไทยดำของหมี่เบตงกึ่งสำเร็จรูป. ใน *รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 4 ประจำปี 2558 วันที่ 5 สิงหาคม 2558*. นราธิวาส : มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์.

Kanpairo, K., Usawaketmanee, W., Sirivongpaisal, P. and Siripongvutikorn, S. (2012). The compositions and properties of spray dried tuna flavor powder produced from tuna precooking juice. *International Food Research Journal, 19* (3), 893-899.

**หนังสือ / เอกสารทางวิชาการ**

กมลทิพย์ กรรไพเราะ. (2563). *เอกสารประกอบการสอนวิชาเคมีผลิตภัณฑ์อาหาร.* พิมพ์ครั้งที่ 1. ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.