# โครงการ
# การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

**ชื่อโครงการ** การผลิตไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน (The Production of Fat-Reduced and Protein-Enriched Emulsion Type Sausage)

**ชื่อนิสิต** นายกันตภณ สโลภาพ
นายธรรศ เปล่งสุริยการ

**ภาควิชา** เทคโนโลยีทางอาหาร
**ปีการศึกษา** 2562

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# รายงานการวิจัย

## ภายใต้โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

เรื่อง

การผลิตไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน

(The Production of Fat-Reduced and Protein-Enriched Emulsion Type Sausage)


โดย

นายกันตภณ สโลภาพ

นายธรรศ เปล่งสุริยการ


ประจำปีการศึกษา พ.ศ.2562


ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# การผลิตไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน


โดย

นายกันตภณ สโลภาพ

นายธรรศ เปล่งสุริยการ


อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประจำปีการศึกษา 2562

# The Production of Fat-Reduced and Protein-Enriched Emulsion Type Sausage

Guntapon Salophap

Touch Pleangsuriyakarn

Project Advisor

Asst. Prof. Kiattisak Duangmal, Ph.D.

A Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Bachelor of Science Program in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2019

**หัวข้องานวิจัย** การผลิตไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน

**โดย** นายกันตภณ สโลภาพ

นายธรรศ เปล่งสุริยการ

**สาขาวิชา** เทคโนโลยีทางอาหาร

**อาจารย์ที่ปรึกษา** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์

**ปีการศึกษา** 2562

---

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อนุมัติให้รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

ประจำปีการศึกษา 2562

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ขนิษฐา ธนานุวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

**หัวข้องานวิจัย** การผลิตไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน

**โดย** นายกันตภณ สโลภาพ

นายธรรศ เปล่งสุริยการ

**สาขาวิชา** เทคโนโลยีทางอาหาร

**อาจารย์ที่ปรึกษา** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์

**ปีการศึกษา** 2562

---

บทคัดย่อ

ไส้กรอกอิมัลชันจัดเป็นอาหารที่มีปริมาณไขมันอิ่มตัวสูง ซึ่งการรับประทานในปริมาณมากมีความเสี่ยงให้เกิดโรคประเภท NCDs เช่น โรคอ้วน โรคหัวใจและความดันโลหิตสูง งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาผลของการทดแทนมันแข็งหมูซึ่งเป็นไขมันอิ่มตัวด้วยสารทดแทนไขมัน ได้แก่ คอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลา ซึ่งมีปริมาณโปรตีนสูง มีสมบัติการละลายน้ำที่ดี ไม่มีกลิ่นคาวและมีสีขาวครีม ทำให้สะดวกต่อการนำไปทดแทนมันแข็งหมูในไส้กรอกอิมัลชัน โดยเริ่มจากการเลือกไส้กรอกอิมัลชันสูตรควบคุม โดยทำไส้กรอกอิมัลชันเป็นจำนวน 3 สูตร ใช้เกณฑ์การวิเคราะห์สมบัติทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Ranking test และ 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบ 33 คนและใช้ค่า shear force และ gel strength เพื่อเลือกสูตรที่ดีที่สุดมาเป็นสูตรควบคุม และใช้เป็นสูตรตั้งต้นสำหรับทดลองทำไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน โดยแปรสูตรจำนวน 4 สูตร เทียบกับสูตรควบคุมซึ่งได้จากการแบ่งสัดส่วนเนื้อหมู มันแข็งหมู และคอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากการทำ mixture design การแปร 4 สูตรนั้นได้มาจากการเลือกจุด 4 จุดจาก mixture design ที่มีช่วงสัดส่วนตัวแปรขององค์ประกอบ 3 อย่าง คือ เนื้อหมูสัดส่วน 0.640-0.788 มันแข็งหมูสัดส่วน 0.072-0.220 และ คอลลาเจนไฮโดรไลเสตสัดส่วน 0.140-0.200 ส่วนไส้กรอกสูตรควบคุมมีสัดส่วนเนื้อหมู 0.640 และ สัดส่วนมันแข็งหมู 0.360 จากนั้นนำไส้กรอกทุกสูตรไปวิเคราะห์ลักษณะปรากฏ องค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางกายภาพ ด้านลักษณะปรากฏ พบว่าไส้กรอกทุกสูตรลักษณะใกล้เคียงกับสูตรควบคุม ด้านเนื้อสัมผัส คือ ค่า shear force พบว่าไส้กรอกสูตรที่ 2 และ 3 ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) ด้านองค์ประกอบทางเคมี พบว่าปริมาณความชื้นและเถ้าไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) ส่วนปริมาณโปรตีนและไขมันพบว่าไส้กรอกทุกสูตรผ่านเกณฑ์ “ลดไขมัน” และ “เสริมโปรตีน” ค่า water activity และ ค่า pH ของไส้กรอกทุกสูตรไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) ผลการวัดค่าสีพบว่า ค่า L* ของไส้กรอกทุกสูตรแตกต่างจากสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) ค่า a* ของไส้กรอกสูตรที่ 2 และ 3 ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) ค่า b* ของไส้กรอกสูตรที่ 3 ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) ค่าการอุ้มน้ำของไส้กรอกทุกสูตรสูงกว่าสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าคอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลาสามารถใช้ทดแทนมันแข็งหมูในไส้กรอกอิมัลชันได้ โดยสูตรที่ดีที่สุดคือสูตรที่ 2 เนื่องจากผ่านเกณฑ์ “ลดไขมัน” และ “เสริมโปรตีน” มีปริมาณไขมันต่างจากสูตรควบคุมน้อยที่สุดจึงความเป็นไปได้มากที่สุดที่จะมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับสูตรควบคุม และยังมีสมบัติต่างๆใกล้เคียงกับสูตรควบคุม โดยมีค่าการอุ้มน้ำสูงกว่าสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$)

**Project Title** The Production of Fat-Reduced and Protein-Enriched Emulsion Type Sausage

**Student** Guntapon Salophap

Touch Pleangsuriyakarn

**Study Program** Bachelor of Science in Food Technology

**Advisor** Asst. Prof. Kiattisak Duangmal, Ph.D.

**Academic Year** 2019

---

## ABSTRACT

Emulsion sausages are considered as food containing high content of saturated fat. High consumption of emulsion sausages may increase a risk of NCDs such as obesity, heart diseases and hypertension. This research aimed to study the effect of replacing pork back fat with fish skin collagen hydrolysate. Collagen hydrolysate from fish skin is water-soluble, creamy white powder containing high amount of protein and no fishy smell. Thus, it is suitable for partially replacing pork back fat in emulsion sausage. Three formulations of emulsion sausage were prepared and evaluated. They were subjected to sensory evaluation using a ranking test and a 9-point hedonic scale test with 33 untrained panelists, and texture analysis with shear force and gel strength measurement. The selected formula was used as the control for emulsion sausage development. Based on the control formula, four formulations were developed using a mixture design concept. The proportion of pork, pork back fat and collagen hydrolysate from fish skin ranged from 0.640 to 0.788, 0.072 to 0.220 and 0.140 to 0.200, respectivey. The control formulae showed the ratio of pork to pork back fat as 0.640:0.360 pork back fat. Appearance, proximate analysis and physical properties of sausages from all formulations were analyzed. The appearance, moisture, ash content, water activity ($a_w$) and pH did not differ among 5 formulations ($p \leq 0.05$). All formulations met the criteria “Fat Reduced” and “Protein Enriched”, with higher water holding capacity (WHC) and lower L* value compared to the control ($p \leq 0.05$). The second (0.640-0.220-0.140) and third (0.700-0.140-0.160) formulations showed no difference in shear force and a* value compared to the control ($p \leq 0.05$). The third formulation showed no difference in b* value compared to the control ($p \leq 0.05$). In summary, pork back fat could be partially replaced using collagen hydrolysate from fish skin. The second formulation was considered the best formulation because it met the criteria “Fat Reduced” and “Protein Enriched” with minimum difference in the fat content compared to control, so it would probably have similar sensory quality to the control. This formulation also showed similar properties to the control except having higher WHC ($p \leq 0.05$).

# กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ในระดับปริญญาบัณฑิต ของภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งได้รับเงินทุนอุดหนุนจาก งบประมาณของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ ปีการศึกษา 2562 คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้จัดทำวิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

สำหรับงานวิจัยชิ้นนี้ก็ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์ อาจารย์ที่ ปรึกษางานวิจัย ที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษาต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยจนทำให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จ ลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อินทาวุธ สรรพวรสถิตย์ ที่เอื้อเฟื้อวัตถุดิบสารเคมีเกลือ ไนไตรต์ และโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต บริษัท ไทยนิปปอน ราบีเจ จำกัด ที่เอื้อเฟื้อวัตถุดิบคอลลาเจน ไฮโดรไลเสตจากหนังปลา บริษัท วิคกี้ เอนเตอร์ไพรซ์ จำกัด ที่เอื้อเฟื้อวัตถุดิบไอโซเลทซอยโปรตีนและ โซเดียมอีริทธอร์เบต และ บริษัท ไอพีเอส อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด ที่เอื้อเฟื้อวัตถุดิบไส้เทียมคอลลาเจน ใน การทำงานวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอพระคุณขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คุณสราวุฒิ แถลงกิจ เจ้าหน้าที่ ห้องปฏิบัติการห้องปฏิบัติการกระบวนการผลิตอาหาร คุณทสร บุญยะกาญจนา และคุณมณฑา ชัยปัญญา เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมีอาหาร คุณจุฑาทิพย์ พุ่มเจริญ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการประกันคุณภาพอาหาร และพัฒนาผลิตภัณฑ์ รวมถึงเพื่อนนิสิตร่วมชั้นปีและรุ่นพี่ปริญญาโทที่คอยให้คำปรึกษาช่วยเหลือและ อำนวยความสะดวกในเรื่องต่างๆตลอดการทำงานวิจัยนี้

นายกันตภณ สโลภาพ

นายธรรศ เปล่งสุริยการ

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | จ |
| กิตติกรรมประกาศ | ฉ |
| สารบัญ | ช |
| สารบัญตาราง | ฌ |
| สารบัญภาพ | ญ |
| บทที่ 1 บทนำ (Introduction) | 1 |
| 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย | 3 |
| 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย | 3 |
| บทที่ 2 วารสารปริทัศน์ (Literature review) | 4 |
| 2.1 ไส้กรอกอิมัลชัน | 4 |
| 2.2 กรรมวิธีการผลิตไส้กรอก | 5 |
| 2.3 สมบัติเชิงหน้าที่ของส่วนผสมไส้กรอก | 7 |
| 2.4 การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารไขมันต่ำ | 9 |
| 2.5 คอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลา | 9 |
| 2.6 ไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน | 11 |
| 2.7 ไส้กรอกสูตรอ้างอิง (control) | 12 |
| บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง (Materials and methods) | 15 |
| 3.1 วัสดุอุปกรณ์ | 15 |
| 3.1.1 วัตถุดิบ | 15 |
| 3.1.2 สารเคมี | 16 |
| 3.1.3 อุปกรณ์ | 16 |
| 3.2 วิธีการทดลอง | 17 |
| 3.2.1 การเลือกสูตรไส้กรอกอิมัลชันสูตรควบคุม | 17 |
| 3.2.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส | 17 |

3.2.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชันสูตรควบคุม 18
3.2.4 การเตรียมตัวอย่างไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน 19
3.2.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี 20
3.2.6 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ 22
3.2.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ 22
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ (Results and discussion) 23
4.1 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชันสูตรควบคุม 23
4.1.1 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส 23
4.1.2 การวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส 25
4.1.3 การเลือกสูตรควบคุมที่ดีที่สุด 27
4.2 การผลิตไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน 28
4.2.1 ลักษณะปรากฏของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน 28
4.2.2 proximate analysis ของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน 30
4.2.3 การวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน 32
4.2.4 สมบัติทางกายภาพของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน 33
4.2.5 การเลือกสูตรไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน 34
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ (Conclusions and recommendation) 36
5.1 ผลการเลือกไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนที่ดีที่สุด 36
5.2 ข้อเสนอแนะ 37
เอกสารอ้างอิง 38
ภาคผนวก
ก แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 42
ข ข้อมูลจำเพาะของผลิตภัณฑ์ 43
ค ประวัติผู้วิจัย 44

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 3.1 | สูตรไส้กรอกอิมัลชันจาก mixture design | 20 |
| 4.1 | ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชันสูตรควบคุมทั้ง 3 สูตร | 24 |
| 4.2 | ค่า rank sum จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการเรียงลำดับความชอบของไส้กรอกอิมัลชันสูตรควบคุมทั้ง 3 สูตร | 25 |
| 4.3 | ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า shear force และค่า gel strength ของไส้กรอกอิมัลชันสูตรทั่วไปทั้ง 3 สูตร | 26 |
| 4.4 | ลักษณะปรากฏของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน | 28 |
| 4.5 | proximate analysis ของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน | 30 |
| 4.6 | ค่าเฉลี่ย shear force ของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน | 32 |
| 4.7 | สมบัติทางกายภาพของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน | 33 |

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | ไส้กรอกอิมัลชัน | 4 |
| 2 | อิมัลชันจากการสับผสม | 5 |
| 3 | ไส้กรอกที่ผ่านการยัดไส้ | 6 |
| 4 | การรมควันไส้กรอก | 6 |
| 5 | การต้มไส้กรอก | 6 |
| 6 | ภาพวาดอธิบายลักษณะของอิมัลชันที่เกิดจากโปรตีนและไขมัน | 7 |
| 7 | โครงสร้างของ collagen type-I, type-II และ type-III | 11 |

# บทที่ 1

## บทนำ (Introduction)

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ไส้กรอกอิมัลชัน มีต้นกำเนิดจากทวีปยุโรป โดยจะผลิตจากเนื้อที่อยู่ในระยะก่อนการเกร็งตัว (prerigor) เป็นหลัก ไส้กรอกอิมัลชัน อาจแบ่งประเภทเป็น ไส้กรอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็ก และไส้กรอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่ แฟรงก์เฟอร์เตอร์และเวียนเนอร์ เป็นตัวอย่างของไส้กรอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็ก แต่เดิมแล้ว เวียนเนอร์จะบรรจุในไส้แกะ ส่วนแฟรงก์เฟอร์เตอร์จะบรรจุในไส้หมู โบโลน่าและมอร์ทาเดลล่า เป็นผลิตภัณฑ์ที่คล้ายกันแต่บรรจุในไส้ขนาดใหญ่ เช่น ไส้กลางวัว ไส้ใหญ่วัว หรือไส้สังเคราะห์ (Savic, 1985)

ไส้กรอกจัดเป็นอาหารฟาสต์ฟู้ด หรืออาหารจานด่วน มีปริมาณไขมันอิ่มตัวสูง ซึ่งถ้าหากรับประทานไขมันประเภทนี้เข้าไปเป็นจำนวนมากติดต่อกันเป็นระยะเวลานานอาจเสี่ยงต่อภาวะคอเลสเตอรอลในเลือดสูงซึ่งเป็นสาเหตุของโรคหัวใจ อีกทั้งยังเสี่ยงต่อการเกิดโรคประเภท NCDs ได้แก่ โรคอ้วน โรคหัวใจขาดเลือดและความดันโลหิตสูงโดยปกติผู้ชายควรได้รับไขมันอิ่มตัวไม่เกิน 30 กรัมต่อวัน และผู้หญิงควรได้รับไขมันอิ่มตัวไม่เกิน 20 กรัมต่อวัน (สำนักโภชนาการ, 2554) เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาการจากการบริโภคอาหารที่มีไขมันสูง จึงมีการคิดค้นเพื่อพัฒนาการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันต่ำ (reduced – fat food) โดยในปัจจุบันมีหลายวิธีโดยในงานวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้วิธีการลดไขมัน (Formulation optimization) ด้วยการใช้สารทดแทนไขมัน (เช่นโปรตีน, แป้ง, thickener, gum, stabilizer, gelling agent, bulking agent, อิมัลซิไฟเออร์และไฟเบอร์) ซึ่งมีสมบัติทางหน้าที่คล้ายไขมัน (functional ingredients) (เบญจา ชุตินทราศรี, 2550)

ทางผู้จัดทำโครงงานจึงสนใจที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน เนื่องจากไส้กรอกอิมัลชันเป็นแหล่งโปรตีนที่บริโภคได้สะดวกแต่มีปริมาณไขมันสูงจึงมีความจำเป็นที่ต้องทดแทนไขมันหมูด้วยสารทดแทนไขมัน รวมถึงต้องการเพิ่มปริมาณโปรตีนในไส้กรอกเพื่อเจาะกลุ่มลูกค้าที่มีความต้องการบริโภคโปรตีนในปริมาณมาก โดยที่มีไขมันในปริมาณน้อย ได้แก่ กลุ่มนักกีฬาและกลุ่มคนรักสุขภาพ ซึ่งผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนที่ได้นี้จะมีสัดส่วนสารอาหารที่เหมาะสม ดีต่อสุขภาพมากขึ้นและลดความเสี่ยงจากโรคที่เกิดจากการบริโภคไขมันสูงได้ โดยสารทดแทน

ไขมันที่ใช้ในการวิจัยนี้คือ คอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลา ซึ่งเป็น type I collagen อันเป็นคอลลาเจนชนิดเดียวกับคอลลาเจนที่เป็นองค์ประกอบหลักของกระดูกและผิวหนังมนุษย์ การใช้คอลลาเจนไฮโดรไลเสตจะทำให้ค่า water holding capacity (WHC), emulsion stability รวมถึงค่าที่เกี่ยวกับเนื้อสัมผัส ได้แก่ hardness และ chewiness มีค่าสูงขึ้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ประกอบกันจะทำให้ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสและรสชาติของผลิตภัณฑ์สูงขึ้น โดยมีงานวิจัยที่ได้นำคอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากเอ็นวัว ซึ่งเป็น type II collagen มาใช้เป็นสารทดแทนไขมันในไส้กรอกอิมัลชัน พบว่าคอลลาเจนไฮโดรไลเสตช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการได้ เนื่องจากคอลลาเจนไฮโดรไลเสตเป็นโปรตีนชนิดหนึ่ง ทำให้การเติมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตช่วยเพิ่มโปรตีนและลดปริมาณไขมันในไส้กรอกอิมัลชันได้ (Sausa *et al*., 2017) คอลลาเจนทั้งสองชนิดมีความคล้ายคลึงกันในด้านขนาดโมเลกุล โครงสร้างโมเลกุลและคุณสมบัติเชิงชีวเคมี ด้วยเหตุนี้ผู้จัดทำโครงงานจึงสนใจที่จะทดลองนำคอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลามาใช้เป็นสารทดแทนไขมันในไส้กรอกอิมัลชันเพื่อศึกษาผลของการทดแทนไขมันที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมีและทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชัน

เหตุผลของการเลือกใช้คอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลาเนื่องจากคอลลาเจนไฮโดรไลเสตหรือคอลลาเจนเพปไทด์เป็นคอลลาเจนที่ผ่านกระบวนการไฮโดรไลซิสอย่างสมบูรณ์จนมีขนาดโมเลกุลเล็กลง ทำให้ร่างกายสามารถดูดซึมได้ง่ายกว่าคอลลาเจนและเจลาติน นอกจากนี้คอลลาเจนที่ผ่านกระบวนการไฮโดรไลซิสบางส่วนยังมีสมบัติการละลายน้ำที่ดี (Jarvis, 2019) และข้อดีอีกประการหนึ่งของการใช้คอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลาคือ คอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากแหล่งอื่น เช่น หนังหมู กระดูกวัว เป็นคอลลาเจนที่มีปัจจัยเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของเชื้อโรค เช่น โรควัวบ้า (Mad cow disease) โรคสมองอักเสบแบบติดต่อ (transmissible spongiform encephalopathy) โรคปากและเท้าเปื่อย (foot and mouth disease) เป็นต้น ดังนั้นคอลลาเจนจากหนังปลาจึงจัดเป็นคอลลาเจนชั้นดีที่สามารถนำมาใช้ทดแทนไขมันได้โดยไม่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนของเชื้อโรค อีกทั้งคอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลาได้รับการพัฒนาให้มีโมเลกุลขนาดลดลง ใช้เวลาในการผลิตไม่นาน และใช้ต้นทุนในการผลิตไม่สูง ไม่มีกลิ่นคาว มีสีขาวครีม และลักษณะเป็นผงละเอียดจึงสะดวกต่อการนำไปใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (สิทานนท์ อมตเวทย์, 2561) คอลลาเจนจากปลา เป็น type I collagen ซึ่งเป็นชนิดเดียวกับคอลลาเจนที่เป็นองค์ประกอบหลักของกระดูกและผิวหนังมนุษย์ คิดเป็นร้อยละ 90 ของคอลลาเจนที่พบในกระดูก เมื่อบริโภคจึงสามารถเสริมสร้างกระดูกและผิวหนังให้มีความสมบูรณ์ (Gao *et al*., 2017)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาผลของการทดแทนไขมันด้วยคอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลาในสัดส่วนปริมาณต่างๆ ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมีและทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชัน
2. หาสูตรหรือสัดส่วนปริมาณที่ใช้ทดแทนไขมันที่ดีที่สุดที่สามารถกล่าวอ้างทางโภชนาการว่าลดไขมันและเพิ่มโปรตีนได้ โดยมีสมบัติทางกายภาพและเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับสูตรควบคุม

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ทราบเทคนิคการผลิตไส้กรอกอิมัลชัน
2. ทราบสัดส่วนคอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลา สัดส่วนไขมัน และสัดส่วนเนื้อหมู ในการผลิตไส้กรอกอิมัลชันลดไขมันที่สามารถกล่าวอ้างทางโภชนาการว่าลดไขมันและเพิ่มโปรตีนได้ โดยมีสมบัติทางกายภาพและเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับสูตรควบคุม
3. ทราบสมบัติทางประสาทสัมผัสและทางเนื้อสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชันที่ผู้บริโภคชื่นชอบ นำไปเป็นแนวทางในการผลิตไส้กรอกอิมัลชันเพื่อจำหน่ายได้
4. สามารถนำประสบการณ์และวิธีการลดไขมันที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้กับ comminuted meat products เช่น โบโลน่า ลูกชิ้น หมูยอ

# บทที่ 2

# วารสารปริทัศน์ (Literature review)

## 2.1 ไส้กรอกอิมัลชัน

ไส้กรอกอิมัลชันเป็นไส้กรอกที่ผลิตจากเนื้อสัตว์ที่ถูกสับผสมจนเนื้อเนียนละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน เรียกว่า sausage batter จากนั้นจึงยัดลงในไส้แล้วนำไปปรุงสุกโดยใช้ความร้อนชื้นจากไอน้ำหรือน้ำร้อน ตัวอย่างของไส้กรอกประเภทนี้ ได้แก่ แฟรงค์เฟอร์เตอร์ มอร์ตาเดลล่า โบโลน่า (Marianski, 2011) องค์ประกอบหลักของไส้กรอกอิมัลชัน คือเนื้อวัวและเนื้อหมู อาจผลิตจากเนื้อวัวล้วน ผลิตจากเนื้อวัวและเนื้อลูกวัวผสมกัน หรือผลิตจากเนื้อวัวอย่างเดียวก็ได้ เวียนเนอร์แบบดั้งเดิมมีเนื้อลูกวัวเป็นส่วนผสม ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันมักใช้เนื้อที่มีคุณสมบัติในการยึดจับกับน้ำและเกิดโครงร่างตาข่ายได้ดี ไส้กรอกที่คุณภาพต่ำอาจมีการผสมนมผงไร้ไขมัน ธัญพืช แป้งวัตถุผสมไส้กรอก เช่น เนื้อส่วนคอหอยวัว หรือเครื่องในของไก่ หรืออาจเติมเนื้อส่วนอื่นๆที่มีความสามารถในการยึดจับน้ำน้อยกว่า เช่น ลิ้น เนื้อส่วนหัว โดยทั่วไประดับการเติมวัตถุผสมไส้กรอก ที่ยอมรับได้คือไม่เกินร้อยละ 15-20 ของส่วนผสมไส้กรอกทั้งหมด ไส้กรอกอิมัลชันโดยปกติแล้วจะไม่ใช้เนื้อสัตว์หลายชนิดผสมกัน (Savic, 1985)

ภาพที่ 1 ไส้กรอกอิมัลชัน

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันมีลักษณะใกล้เคียงกับไส้กรอกเวียนนา (เวียนเนอร์) โดยมีข้อแตกต่างคือ ไส้กรอกอิมัลชันสามารถเติมวัตถุผสมไส้กรอกได้ร้อยละ 15-20 ของส่วนผสมไส้กรอกทั้งหมด ในขณะที่ไส้กรอกเวียนนาสามารถเติมวัตถุผสมไส้กรอกได้ไม่เกินร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก สำหรับโปรตีนนมและโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลต ไม่เกินร้อยละ 3.5 สำหรับโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น ลักษณะอื่นของไส้กรอกอิมัลชันเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไส้กรอกเวียนนา มาตรฐานเลขที่ มอก. 2300-2549 (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2549)

2.2 กรรมวิธีการผลิตไส้กรอกอิมัลชัน

2.2.1 การสับผสม

ไส้กรอกอิมัลชันโดยทั่วไปจะทำขึ้นจากการสับผสมเนื้อสับละเอียดรวมกับ ไขมันสัตว์ และน้ำหรือน้ำแข็ง โดยการสับผสมมีจุดประสงค์เพื่อลดขนาดอนุภาคไขมันและสกัดเอา myofibrillar protein จากเนื้อสัตว์ ซึ่ง myofibrillar protein จะทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ โดยจะสามารถละลายออกมาได้ในสารละลายเกลือ และทำหน้าที่หุ้มล้อมอนุภาคไขมันเพื่อให้เกิดโครงสร้างอิมัลชันที่คงตัว โดยปัจจัยสำคัญของการเกิดอิมัลชันที่คงตัวคือการควบคุมอุณหภูมิของผสมระหว่างสับผสมไม่ให้เกิน 12-14 $^{o}$C เพื่อไม่ให้โปรตีนที่สกัดได้เสียสภาพธรรมชาติ ซึ่งจะควบคุมอุณหภูมิได้โดยการเติมน้ำแข็งระหว่างสับผสม โดยจะเป็นการเพิ่มปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ด้วย ค่า pH จะขึ้นอยู่กับระยะเวลาหลังการฆ่าชำแหละ เมื่อเวลาผ่านไปค่า pH ของเนื้อสัตว์จะต่ำลงจาก 6.5-7.0 จนเข้าใกล้ค่า pI ที่ 5.0-5.4 ซึ่งจะทำให้โปรตีนไม่เหมาะสมกับการทำผลิตภัณฑ์ และเมื่อเกิด rigor mortis ไมโอซินจะจับกับแอคตินเกิดเป็นแอคโตไมโอซินซึ่งจะทำให้ไม่สามารถละลายได้ในสารละลายเกลือ สรุปได้ว่าค่า pH และอุณหภูมิส่งผลต่อการเสียสภาพของโปรตีน ซึ่งเมื่อโปรตีนเสียสภาพก่อนที่จะผลิตไส้กรอก ความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ก็จะสูญเสียไป ทั้งนี้ความเข้มข้นของสารละลายเกลือก็มีผลทำให้สมบัติการละลายของไมโอซินเพิ่มขึ้น ทำให้สกัดไมโอซินได้มากขึ้นด้วย (Lynn, 1987)

ภาพที่ 2 อิมัลชันจากการสับผสม (Savic, 1985)

2.2.2 การยัดไส้

ส่วนผสมของไส้กรอกอิมัลชันจะถูกนำไปบรรจุในไส้ (casing) โดยอาจเป็นไส้ธรรมชาติ เช่นไส้หมู ไส้วัว ไส้แกะ หรือไส้สังเคราะห์ เช่น ไส้คอลลาเจน ไส้เซลลูโลสโดยทั่วไปการใช้ไส้ธรรมชาติจะต้องแช่น้ำก่อน แต่จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะตรงกับความต้องการของผู้บริโภคมากกว่า การยัดไส้จะต้องยัดให้เต็มความจุของไส้ ไม่ให้มีฟองอากาศ จากนั้นจึงทำการมัดไส้กรอกตามความยาวที่กำหนด (Savic, 1985)

ภาพที่ 3ไส้กรอกที่ผ่านการยัดไส้ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2014)

2.2.3 การรมควัน

สำหรับการรมควันไส้กรอกมักมีการรมควันแบบ hot smoking เพื่อให้สารประกอบจำพวก acid, aldehyde, phenols ที่ได้จากการเผาไม้เนื้อแข็ง เช่น ไม้โอ๊ก ไม้บีช ไม้เมเปิ้ล ไม้ฮิคคอรี ระเหยออกมาและถูกดูดซับบนผิวไส้กรอกทำให้เกิดลักษณะผิวไส้กรอกจากสารประกอบ aldehyde กลิ่นรสเฉพาะของผิวไส้กรอกจากสารประกอบฟีนอล และการตกตะกอนของโปรตีนโดยกรด (Savic, 1985)

ภาพที่ 4 การรมควันไส้กรอก (Goddard, 2016)

2.2.4 การปรุงสุกและการทำให้เย็น

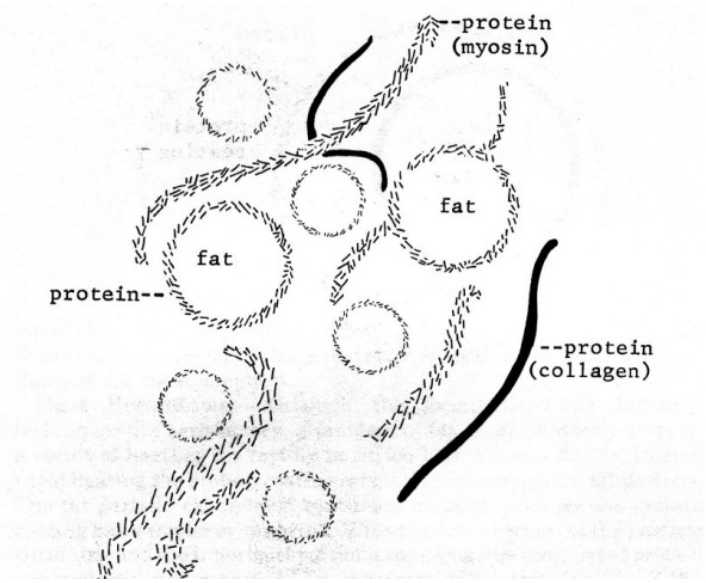
การปรุงสุกไส้กรอกหลังทำได้หลายวิธี เช่น การต้มในน้ำร้อน การพ่นน้ำร้อน การใช้ไอน้ำ เพื่อให้ไส้กรอกมีอุณหภูมิภายในอย่างต่ำ 65 $^{o}$C โดยอุณหภูมิภายในไส้กรอก 68 $^{o}$C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุด จากนั้นจึงพ่นน้ำเย็นอุณหภูมิ 16 $^{o}$C เป็นการสิ้นสุดกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยอุณหภูมิ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาได้นาน (Savic, 1985)

ภาพที่ 5 การต้มไส้กรอก (Kenneth, 2019)

2.3 สมบัติเชิงหน้าที่ของส่วนผสมไส้กรอก

2.3.1 เนื้อสัตว์

โปรตีนหลักที่มีอยู่ตามธรรมชาติในเนื้อสัตว์ที่ใช้ทำไส้กรอก คือไมโอซินเมื่อถูกสกัดออกมาในปริมาณที่เพียงพอสามารถทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์โดยยึดจับกับน้ำอิสระในไส้กรอก และยึดจับไขมันไว้ด้านในไม่ให้รวมตัวเป็นหยดขนาดใหญ่และไหลออกจากไส้กรอกระหว่างปรุงสุกด้วยโครงสร้างไมโอซินเจล ยึดจับส่วนผสมไส้กรอกไว้ด้วยกัน อีกทั้งยังทำให้ไส้กรอกรสชาติดีและมีความชุ่มฉ่ำ (Acton *et al.*, 1983)




ภาพที่ 6 ภาพวาดอธิบายลักษณะของอิมัลชันที่เกิดจากโปรตีนและไขมัน (Pearson and Gillett, 1996)

2.3.2 ไขมันสัตว์

ไขมันเป็น เฟสกระจายโดยกระจายตัวอยู่ในโปรตีนเมทริกซ์ที่มีน้ำอยู่มากหยดไขมันที่กระจายตัวอยู่ในผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์เป็นส่วนประกอบสำคัญทำให้เกิดเนื้อสัมผัสที่นุ่ม ยืดหยุ่นและความชุ่มฉ่ำของผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค (Yoo *et al*., 2007)

2.3.3 น้ำ

น้ำมีหน้าที่สำคัญในการผลิตไส้กรอก คือ เป็นตัวทำละลายเกลือ ให้เป็นสารละลายเกลือที่สามารถละลายโปรตีนแอคตินและไมโอซินในไส้กรอก การเติมน้ำส่งผลอย่างมากต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์ การเติมน้ำ

ลงไปในไส้กรอกโดยการใส่น้ำแข็ง ยังช่วยรักษาอุณหภูมิให้ต่ำลงและป้องกันการเสียสภาพของโปรตีนจากความร้อน (Marianski, 2011)

2.3.4 เกลือ (โซเดียมคลอไรด์)

เกลือมีหน้าที่ 3 อย่างในไส้กรอก คือเพิ่มรสชาติของไส้กรอก เป็นองค์ประกอบของสารละลายเกลือในไส้กรอก ซึ่งสามารถละลายไมโอซินซึ่งเป็นโปรตีนที่มีคุณสมบัติในการเก็บกักน้ำเป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่ดี และลดกิจกรรมของจุลินทรีย์บางชนิด (American Meat Science Association [AMSA], 2015)

2.3.5 ไนไตรท์ ไนเตรทและแอสคอร์เบต

ไนไตรท์และไนเตรทมีคุณสมบัติช่วยในการสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย โดยเฉพาะ Clostridium botulinum ที่สามารถสร้างสารพิษที่มีอันตรายร้ายแรงถึงชีวิตเรียกว่า โบทูลินัมท็อกซิน นอกจากนั้นยังทำให้ไส้กรอกมีกลิ่นรสเฉพาะ และช่วยตรึงสีของเนื้อสัตว์ให้มีสีชมพูอีกด้วย (Fennema, 1996) แอสคอร์เบต และอีริทธอเบต (ไอโซแอสคอร์เบต) มีหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ลดปริมาณ nitrosamine ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งที่อาจพบได้ในไส้กรอกที่ใส่ไนเตรตและไนไตรต์อีกทั้งยังช่วยให้เกิดสีชมพูแดงในไส้กรอกเร็วขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ปรากฏสีแดงที่สม่ำเสมอ (AMSA, 2015)

2.3.6 วัตถุผสมไส้กรอก

คือส่วนประกอบที่ไม่ใช่เนื้อสัตว์ซึ่งเติมลงในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ได้แก่

- Binders: วัสดุที่เติมเข้าไป เพื่อช่วยในการยึดจับน้ำ และช่วยให้อิมัลชันคงทน ด้วยการเป็น Emulsifying agent มักเป็นพวกที่มีโปรตีนสูง เช่น นมผง โปรตีนถั่วเหลืองสกัดเข้มข้น
- Fillers: วัสดุที่ใส่ลงไปเพื่อช่วยกักเก็บน้ำแต่ไม่ได้เป็นอิมัลซิไฟเออร์ จึงมักทำจากแป้งต่างๆ โดยแป้งที่ใส่จะมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอก เนื่องจาก แป้งเมื่อได้รับความร้อน เม็ดแป้งจะเกิดการ gelatinization ทำให้ไส้กรอกมีเนื้อสัมผัสที่หนืดข้น
- Extenders: วัสดุที่เติมลงไปเพื่อเพิ่มมวลของผลิตภัณฑ์ ลดต้นทุนในการผลิต มักทำมาจากโปรตีนถั่วเหลือง นำไปผสมกับแป้งและน้ำ ซึ่งจะทำให้มีเนื้อสัมผัสที่ใกล้เคียงกับเนื้อโดยจะใส่ทดแทนเนื้อได้ราวๆร้อยละ 25 ของเนื้อที่ใช้ทั้งหมด (อำนวย ทองคำ, 2555)

2.4 การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารไขมันต่ำ

เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาการจากการบริโภคอาหารที่มีไขมันสูง จึงมีการคิดค้นเพื่อพัฒนาการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันต่ำ (reduced – fat food) โดยใช้เทคนิคหลายรูปแบบได้แก่ การแยกไขมันออกจากผลิตภัณฑ์โดยตรง (Direct fat removal – no compensation) วิธีนี้จะแยกไขมันออกจากผลิตภัณฑ์ไขมันเต็ม (standard product) ตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์นมพร่องมันเนย (skimmed milk) วิธีการแยกไขมันออกจากผลิตภัณฑ์โดยตรงนี้ประสบความสำเร็จในอุตสาหกรรมนม ซึ่งเห็นได้จากผู้บริโภคให้การยอมรับ การใช้สารทดแทนไขมัน (Formulation optimization) โดยใช้ส่วนผสมอาหารที่ให้คุณสมบัติทางหน้าที่ (functional ingredients) คล้ายไขมัน เช่น โปรตีน แป้ง และ thickener ชนิดต่างๆ ได้แก่ gum, stabilizer, gelling agent, bulking agent อิมัลซิไฟเออร์ และ ไฟเบอร์ (เบญจา ชุตินทราศรี, 2550)

มีงานวิจัยหลายชิ้นที่ศึกษาเกี่ยวกับการใช้สารทดแทนไขมันในไส้กรอก ศิริลดา ไกรลมสม. (2558) พบว่าการใช้แป้งบุกร่วมกับแซนแทนกัมเป็นสารทดแทนไขมันในปริมาณร้อยละ 10 ของน้ำหนักวัตถุดิบ ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคต่อคุณลักษณะด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์ ในขณะที่ค่าความยืดหยุ่น ค่าการยึดติด และค่าความยากง่ายในการเคี้ยว มีความแตกต่างจากตัวอย่างสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) กันยา พลแสน และคณะ. (2559) พบว่าการเพิ่มปริมาณสารทดแทนไขมัน คือ น้ำมันรำข้าวพรีอิมัลซิฟายด์ (PO) ทำให้ค่าการสูญเสียระหว่างทำให้สุก ค่าความแน่นแข็งความเหนียวยึดติดความคงทนเมื่อถูกเคี้ยวและสีแดงของไส้กรอกเวียนนาลดลง ($p \leq 0.05$) การเพิ่มระดับ PO ทำให้ค่าความสว่างปริมาณโปรตีนความชื้น และเถ้าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณไขมัน และค่าพลังงานรวมลดลง ($p \leq 0.05$) การประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสพบว่าไส้กรอกสูตร PO-50 (สูตรทดแทนไขมันด้วยน้ำมันรำข้าวพรีอิมัลซิฟายด์ร้อยละ 50) มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสชาติและความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p > 0.05$)

2.5 คอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลา

คอลลาเจนเป็นโปรตีนที่พบได้ปริมาณน้อยในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของสัตว์ แต่พบได้ปริมาณมากในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เอ็น และกระดูกอ่อนของสัตว์ ในผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ คอลลาเจนสามารถเปลี่ยนเป็นเจลาตินระหว่างกระบวนการปรุงสุกที่อุณหภูมิ 75-80 $^{o}$C คอลลาเจนจะสูญเสียโครงสร้างเกลียวทั้งหมด เกิดเป็นซอลของเจลาติน เมื่ออุณหภูมิลดลงเหลือประมาณอุณหภูมิห้องก็จะสามารถเกิดเป็นเจลได้ คอลลาเจนยังมีคุณค่าทางโภชนาการ ในปัจจุบันเริ่มมีการนำคอลลาเจนจากหลายแหล่ง เช่น คอลลาเจนจากกระดูกสัตว์มาใช้เป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มการเก็บกักน้ำและไขมันในผลิตภัณฑ์จากสัตว์ (Whiting, 1989)

ปัจจุบันคอลลาเจนเป็นโปรตีนที่มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมความงาม อาหารเสริม และเครื่องดื่มจำนวนมาก และมีความหลากหลายแหล่งที่มาไม่ว่าจะเป็นจากหนังหมู กระดูกวัว เป็นต้น ซึ่งคอลลาเจนจาก

แหล่งดังกล่าวเป็นคอลลาเจนที่มีปัจจัยเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของเชื้อโรค เช่น โรควัวบ้า (Mad cow disease) โรคสมองอักเสบแบบติดต่อ (transmissible spongiform encephalopathy) โรคปากและเท้าเปื่อย (foot and mouth disease) เป็นต้น ดังนั้นทางเลือกที่น่าสนใจคือการผลิตคอลลาเจนจากหนังปลาที่เหลือจากอุตสาหกรรมแล่ปลาเพื่อแช่แข็ง ซึ่งจัดเป็นคอลลาเจนชั้นดีที่สามารถทดแทนได้ และไม่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนของเชื้อโรคคอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลา ได้รับการพัฒนาให้มีโมเลกุลขนาดลดลง เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆได้ง่ายขึ้น โดยใช้เวลาในการผลิตไม่นาน และใช้ต้นทุนที่ลดลงในการผลิต (สิทานนท์ อมตเวทย์, 2561)

โดยจุดเด่นของคอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลา ได้แก่

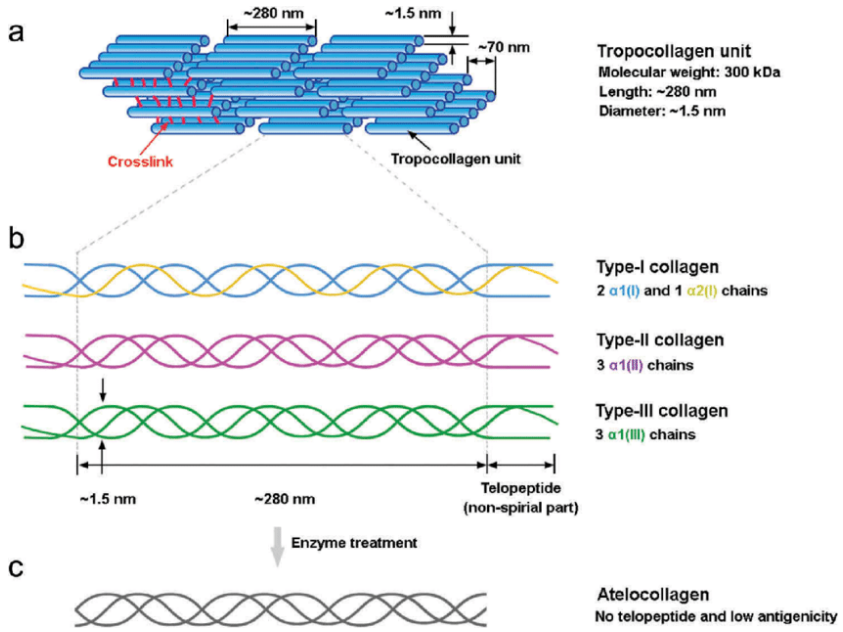
- กรรมวิธีการสกัดคอลลาเจนที่ระยะเวลาสั้นกว่ากรรมวิธีที่ใช้ในปัจจุบัน
- ค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำกว่ากรรมวิธีในปัจจุบัน
- คอลลาเจนที่ได้ไม่มีกลิ่นคาว มีสีขาวครีม และลักษณะเป็นผงละเอียด ทำให้ง่ายและสะดวกต่อการนำไปต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์อื่นได้
- คุณสมบัติด้านการดูดซึมเข้าสู่ร่างกายที่ดีกว่าคอลลาเจนที่มีในปัจจุบัน

คอลลาเจนไฮโดรไลเสตหรือคอลลาเจนเพปไทด์ คือ คอลลาเจนที่ผ่านกระบวนการไฮโดรไลซิสเพื่อให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลงและดูดซึมได้ง่ายขึ้นคอลลาเจนสามารถถูกไฮโดรไลซ์ได้ด้วยการใช้สารเคมีหรือเอนไซม์ การไฮโดรไลซิสด้วยเอนไซม์สารมารถควบคุมได้ง่ายกว่าโดยที่ไม่ทำลายสารอาหารที่มีอยู่ในคอลลาเจน เอนไซม์จะทำลายพันธะไฮโดรเจน โดยใช้น้ำในปฏิกิริยา (Paredes, 2019)

Sausa *et al*. (2017) ได้ทำการศึกษาตัวแปรด้านคุณภาพของไส้กรอกแฟรงก์เฟอร์เตอร์ที่ทดแทนไขมันบางส่วนด้วยคอลลาเจนไฮโดรไลเสต โดยใช้ผลิตภัณฑ์คอลลาเจนไฮโดรไลเสตที่สกัดจากเอ็นวัว Germina® ซึ่งเป็น Type II collagen พบว่า คอลลาเจนไฮโดรไลเสตทำให้ลักษณะสัมผัสและกลิ่นรสของไส้กรอกแฟรงก์เฟิร์ตดีขึ้น ทำให้สมบัติการเก็บกักน้ำและความแข็งไส้กรอกเพิ่มขึ้น เมื่อทำการทดแทนไขมัน 75% (SC75)มีปริมาณโปรตีนในไส้กรอกเพิ่มขึ้น 43.5%เทียบกับสูตรควบคุม (SS) ที่ระดับการทดแทนไขมัน 50% (SC50)มีปริมาณไขมันในไส้กรอกลดลง20.61%และสามารถทำการทดแทนไขมันในไส้กรอกแฟรงก์เฟิร์ตด้วยคอลลาเจนไฮโดรไลเสตได้ถึงระดับการทดแทน 50% โดยไม่เกิดปัญหาในด้านคุณภาพจากผลของ sensory test พบว่าไส้กรอกสูตร SC25, SC50 และ SC75 มีผลคะแนนทั้งในด้าน appearance, aroma, texture, taste และ overall acceptance สูงกว่าไส้กรอกสูตรSS

คอลลาเจนจากปลา เป็น type I collagen ซึ่งเป็นชนิดเดียวกับคอลลาเจนที่เป็นองค์ประกอบหลักของกระดูกและผิวหนังมนุษย์ คิดเป็นร้อยละ 90 ของคอลลาเจนที่พบในกระดูก เมื่อบริโภคจึงสามารถเสริมสร้างกระดูกและผิวหนังให้มีความสมบูรณ์ ในขณะที่ type II collagen จากเอ็นวัว เป็นชนิดเดียวกับคอลลาเจนใน

เนื้อเยื่อเกี่ยวพันตามเอ็นและกระดูกอ่อนของมนุษย์ คิดเป็นร้อยละ 90 ของคอลลาเจนที่พบในกระดูกอ่อน เมื่อบริโภคจึงสามารถเสริมสร้างเอ็นและข้อต่อให้แข็งแรง คอลลาเจนทั้งสองชนิดมีความคล้ายคลึงกันในด้านขนาดโมเลกุล โครงสร้างโมเลกุลและคุณสมบัติเชิงชีวเคมี โครงสร้างของคอลลาเจนทั้งสองชนิดประกอบด้วยสายพอลิเปปไทด์ 3 สาย แต่มีความแตกต่างกันคือพอลิเปปไทด์ทั้งสามสายของ type II collagen มี composition เป็นรูปแบบ $[\alpha 1(II)]_3$ และ มี hydroxylysine – linked galactosyl glucosyl disaccharides มากกว่า type I collagen ที่มีสายพอลิเปปไทด์แบบ $\alpha 1(I)2$ สาย และ $\propto 2(I)1$ สาย โดยมี 10 disaccharides ต่อ$\alpha 1(II)1$ สาย 2 disaccharides ต่อ$\alpha 1(I)$ 1 สาย (Gao *et al*., 2017)




ภาพที่ 7 โครงสร้างของ collagen type-I, type-II และ type-III (Gao *et al*., 2017)

2.6 ไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน

จากประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182 พ.ศ.2541 พบว่าการจะกล่าวอ้างทางโภชนาการเกี่ยวกับไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนนั้น ไส้กรอกต้องมีปริมาณไขมันทั้งหมดลดลงตั้งแต่ร้อยละ 25 ขึ้นไปเมื่อเทียบกับอาหารอ้างอิง และ ต้องมีปริมาณโปรตีนที่สูงกว่าระดับที่มีอยู่ในอาหารอ้างอิงไม่น้อยกว่าปริมาณร้อยละ 10 ของ Thai RDI หรือคือ 5 กรัม เมื่อเทียบกับอาหารอ้างอิง (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา [อ.ย.], 2541)

2.7 ไส้กรอกอิมัลชันสูตรอ้างอิง (control)

2.7.1 สูตรมาตรฐานสำหรับไส้กรอกแฟรงก์เฟอร์เตอร์ (กรมปศุสัตว์, 2555)

| | |
|---|---|
| เนื้อหมู | 46.64 % |
| มันหมู | 24.88 % |
| น้ำแข็ง | 24.88 % |
| เครื่องเทศ | 1.62 % |
| โซเดียมอีริทธอร์เบต | 0.09 % |
| ฟอสเฟต | 0.31 % |
| เกลือไนไตรท์ | 1.12 % |
| ไอโซเลทซอยโปรตีน | 0.47 % |

วิธีการผลิตไส้กรอก

1. คลุกเนื้อหมูด้วยเกลือไนไตรท์ เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 24 ชั่วโมง
2. บดเนื้อหมูและมันหมูด้วยตะแกรงรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร
3. ใส่เนื้อหมูที่บดละเอียดแล้วลงในกระทะของเครื่องสับ
4. ปิดฝากระทะแล้วเดินเครื่อง พร้อมกับเติมน้ำแข็ง เครื่องเทศ เครื่องปรุงต่างๆ
5. ใส่มันหมู สับจนละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน
6. หยุดเครื่อง กวาดเนื้อที่ติดอยู่ภายในฝาครอบกระทะ
7. เดินเครื่องต่อไปจนอุณหภูมิสุดท้ายไม่เกิน 12 - 15°C
8. บรรจุในไส้แกะ เบอร์ 20/22 มัดเป็นท่อนๆ ให้มีน้ำหนักท่อนละประมาณ 75 กรัม
9. แขวนและนำเข้า smokehouse ทำการอบแห้ง 70 °C 30 นาที, การรมควัน 70 °C 30 นาที, การต้ม 75 °C 20 นาที และการแช่น้ำเย็น 10 °C 10 นาที ตามลำดับ
10. แขวนให้แห้งก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 - 4 °C

2.7.2 สูตรไส้กรอกอิมัลชันของผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์ (ผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์, 2536)

| | |
|---|---|
| เนื้อหมู | 48.43 % |
| มันหมู | 27.27 % |
| ไนไตรท์ | 0.09 % |
| เกลือบริโภค | 1.57 % |
| น้ำแข็ง | 17.66 % |
| โซเดียมเคซีเนท | 1.00 % |
| แป้งสาลี | 1.00 % |
| แป้งมันสำปะหลัง | 1.00 % |
| โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต | 0.25 % |
| โซเดียมอีริทธอร์เบต | 0.17 % |
| น้ำตาลทราย | 0.61 % |
| พริกไทย | 0.61 % |
| ดอกจันทน์ | 0.05 % |
| ลูกจันทน์ | 0.07 % |
| ปาปริกา | 0.04 % |
| ยี่หร่า | 0.006 % |
| อบเชย | 0.008 % |
| ลูกผักชี | 0.056 % |
| ผงชูรส | 0.10 % |

วิธีการผลิตไส้กรอก

1. ทำความสะอาด เนื้อหมู ตัดแต่งใช้เฉพาะส่วนเนื้อ หั่นขนาด 2 x 2 x 2 $cm^3$
2. หมักเนื้อหมูกับไนไตรท์และเกลือบริโภค เก็บที่อุณหภูมิ -10 $^{o}$C - 0 $^{o}$C 24 ชั่วโมง
3. บดเนื้อหมู/มันหมูแยกกันผ่านหน้าแปลน (plate) ขนาดรู 4 mm
4. สับเนื้อหมูในเครื่องสับละเอียด 1 นาที กับน้ำแข็ง
5. ใส่ส่วนผสมที่เหลือยกเว้นมันหมู บดผสมให้เข้ากัน
6. ใส่มันหมู บดผสมให้เข้ากัน (อุณหภูมิของส่วนผสมไม่ควรเกิน 16 $^{o}$C)
7. อัดไส้และมัดเป็นท่อนยาวท่อนละ 2 นิ้ว
8. รมควัน (ชานอ้อย) 70 °C 40 นาที
9.ต้มในน้ำร้อน 80 °C 15 นาที
10. ทำให้เย็นโดยแช่ในน้ำเย็น 10 นาที ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ

2.7.3. สูตรไส้กรอกอิมัลชันของเกศรา แซ่โค้ว (เกศรา แซ่โค้ว, 2544)

| | |
|---|---|
| เนื้อหมู | 52.85 % |
| มันหมู | 29.86 % |
| น้ำแข็ง | 13.21 % |
| น้ำตาล | 1.32 % |
| ฟอสเฟต | 0.21 % |
| เกลือ | 1.06 % |
| ผงเพรก | 0.17 % |
| พริกไทย | 0.42 % |
| ดอกจันทน์ | 0.04 % |
| ลูกผักชี | 0.32 % |
| กระเทียม | 0.54 % |

วิธีการผลิตไส้กรอก

1. บดเนื้อหมูด้วยเครื่องบด ผ่านตะแกรงขนาด 3 mm
2. แยกบรรจุในถุงโพลีเอธีลีน เก็บในห้องแช่แข็ง อุณหภูมิ -18 °C
3. ก่อนการผลิตย้ายเนื้อหมูและมันหมูบดมาเก็บในห้องแช่เย็น อุณหภูมิ 5 °C 15 ชั่วโมง
4. สับผสมเนื้อหมู เติมเกลือและน้ำแข็งครึ่งหนึ่ง สับผสมประมาณ 1 นาที
5. เติมมันหมูบด ตามด้วยโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต เครื่องปรุงกับน้ำแข็งที่เหลือ
6.สับผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน โดยระวังไม่ให้อุณหภูมิของอิมัลชันสูงกว่า 14 °C
7. บรรจุในไส้คอลลาเจนเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 cm ด้วยเครื่องบรรจุไส้ ผูกเป็นท่อนยาวท่อนละ 4 นิ้ว
8. นำไปรมควันที่อุณหภูมิ 70 °C 30 นาที จากนั้นลดอุณหภูมิเป็น 55 °C แล้วรมควันโดยใช้ชานอ้อย ประมาณ 1 ชั่วโมง
9. ต้มในน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 80 °C 20 นาที แล้วแช่ในน้ำเย็นทันทีนาน 10 นาที

# บทที่ 3

## อุปกรณ์และวิธีการทดลอง (Materials and methods)

3.1 วัสดุอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

1. เนื้อหมู
2. มันแข็งหมู
3. น้ำแข็ง
4. แป้งมันสำปะหลัง ตราใบหยก บริษัท บางกอกอินเตอร์ฟูด จำกัด
5. เกลือบริโภค เสริมไอโอดีน ตราปรุงทิพย์ บริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด
6. Sodium Erythorbate (CN) บริษัท วิคกี้ เอนเตอร์ไพรซ์ จำกัด
7. SOY PROTEIN ISOLATE SSPRO-90G บริษัท วิคกี้ เอนเตอร์ไพรซ์ จำกัด
8. Collagen Casing 23/50 DE บริษัท ไอพีเอส อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
9. พริกไทยป่นแท้ ตราเทสโก้ บริษัท ตะวันพืชผล จำกัด
10. เกลือไนไตร์ท กรมปศุสัตว์
11. แป้งอเนกประสงค์ ตราเชอรี่ฟ้า บริษัท คิงส์ มิลลิ่ง จำกัด
12. น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ ชนิดซองยาว ตราลิน บริษัท ไทยรุ่งเรืองอุตสาหกรรม จำกัด
13. Sodium Tripolyphosphate (STPP-FG) บริษัท อดิตยา เบอร์ล่า เคมีคัลส์ จำกัด (ฟอสเฟตดีวิชั่น)
14. อบเชยป่น (เครื่องเทศ) ตราแม็กกาแรต บริษัท คอนติเนนทัล ฟูด จำกัด
15. ปาปริก้าป่น ตราเทสโก้ บริษัท อาจจิตต์อินเตอร์เนชั่นแนลเพ็พเพอร์แอนด์สไปซ์ จำกัด
16. ลูกจันทน์บด (เครื่องเทศ) ตราแม็กกาแรต บริษัท คอนติเนนทัล ฟูด จำกัด
17. กระเทียมป่น ตราเทสโก้ บริษัท อาจจิตต์อินเตอร์เนชั่นแนลเพ็พเพอร์แอนด์สไปซ์ จำกัด
18. เมล็ดผักชีป่นแท้ ตราอินเดียนช้อยส์ บริษัท อินเตอร์ เฮิร์บ จำกัด
19. ยี่หร่าป่น ตราเอล วิออน บริษัท วินเนอร์กรุ๊ป เอ็นเตอร์ไพรซ์ จำกัด (มหาชน)
20. ดอกจันทน์ ตราสไปซ์ สตอรี่ บริษัท อาจจิตต์อินเตอร์เนชั่นแนลเพ็พเพอร์แอนด์สไปซ์ จำกัด

3.1.2 สารเคมี

| | |
|---|---|
| Sulfuric acid (QRëc™, New Zealand) | A.R. grade |
| Petroleum ether (QRëc™, New Zealand) | A.R. grade |
| Boric acid (Fisher Scientific™, USA) | A.R. grade |
| Bromothymol blue (Fisher Scientific™, USA) | A.R. grade |
| Methyl Red (Fisher Scientific™, USA) | A.R. grade |
| Phenolpthalein (Fisher Scientific™, USA) | A.R. grade |
| Hydrochloric Acid, 36.5-38.0% (Baker Analyzed™, USA) | A.R. grade |
| Sodium Hydroxide pellets (UNIVAR® Ajax Finechem Pty CO. LTD., Australia) | A.R. grade |
| Potassium chloride (UNIVAR® Ajax Finechem Pty CO. LTD., Australia) | A.R. grade |
| Thompson Capper™ Pellet Kjeltabs™ KS (Fisher Scientific™, USA) | A.R. grade |

3.1.3 อุปกรณ์

กระดาษกรอง Whatman™ No.1 150mm (Lab Global©, Thailand)

Burette ขนาด 50 ml (DURAN®, Germany)

Round bottom flask ขนาด 500 ml (DURAN®, Germany)

Erlenmeyer Flask ขนาด 250 ml (PYREX®, USA)

เครื่องชั่งแบบแม่นยำ MS-TS (METTLER TOLEDO©, Thailand)

เครื่องผสมอาหาร (KitchenAid® 4.8 L HEAVY DUTY STAND MIXER 5KPM5, UK)

เครื่องเตรียมอาหาร KENWOOD รุ่น FPP230 (Kenwood©, Thailand)

ตู้อบลมร้อน (Memmert GmbH+Co.KG, Model UF110 ,Germany)

Sirman© Meat Grinders, model TC 12E, Italy

เครื่องสับผสม DITOSAMA© MODEL K-55, France

เครื่องรมควัน NU-VU© Model ES-3, USA

Distillation Unit model K-350 with digestion tube (BÜCHI Labortechnik AG, Switzerland)

Texture Analyzer (Stable Micro Systems, model TA.XT2i , UK)

หัววัด P/5s และ Blade set (Stable Micro Systems, UK)

AquaLab® Series 3, METER Group, Inc. USA

เครื่องมือวัดสี Konica Minolta© CM-700d/600d, Germany

Centrifuge (Hettich® Universal 32R, Model D-78532, Germany)

pH meter (METTLER TOLEDO™ FiveEasy™ Plus, Model FEP 20, Thailand)

HCT© Porcelain crucible, Germany

Thermolyne™ Industrial Benchtop Muffle Furnace, USA

Soxhlet extraction apparatus (DURAN®, Germany)

Buchi® R-210 Rotavapor® Evaporators (BÜCHI Labortechnik AG, Switzerland)

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การเลือกสูตรไส้กรอกอิมัลชันสูตรควบคุม

ทดลองผลิตไส้กรอกอิมัลชันสูตรทั่วไปเป็นจำนวน 3 สูตร ได้แก่ ไส้กรอกอิมัลชันสูตรกรมปศุสัตว์ (กรมปศุสัตว์, 2555) สูตรของผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์ (ผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์, 2536) และสูตรของเกศรา แซ่โค้ว (เกศรา แซ่โค้ว, 2544) สูตรแสดงในหัวข้อ 2.7 สูตรละ 1.5 กิโลกรัม แล้วนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Ranking test และ 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบ 33 คน พร้อมวัดค่าเนื้อสัมผัส (Shear force และ Gel strength) ซึ่งมีรายละเอียดวิธีการแสดงดัง 3.2.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชันสูตรทั่วไปทั้ง 3 สูตร แล้วนำผลมาวิเคราะห์เพื่อหาสูตรควบคุมที่ดีที่สุด

3.2.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

3.2.2.1 Shear force

การเตรียมตัวอย่างไส้กรอก ทำโดยการนำไส้กรอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 23 มิลลิเมตร ยาว 15 เซนติเมตร ตัดส่วนหัวและท้ายออก แล้วหั่นด้วยมีดเป็น 2 ท่อน ให้มีความยาวท่อนละ 4.5 เซนติเมตร วัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer TA.XT2i โดยใช้หัววัดทรงใบมีด Warner Bratzler Blade set ตัดบริเวณกึ่งกลางท่อนไส้กรอกที่วางในแนวนอน ตั้งค่าความเร็วของหัววัดก่อนที่จะถึงจุดตกกระทบ (pre-test speed) 1.5 มิลลิเมตรต่อวินาที ตัดตัวอย่างด้วยความเร็วหัววัด (test speed) 1.5 มิลลิเมตรต่อวินาที ความสูงเริ่มต้นของหัววัด 40 มิลลิเมตร ระยะทาง (distance) 28 มิลลิเมตร ตั้งค่าแรงกระตุ้น (trigger force) 5 กรัม ความเร็วของหัววัดเมื่อหัววัดกลับไปยังจุดเริ่มต้น (post-test speed) 10 มิลลิเมตรต่อวินาที และรายงานผลเป็นค่า shear force ซึ่งได้จากค่าแรงสูงสุดที่ใช้ในการตัดตัวอย่าง ทำการวัด 8 ครั้งต่อการทดลอง 1 ซ้ำ (Sausa *et al*., 2017)

3.2.2.2 gel strength

การเตรียมตัวอย่างไส้กรอก ทำโดยการนำไส้กรอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 23 มิลลิเมตร ยาว 15 เซนติเมตร ตัดส่วนหัวและท้ายออก แล้วหั่นด้วยมีดให้มีความยาวท่อนละ 2.5 เซนติเมตร ทำการวัดค่า gel strength ด้วยเครื่อง Texture Analyzer TA.XT2i โดยใช้หัววัดทรงกลม P/5s เจาะเข้าไปที่จุดกึ่งกลางของท่อนไส้กรอกที่วางในแนวตั้ง ตั้งค่าความเร็วของหัววัดก่อนที่จะถึงจุดตกกระทบ (pre-test speed) 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ตัดตัวอย่างด้วยความเร็วหัววัด (test speed) 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ความสูงเริ่มต้นของหัววัด 40 มิลลิเมตร ระยะทาง (distance) 26 มิลลิเมตร ตั้งค่าแรงกระตุ้น (trigger force) 5 กรัม ความเร็วของหัววัดเมื่อหัววัดกลับไปยังจุดเริ่มต้น (post-test speed) 10 มิลลิเมตรต่อวินาที และรายงานผลเป็นค่า gel strength โดย gel strength(g.cm) เท่ากับ penetration force(g) x distance to rupture(cm) ทำการวัด 8 ครั้งต่อการทดลอง 1 ซ้ำ (Surasani *et al*., 2020)

3.2.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชันสูตรควบคุม

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชันสูตรควบคุม จากผู้บริโภคจำนวน 33 คน โดยใส่ตัวอย่างในถ้วยพลาสติกที่มีเลขรหัสสุ่มสามหลัก (ไส้กรอกอิมัลชันสูตรกรมปศุสัตว์ (กรมปศุสัตว์, 2555) สูตรของผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์ (ผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์, 2536) และสูตรของเกศรา แซ่โค้ว (เกศรา แซ่โค้ว, 2544)) จะถูกทดสอบในห้องปฏิบัติการ ซึ่งจัดให้ผู้บริโภคแต่ละคนทำการวิเคราะห์บนโต๊ะที่มีฉากกั้น โดยมีแครกเกอร์และน้ำดื่มสำหรับให้ผู้บริโภคทำความสะอาดช่องปากในแต่ละตัวอย่าง เมื่อผู้ทดสอบทำการชิมตัวอย่างแล้ว ให้ผู้ทดสอบทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale test และวิธี ranking test โดยการให้คะแนนลงในแบบทดสอบ (แสดงในภาคผนวก ก) รายละเอียดการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale test และวิธี ranking test มีดังต่อไปนี้

3.2.3.1 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale test

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้วยวิธี 9-point hedonic scale test (1คือไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 คือ ชอบมากที่สุด) ซึ่งผู้ทดสอบต้องให้คะแนนความชอบในคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และความชอบโดยรวมในแต่ละตัวอย่าง นำค่าคะแนนทางประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วย Analysis of Varience (ANOVA) และหาค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยใช้ Tukey’s test เป็นวิธีการทางสถิติในการอธิบายผล เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชันสูตรควบคุมแต่ละสูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ (Actia, 2001)

3.2.3.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี ranking test

ทดสอบอันดับความชอบ (ranking test) โดยเรียงลำดับความชอบของแต่ละตัวอย่าง (1คือชอบมากที่สุด ถึง 3 คือ ชอบน้อยที่สุด) นำผลที่ได้วิเคราะห์ Basker's test โดยคำนวณค่ารวมของลำดับ (rank sum) ซึ่งเป็นผลรวมตัวเลขลำดับความชอบของไส้กรอกอิมัลชันสูตรควบคุมแต่ละสูตร เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่าค่า rank sum แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 95 หรือไม่ ค่า rank sum ของไส้กรอกแต่ละสูตรที่คำนวณได้จะถูกนำมาทำตารางเปรียบเทียบผลต่างระหว่าง rank sum แต่ละคู่ จากนั้นนำผลต่างระหว่าง rank sum แต่ละคู่ ไปเปรียบเทียบกับค่าวิกฤติของ Basker ในตารางค่าวิกฤติของ Basker (Basker, 1988) ที่ตรงกับจำนวนตัวอย่างและจำนวนผู้ทดสอบ หากค่าสัมบูรณ์ของผลต่างมีค่ามากกว่าค่าวิกฤติของ Basker แสดงว่าตัวอย่างคู่นั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะใกล้เคียงกับผลของ Tukey's test ในการจัดลำดับ (วิวัฒน์ หวังเจริญ, 2555)

3.2.4 การเตรียมตัวอย่างไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน

นำไส้กรอกสูตรควบคุมที่เลือก มาทำการแปรค่าส่วนผสมหลัก 3 อย่าง ได้แก่ เนื้อหมู มันแข็งหมู และคอลลาเจนไฮโดรไลเสทจากหนังปลา โดยสัดส่วนของทั้งสามองค์ประกอบต้องรวมกันเท่ากับ 1.0 ตาม mixture design ไส้กรอกสูตรควบคุมมีสัดส่วนเนื้อหมูเท่ากับ 0.640 และ มันแข็งหมูเท่ากับ 0.360

การกำหนดช่วงของ mixture design

- ลดไขมัน (ปริมาณไขมันต้องลดลง 25% เทียบกับสูตรควบคุม)

  - จากการคำนวณสูตรลดไขมันจะต้องมีสัดส่วนมันแข็งหมูเท่ากับหรือน้อยกว่า 0.270
  - เลือกช่วงตัวแปรของสัดส่วนน้ำหนักมันแข็งหมูใน mixture design จุดแรกที่ 0.270 และอีกจุดคือจุดที่ลดสัดส่วนมันแข็งหมูลง 80% เทียบกับไส้กรอกสูตรควบคุม หรือคิดเป็นสัดส่วนเท่ากับ 0.072

- เสริมโปรตีน

  - ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น 5 g (10% ของ Thai RDI) ต่อ 1 หน่วยบริโภคของไส้กรอก (60 g)
  - คอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลามีปริมาณโปรตีนเป็นองค์ประกอบประมาณ 90-95%
  - เพื่อให้มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น 5 g ต่อไส้กรอก 60 g ต้องเติมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลาเข้าไปในไส้กรอกสูตรลดไขมันเท่ากับหรือมากกว่า 5.56 g ต่อไส้กรอก 60 g
  - กำหนดสัดส่วนคอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลา 0.140 -0.200

- กำหนดให้สัดส่วนเนื้อหมูมากกว่าหรือเท่ากับสูตรควบคุมคิดเป็นสัดส่วน 0.640 เพื่อให้มีปริมาณ myofibrillar protein เพียงพอในการเกิดอิมัลชัน

- เมื่อกำหนดสัดส่วนคอลลาเจนไฮโดรไลเสทจากหนังปลามากกว่าหรือเท่ากับ 0.140 สัดส่วนเนื้อหมูมากกว่าหรือเท่ากับ 0.640 สัดส่วนไขมันจะถูกกำหนดให้อยู่ในช่วง 0.072 - 0.220 โดยปริยาย

กำหนดช่วงตัวแปร สัดส่วนเนื้อหมู 0.640 – 0.788 สัดส่วนมันหมู 0.072-0.220 สัดส่วนคอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลา 0.140- 0.200 ผลิตไส้กรอกอิมัลชัน 4 สูตร จาก mixture design โดยจำนวนไส้กรอก 4 สูตรนั้นได้มาจากจุดที่เป็นมุมทั้ง 3 มุมของพื้นที่สามเหลี่ยมที่ได้จากการกำหนดช่วงตัวแปรของ mixture design และ อีก 1 จุด ซึ่งเป็นจุดกึ่งกลางของพื้นที่สามเหลี่ยม นำไส้กรอกทั้ง 4 สูตร จาก mixture design ไปผ่านกระบวนการผลิตเช่นเดียวกับสูตรควบคุม นำไส้กรอกอิมัลชันที่ผลิตได้เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 $^{o}$C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส องค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางกายภาพ

ตารางที่ 3.1 สูตรไส้กรอกอิมัลชันจาก mixture design

| สูตรไส้กรอก | สัดส่วนเนื้อหมู | สัดส่วนมันแข็งหมู | สัดส่วนคอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลา |
|---|---|---|---|
| สูตรที่ 1 | 0.788 | 0.072 | 0.140 |
| สูตรที่ 2 | 0.640 | 0.220 | 0.140 |
| สูตรที่ 3 | 0.700 | 0.140 | 0.160 |
| สูตรที่ 4 | 0.680 | 0.120 | 0.200 |
| สูตรควบคุม (E) | 0.640 | 0.360 | 0 |

3.2.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

3.2.5.1 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

ทำการวิเคราะห์โดยใช้วิธีดัดแปลงจากวิธีมาตรฐาน AOAC (2016) Official Method 960.39 Fat (Crude) or Ether Extract in Meat โดยนำตัวอย่างประมาณ 3-4 กรัม ใส่ Alumium dish แล้วอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 105 $^{o}$C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator จนน้ำหนักคงที่ นำตัวอย่างที่ได้ไปสกัดด้วย soxhlet extraction apparatus เป็นเวลา 150 นาที condensation rate 5-6 drops/s โดยใช้ petroleum ether เป็นตัวทำละลาย นำไประเหยตัวทำละลายด้วย Vacuum evaporator แล้วนำไปอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 105 $^{o}$C เป็นเวลา 90 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator จนน้ำหนักคงที่ แล้วชั่งน้ำหนักไขมันที่ได้ รายงานค่าปริมาณไขมันเป็นน้ำหนักของไขมันที่ได้ คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น

3.2.5.2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

ทำการวิเคราะห์โดยใช้วิธีดัดแปลงจากวิธีมาตรฐาน AOAC (2016) Official Method 981.10 Crude Protein in Meat - Block Digestion Method ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ห่อด้วยกระดาษกรองปราศจากไนโตรเจน ใส่ลงใน Digestion tube ใส่ catalyst tablet (Kjeltabs™) 1 เม็ด เติม conc. Sulfuric acid 20 มิลลิลิตร ใช้ blank เป็นน้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร ทำการย่อยตัวอย่างเป็นเวลา 25 นาที จนตัวอย่างเป็นสีน้ำตาลเข้มใส ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร เพื่อเจือจางตัวอย่าง จากนั้นจึงนำไปกลั่นด้วย Distillation Unit K-350 โดยใช้ Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตรที่มีสารละลาย 4% w/v boric acid ที่เติม mixed indicator (Methyl red - Methylene blue) รองรับ จากนั้นนำไปไทเทรตกับ 0.2 N hydrochloric acid เพื่อหาปริมาณโปรตีนจากสูตร

Protein, % = (ปริมาณ titrant ที่ใช้ - ปริมาณ titrant ที่ใช้ไทเทรต blank) x 1.4007 x M x 6.25/g test portion โดย M คือ Molarity ของ hydrochloric acid ที่ผ่านการ standardize

3.2.5.3 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

ทำการวิเคราะห์โดยใช้วิธีมาตรฐาน AOAC (2016) Official Method 950.46 Loss on Drying (Moisture) in Meat ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่ Alumium dish แล้วอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 125 $^{o}$C เป็นเวลา 2 - 4 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator จนน้ำหนักคงที่ แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก รายงานค่าปริมาณความชื้นเป็นร้อยละของค่าน้ำหนักที่สูญเสียไปหลังการอบแห้ง

3.2.5.4 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

ทำการวิเคราะห์โดยใช้วิธีมาตรฐาน AOAC (2016) Official Method 923.03 Ash of Flour ชั่งตัวอย่างประมาณ 3-5 กรัม ใส่ crucible นำไปเผาบนเตา burner จนได้เถ้าสีดำและหมดควัน จากนั้นนำไปเผาในเตา furnace ที่อุณหภูมิประมาณ 550 $^{o}$C จนได้เถ้าสีขาวเทา ทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator จนน้ำหนักคงที่ แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก รายงานค่าปริมาณเถ้าเป็นน้ำหนักของเถ้าสีขาวเทา คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น

3.2.6 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี-กายภาพ

3.2.6.1 ค่าสี

นำตัวอย่างไส้กรอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 23 มิลลิเมตร ความยาว 15 เซนติเมตร ผ่าตามแนวยาว ทำการวัดค่าสีบริเวณเนื้อไส้กรอก ด้วยเครื่องมือวัดสี Konica Minolta CM-700d/600d แสดงเป็นค่า L* (ความสว่าง) +a* (สีแดง) +b* (สีเหลือง) สุ่มวัดสี 3 จุด ของไส้กรอก 2 แท่ง (Sausa *et al*., 2017)

3.2.6.2 Water activity ($a_w$)

นำตัวอย่างไส้กรอกไปปั่นด้วยเครื่องปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำตัวอย่างที่ได้ไปวัดค่า Water activity ด้วยวิธีการอ่านค่าโดยตรงจากเครื่อง AquaLab® Series 3, METER Group, Inc. USA (Sausa *et al*., 2017)

3.2.6.3 ค่า pH

ทำการวัดค่า pH โดยใช้วิธีมาตรฐาน ISO 2917:1999(E) นำตัวอย่างไส้กรอก 200 กรัมไปปั่นกับสารละลาย 0.1 M Potassium chloride ในอัตราส่วนประมาณ 1 ต่อ 10 ตามลำดับให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นจึงทำการวัดค่า pH ที่อุณหภูมิ 20 $^{o}$C ด้วย pH meter ที่ผ่านการ calibrate ด้วย buffer pH 4 และ 7

3.2.6.4 ค่าการอุ้มน้ำ (%WHC)

ชั่งตัวอย่างไส้กรอก 5 กรัม ห่อด้วยกระดาษกรอง ใส่ลงใน centrifuge tube ($m_0$) และชั่งน้ำหนักอีกครั้งหลังนำไปเซนตริฟิวจ์ที่ 5000 rpm เป็นเวลา 10 นาที ($m_1$) รายงานค่าการอุ้มน้ำ (%WHC) เป็นค่าที่ได้จากสมการ %WHC = ($m_1/m_0$) x 100 (Wang *et al*., 2019)

3.2.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ผล 9-point hedonic scale test โดยใช้ Analysis of Variance และใช้ Tukey's test เปรียบเทียบของค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม SPSS วิเคราะห์ผล ranking test ด้วย Basker's test (Basker, 1988) วิเคราะห์เนื้อสัมผัส องค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางกายภาพของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนทั้งหมด 2 ซ้ำ วิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้ Analysis of Variance และใช้ Tukey's test เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม SPSS

# บทที่ 4

## ผลการทดลองและวิจารณ์ (Results and discussion)

4.1 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชันสูตรควบคุม

4.1.1 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

4.1.1.1 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale scoring test

ผลิตไส้กรอกอิมัลชันสูตรทั่วไป 3 สูตร ได้แก่ สูตรกรมปศุสัตว์ (กรมปศุสัตว์, 2555) สูตรของผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์ (ผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์, 2536) และสูตรของเกศรา แซ่โค้ว (เกศรา แซ่โค้ว, 2544) จากนั้นประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale test เพื่อนำคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสไปใช้พิจารณาเลือกสูตรควบคุมที่ดีที่สุดที่จะนำไปผลิตไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน โดยนำค่าคะแนนทางประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วย Analysis of Varience (ANOVA) และหาค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยใช้ Tukey's test เป็นวิธีการทางสถิติในการอธิบายผลในตารางที่ 4.1 เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชันสูตรควบคุมแต่ละสูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชันสูตรควบคุมทั้ง 3 สูตร จากผู้ทดสอบจำนวน 33 คนโดยการให้คะแนนแบบ 9-point hedonic scale แสดงในตารางที่ 4.1 พบว่าไส้กรอกสูตรของผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์และไส้กรอกสูตรของเกศรา แซ่โค้ว มีคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และคะแนนความชอบโดยรวม สูงกว่าไส้กรอกสูตรกรมปศุสัตว์ ($p \leq 0.05$) โดยคะแนนเฉลี่ยด้านสีของไส้กรอกทั้ง 3 สูตรไม่แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

เนื่องจากไส้กรอกทั้ง 3 สูตรมีสัดส่วนเนื้อหมูต่อมันหมูใกล้เคียงกัน คาดว่าสูตรที่มีปริมาณน้ำแข็งน้อยจะมีคะแนนเนื้อสัมผัสที่ดี โดยสูตรของผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์ที่มีน้ำแข็ง 17.66 % และไส้กรอกสูตรของเกศรา แซ่โค้วที่มีน้ำแข็ง 13.21 % มีคะแนนเนื้อสัมผัสที่ดีกว่า ไส้กรอกสูตรกรมปศุสัตว์ที่มีน้ำแข็ง 24.88 % เนื่องจากสูตรที่มีปริมาณน้ำแข็งน้อย จะทำให้มีปริมาณน้ำในไส้กรอกน้อยและมีความหนาแน่นของของแข็งในไส้กรอกคือ เนื้อหมูและมันหมูอยู่มากจึงมีความแข็งมากไปด้วย คะแนนคุณภาพในด้านอื่นๆนอกจากเนื้อสัมผัสอาจได้รับผลกระทบจากส่วนผสมเครื่องเทศและเครื่องปรุงที่ต่างกันในแต่ละสูตร

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชันสูตรควบคุมทั้ง 3 สูตร

| สูตรไส้กรอก | ลักษณะปรากฏ | กลิ่นรส | เนื้อสัมผัส | สี | ความชอบโดยรวม |
|---|---|---|---|---|---|
| สูตรกรมปศุสัตว์ (กรมปศุสัตว์, 2555) | $5.73 \pm 1.61^{b}$ | $5.55 \pm 1.56^{b}$ | $5.48 \pm 1.87^{b}$ | $6.48 \pm 1.54^{a}$ | $5.73 \pm 1.61^{b}$ |
| สูตรของผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์ (ผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์, 2536) | $6.88 \pm 1.17^{a}$ | $6.76 \pm 1.35^{a}$ | $7.00 \pm 1.22^{a}$ | $7.00 \pm 1.15^{a}$ | $7.00 \pm 1.03^{a}$ |
| สูตรของเกศรา แซ่โค้ว (เกศรา แซ่โค้ว, 2544) | $6.79 \pm 1.27^{a}$ | $6.61 \pm 1.80^{a}$ | $6.88 \pm 1.45^{a}$ | $6.97 \pm 1.16^{a}$ | $6.73 \pm 1.44^{a}$ |

[a,b]ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยวิธี Tukey's test ($p \leq 0.05$)

4.1.1.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี ranking test

นำไส้กรอกอิมัลชันสูตรทั่วไป 3 สูตร ไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี ranking test เพื่อนำค่า rank sum ซึ่งเป็นผลรวมตัวเลขลำดับความชอบของไส้กรอกอิมัลชันสูตรควบคุมแต่ละสูตร โดยเรียงจากเลข 1 คือชอบมากที่สุด ไปจนถึงเลข 3 คือชอบน้อยที่สุด มาใช้พิจารณาเลือกสูตรควบคุมที่ดีที่สุดที่จะนำไปผลิตไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน โดยอาจสรุปได้ว่าสูตรที่ผู้บริโภคชื่นชอบมากที่สุดจะเป็นสูตรที่ดีที่สุด โดยใช้ Basker's test เป็นวิธีการทางสถิติในการอธิบายผลในตารางที่ 4.2 เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่าค่า rank sum แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 95 หรือไม่ รายละเอียดวิธีการคำนวณแสดงดัง 3.2.3.2

ตารางที่ 4.2 ค่า rank sum จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการเรียงลำดับความชอบของไส้กรอกอิมัลชันสูตรควบคุมทั้ง 3 สูตร

| สูตรไส้กรอก | สูตรกรมปศุสัตว์ (กรมปศุสัตว์, 2555) | สูตรของผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์ (ผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์, 2536) | สูตรของเกศรา แซ่โค้ว (เกศรา แซ่โค้ว, 2544) |
|---|---|---|---|
| ค่า rank sum | 85[b] | 55[a] | 58[a] |

[a,b]ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยวิธี Basker's test ($p \leq 0.05$)

ผลจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการเรียงลำดับความชอบของไส้กรอกสูตรควบคุมทั้ง 3 สูตรจากผู้ทดสอบจำนวน 33 คน โดยทำการเปรียบเทียบค่า rank sum ด้วยตารางค่าวิกฤติของ Basker ดังแสดงในตารางที่ 4.2 สรุปได้ว่าไส้กรอกสูตรของผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์ และไส้กรอกของเกศรา แซ่โค้ว เป็นสูตรที่มีลำดับความชอบมากกว่าไส้กรอกสูตรกรมปศุสัตว์ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ไส้กรอกสูตรของผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์ และไส้กรอกสูตรของเกศรา แซ่โค้ว เป็นสูตรที่มีลำดับความชอบไม่แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี ranking test มีแนวโน้มเช่นเดียวกับผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale test

4.1.2 การวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส

นำไส้กรอกอิมัลชันสูตรทั่วไป 3 สูตร ไปวัดค่าเนื้อสัมผัสโดยทำการวัดค่า shear force และค่า gel strength โดย shear force เป็นค่าของแรงสูงสุดที่ใบมีดใช้ในการตัดไส้กรอก ค่าที่ได้แสดงถึงความแข็งของไส้กรอก (Novakovic and Tomasevic, 2017) gel strength แสดงถึงพลังงานที่ใช้ในการทำลายโครงสร้างเจล (Caenn et. al., 2017) เพื่อพิจารณาเลือกสูตรควบคุมที่ดีที่สุดที่จะนำไปผลิตไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า shear force และค่า gel strength ของไส้กรอกอิมัลชันสูตรทั่วไปทั้ง 3 สูตร แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า shear force และค่า gel strength ของไส้กรอกอิมัลชันสูตรทั่วไปทั้ง 3 สูตร

| สูตรไส้กรอก | shear force($g_f$) | gel strength (g.cm) |
|---|---|---|
| สูตรกรมปศุสัตว์ (กรมปศุสัตว์, 2555) | 1903.14 ± 164.81[c] | 1154.30 ± 193.54[b] |
| สูตรของผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์ (ผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์, 2536) | 2617.31 ± 302.15[a] | 1536.73 ± 253.94[a] |
| สูตรของเกศรา แซ่โค้ว (เกศรา แซ่โค้ว, 2544) | 2497.63 ± 271.74[b] | 1483.93 ± 256.29[a] |

[a,b,c]ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยวิธี Tukey test ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ไส้กรอกสูตรของผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์ และไส้กรอกสูตรของเกศรา แซ่โค้ว มีค่าเฉลี่ย gel strength ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ในขณะที่ไส้กรอกสูตรกรมปศุสัตว์ มีค่าเฉลี่ย gel strength ต่ำกว่าอีกสองสูตร ($p \leq 0.05$) ไส้กรอกสูตรที่มีค่า shear force เฉลี่ยจากมากที่สุดไปน้อยที่สุดคือ ไส้กรอกสูตรของผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์ ไส้กรอกสูตรของเกศรา แซ่โค้ว และไส้กรอกสูตรกรมปศุสัตว์ ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาส่วนประกอบหลักคิดเป็นสัดส่วนร้อยละของไส้กรอกสูตรทั่วไปทั้ง 3 สูตร ไส้กรอกสูตรกรมปศุสัตว์ มีเนื้อหมู 46.64 % มันหมู 24.88 % น้ำแข็ง 24.88 % ไส้กรอกสูตรของผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์ มีเนื้อหมู 48.43 % มันหมู 27.27 % น้ำแข็ง 17.66 % ไส้กรอกสูตรของเกศรา แซ่โค้ว เนื้อหมู 52.85 % มันหมู 29.86 % น้ำแข็ง 13.21 % อาจสรุปได้ว่า ไส้กรอกที่มีค่า shear force และ gel strength ต่ำจะมีสัดส่วนน้ำแข็งสูงกว่า ไส้กรอกที่มีค่า shear force และ gel strength สูง โดยไส้กรอกสูตรกรมปศุสัตว์ มีค่าเฉลี่ย gel strength ต่ำกว่าอีกสองสูตร แต่ผลจากตารางที่ 4.3 พบว่า ค่า shear force ของไส้กรอกสูตรของผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์ สูงกว่าไส้กรอกสูตรของเกศรา แซ่โค้ว อาจเป็นผลมาจากปริมาณมันหมูที่สูง อีกทั้งไส้กรอกสูตรของผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์ ยังมีการเติม binder (ซอยโปรตีนไอโซเลท) filler (แป้งสาลี แป้งมันสำปะหลัง) โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต ซึ่งเป็นส่วนประกอบช่วยในการยึดจับน้ำในโครงสร้างอิมัลชันที่ไม่มีในไส้กรอกสูตรของเกศรา แซ่โค้ว ทำให้ไส้กรอกสูตรของเกศรา แซ่โค้ว มีความแข็งน้อยกว่า ไส้กรอกสูตรของผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์

4.1.3 การเลือกสูตรควบคุมที่ดีที่สุด

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าไส้กรอกสูตรกรมปศุสัตว์มีคะแนนความชอบคะแนนคุณภาพด้านประสาทสัมผัสและค่าเนื้อสัมผัสต่ำกว่า ไส้กรอกสูตรของผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์และไส้กรอกสูตรของเกศรา แซ่โค้ว ทั้งสองสูตรมีคะแนนคะแนนความชอบคะแนนและคุณภาพด้านประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกัน ($p < 0.05$) ผลการวัดค่าเนื้อสัมผัสพบว่าทั้งสองสูตรมีค่า gel strength ($p < 0.05$) ไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ค่า shear force ของไส้กรอกสูตรของผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์ มีค่ามากกว่าไส้กรอกสูตรของเกศรา แซ่โค้ว ($p < 0.05$) เมื่อรวมผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและผลการวัดค่าเนื้อสัมผัสเข้าด้วยกัน ทำให้สรุปได้ว่า ไส้กรอกสูตรของผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์เป็นไส้กรอกสูตรควบคุมที่ดีที่สุด

จากผลการทดลองอาจสังเกตได้ว่าคะแนนเนื้อสัมผัสจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส มีความสัมพันธ์กับค่าเนื้อสัมผัสที่วัดได้จากเครื่องมือขึ้น นั่นคือ ไส้กรอกที่มีค่า shear force และ gel strength สูงจะมีคะแนนเนื้อสัมผัสจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่สูงไปด้วย โดยไส้กรอกที่มีปริมาณน้ำแข็งต่ำจะมีค่าเนื้อสัมผัสที่ดี ซึ่งไส้กรอกสูตรของผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์มีน้ำแข็ง 17.66 % และมีการเติม binder (ซอยโปรตีนไอโซเลท) filler (แป้งสาลี แป้งมันสำปะหลัง) และโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต ซึ่งช่วยยึดจับน้ำในโครงสร้างไส้กรอก ทำให้ค่าเนื้อสัมผัสดีกว่าไส้กรอกสูตรของเกศรา แซ่โค้วที่มีน้ำแข็ง 13.21 % แต่ไม่มีการเติม binder และ filler แต่ทั้งนี้อาจได้รับผลกระทบจากปริมาณและชนิดของเครื่องเทศ ปริมาณเกลือ และปริมาณของส่วนประกอบอื่นๆด้วย

4.2 การผลิตไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน

4.2.1 ลักษณะปรากฏของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน

พิจารณาลักษณะปรากฏของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนทั้ง 4 สูตร เพื่อทำการเปรียบเทียบกับไส้กรอกสูตรควบคุม ทำการสังเกตความแตกต่างด้วยวิธีการมองไส้กรอกทั้งแท่ง และมองภาพตัดขวางของไส้กรอกดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ลักษณะปรากฏของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน

| สูตรไส้กรอก | ภาพไส้กรอก | ภาพตัดขวาง |
|---|---|---|
| สูตรที่ 1 | ไส้กรอกมีสีน้ำตาลอ่อนสม่ำเสมอ แต่มีสีน้ำตาลเข้มกว่าสูตรควบคุมเล็กน้อย มีลักษณะโค้งเล็กน้อย มีจุดดำๆของเครื่องเทศกระจายอยู่ทั่วไป | ไส้กรอกมีสีน้ำตาลส้มอ่อนๆสม่ำเสมอ สีค่อนข้างใกล้เคียงกับสูตรควบคุม เนื้อเนียน มีจุดดำๆของเครื่องเทศกระจายอยู่ทั่วไป |
| สูตรที่ 2 | ไส้กรอกมีสีน้ำตาลอ่อนสม่ำเสมอ แต่มีสีน้ำตาลเข้มกว่าสูตรควบคุมเล็กน้อย มีลักษณะโค้งเล็กน้อย มีจุดดำๆของเครื่องเทศกระจายอยู่ทั่วไป | ไส้กรอกมีสีน้ำตาลส้มอ่อนๆสม่ำเสมอ แต่สีน้ำตาลอ่อนลงกว่าสูตรควบคุม เนื้อเนียน มีจุดดำๆของเครื่องเทศกระจายอยู่ทั่วไป |

| | | |
|---|---|---|
| สูตรที่ 3 | <br>ไส้กรอกมีสีน้ำตาลอ่อนสม่ำเสมอ มีสีเข้มกว่าสูตรควบคุมพอสมควร มีลักษณะโค้งเล็กน้อย มีจุดดำๆของเครื่องเทศกระจายอยู่ทั่วไป | <br>ไส้กรอกมีสีน้ำตาลส้มอ่อนๆสม่ำเสมอ สีค่อนข้างใกล้เคียงกับสูตรควบคุม เนื้อเนียน มีจุดดำๆของเครื่องเทศกระจายอยู่ทั่วไป |
| สูตรที่ 4 | <br>ไส้กรอกมีสีน้ำตาลอ่อนสม่ำเสมอ แต่มีสีน้ำตาลเข้มกว่าสูตรควบคุมเล็กน้อย มีลักษณะโค้งเล็กน้อย มีจุดดำๆของเครื่องเทศกระจายอยู่ทั่วไป | <br>ไส้กรอกมีสีน้ำตาลส้มอ่อนๆสม่ำเสมอ แต่มีสีออกส้มมากกว่าสูตรควบคุมเล็กน้อย เนื้อเนียน มีจุดดำๆของเครื่องเทศกระจายอยู่ทั่วไป |
| สูตรควบคุม | <br>ไส้กรอกมีสีน้ำตาลอ่อนสม่ำเสมอ มีลักษณะโค้งเล็กน้อย มีจุดดำๆของเครื่องเทศกระจายอยู่ทั่วไป | <br>ไส้กรอกมีสีน้ำตาลส้มอ่อนๆสม่ำเสมอ เนื้อเนียน มีจุดดำๆของเครื่องเทศกระจายอยู่ทั่วไป |

4.2.2 Proximate analysis ของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน

การทดลองนี้ทำการวัดปริมาณโปรตีนและไขมันของตัวอย่างไส้กรอกอิมัลชัน เพื่อให้ทราบว่าปริมาณโปรตีนและไขมันของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนแต่ละสูตร มีปริมาณโปรตีนและไขมันเป็นไปตามเกณฑ์กล่าวอ้างทางโภชนาการโดยใช้คำว่า “ลดไขมัน” และ “เสริมโปรตีน” จากประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182 พ.ศ.2541 โดยไส้กรอกต้องมีปริมาณไขมันทั้งหมดลดลงตั้งแต่ร้อยละ 25 ขึ้นไปเมื่อเทียบกับอาหารอ้างอิง และ ต้องมีปริมาณโปรตีนที่สูงกว่าระดับที่มีอยู่ในอาหารอ้างอิงไม่น้อยกว่าปริมาณร้อยละ 10 ของ Thai RDI หรือคือ 5 กรัม เมื่อเทียบกับอาหารอ้างอิง (อ.ย., 2541) โดย 1 หน่วยบริโภคของไส้กรอกเท่ากับ 55 กรัม แต่ในการทดลองนี้จะผลิตไส้กรอกที่มีน้ำหนักเฉลี่ยชิ้นละ 60 กรัม ดังนั้น 1 หน่วยบริโภคของไส้กรอกเท่ากับ 60 กรัม

ในการทดลองนี้ใช้ไส้กรอกสูตรควบคุมเป็นอาหารอ้างอิง ไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนทั้ง 4 สูตร ต้องมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าสูตรควบคุม 5 กรัมต่อน้ำหนักไส้กรอก 60 กรัม คิดเป็นร้อยละ 9.09%w/w และมีปริมาณไขมันลดลง 25 % เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม คิดเป็นปริมาณที่ไขมันลดลง 4.82%w/w

ในการทดลองนี้ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและปริมาณเถ้าเพื่อศึกษาผลของปริมาณคอลลาเจนไฮโดรไลเสต มันแข็งหมู และเนื้อหมูที่มีต่อความชื้นและปริมาณเถ้าของไส้กรอก ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของไส้กรอกคำนวณโดยใช้วิธีการคำนวณจากผลต่าง ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 proximate analysis ของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน

| สูตรไส้กรอก | %โปรตีน | %ไขมัน | %MC | %ash |
|---|---|---|---|---|
| สูตรที่ 1 | $28.04 \pm 1.10^{a}$ | $4.70 \pm 0.06^{a}$ | $60.03 \pm 0.86^{a}$ | $2.38^{I}$ |
| สูตรที่ 2 | $26.38 \pm 0.95^{a}$ | $12.71 \pm 1.46^{b}$ | $54.76 \pm 2.44^{a}$ | $2.01^{I}$ |
| สูตรที่ 3 | $27.72 \pm 0.58^{a}$ | $8.32 \pm 1.11^{ab}$ | $58.08 \pm 2.13^{a}$ | $2.27^{I}$ |
| สูตรที่ 4 | $29.25 \pm 0.93^{a}$ | $8.04 \pm 1.18^{ab}$ | $57.84 \pm 1.79^{a}$ | $2.25^{I}$ |
| สูตรควบคุม | $17.87 \pm 0.38^{b}$ | $19.28 \pm 1.47^{c}$ | $60.61 \pm 2.72^{a}$ | $2.49^{I}$ |

$^{a,b,c}$ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยวิธี Tukey test ($p \leq 0.05$)

$^{I}$ `ผลการวิเคราะห์ปริมาณเถ้าได้จากการทดลอง 1 ซ้ำจึงไม่สามารถทำการวิเคราะห์ทางสถิติได้

ผลจากตารางที่ 4.5 พบว่า ปริมาณโปรตีนในไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนทั้ง 4 สูตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ปริมาณโปรตีนในไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนทั้ง 4 สูตรสูงกว่าสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$)

โดยเมื่อใช้เกณฑ์การกล่าวอ้างด้วยคำว่า “เสริมโปรตีน” คือมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น 5 g ขึ้นไปต่อไส้กรอก 60 g คิดเป็นปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้น 8.33%w/w พบว่าสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนทั้ง 4 สูตร มีปริมาณโปรตีนที่ผ่านเกณฑ์การกล่าวอ้างด้วยคำว่า “เสริมโปรตีน” นั่นคือมีปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้นจากสูตรควบคุมมากกว่า 8.33%w/w

ปริมาณไขมันในไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนทั้ง 4 สูตร ต่ำกว่าสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณไขมันในไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนสูตรที่ 1 ต่ำกว่าสูตรที่ 2 ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อพิจารณาเกณฑ์การกล่าวอ้างด้วยคำว่า “ลดไขมัน” คือมีปริมาณไขมันลดลง 25 % เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม คิดเป็นปริมาณที่ไขมันลดลง 4.82%w/w พบว่าทั้ง 4 สูตร ผ่านเกณฑ์การกล่าวอ้างด้วยคำว่า “ลดไขมัน” นั่นคือ นั่นคือมีปริมาณไขมันที่ลดลงจากสูตรควบคุมมากกว่า 4.82%w/w

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 4.5 พบว่าปริมาณไขมันของไส้กรอกแต่ละสูตรต่างกันมากโดยเมื่อเทียบกับสูตรควบคุมที่มีปริมาณไขมัน 19.28%w/w แล้ว สูตรที่ 1 มีไขมัน 4.70%w/w (ลดลงจากสูตรควบคุม 75.62%) สูตรที่ 2 มีไขมัน 12.71%w/w (ลดลงจากสูตรควบคุม 34.08%) สูตรที่ 3 มีไขมัน8.32%w/w (ลดลงจากสูตรควบคุม 56.85 %) และสูตรที่ 4 มีไขมัน8.04%w/w (ลดลงจากสูตรควบคุม 58.30 %) จะเห็นว่านอกจากสูตรที่ 3 ทุกสูตรลดไขมันลงมากกว่า 50 % เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ผลดังกล่าวมาจากการแปรช่วงสัดส่วนเนื้อหมู 0.640-0.788 ซึ่งกว้างเกินไป

จากตารางที่ 4.5 พบว่าปริมาณความชื้นของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนทั้ง 4 สูตร ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) ผลการวิเคราะห์ปริมาณเถ้าได้จากการทดลอง 1 ซ้ำจึงไม่สามารถทำการวิเคราะห์ทางสถิติได้ แต่พบว่าปริมาณเถ้าของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนทั้ง 4 สูตร และสูตรควบคุม มีค่าใกล้เคียงกัน โดยสัดส่วนของเนื้อหมู มันหมูและคอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลาไม่มีผลต่อปริมาณความชื้นและเถ้า

จากตารางที่ 4.5 เมื่อพิจารณาสัดส่วนของเนื้อหมู มันหมูและคอลลาเจนไฮโดรไลเสต พบว่าการเพิ่มสัดส่วนคอลลาเจนไฮโดรไลเสตมีผลต่อปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้นมากกว่าการเพิ่มสัดส่วนเนื้อหมู เนื่องจากคอลลาเจนไฮโดรไลเสตมีส่วนประกอบเป็นโปรตีนร้อยละ 90-95 ในขณะที่ปริมาณไขมันมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับสัดส่วนของมันหมู และพบว่าสัดส่วนของเนื้อหมู มันหมูและคอลลาเจนไฮโดรไลเสตไม่มีผลต่อปริมาณความชื้น จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน

แต่ละสูตรมีปริมาณโปรตีนสูงมากและมีปริมาณไขมันต่างกันมาก เนื่องจากการแปรช่วงสัดส่วนเนื้อหมู 0.640-0.788 ซึ่งกว้างเกินไป

4.2.3 การวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน

เพื่อศึกษาผลของปริมาณคอลลาเจนไฮโดรไลเสต มันแข็งหมู และเนื้อหมูที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอก โดยทำการวัด shear force ซึ่งเป็นค่าแรงสูงสุดที่ใบมีดใช้ในการตัดไส้กรอก ค่าที่ได้แสดงความแข็งของไส้กรอก (Novakovic and Tomasevic, 2017) ผลการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสแสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ย shear force ของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน

| สูตรไส้กรอก | shear force ($g_f$) |
|---|---|
| สูตรที่ 1 | $3585.29 \pm 275.26^{a}$ |
| สูตรที่ 2 | $2904.50 \pm 278.31^{b}$ |
| สูตรที่ 3 | $3075.55 \pm 356.37^{b}$ |
| สูตรที่ 4 | $2540.70 \pm 124.11^{c}$ |
| สูตรควบคุม | $2903.78 \pm 196.55^{b}$ |

[a,b,c]ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยวิธี Tukey test ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.6 เมื่อพิจารณาปัจจัยส่วนผสมของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนและสูตรควบคุม (ตารางที่ 3.1) พบว่า ค่า shear force ของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนสูตรที่ 1 สูงกว่าสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) สังเกตได้ว่าการเพิ่มสัดส่วนเนื้อหมูและการลดปริมาณมันหมูส่งผลให้ไส้กรอกมีความแข็งมากขึ้น เนื่องจากสูตรที่ 1 มีสัดส่วนเนื้อหมูมากที่สุดที่ 0.788 และมีสัดส่วนมันหมูน้อยที่สุดที่ 0.072 เมื่อเทียบกับสูตรอื่น ค่า shear force ของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนสูตรที่ 2 และ 3 ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) ลักษณะดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มมันหมูและคอลลาเจนไฮโดรไลเสต ส่งผลให้ความแข็งของไส้กรอกลดลง สังเกตได้จากสูตรที่ 2 มีสัดส่วนเนื้อหมู ที่ 0.640 เท่ากับสูตรควบคุม โดยสูตรที่ 2 มีสัดส่วนมันหมู 0.220 สัดส่วนคอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลา 0.140 ในขณะที่สูตรควบคุม มีสัดส่วนมันหมู 0.360 ไม่มีการเติมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลา ในขณะที่ค่า shear force ของสูตรที่ 4 ต่ำกว่าสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่ 4 มีสัดส่วนคอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลามากที่สุด ที่ 0.200 มีสัดส่วนเนื้อหมู 0.680 และมีสัดส่วนมันหมู 0.120 ทั้งนี้อาจ

เป็นไปได้ว่าปริมาณคอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลาที่มากเกินไปอาจขัดขวางการเกิดโครงสร้างอิมัลชันของไส้กรอกได้ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนแต่ละสูตรมีปริมาณโปรตีนสูงมากและมีปริมาณไขมันต่างกันมาก ทำให้มีคุณภาพแตกต่างกันมาก

4.2.4 สมบัติทางกายภาพของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน

ผลของปริมาณคอลลาเจนไฮโดรไลเสต มันแข็งหมู และเนื้อหมูที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของไส้กรอก ได้แก่ ค่าสี (L*, a*, b*) water activity ($a_w$) ค่า pH ค่าการอุ้มน้ำ (%WHC) ซึ่งเป็นสมบัติทางกายภาพที่มีผลต่อคุณภาพของไส้กรอก แสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 สมบัติทางกายภาพของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน

| สมบัติทางกายภาพ | สูตรที่ 1 | สูตรที่ 2 | สูตรที่ 3 | สูตรที่ 4 | สูตรควบคุม |
|---|---|---|---|---|---|
| L* | $57.65 \pm 0.81^{ab}$ | $57.66 \pm 1.37^{ab}$ | $58.84 \pm 0.49^{b}$ | $56.69 \pm 0.37^{a}$ | $62.18 \pm 0.26^{c}$ |
| a* | $10.95 \pm 0.13^{b}$ | $10.12 \pm 0.23^{a}$ | $10.48 \pm 0.33^{ab}$ | $11.01 \pm 0.24^{b}$ | $10.23 \pm 0.28^{a}$ |
| b* | $7.08 \pm 0.29^{a}$ | $7.75 \pm 0.16^{ab}$ | $7.93 \pm 0.11^{bc}$ | $7.39 \pm 0.21^{ab}$ | $8.68 \pm 0.50^{c}$ |
| $a_w$ | $0.967^{I}$ | $0.978^{I}$ | $0.971^{I}$ | $0.976^{I}$ | $0.973^{I}$ |
| pH | $5.62^{I}$ | $5.58^{I}$ | $5.57^{I}$ | $5.56^{I}$ | $5.65^{I}$ |
| %WHC | $84.15^{I}$ | $86.97^{I}$ | $86.94^{I}$ | $89.87^{I}$ | $77.42^{I}$ |

$^{a,b,c}$ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยวิธี Tukey test ($p \leq 0.05$)

$^{I}$ `ค่า $a_w$, pH, %WHC ได้จากการทดลอง 1 ซ้ำจึงไม่สามารถทำการวิเคราะห์ทางสถิติได้

จากตารางที่ 4.7 พบว่า ค่า L* ของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนทั้ง 4 สูตร แตกต่างจากสูตรควบคุม โดยค่า L* ของสูตรที่ 3 มีค่ามากกว่าสูตรที่ 4 ($p \leq 0.05$) นั่นคือการเติมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตส่งผลให้ค่า L* ของไส้กรอกอิมัลชันลดลง ค่า a* ของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนสูตรที่ 1 และ 4 แตกต่างจากสูตรควบคุม ในขณะที่สูตรที่ 2 และ 3 ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) ค่า b* ของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนสูตรที่ 3 ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ในขณะที่สูตรที่ 1 2 และ 4 แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) ค่า $a_w$ , pH , %WHC ได้จากการทดลอง 1 ซ้ำจึงไม่สามารถทำการวิเคราะห์ทางสถิติได้ แต่พบว่า ค่า $a_w$ , pH ของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนทั้ง 4 สูตรไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ %WHC ของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลด

ไขมันและเสริมโปรตีนทั้ง 4 สูตรสูงกว่าสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) นั่นคือการเติมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตมีผลทำให้ %WHC สูงขึ้น อาจเป็นไปได้ว่าโครงสร้างของคอลลาเจนไฮโดรไลเสตสามารถยึดจับน้ำได้ดี

4.2.5 การเลือกสูตรไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน

การเลือกสูตรไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนจะเลือก 1 สูตรที่ดีที่สุดจาก 4 สูตรที่ได้จาก mixture design โดยพิจารณาจากหลายปัจจัยร่วมกัน ปัจจัยดังกล่าวได้แก่ ลักษณะปรากฏ ค่าเนื้อสัมผัส ปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า และค่าสมบัติทางกายภาพ (ค่าสี (L*, a*, b*) water activity ($a_w$) ค่า pH ค่าการอุ้มน้ำ (%WHC) ในหัวข้อนี้จะสรุปสูตรที่ดีที่สุดเมื่อใช้แต่ละปัจจัยเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบโดยเรียงตามลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยจากมากสุดไปน้อยสุด เพื่อพิจารณาภาพรวมและเลือกสูตรผ่านเกณฑ์การกล่าวอ้างทางโภชนาการโดยใช้คำว่า “ลดไขมัน” และ “เสริมโปรตีน” (อ.ย., 2541) ที่ใกล้เคียงกับสูตรควบคุมมากที่สุด

- ปริมาณโปรตีนและไขมัน ไส้กรอกทั้ง 4 สูตรผ่านเกณฑ์ “ลดไขมัน” และ “เสริมโปรตีน”
- ลักษณะปรากฏภายนอกของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนทั้ง 4 สูตรมีสีออกน้ำตาลเข้มกว่าสูตรควบคุมเล็กน้อย ส่วนภาพตัดขวางของไส้กรอกสูตรที่ 2 และ 4 มีสีต่างจากสูตรควบคุมเล็กน้อย แต่เนื้อไส้กรอกมีความเนียนเหมือนกันทุกสูตร โดยรวมแล้วทุกสูตรไม่มีความแตกต่างในลักษณะปรากฏอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
- ค่าเนื้อสัมผัส ไส้กรอกสูตรที่ 2 และ 3 มีค่า shear force ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) ไส้กรอกสูตรที่ 1 มีค่า shear force สูงกว่าสูตรควบคุม ส่วนไส้กรอกสูตรที่ 4 มีค่า shear force ต่ำกว่าสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$)
- ค่าการอุ้มน้ำ ไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนทั้ง 4 สูตร มีค่าการอุ้มน้ำที่สูงกว่าสูตรควบคุม
- ค่า water activity ($a_w$) และ ค่า pH ไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนทั้ง 4 สูตร มีค่า water activity ($a_w$) และ ค่า pH ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$)
- ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้าของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนทั้ง 4 สูตร ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$)
- ค่าสี ค่า L* ของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนทั้ง 4 สูตร แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$)

- ค่า a* ของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนสูตรที่ 1 และ 4 แตกต่างจากสูตรควบคุม ในขณะที่สูตรที่ 2 และ 3 ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$)
- ค่า b* ของไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนสูตรที่ 3 ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ในขณะที่สูตรที่ 1 2 และ 4 แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาปัจจัยดังกล่าวพบว่า ไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนสูตรที่ 2 เป็นสูตรที่ดีที่สุด โดยมีเหตุผลคือผ่านเกณฑ์ “ลดไขมัน” และ “เสริมโปรตีน” มีความใกล้เคียงกับสูตรควบคุมทั้งในด้าน ลักษณะปรากฏ ค่าเนื้อสัมผัส ปริมาณความชื้น เถ้า และค่าสมบัติทางกายภาพ (ค่าสี (L*, a*, b*) water activity ($a_w$) ค่า pH โดยมีค่าการอุ้มน้ำ (%WHC) สูงกว่าสูตรควบคุม และมีปริมาณไขมันไม่ต่างจากสูตรควบคุมมากจนเกินไป ทำให้มีความเป็นไปได้ที่จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสน้อยที่สุด โดยไส้กรอกสูตรที่ 2 ไขมันลดลง 34.08% เทียบกับสูตรควบคุม โดยนอกจากสูตรที่ 2 แล้ว ทุกสูตรลดไขมันลงมากกว่า 50 % เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม

# บทที่ 5

## สรุปผลและข้อเสนอแนะ (Conclusions and recommendation)

5.1 ผลการเลือกไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนที่ดีที่สุด

จากผลการศึกษาพบว่าการทดแทนมันแข็งหมูบางส่วนด้วยคอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลาสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีน และลดปริมาณไขมันในไส้กรอกอิมัลชัน ทำให้ไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนทุกสูตรมีปริมาณไขมันและโปรตีนผ่านเกณฑ์ “ลดไขมัน” และ “เสริมโปรตีน” เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม การทดแทนมันแข็งหมูด้วยคอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลาส่งผลให้ค่าการอุ้มน้ำของไส้กรอกอิมัลชันสูงขึ้น และทำให้ค่า L* ของไส้กรอกอิมัลชันลดลง ($p \leq 0.05$) การทดแทนมันแข็งหมูด้วยคอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลาไม่ส่งผลกระทบต่อลักษณะปรากฏ ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า water activity ($a_w$) และ pH ของไส้กรอกอิมัลชัน ($p \leq 0.05$) การเพิ่มสัดส่วนมันแข็งหมูและคอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลาส่งผลให้ความแข็งของไส้กรอกลดลง ในขณะที่การเพิ่มสัดส่วนเนื้อหมูและการลดปริมาณมันหมูส่งผลให้ไส้กรอกมีความแข็งมากขึ้น โดยไส้กรอกสูตรที่ 2 และ 3 มีค่า shear force ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$)

ผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าคอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลาสามารถใช้ทดแทนมันแข็งหมูในไส้กรอกอิมัลชันได้ โดยสูตรที่ดีที่สุดคือสูตรที่ 2 เนื่องจากผ่านเกณฑ์ “ลดไขมัน” และ “เสริมโปรตีน” มีปริมาณไขมันต่างจากสูตรควบคุมน้อยที่สุดจึงความเป็นไปได้มากที่สุดที่จะมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับสูตรควบคุม และยังมีสมบัติต่างๆใกล้เคียงกับสูตรควบคุม โดยมีค่าการอุ้มน้ำสูงกว่าสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$)

5.2 ข้อเสนอแนะ

- ไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีนแต่ละสูตรมีปริมาณโปรตีนสูงมากและมีปริมาณไขมันต่างกันมาก อันเป็นผลมาจากการแปรช่วงสัดส่วนเนื้อหมู 0.640-0.788 ซึ่งกว้างเกินไป จึงทำให้คุณภาพของไส้กรอกแต่ละสูตรแตกต่างกันมาก ทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบคุณภาพที่แตกต่างกันเมื่อสูตรใกล้เคียงกันได้
- เพื่อให้สูตรของไส้กรอกแต่ละสูตรใกล้เคียงกัน ในอนาคตอาจปรับสูตรโดยใช้ mixture design ใหม่ที่แปรสัดส่วนเนื้อหมูในช่วงแคบลงเป็น 0.60-0.70 และเน้นการปรับสูตรที่เกิดจากการแทนที่ไขมันด้วยคอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลาเป็นหลัก

## เอกสารอ้างอิง

**ภาษาไทย**

กรมปศุสัตว์. (2555). สูตรมาตรฐานสำหรับไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ปทุมธานี : ศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์. (อัดสำเนา).

กระทรวงอุตสาหกรรม. (2549). ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3540 (พ.ศ. 2549) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ไส้กรอกเวียนนา ประกาศ ณ วันที่ 10 สิงหาคม พ.ศ. 2549. กระทรวงอุตสาหกรรม.

กันยา พลแสน, ธนกร โรจนกร และสุทธิพงศ์ อุริยะพงศ์สรรค์. (2559). ผลของการทดแทนมันแข็งสุกรด้วยน้ำมันรำข้าวพรีอิมัลซิฟายด์ต่อลักษณะคุณภาพของไส้กรอกเวียนนา. วารสารแก่นเกษตร ปีที่ 44 (เมษายน – มิถุนายน 2559) : 305-314.

เกศรา แซ่โค้ว. (2544). การแปรสภาพแป้งมันสำปะหลังด้วยวิธีการแทนที่ร่วมกับวิธีเชื่อมข้ามเพื่อนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันลดไขมัน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เบญจา ชุตินทราศรี. (2550). เทคโนโลยีส่วนผสมอาหารสังเคราะห์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

ผาณิต ไพรีพ่ายฤทธิ์. (2536). การใช้น้ำ คาราจีแนนกัม มอลโตเด็กซ์ตริน และรำข้าวในการผลิตไส้กรอกหมูอิมัลชันแคลอรี่ต่ำ. บัณฑิตวิทยาลัย, ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. [ออนไลน์]. 2557. ภาพบรรยากาศการบันทึกเทป รายการ INNOVATIVE VARIETY ช่วง นวัตกรรมสร้างชุมชน ตอน การผลิตไส้กรอก เพื่อเพิ่มรายได้ให้กับชุมชน. แหล่งที่มา: http://www.photo.rmutt.ac.th/archives/27187 [24 เมษายน 2563].

วิวัฒน์ หวังเจริญ. (2555). การจัดลำดับแบบสุ่มสมบูรณ์. วารสารการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม ปีที่ 42 ฉบับที่ (เมษายน – มิถุนายน 2562) : 117-123.

ศิริลดา ไกรลมสม. (2558). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกกะเพราไก่ลดไขมันโดยใช้แป้งบุกร่วมกับแซนแทนกัม. วารสารเกษตร 31 (มกราคม 2558) : 77-87.

สิทานนท์ อมตเวทย์. คอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลา. [ออนไลน์]. 2561. แหล่งที่มา: https://www.tech2biz.net/content/คอลลาเจนไฮโดรไลเสตจากหนังปลา [8 กันยายน 2562].

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2541). ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182) พ.ศ.2541 เรื่อง ฉลากโภชนาการ. กระทรวงสาธารณสุข สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา.

สำนักโภชนาการ. (2554). สุขภาพดีเริ่มที่อาหาร ลด หวาน มัน เค็ม....เติมเต็มผัก ผลไม้ เพิ่มขึ้น. พิมพ์ครั้งที่ 1. กระทรวงสาธารณสุข กรมอนามัย.

อำนวย ทองคำ. (2555). การออกแบบและพัฒนาตู้อบ-รมควันโดยใช้ความร้อนจากอินฟราเรด. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

**ภาษาอังกฤษ**

Actia. (2001). Sensory evaluation – Guide to good practice. Rue Jorge Semprun. Actia Group.

Acton, J.C., Ziegler, G.R., and Burge D.L. (1983). Functionality of Muscle Constituents in the Processing of Comminuted Meat Products. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 18 : 99-121.

American Meat Science Association. (2015). AMI Fact Sheet: Sodium Nitrite: The Facts. Connecticut Avenue, NW. American Meat Institute.

AOAC. (2016). Official methods of analysis of AOAC International. 20th ed. Gaithersburg, Md. Association of Official Analytical Chemists.

Basker, D. (1988). Critical values of differences among ranked sums for multiple comparisons. Food Technology 42 : 79-84.

Caenn, R. et. al. (2017). Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids. 7th Edition. Gulf Professional Publishing.

Fennema, O.R. (1996). Food Chemistry. 3rd edition. Madison Avenue, New York. Marcel Dekker, Inc.

Gao, L., Orth, P., Cucchiarini, M., and Madry, H. (2017). Effects of solid acellular Type-I/III collagen biomaterials on in vitro and in vivo chondrogenesis of mesenchymal stem cells. Expert Review of Medical Devices. 14 (September 2017) : 717-732.

Goddard, P. How It's Made - Hot Dogs. [online]. 2016. Available from: https://www.express. co.uk/ videos/4978765791001/How-It-s-Made-Hot-Dogs [2019, April 24]

ISO. (1999). INTERNATIONAL STANDARD Meat and meat products Measurement of pH — Reference method Reference number ISO 2917:1999(E). 2nd edition 1999-12-15. International Organization for Standardization.

Jarvis, L. Collagen vs Collagen Peptides vs Gelatin A Nutritionist Explain the Difference. [online]. 2019. Available from: https://www.furtherfood.com/collagen-hydrolysate-collagen-peptides/ [2019, December 12].

Kenneth, A. R. How to Cook Sausage. [online]. 2019. Available from: https://www.wikihow.com/Cook-Sausages [2019, September 8].

Lynn C.K. (1987). Meat Emulsions. Proceedings of the Eighth Annual Sausage and Processed Meats Short Course. The Ohio State University.

Marianski, S. (2011). Spanish Sausages Authentic Recipes and Instructions. Bookmagic, LLC.

Novakovic, S. and Tomasevic, I. (2017). A comparison between Warner-Bratzler shear force measurement and texture profile analysis of meat and meat products: a review. IOP Conference Series Earth and Environmental Science 85 : 012063.

Paredes, R. What is Hydrolyzed Collagen and Why are People Added It to Everything. [online]. 2019 Available from: https://www.bulletproof.com/supplements/macronutrients/what-is-hydrolyzed-collagen/ [2019, September 10].

Pearson, A.M. and Gillett T.A. (1996). Processed Meats. 3rd edition. Spinger Science+Business Media, B.V.

Sausa, S.C. et al. (2017). Quality parameters of frankfurter-type sausages with partial replacement of fat by hydrolyzed collagen. LWT - Food Science and Technology 76 : 320-325.

Savic, I.V. (1985). FAO ANIMAL PRODUCTION AND HEALTH PAPER 52. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Surasani, V.K.R., Raju, C.V., Shafiq, U., Chandra, M.V. and Lakshmisha, I.P. (2020). Influence of protein isolates from Pangas processing waste on physicochemical, textural, rheological and sensory quality characteristics of fish sausages. LWT - Food Science and Technology 117 article 108662.

Wang, R. et al. (2019). Effect of chicken breast on the physicochemical properties of unwashed sturgeon surimi gels. LWT - Food Science and Technology 113 article 108306.

Whiting, R.C. (1989) Contributions of Collagen to the Properties of Comminuted and Restructured Meat Products. Reciprocal Meat Conference Proc 42 : 149-155.

Yoo, S.S., Kook, S.H., Park, S.Y. (2007). Physicochemical characteristics, textural properties and volatile compounds in comminuted sausages as affected by various fat levels and fat replacers. International Journal of Food Science & Technology 42 : 1114-1122.

## ภาคผนวก ก

### แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

รหัสการทดสอบ ..... วันที่ ..... ผลิตภัณฑ์.....ไส้กรอกอิมัลชัน.....

ชื่อผู้ทดสอบ..... เพศสภาพ ☐ ชาย ☐ หญิง อายุ..... อาชีพ.....

ที่อยู่.....

**<u>คำชี้แจง</u>** กรุณาชิมทดสอบตัวอย่างตามลำดับที่นำเสนอจากซ้ายไปขวาแล้วให้คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์ตามระดับคะแนนที่กำหนดไว้ด้านล่าง ผู้ทดสอบสามารถให้คะแนนความรู้สึกชอบทางลักษณะประสาทสัมผัสในช่วง 1 ถึง 9 คะแนน โดย

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ6 = ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

| **ลักษณะทางประสาทสัมผัส** | **ผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง** | | |
|---|---|---|---|
| | 179 | 825 | 934 |
| ลักษณะปรากฏ | ..... | ..... | ..... |
| กลิ่นรส | ..... | ..... | ..... |
| เนื้อสัมผัส | ..... | ..... | ..... |
| สี | ..... | ..... | ..... |
| ความชอบโดยรวม | ..... | ..... | ..... |

**<u>คำชี้แจง</u>** โปรดทำการจัดลำดับความชอบต่อผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง โดยตัวอย่างที่ท่านชอบมากที่สุดให้ลำดับความชอบเป็นลำดับแรก และตัวอย่างที่ท่านชอบน้อยที่สุดให้ลำดับความชอบเป็นลำดับสุดท้าย

| **ลำดับความชอบ** | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| **รหัสตัวอย่าง** | ..... | ..... | ..... |

## ภาคผนวก ข

## ข้อมูลจำเพาะของผลิตภัณฑ์

คอลลาเจนชนิดผง ตรา เบลลา คอลลา พีเอฟพี-25พี

ผลิตโดย: บริษัท ไทยนิปปอน ราบีเจ จำกัด

Specification: โปรตีน (คอลลาเจนไฮโดรไลเสต หรือ คอลลาเจนเปปไทด์) 90-95%

ความชื้น 3%

ไม่มีส่วนผสมของไขมัน

## ภาคผนวก ค

## ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นายธรรศ เปล่งสุริยการ

ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ

วุฒิการศึกษา วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.)

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

คณะ วิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีที่สำเร็จการศึกษา 2562

โทรศัพท์ 0905073985

Email decimotat@hotmail.com

# ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นายกันตภณ สโลภาพ

ตำแหน่ง ผู้วัจัยร่วม

วุฒิการศึกษา วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.)

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

คณะ วิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีที่สำเร็จการศึกษา 2562

โทรศัพท์ 0826120196

Email guntaponsalopap@gmail.com