

ความคงตัวต่อการแช่เยือกแข็งและทำละลายของเนื้อไก่บดผสม CCM และ
การนำไปใช้ในการผลิตไก่ยอ

Freeze-thaw stability of minced chicken meat incorporated
with CCM and its use for the production of Kai Yor



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
พ.ศ. 2566
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

ความคงตัวต่อการแช่เยือกแข็งและทำละลายของเนื้อไก่บดผสม CCM และ
การนำไปใช้ในการผลิตไกยอ

Freeze-thaw stability of minced chicken meat incorporated with CCM
and its use for the production of Kai Yor

จัดทำโดย

ชญาณ์พัชร ซาติมุลตรี รหัสนักศึกษา 62080010
สุรดา มิดำ รหัสนักศึกษา 62080069
อาทิตยา จันทรคลองใหม่ รหัสนักศึกษา 62080073

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

(ผศ.ดร. สิทธิพงศ์ นลินานนท์)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

...../...../.....
22 / พฤษภาคม / 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อนักศึกษา	ชญานพัชร ชาติมูลตรี	รหัสนักศึกษา 62080010
	สุรดา มิคำ	รหัสนักศึกษา 62080069
	อาทิตยา จันทรคลองใหม่	รหัสนักศึกษา 62080073
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร	
พ.ศ.	2566	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. สิทธิพงษ์ นลินานนท์	

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการผสมเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่ (CCM) ต่อความคงตัวต่อการแช่เยือกแข็งและทำละลายของเนื้อไก่บด โดยทำการผสมเนื้อไก่บดที่ได้จากเนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้น (BLK) กับ CCM ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน (100:0 (ชุดควบคุม), 90:10, 80:20 และ 70:30 % โดยน้ำหนัก) ก่อนนำไปทำการแช่แข็งและทำละลาย พบว่า เนื้อไก่บดผสม CCM ที่อัตราส่วน 90:10 มีค่าการสูญเสียน้ำหนัก (Drip loss) และการสูญเสียน้ำหนักระหว่างปรุงสุก (Cooking loss) ไม่แตกต่างจากตัวอย่างชุดควบคุม ($p \geq 0.05$) แต่มีค่าปริมาณผลผลิต (Cooking Yield) สูงที่สุด ($p < 0.05$) ผลการวิเคราะห์ค่าสีของเนื้อไก่บดผสม CCM แช่แข็งพบว่าการผสม CCM มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีเล็กน้อยในเนื้อไก่บดที่ผ่านการแช่แข็งและทำละลาย อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นของค่าสีแดง (a^*) เติบโตขึ้นเมื่อนำเนื้อไก่บดไปปรุงสุก เพื่อศึกษาการเพิ่มความคงตัวต่อการแช่เยือกแข็งและทำละลาย นำเนื้อไก่บดผสม CCM ที่อัตราส่วน 90:10 มาเติมไฮโดรคอลลอยด์ 3 ชนิด คือ ไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้า แซนแทนกัม และคอนยัคแมนแนน ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 % โดยน้ำหนัก พบว่า การเติมไฮโดรคอลลอยด์ทุกชนิดที่ระดับความเข้มข้น 2% ทำให้เนื้อไก่บดผสม CCM มีค่าการสูญเสีย น้ำหนักและค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างปรุงลดลง แต่พบค่าปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) และพบค่า L^* และ b^* เพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) ในขณะที่ค่า a^* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) เมื่อนำเนื้อไก่บดผสม CCM และไฮโดรคอลลอยด์ไปทำการแช่แข็งและทำละลายซ้ำ พบว่าการเติมไฮโดรคอลลอยด์มีผลลดค่าการสูญเสีย น้ำหนัก และค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างปรุงสุก รวมทั้งลดปริมาณผลผลิตลงเล็กน้อย ($p < 0.05$) นอกจากนี้ พบว่าไฮโดรคอลลอยด์ทั้ง 3 ชนิด มีผลทำให้ค่าสีแดงของเนื้อไก่บดผสม CCM ที่ผ่านการแช่แข็งและทำละลาย และที่ผ่านการปรุงสุก มีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด ($p < 0.05$) การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของไก่บดที่ผลิตจากเนื้อไก่บดผสม พบว่าการเติมไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้ามีค่าเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ($p \geq 0.05$) ในขณะที่การเติมแซนแทนกัม และคอนยัคแมนแนน มีผลลดค่า Hardness, Adhesiveness, Springiness, Cohesiveness, Gumminess และ Chewiness อย่างชัดเจน ($p < 0.05$) จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการนำ CCM มาใช้ผสมในเนื้อไก่บดเพื่อลดต้นทุนการผลิตเนื้อไก่บดแช่เยือกแข็งและผลิตภัณฑ์จากเนื้อไก่สามารถทำได้ด้วยการปรับใช้ในอัตราส่วนที่เหมาะสม และยังสามารถปรับคุณสมบัติให้ดีขึ้นด้วยการผสมสารไฮโดรคอลลอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 คำสำคัญ : ไฮโดรคอลลอยด์, การแช่เยือกแข็ง-ทำละลาย, เนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้น, เนื้อไก่ที่แยกได้จากโครงไก่, เนื้อไก่บด

Student name	Chayapat Chatmoontree	Student ID 62080010
	Surada Midam	Student ID 62080069
	Arthittaya Chanklongmai	Student ID 62080073
Program	Bachelor of Science in Food Science and Technology	
Year	2023	
Advisor	Assist.Prof.Dr.Sitthipong Nalinanon	

ABSTRACT

This research aimed to study the effects of Chicken Carcass Meat (CCM) on the freeze-thaw stability of minced chicken meat (MCM). The meat sample was prepared by mixing CCM with minced chicken meat, which was prepared from Boneless Leg Kiri (BLK), at different ratios (100:0 (Control), 90:10, 80:20, and 70:30 % by weight) before being subjected to freeze-thaw. It was found that drip loss and cooking loss of the mixed MCM with CCM at a ratio of 90:10 were comparable to the control ($p \geq 0.05$) but showed the highest cooking yield ($p < 0.05$). Color measurement of the mixed MCM with the CCM sample showed that CCM slightly changed the color of MCM after freeze-thawing. However, the increase in redness (a^*) of the meat sample was observed after cooking. To improve the freeze-thaw stability, the mixed MCM with CCM at a ratio of 90:10 was selected and mixed with 3 types of hydrocolloids, including commercial hydrocolloid, xanthan gum, and konjac mannan, with a concentration of 0, 0.5, 1 and 2 % by weight. It was found that the addition of all hydrocolloids at 2% resulted in a decrease in drip loss and cooking loss of the meat sample. The cooking yield and colors L^* and b^* of the meat sample were increased ($p < 0.05$) whereas the a^* value was not significantly different ($p \geq 0.05$). When the mixed MCM with CCM and hydrocolloid samples were subjected to freeze-thawing testing, the drip loss and cooking loss were reduced, compared to the control, where the cooking yield was slightly lowered ($p < 0.05$). Additionally, it was found that the addition of hydrocolloids noticeably reduced the redness value of the freeze-thawed meat and cooked meat counterpart samples ($p < 0.05$). Textural analysis of the chicken sausages (Kai Yor) prepared from MCM mixed with CCM revealed that the addition of commercial hydrocolloids had similar textural properties to the control ($p \geq 0.05$), whereas xanthan gum and konjac mannan drastically lowered the hardness, adhesiveness, springiness, cohesiveness, gumminess, and chewiness ($p < 0.05$). Consequently, the use of CCM to mix with

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MCM to reduce the cost of frozen MCM and its product counterpart could be applied with a proper proportion and the properties could be improved by the incorporation of hydrocolloids.

Keywords: Hydrocolloids, Freeze-Thaw, BLK, CCM, Minced chicken meat.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษในหัวข้อ ความคงตัวต่อการแช่เยือกแข็งและทำลายของเนื้อไก่บดผสม CCM และการนำไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ไก่ยอ จะสำเร็จลุล่วงไปได้ หากมิได้รับการสนับสนุนและอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร. สิทธิพงษ์ นลินานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ และช่วยแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงาน

ขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์ และบุคลากรในคณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยให้ความช่วยเหลือ รวมทั้งคณะอุตสาหกรรมอาหารที่ให้ทุนสนับสนุนและค่าใช้จ่ายในการจัดทำปัญหาพิเศษ

ขอขอบคุณครอบครัว และศิลปินเกาหลีวง NCT, EXO และ TREASURE ที่เป็นกำลังใจจนกระทั่งการจัดทำปัญหาพิเศษนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาไทย.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	IX
สารบัญภาพ.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 เนื้อไก่.....	4
2.2 องค์ประกอบของเนื้อสัตว์.....	5
2.3 เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน.....	7
2.3.1 เอพิไมเซียม.....	7
2.3.2 เพอริไมเซียม.....	8
2.3.3 เอนโดไมเซียม.....	8
2.4 ประเภทกล้ามเนื้อ.....	9
2.5 คุณภาพและการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัตว์.....	10
2.5.1 สีเนื้อสัตว์.....	11
2.5.2 สีเนื้อสัตว์ปีก.....	12
2.5.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อสีเนื้อสัตว์.....	12
2.5.4 เนื้อสัมผัส.....	12
2.5.5 ความสามารถในการอุ้มน้ำ.....	14
2.6 การซื้อและการจัดเก็บสัตว์ปีก.....	14
2.7 ไฮโดรคอลลอยด์.....	15
2.7.1 แซนแทนกัม.....	16
2.7.2 คอนยัคแมนแนน.....	17
2.8 การแช่เยือกแข็งต่อเนื้อสัตว์.....	17

เอกสารนี้เป็นเอกสาร 2.8.1 อัตราการแช่เยือกแข็ง.....เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้วงไปใช้ประโยชน์ด้วยกา 18
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.8.2 การเกิดผลึกของน้ำแข็ง.....	18
2.8.3 เวลาในการแช่เยือกแข็ง.....	18
2.9 การละลายสัตว์ปีกแช่แข็ง.....	19
2.10 อายุการเก็บรักษาของสัตว์ปีกสดและแช่แข็ง.....	20
2.11 กิจกรรมของเอนไซม์.....	20
2.12 เอนไซม์ทรานกลูตามิเนส.....	21
2.13 การโภชนาการสัตว์ปีก.....	22
2.14 เจลเลชั่น.....	22
2.15 การเกิดเจลด้วยความร้อนของโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์.....	23
2.16 อิมัลชัน.....	23
2.17 การทดสอบความสุกของสัตว์ปีก.....	24
2.18 ไก่เยอ.....	24
2.18.1 ลักษณะทางกายภาพของไก่เยอ.....	25
2.18.2 หมูเยอ.....	25
2.18.3 ไก่เยอ.....	25
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	27
3.1 วัตถุประสงค์และสารเคมี.....	27
3.1.1 วัตถุประสงค์สำหรับการผลิตเนื้อไก่บดผสม.....	27
3.1.2 วัตถุประสงค์สำหรับการผลิตไก่เยอ.....	27
3.2 อุปกรณ์.....	27
3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมเนื้อไก่บดผสม.....	27
3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมผลิตภัณฑ์ไก่เยอ.....	28
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง.....	29
3.3.1 การศึกษาผลของการทดแทนเนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้นด้วยเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่.....	29
3.3.2 การศึกษาผลของการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ต่อความคงตัวของผลิตภัณฑ์ไก่บดแช่แข็งที่เตรียมได้จากเนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้นผสมด้วยเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่.....	29
3.3.3 ผลของการแช่เยือกแข็งและทำละลายต่อความคงตัวของผลิตภัณฑ์ไก่บดแช่แข็ง.....	30
3.3.4 การผลิตไก่เยอจากไก่บดผสมแช่แข็ง.....	30

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.5 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำหนักรู้น้ำสูญเสียไปในระหว่างการละลาย.....	30
3.3.6 การวิเคราะห์การสูญเสียน้ำหลังการแปรรูปและการสูญเสียน้ำหนักระหว่างทำให้สุก.....	32
3.3.7 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านการอุ้มน้ำของเนื้อไก่บดผสมและผลิตภัณฑ์จากเนื้อไก่บดผสมแช่แข็งโดยใช้เครื่อง Water holding capacity.....	32
3.3.8 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านสีของเนื้อไก่บดผสมและผลิตภัณฑ์จากเนื้อไก่บดผสม.....	33
3.3.9 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง Texture analyzer.....	33
3.3.10 การวางแผนการทดลอง.....	34
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	35
4.1 การศึกษาผลของการทดแทนเนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้นด้วยเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่.....	35
4.1.1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการกักเก็บน้ำและการสูญเสียน้ำหนักของไก่บดผสมแช่แข็ง.....	35
4.1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของเนื้อไก่บดผสมแช่แข็ง.....	36
4.2 ผลของการศึกษาการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ต่อความคงตัวของผลิตภัณฑ์ไก่บดแช่แข็งที่เตรียมได้จากเนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้นผสมด้วยเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่.....	37
4.2.1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการกักเก็บน้ำและการสูญเสียน้ำหนักของไก่บดผสมแช่แข็งผสมไฮโดรคอลลอยด์.....	38
4.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของเนื้อไก่บดผสมแช่แข็งผสมไฮโดรคอลลอยด์.....	39
4.3 ผลของการศึกษาการแช่เยือกแข็งและทำละลายต่อความคงตัวของผลิตภัณฑ์ไก่บดแช่แข็ง.....	42
4.3.1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการกักเก็บน้ำและการสูญเสียน้ำหนักของไก่บดผสมแช่แข็งและทำละลายซ้ำ.....	42
4.3.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของเนื้อไก่บดผสมแช่แข็งและทำละลายซ้ำ.....	43
4.4 ผลของการศึกษาการผลิตไก่ยอกจากไก่บดผสมแช่แข็ง.....	44
4.4.1 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของไก่ยอโดยใช้เครื่อง Texture analyzer.....	44
4.4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสีและความสามารถในการอุ้มน้ำของไก่ยอจากไก่บดผสมแช่แข็ง.....	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปลผลและข้อเสนอแนะ.....	49
บรรณานุกรม.....	51
ภาคผนวก.....	62
ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	63
ภาคผนวก ข ขั้นตอนในการทำไ้บดแช่แข็งและไ้ยอ.....	68
ประวัติผู้เขียน.....	80



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
3.1	สูตรไถ่ยกจากไถ่บดผสมแช่แข็ง.....	31
4.1	ผลของค่าการสูญเสียน้ำหนัก การสูญเสียน้ำหนักระหว่างปรงสุก และปริมาณผลผลิตของเนื้อสะโพกไถ่หั่นชิ้นผสมกับเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่.....	35
4.2	ผลของค่าสีหลังแช่เยือกแข็ง ค่าสีหลังการละลาย และค่าสีหลังการปรงสุกของเนื้อสะโพกไถ่หั่นชิ้นผสมกับเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่.....	37
4.3	ผลของค่าการสูญเสียน้ำหนัก การสูญเสียน้ำหนักระหว่างปรงสุก และปริมาณผลผลิตของเนื้อสะโพกไถ่หั่นชิ้นผสมกับเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่ผสมไฮโดรคอลลอยด์ทั้ง 3 ชนิด.....	38
4.4	ค่าสีของเนื้อไถ่บดผสมแช่แข็งผสมด้วยไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่าง ๆ ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2%.....	40
4.5	ผลของการศึกษาการแช่แข็งและละลายซ้ำเป็นจำนวน 3 รอบ โดยใช้ไถ่บดผสม CCM ที่มีอัตราส่วน 90:10% และเติมไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดที่ระดับความเข้มข้น 2%.....	42
4.6	ผลของการศึกษาค่าสีของการแช่แข็งและละลายซ้ำเป็นจำนวน 3 รอบ โดยใช้ไถ่บดผสม CCM ที่มีอัตราส่วน 90:10% และเติมไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดที่ระดับความเข้มข้น 2%.....	43
4.7	ผลของการศึกษาเนื้อสัมผัสของไถ่ยกจากไถ่บดผสมแช่แข็ง และไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดในอัตราส่วน 2% โดยใช้เครื่อง Texture analyzer.....	45
4.8	ผลของค่าสีของไถ่ยกจากไถ่บดผสมแช่แข็งและไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิด ในอัตราส่วน 2% หลังให้ความร้อนที่ 65 และ 85 องศาเซลเซียส.....	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ชิ้นส่วนของไก่.....	4
2.2 เครื่อง Mechanical Deboning Machine (MDM).....	5
2.3 การจัดระเบียบทั่วไปของกล้ามเนื้อ.....	6
2.4 โครงสร้างของกล้ามเนื้อ.....	7
2.5 การเปลี่ยนแปลงสีของไมโอโกลบินที่มองเห็นได้บนผิวหน้าของเนื้อสัตว์.....	10
2.6 โครงสร้างทางเคมีของ Xanthan gum.....	16
2.7 โครงสร้างทางเคมีของ Konjac Mannan.....	16
2.8 ผลของอัตราการแช่เยือกแข็งในเซลล์เนื้อสัตว์ก่อนและหลังการทำละลาย.....	17
2.9 การเกิดผลึกน้ำแข็งในการแช่เยือกแข็งแบบช้าและแบบเร็ว.....	18
2.10 โครงสร้างทางเคมีของเอนไซม์ทรานกลูตามิเนส.....	21
2.11 การแสดงแผนภาพของการเกิดเจล.....	22
2.12 ผลิตภัณฑ์ที่ไถ่จากเนื้อไก่บดผสม.....	25
4.1 เครื่องวัดค่า Water holding capacity ในตัวอย่างชิ้นเนื้อสัตว์.....	33
4.2 ผลิตภัณฑ์ที่ไถ่จากไก่บดผสม CCM ตัวอย่างควบคุม (a) ผลิตภัณฑ์ที่ไถ่จากไก่บดผสม CCM และไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้า (b) ผลิตภัณฑ์ที่ไถ่จากไก่บดผสม CCM และเซนแทนกัม (c) ผลิตภัณฑ์ที่ไถ่จากไก่บดผสม CCM และคอนยัคแมนแนน (d).....	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันเนื้อไก่เป็นเนื้อของสัตว์ปีกที่ได้รับความนิยมในการบริโภคเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนสูง ต้นทุนในการผลิตต่ำ และมีคุณประโยชน์สูงกว่าเนื้อสัตว์อื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมการผลิตเนื้อไก่ ในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมาได้กลายเป็นกลุ่มอุตสาหกรรมที่เติบโตเร็วที่สุดในตลาดของเนื้อสัตว์ของโลกใน ระหว่างปี 2543-2559 เติบโตขึ้น 80.5% โดยเปรียบเทียบกับเนื้อหมูและเนื้อวัว ซึ่งเนื้อไก่ชำแหละจะถูกแบ่ง ออกเป็นชิ้นส่วนต่าง ๆ เช่น เนื้อหน้าอก (boneless breast), เนื้อสันใน (fillet), ส่วนขา (leg), สะโพก (thigh), น่อง (drumstick), ปีกบน (wingstick) และปีกล่าง (tulip) นอกจากนี้ ยังมีปริมาณเศษเนื้อไก่ที่เหลือจากการ ตัดแต่งหรือเนื้อไก่ติดโครงกระดูกมีปริมาณมาก (Augustynska และคณะ, 2018)

การนำเนื้อไก่ที่เหลือจากการตัดแต่งหรือเนื้อไก่ติดโครงกระดูกที่เหลืออยู่ในปริมาณมาก โดยเนื้อที่แยก ได้จากโครงไก่ (Chicken Carcass Meat; CCM) โดยใช้เครื่อง Mechanical Deboning Machine (MDM) มา ใช้ เพื่อเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีคุณค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด รวมทั้งลดต้นทุนในการผลิตโดยนำมาบดผสมกับ เนื้อสะโพกไก่หันชิ้น (Boneless Leg Kirimi; BLK) รวมทั้งชนิดและระดับความเข้มข้นของไฮโดรคอลลอยด์ใน ปริมาณความเข้มข้นที่แตกต่างกัน เพื่อดูปฏิกิริยาต่อความคงตัวต่อการแช่เยือกแข็งและการทำลายของเนื้อ ไก่บดผสม และหาชนิดรวมถึงระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของไฮโดรคอลลอยด์ต่อเนื้อไก่บดผสมเพื่อเป็น แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อไก่พร้อมบริโภค

ไฮโดรคอลลอยด์เป็นพอลิแซคคาไรด์และโปรตีนที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เพื่อทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความข้นหนืด สารก่อเจล สารยึดเกาะ สารเคลือบ สารเพิ่มความคงตัวอิมัลชัน สารแขวนลอย และโฟม (Nelum และคณะ, 2021) ซึ่งมีความสามารถทนต่อค่าพีเอช (pH) ความร้อน และความสามารถทนต่อเกลือ รวมทั้งช่วย เพิ่มความเสถียรและความคงตัวต่อการละลายของเนื้อสัตว์แปรรูป

โดยปกติไฮโดรคอลลอยด์มีความสามารถในการสร้างเจลโดยเชื่อมโยงสายพอลิเมอร์ (Cross linking polymer chains) ที่สามารถนำไปสู่การก่อตัวของโครงข่ายสามมิติที่สามารถดักจับน้ำและการก่อตัวของ โครงสร้างของความหนืดและความยืดหยุ่น (Saha และ Bhattacharya, 2010) ในทำนองเดียวกันโปรตีนไมโอไฟบริล (Myofibril proteins) ที่อยู่ในระบบของเนื้อสัตว์ซึ่งมีความสามารถในการสร้างเจลเมื่อได้รับความ ร้อน เนื่องจากการเสียสภาพบางส่วนหลังจากผ่านการบดผสม (Nelum และคณะ, 2021) ดังนั้น เมื่อเติมไฮโดร คอลลอยด์ในระบบของเนื้อผสม ไฮโดรคอลลอยด์จะสามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีนจากเนื้อสัตว์ และก่อตัวเจ ลสามมิติ เป็นผลให้ลักษณะของเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์จะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของไฮโดร เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอลลอยด์ โดยการเลือกของไฮโดรคอลลอยด์ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะที่ต้องการในผลิตภัณฑ์สุดท้าย (Nicomrat, Chanthachum, และ Adulyathum, 2016)

การแช่แข็งเป็นวิธีการถนอมอาหารที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดเพื่อสร้างความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ในตลาดส่งออกเนื้อสัตว์ วิธีและเทคนิคที่ใช้ในกระบวนการแช่แข็งและละลายถือเป็นบทบาทสำคัญในการรักษาคุณภาพของอาหารแช่แข็ง (Shaimaa และคณะ, 2021) โดยการละลายจะได้รับผลกระทบอย่างมากในปัจจุบัน ซึ่งมาจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิและระยะเวลาที่แท้จริงของกระบวนการละลาย ความไม่เหมาะสมจากปัจจัยต่าง ๆ ในกระบวนการละลายอาจจะส่งผลให้คุณภาพเนื้อสัตว์เสื่อมลง (Lampra และคณะ, 2021) รวมทั้งการละลายส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ เช่น ความสูญเสียน้ำหลังการแปรรูป และคุณภาพภาพทางด้านสีของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

ไก๋ยอเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อไก่ เครื่องเทศ เครื่องปรุงรสและวัตถุดิบอาหารอื่นๆ นำมาบดผสม อย่างละเอียดจนรวมเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วทำเป็นรูปร่างตามต้องการ จากนั้นลวกหรือต้มให้สุก ได้แก่ ไก๋ยอ และหมูยอ ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการสูงอุดมไปด้วยโปรตีน ย่อยง่าย ราคาถูก (Hasipek และคณะ, 1991) และมีลักษณะทางประสาทสัมผัสเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคได้แก่ ความยืดหยุ่น สี และกลิ่นรส การสับผสมของไก๋ยอ ทำให้ไม่สามารถมองเห็นโครงสร้างเดิมของเนื้อได้ ซึ่งโครงสร้างของเนื้อจะถูกทำลายถึงระดับเส้นใยกล้ามเนื้อ เพื่อให้เกิดลักษณะเป็นมวลเหนียวหรืออิมัลชัน ขณะสับผสมจะต้องควบคุมอุณหภูมิไม่ให้สูงเกิน 15 องศาเซลเซียส เพื่อรักษาความคงทนของอิมัลชันไว้ (Huang และคณะ, 2005)

เนื่องจากไก๋ยอเป็นผลิตภัณฑ์อาหารซึ่งคนไทยและประเทศใกล้เคียง นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย ปัจจุบันมีการพัฒนาการผลิตไก๋ยอมีการผสมส่วนผสมให้มีความหลากหลายตามความต้องการของผู้บริโภคมากขึ้น เพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และผลิตภัณฑ์ไก๋ยอที่จะเป็นที่นิยมของผู้บริโภค นอกจากความอร่อยแล้ว คุณสมบัติทางด้านกายภาพโดยเฉพาะด้านเนื้อสัมผัสก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งของผลิตภัณฑ์ การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ความเหนียว ความยืดหยุ่น ความแน่นของไก๋ยอ (เอกอนงค์, 2546) ซึ่งการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ซึ่งจะเป็นอย่างอื่นปัจจัยที่จะช่วยให้การผลิตไก๋ยอให้มีคุณภาพดีเท่ากันทุกครั้ง และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคสม่ำเสมอ นอกจากนี้การแช่แข็ง และการทำละลายซ้ำ รวมทั้งการใช้เนื้อไก๋ยอผสมเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่ (CCM) ที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง และการทำละลาย การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ จะทำให้สามารถเปรียบเทียบได้ว่า สามารถใช้เนื้อไก๋ยอผสมเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่ (CCM) ได้ในปริมาณมากเท่าใด เพื่อสามารถลดต้นทุนการผลิตเนื้อไก๋ยอโดยการใช้เนื้อที่แยกได้จากโครงไก่ (CCM) ที่มีต้นทุนต่ำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อศึกษาความคงตัวต่อการแช่เยือกแข็งและทำละลายของเนื้อไก่บดผสมเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่ (CCM)
- 1.2.2 เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อไก่บดผสมเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่ (CCM) ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งและการทำละลาย
- 1.2.3 เพื่อผลิตไก่ย่อยจากเนื้อไก่บดผสม CCM

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 สามารถลดต้นทุนการผลิตเนื้อไก่บดโดยการใช้เนื้อที่แยกได้จากโครงไก่ (CCM) ที่มีต้นทุนต่ำ
- 1.3.2 ได้เนื้อไก่บดที่มีความคงตัวต่อการแช่เยือกแข็ง และการทำละลายที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้
- 1.3.3 ทราบชนิดและปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อไก่บดต่อการแช่เยือกแข็งและการทำละลาย
- 1.3.4 เพื่อแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อไก่พร้อมบริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เนื้อไก่



ภาพที่ 2.1 ชิ้นส่วนของไก่
ที่มา บราวน์ลีย์ พูลทวี่, (2561)

เนื้อไก่เป็นเนื้อสัตว์ที่มีแหล่งโปรตีนสูงที่ได้รับความนิยมในการบริโภคอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากมีราคาถูก และมีประโยชน์สูงกว่าเนื้อสัตว์ชนิดอื่นๆ โดยคุณภาพเนื้อสัตว์เป็นปัจจัยหลักที่ใช้ในการแยกความแตกต่างลักษณะเฉพาะ ซึ่งมีความสำคัญในการยอมรับของผู้บริโภค จึงทำการศึกษาในเรื่องของเส้นใยกล้ามเนื้อที่ส่งผลถึงลักษณะปรากฏ และคุณภาพของเนื้อไก่ โดยศึกษาในส่วนของเนื้อสะโพกและอกไก่ ในเนื้อสะโพกพบทั้งเส้นใยไกลโคไลติก แต่เส้นใยออกซิเดชันพบเพียงเล็กน้อย ส่วนในอกไก่พบเพียงเส้นใยไกลโคไลติกเท่านั้น (Kaiqi Weng, 2022) ซึ่งเส้นใยไกลโคไลติกส่งผลต่อความแน่นเนื้อ ส่วนเส้นใยออกซิเดชันมีช่วยในเรื่องของสี จึงเลือกใช้เนื้อไก่ส่วนสะโพกในการทดลอง เนื่องจากมีปริมาณเนื้อที่แน่นกว่าเนื้อไก่ในส่วนอื่นๆ (Cömert และคณะ, 2016) ในส่วนองค์ประกอบซาก ความแตกต่างของสายพันธุ์ไก่ส่งผลให้น้ำหนักซากมีความแตกต่างกัน โดยการชั่งน้ำหนักซากไก่ต้องกำจัดหัว, คอ, กระดูก, ไขมัน และเลือด (Cömert และคณะ, 2016)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 เครื่อง Mechanical Deboning Machine (MDM)
ที่มา IndiaMART, (2023)

เนื้อที่แยกได้จากโครงไก่ (Chicken Carcass Meat; CCM) โดยใช้เครื่อง Mechanical Deboning Machine (MDM) สามารถแยกกระดูกออกจากเนื้อไก่แช่แข็งหรือเนื้อสด เหมาะสำหรับเลาะกระดูก สามารถใช้ได้กับเนื้อหลายชนิด เช่น ไก่ โครงไก่ เนื้อวัว เนื้อหมู เป็นต้น

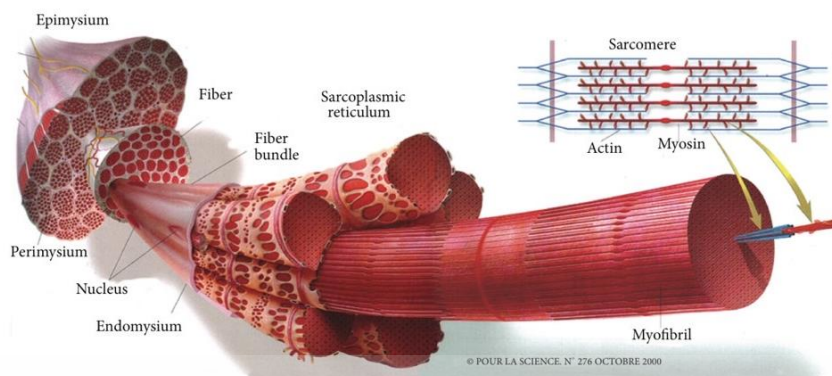
2.2 องค์ประกอบของเนื้อสัตว์

องค์ประกอบที่สำคัญของกล้ามเนื้อประกอบด้วย น้ำร้อยละ 75 โปรตีนร้อยละ 20 ไขมันร้อยละ 3 นอกจากนี้ ยังเป็นสารอาหารที่ละลายได้ที่ไม่ใช่โปรตีนร้อยละ 2 ซึ่งประกอบด้วย วิตามิน เกลือแร่ และสารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ คาร์โบไฮเดรต และสารประกอบอินทรีย์ (Tornberg, 2005)

โปรตีนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเนื้อสัตว์ โดยเฉพาะส่วนของกล้ามเนื้อโครงสร้าง ซึ่งมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลักประมาณร้อยละ 20 สามารถแบ่งโปรตีนในเนื้อสัตว์ตามแหล่งที่มาและความสามารถในการละลายได้ 3 กลุ่ม ดังนี้ ไมโอไฟบริลลาร์โปรตีน (Myofibrillar protein) ซาร์โคพลาสมิคโปรตีน (Sarcoplasmic protein) และสโตรมอลโปรตีน (Stromal protein) (Tornberg, 2005)

เนื้อเยื่อของกล้ามเนื้อกลายเป็นอาหารที่มีมูลค่าสูง เป็นส่วนที่ช่วยให้สัตว์เคลื่อนไหวด้วยคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับกล้ามเนื้อขึ้นอยู่กับโครงสร้างเฉพาะของกล้ามเนื้อ วิธีการทำงานของกล้ามเนื้อ และวิธีการควบคุมการทำงาน คุณลักษณะขององค์ประกอบภายในเซลล์ เรียกรวมกันว่า โครงร่างของกล้ามเนื้อ (Donald และคณะ, 1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 การจัดระเบียบทั่วไปของกล้ามเนื้อ

ที่มา: Anne Listrat และคณะ, (2016)

กล้ามเนื้อโครงร่างส่วนใหญ่ประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ส่วนหลังมีการกระจายเป็นสามระดับในกล้ามเนื้อ: endomysium ซึ่งล้อมรอบเส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละเส้น perimysium ซึ่งแบ่งกล้ามเนื้อออกเป็นมัดเส้นใย และสุดท้ายคือ epimysium ซึ่งเป็นเปลือกหุ้มภายนอกของกล้ามเนื้อ ภายในเส้นใย myofibrils ครอบครองปริมาตรภายในเซลล์เกือบทั้งหมด หน่วยหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อคือซาร์โคเมียร์ (Anne Listrat และคณะ, 2016)

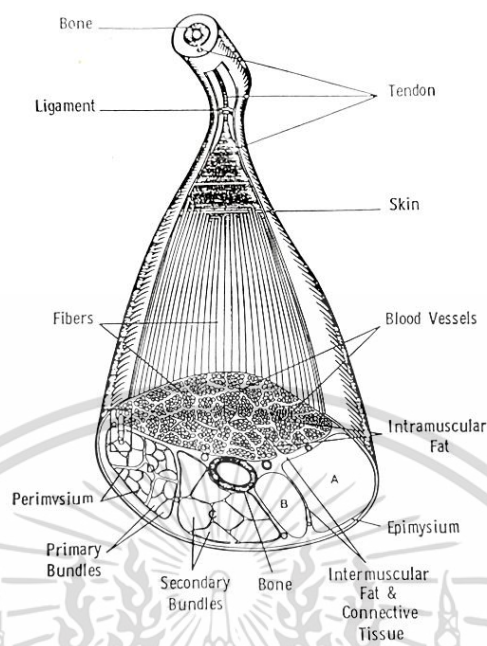
โดยกล้ามเนื้อโครงร่างประกอบไปด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อประมาณ 90% กล้ามเนื้อเกี่ยวพัน และไขมัน 10% เนื้อเยื่อเกี่ยวพันในกล้ามเนื้อแบ่งออกเป็น endomysium ซึ่งล้อมรอบเส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละเส้น perimysium ซึ่งล้อมรอบของเส้นใยกล้ามเนื้อ และ epimysium ซึ่งล้อมรอบกล้ามเนื้อโดยรวม (Anne Listrat และคณะ, 2016)

จากการศึกษาของ Donald และคณะ, (1994) กล่าวว่า กล้ามเนื้อไม่เพียงแต่เป็นอวัยวะที่เหมาะสมกับการสร้างและส่งเสริมในการเคลื่อนไหวเท่านั้น แต่ยังเป็นเนื้อเยื่อที่มีความยืดหยุ่น และสามารถปรับตัวตามความต้องการ โดยเซลล์กล้ามเนื้อโครงร่าง มีความโดดเด่นในด้านความยาวเมื่อเทียบกับความกว้าง และในส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10-100 μm ในจุดที่กว้างที่สุด แต่โดยทั่วไปอาจมีความยาวเป็นมิลลิเมตรหรือเซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อเฉลี่ยในสัตว์ที่ผลิตเนื้ออยู่ในช่วง 40 ถึง 60 μm

เส้นใยกล้ามเนื้อมีลักษณะเป็นทรงกระบอก โดยเส้นใยในส่วนตัดขวางมักจะเป็นรูปหลายเหลี่ยมหรือมีรูปร่างที่ไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากแรงกดที่กระทำโดยมวลกล้ามเนื้อโดยรอบหรือ perimysium ทำให้รูปร่างของเส้นใยบิดเบี้ยว นอกจากนี้เส้นใยเรียวที่ปลายทั้งสองและส่วนที่เรียวสามารถขยายได้ถึง 50% ของความยาวของเส้นใย (25% ที่ปลายทั้งสองด้าน) ขึ้นอยู่กับความยาวทั้งหมดของเส้นใย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างของกล้ามเนื้อ
ที่มา Row, (1981)

เนื้อเยื่อเกี่ยวพันเป็นโครงสร้างเส้นใหญ่ที่ประกอบด้วยเส้นใยคอลลาเจนเป็นหลักเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในสัตว์มี 3 ชนิดได้แก่ เอพิมิเซียม เพอริมิเซียม และเอนโดมิเซียม

2.3.1 เอพิมิเซียม (Epimysium)

เอพิมิเซียม (epimysium) เป็นเปลือกหนาของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ล้อมรอบกล้ามเนื้อทั้งหมด (Youling L. Xiong และคณะ, 1999) ซึ่งเป็นชั้นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันหนาที่ประกอบด้วยเส้นใยคอลลาเจนหนาในเมทริกซ์โปรตีโอไกลแคน ซึ่งเอพิมิเซียม (epimysium) ล้อมรอบกล้ามเนื้อทั้งหมดและกำหนดปริมาตรของมัน การจัดเรียงตัวของเส้นใยคอลลาเจนในเอพิมิเซียม (epimysium) จะแตกต่างกันไปตามกล้ามเนื้อที่มีรูปร่างและหน้าที่ต่างกัน ตัวอย่างเช่น เส้นใยคอลลาเจนในเอพิมิเซียม (epimysium) ที่ค่อนข้างบางของกล้ามเนื้อสเตอร์โนไคลโดมาสโตอยด์ (M.Sternomandibularis) ที่มีลักษณะคล้ายสายยาวในวัวมีเส้นใยคอลลาเจนสองชุดที่ทำงานที่ ± 55 ไปยังแกนยาวของกล้ามเนื้อ (Purslow, 2010) ในขณะที่เส้นใยคอลลาเจนในเอพิมิเซียม (epimysium) ที่หนากว่าของเอพิมิเซียม (epimysium) ในสัตว์ชนิดเดียวกันนั้นอยู่ชิดกัน และขนานกับแกนยาวของกล้ามเนื้อ และรวมเข้ากับเส้นเอ็นเอพิมิเซียม (epimysium) ที่หนาขึ้นของกล้ามเนื้อเพนเนท (pennate) ก่อตัวเป็นแอฟพะนิวโรซิส (aponeurosis) ที่มีลักษณะเป็นแผ่น ซึ่งทำหน้าที่เป็นฐานยึดของกล้ามเนื้อที่กว้าง (Sakamoto, 1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 เพอริไมเซียม (Perimysium)

เพอริไมเซียม (Perimysium) เป็นชั้นบาง ๆ ที่ห่อหุ้มมัดกล้ามเนื้อหรือเส้นใหญ่กล้ามเนื้อไมโอไฟเบอร์ (Youling L. Xiong และคณะ, 1999) นอกจากนี้ยังถูกอธิบายว่าเป็นโครงตาข่ายกากบาทที่จัดเรียงกันอย่างดีของกลุ่มเส้นใยคอลลาเจนแบบหยักหรือแบบจีบสองชุดในเมทริกซ์โปรตีโอไกลแคน โดยแต่ละชุดของเส้นใยหยักแบบขนานสองชุดทำมุมอย่างสมมาตรเกี่ยวกับแกนเส้นใยกล้ามเนื้อ (Rowe, 1974) กลุ่มคอลลาเจนเหล่านี้จะอยู่ในระนาบขนานกับพื้นผิวเส้นใยกล้ามเนื้ออีกครั้ง และแกนยาวของพวกมันจะอยู่ที่ $+55^{\circ}\text{C}$ และ -55°C กับทิศทางของเส้นใยกล้ามเนื้อที่ความยาวส่วนที่เหลือของกล้ามเนื้อ การวางแนวของเส้นใยคอลลาเจนไขว้กันสองเส้นและมุมจีบจะแปรผันตามความยาวของกล้ามเนื้อซาร์โคเมอร์ Gillies และ Lieber, (2011) มีความเห็นว่า ยังไม่ทราบว่เพอริไมเซียม (perimysium) สร้างเครือข่ายต่อเนื่องตลอดความกว้างของกล้ามเนื้อ และจากจุดกำเนิดไปจนถึงการแทรกของพังผืด (fascicles) หรือไม ในขณะ micrographs จากการศึกษาเกี่ยวกับกล้ามเนื้อต่างๆ จากหนู กระต่าย แกะ สุกร วัว และไก่ แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าเพอริไมเซียม (perimysium) ก่อตัวเป็นเครือข่ายต่อเนื่องกันทั่วกล้ามเนื้อ (Rowe, 1981; Nishimura และคณะ, 1994; Purslow และ Trotter, 1994; Liu และคณะ, 1995 ; Passerieux และคณะ, 2007). ในห้องทดลองของเรา ได้สังสมประสบการณ์จำนวนมากในการผ่าแผ่นเพอริไมเซียม (perimysium) ขนาดใหญ่จากกล้ามเนื้อเซมิเทนดิโนซัส (semitendinosus) ของวัวสำหรับการทดสอบเชิงกลและการวิเคราะห์เชิงความร้อนในชุดสิ่งพิมพ์ตั้งแต่ปี 1989 (Lewis และ Purslow, 1989) จนถึงปัจจุบัน (Latorre และคณะ, 2019) ซึ่งนำผู้เขียนไปสู่ข้อสรุปว่าเพอริไมเซียม (perimysium) สร้างเครือข่ายที่ต่อเนื่องตลอดความกว้างของกล้ามเนื้อและจากจุดกำเนิดไปจนถึงการแทรกของ fascicles เป็นที่ชัดเจนว่าความหนาและการกระจายเชิงพื้นที่ของเพอริไมเซียม (perimysium) นั้นแตกต่างกันอย่างมากระหว่างกล้ามเนื้อต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2 สำหรับกล้ามเนื้อวัว 3 มัด (Purslow, 1999) ควรสังเกตว่าอีลาสตินโปรตีนที่ยึดหยุ่นมีอยู่ในปริมาณเล็กน้อยในกล้ามเนื้อส่วนใหญ่ แต่ปริมาณของอีลาสตินจะเพิ่มขึ้นอย่างมากในกล้ามเนื้อ เช่น วัว latissimus dorsi และ semitendinosus (Bendall, 1967) ซึ่งเป็นที่เชื่อกันว่า ทำหน้าที่เป็นที่เก็บพลังงานยึดหยุ่น Rowe, (1986) แสดงให้เห็นว่าเส้นใยอีลาสติน (Elastin) มีความสัมพันธ์อย่างเด่นชัดกับเพอริไมเซียม (perimysium) และเอพิไมเซียม (epimysium) ของกล้ามเนื้อ bovine semitendinosus และ longissimus dorsi

2.3.3 เอนโดไมเซียม (Endomysium)

เอนโดไมเซียม (Endomysium) เป็นชั้นที่ละเอียดที่ห่อหุ้มเส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละเส้น (Youling L. Xiong และคณะ, 1999) เส้นใยกล้ามเนื้อ (เซลล์) แต่ละเส้นถูกล้อมรอบด้วยพลาสมาเลมมา (ซาร์โคเลมมา) และภายนอกเป็นชั้นเมมเบรนชั้นใต้ดินหนา 50 นาโนเมตรที่ประกอบด้วยคอลลาเจนชนิด IV และลามินาชนิดไม่มีเส้นใยในเมทริกซ์โปรตีโอไกลแคน อยู่ระหว่างเยื่อหุ้มชั้นใต้ดินทั้งสองของเส้นใยกล้ามเนื้อที่อยู่ติดกัน 2 เส้น ชั้นเครือข่ายเส้นใยของเอนโดไมเซียมจะสร้างความต่อเนื่องระหว่างเยื่อหุ้มชั้นใต้ดินทั้งสอง Schmalbruch (1974) ประมาณว่าเลเยอร์เครือข่ายนี้สามารถมีความหนาระหว่าง 0.2 ถึง 1.0 μm เส้นใยคอลลาเจนละเอียดที่ประกอบกันเป็นกลุ่มของชั้นเครือข่าย ร่วมกับเมทริกซ์โปรตีโอไกลแคนแบบบอสัญฐาน ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบด้วยแผ่นสัณฐานของเส้นใยคอลลอยด์ที่มีลักษณะกึ่งสุ่ม (รูปที่ 1E) ไมโครกราฟอิเล็กตรอนแบบส่องผ่านของภาคตัดขวางผ่านเอนโดไมเซียมแสดงให้เห็นว่าเส้นใยคอลลอยด์ทั้งหมดวิ่งในระนาบขนานกับพื้นผิวของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Trotter and Purslow, 1992) การวางแผนที่ต้องการของเส้นใยคอลลอยด์ในเครือข่ายเยื่อใยพองมดลูกเปลี่ยนไปตามความยาวของกล้ามเนื้อซาร์โคเมอร์ แต่ที่ความยาวซาร์โคเมอร์ทั้งหมด เส้นใยคอลลอยด์ส่วนใหญ่ยังคงเป็นคลื่น (Purslow and Trotter, 1994) ดังนั้นจึงค่อนข้างสอดคล้องกับความตึงเครียด

เนื่องจากโดยปกติแล้ว เอพไมเซียมจะสลายไปเมื่อเนื้อสัตว์ถูกปรุงสุกแล้ว (ยกเว้นในกรณีของผลิตภัณฑ์สับซึ่งเอพไมเซียมจะไม่สลายออกเสมอก่อนที่สัตว์จะถูกสับหรือบด) เฉพาะเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของเพอริไมเซียมและเอนโดไมเซียมเท่านั้นที่มีความเหนียวต่อเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ อิทธิพลเฉพาะของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันทั้งสองขึ้นอยู่กับความหนา เช่นปริมาณของคอลลอยด์ที่มีอยู่ตลอดจนความหนาแน่นและประเภทของการเชื่อมโยงข้ามระหว่างไฟบรคอลลอยด์กล้ามเนื้อของการเคลื่อนไหวมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในปริมาณที่มากกว่า กล้ามเนื้อที่รองรับโครงสร้าง

กล้ามเนื้อ ในสัตว์โตเต็มวัยมีปริมาณคอลลอยด์ ประเภทเชื่อมโยงข้าม สูงกว่ากล้ามเนื้อเดียวกันจากสัตว์เล็ก ประเภทของการเชื่อมโยงข้ามคอลลอยด์ก็แตกต่างกันเมื่ออายุสัตว์เพิ่มขึ้น คอลลอยด์ประเภทเชื่อมโยงข้ามจำนวนมากจะเปลี่ยนจากชนิดที่ละลายน้ำได้เป็นชนิดที่ละลายน้ำไม่ได้ ส่งผลให้เนื้อมีความเหนียวเพิ่มขึ้น ดังนั้นจากเนื้อวัวแก่จะมีความเหนียวมากกว่าเนื้อวัวสาวและเนื้อลูกวัวจะนุ่มกว่าเนื้อวัว ความเข้าใจเกี่ยวกับกลไกของสารนอกเซลล์ต่าง ๆ และปฏิสัมพันธ์ของสารเหล่านี้ ในการควบคุมความเหนียวของเนื้อมีความสำคัญอย่างยิ่ง (Youling L. Xiong และคณะ, 1999)

2.4 ประเภทของกล้ามเนื้อ

กล้ามเนื้อประกอบด้วยเส้นใยซึ่งมีความเร็วในการยึดหดตัวและการเผาผลาญที่ต่างกัน ความหลากหลายของประเภทเส้นใยช่วยให้กล้ามเนื้อปรับคุณสมบัติการหดตัวได้เหมาะสมที่สุดตั้งนั้นองค์ประกอบของกล้ามเนื้อจึงแปรผันตามปริมาณไขมันโคโคเจนและไมโอโกลบินขอบเขตของหลอดเลือดและลักษณะทั่วไปอื่นๆ (Youling L. Xiong, Chi-Tang Ho และ Fereidoon Shahidi., 1999) ซึ่งประเภทของกล้ามเนื้อมีผลอย่างมากต่อคุณภาพของเนื้อโดยเฉพาะความนุ่ม (Monin และ Ouali, 1991)

นอกจากความนุ่มแล้วคุณสมบัติประสาทสัมผัสอื่น ๆ ทั้งหมดนั้นขึ้นอยู่กับประเภทของกล้ามเนื้อเป็นอย่างมาก เป็นที่ทราบกันดีว่ารสชาติของและชุ่มฉ่ำในกล้ามเนื้อแดงมีมากกว่าในกล้ามเนื้อขาว ดังนั้น เนื้อแดง (วัว แกะ และอื่นๆ) มักจะมีรสชาติและความชุ่มฉ่ำที่ดีกว่าเนื้อขาว (หมู สัตว์ปีก กระต่าย) ซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของปริมาณไขมันและความสามารถในการยึดเกาะกับน้ำซึ่งมีค่ามากกว่าสำหรับกล้ามเนื้อแดง (Monin และ Ouali, 1991)

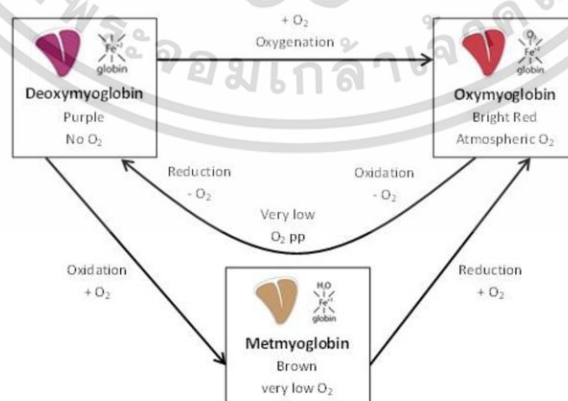
นอกจากนี้ พื้นผิวของกล้ามเนื้อ ละเอียดและหยาบ และความเข้มข้นของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเป็นหน้าที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านธุรกิจของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อ แรงเฉือนของเนื้อซึ่งสะท้อนให้เห็นจากกระบวนการกัดและเคี้ยวเมื่อกำลังเคี้ยว หงสน อีกทงห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของการกิน จะได้รับอิทธิพลจากขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ ปริมาณสัมผัสและสถานะการหดตัวของกล้ามเนื้อไมโอไฟบริลและส่วนประกอบของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และระดับของการกระจายตัวของกล้ามเนื้อไมโอไฟบริลที่เกิดขึ้นในช่วงหลังการฆ่าสัตว์ (Donald และคณะ, 1994)

2.5 คุณภาพและการปรับปรุงคุณภาพของเนื้อสัตว์

คุณภาพเนื้อสัตว์เป็นคำอธิบายคุณลักษณะของเนื้อสัตว์โดยรวม รวมถึงคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี สันฐานวิทยา ประชาสัมพันธ์ เทคโนโลยี และการปรุงอาหาร (Ingr, 1989) ซึ่งในปัจจุบันการเพิ่มคุณภาพเนื้อสัตว์โดยการปรับเปลี่ยนลักษณะดังกล่าว เช่น ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชุ่มฉ่ำเนื้อ ความแน่น ความนุ่มรสชาติและกลิ่น เป็นคุณลักษณะสำคัญที่สุด ซึ่งมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจคุณภาพเบื้องต้น และขั้นสุดท้ายของผู้บริโภคก่อนและหลังการซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (Cross และคณะ, 1986)

จากการศึกษาของ Donald และคณะ, (1994) กล่าวว่า ลักษณะคุณภาพของอาหารกล้ามเนื้อได้รับอิทธิพลจากโครงสร้างของกล้ามเนื้อ องค์ประกอบทางเคมี สภาพแวดล้อมทางเคมี ปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบทางเคมี การเปลี่ยนแปลงหลังการฆ่าในเนื้อเยื่อของกล้ามเนื้อ ความเครียดและผลกระทบจากการฆ่าสัตว์ การจัดการผลิตภัณฑ์ การแปรรูปและการเก็บรักษา และการปรุงอาหารจากเนื้อสัตว์ ในขณะที่คุณภาพอาหารสำหรับกล้ามเนื้อได้รับอิทธิพลจากลักษณะทางกายภาพของกล้ามเนื้อ คุณภาพนั้นเป็นสิ่งสำคัญในการวัดการยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้ การผลิตผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ที่มีมูลค่าเพิ่ม คุณสมบัติเชิงปริมาณของเนื้อสัตว์ เช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำ แรงเหวี่ยง การสูญเสียค่าการปรุง ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญที่ขาดไม่ได้ที่จะทำให้เนื้อสัตว์มีคุณภาพที่ยอดเยี่ยม (Allen และคณะ, 1998) ผลิตภัณฑ์จากสัตว์ปีกเป็นตัวเลือกที่จะตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค เนื่องจากมีสารอาหารสูงและมีแคลอรีค่อนข้างต่ำ โดยได้มีการกำหนดคุณภาพเนื้อไก่และปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อสิ่งเหล่านี้



ภาพที่ 2.5 การเปลี่ยนแปลงสีของไมโอโกลบินที่มองเห็นได้บนผิวหน้าของเนื้อสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับที่มา Hawthorne และคณะ, (2020) กรุณาอย่าให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 สีเนื้อสัตว์

สีของเนื้อสัตว์ถูกกำหนดโดยการสะท้อนแสงที่ตกกระทบเป็นหลัก (Hunt et al., 1991) ซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและสถานะทางเคมีของเม็ดสีไมโอโกลบินและโครงสร้างทางกายภาพของเนื้อสัตว์ (Seideman et al., 1984) คือออกซีไมโอโกลบิน (Deoxymyoglobin) เป็นไมโอโกลบินในรูปแบบที่ลดลงโดยมีกลุ่มฮีม (Heme) กลางที่เป็นเหล็กและไม่มีออกซิเจน ไมโอโกลบินในรูปแบบที่ลดลงนี้จะเห็นเป็นสีม่วงเมื่อเนื้อถูกตัดหรือเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม นอกจากนี้ พื้นผิวของกล้ามเนื้อ ละเอียดและหยาบ และความเข้มข้นของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเป็นหน้าที่ของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อ แรงเค้นของเนื้อซึ่งสะท้อนให้เห็นจากกระบวนการกัดและเคี้ยวของการกิน จะได้รับอิทธิพลจากขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ ปริมาณสัมผัสและสถานะการหดตัวของกล้ามเนื้อไมโอไฟบริลและส่วนประกอบของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และระดับของการกระจายตัวของกล้ามเนื้อไมโอไฟบริลที่เกิดขึ้นในช่วงหลังการฆ่า ลักษณะปรากฏทางสายตา เนื้อสัตว์ถือได้ว่าเป็นเนื้อเยื่อโปร่งแสงแบบแอนไอโซโทรปี (Anisotropy) อุบัติการณ์ของแสงในแนวตั้งฉากเมื่อเทียบกับเส้นใยกล้ามเนื้อจะเพิ่มการสะท้อนแสง เนื่องจากเนื้อสัตว์เป็นเมทริกซ์การกระเจิงแสงของวัสดุเซลล์โปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ (Myofibrillar protein) เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และเม็ดสีที่ดูดซับแสง ไมโอโกลบิน ซึ่งมีอนุพันธ์เป็นสารประกอบสำหรับการดูดซึมของเม็ดสีเนื้อสัตว์ (Mateo-Oyague, 2001) ซึ่งสีของเนื้อสัตว์จะแตกต่างกันไปตามปริมาณไมโอโกลบิน และความแตกต่างตามธรรมชาติ ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ อายุ และกล้ามเนื้อ นอกจากนี้สีของเนื้อสัตว์ที่แตกต่างกันยังเกี่ยวข้องกับสถานะทางเคมีของไมโอโกลบิน (myoglobin) ค่าพีเอช (pH) และภาวะอื่น ๆ เช่น ภาวะกล้ามเนื้อหลังหรือก่อนเลือดออก และภาวะการฆาตกรรมน้ำ โดยการยอมรับเนื้อสัตว์ปิกและผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ เนื่องจากลักษณะที่ปรากฏนี้มีความเกี่ยวข้องกับความปลอดภัย คุณภาพในการรับประทาน เนื้อสัมผัส และรสชาติ (Northcutt, 1997)

สีแดงจะเกี่ยวข้องกับเนื้อสดพัฒนาขึ้นเมื่อสัมผัสกับอากาศหรือสภาพแวดล้อมที่มีออกซิเจนสูง หรือสภาพอากาศ 6-7 มิลลิเมตรปรอท ซึ่งทำให้เกิดการก่อตัวของออกซีไมโอโกลบินเมื่อออกซิเจนจับกับเม็ดสีฮีม (Heme) (Ledward, 1970) เมื่อสภาวะรีดอกซ์ (Redox) ตามธรรมชาติในเนื้อสัตว์จากไซโทโครม (Cytochromes) และสีแดงของกรดอะมิโนอาร์มาติกหมดลง เม็ดสีจะถูกออกซิไดซ์เป็นรูปแบบเม็ดสีเมทไมโอโกลบิน (metmyoglobin) (Giddings, 1977) โมเลกุลเม็ดสีแต่ละโมเลกุลเป็นอิสระจากโมเลกุลเม็ดสีอื่น ๆ ดังนั้น สัดส่วนสัมผัสของสภาวะรีดอกซ์ (Redox) ของไมโอโกลบินทั้งสามที่มีอยู่พร้อมกันจะเป็นตัวกำหนดแสงที่สะท้อนจากพื้นผิวเนื้อสัตว์ โดยสายพันธุ์ ความเครียดของสัตว์ สูตรโภชนาการ ประเภทของกล้ามเนื้อ การจัดการหลังการฆ่า และการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีมีอิทธิพลต่อความแดงของเม็ดสี (Youling L. Xiong, Chi-Tang Ho และ Fereidoon Shahidi, 1999)

การซีดจางของสีและการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ของเม็ดสีเป็นเมทไมโอโกลบิน (สีน้ำตาลซึ่งมักจะเปลี่ยนกลับไม่ได้) เมื่อเกิดขึ้นในเนื้อสัตว์ที่อุณหภูมิ 3.3 องศาเซลเซียสภายในห้าวันหลังจากบรรจุแล้วแสดงในบรรจุภัณฑ์ที่มีอากาศซึมผ่านได้ (Pierson และคณะ 1970) การเปลี่ยนสีนี้ได้รับอิทธิพลจากสถานะการแสดงผลของการซึมผ่านของฟิล์มบรรจุภัณฑ์อุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์และแสง (Youling L. Xiong, Chi-Tang Ho และ Fereidoon Shahidi., 1999)

นอกจากนี้ Donald และคณะ, (1994) ได้ทำการศึกษา สีของกล้ามเนื้อ ปริมาณไขมัน เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ลักษณะของเส้นใยกล้ามเนื้อ สภาพการเก็บรักษาและอุณหภูมิ มีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณภาพของกล้ามเนื้อ เห็นได้ชัดว่าเนื้อเปลี่ยนสี เนื้อสัตว์ที่มีไขมันส่วนเกินหรือไขมันต่ำโดยไม่คาดคิด เนื้อแข็ง เนื้อสัตว์เน่าเสียเนื่องจากการปนเปื้อน หรือผลกระทบจากสภาวะการเก็บรักษา หรือเนื้อสัตว์ที่อยู่ภายใต้อุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม ซึ่งการรับรู้สีของกล้ามเนื้อไม่ว่าจะดิบหรือสุกมีอิทธิพลต่อการรับรู้ของมนุษย์หรือผู้บริโภคในการยอมรับผลิตภัณฑ์

2.5.2 สีเนื้อสัตว์ปีก

มีปัจจัยหลายประการที่ส่งผลต่อสีของเนื้อสัตว์ปีก ได้แก่ เพศ อายุ สายพันธุ์ ขั้นตอนการแปรรูป อุณหภูมิในการปรุง การฉายรังสี และสภาวะการแช่แข็ง (Mugler และ Cunningham, 1972) อย่างไรก็ตามเนื้อสัตว์ปีกมีความเข้มข้นของไมโอโกลบินต่ำกว่าเนื้อสัตว์อื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ (Millar และคณะ, 1994) ไขมันในกล้ามเนื้อ ปริมาณความชื้น และความเครียดที่ก่อนและระหว่างการฆ่าส่งผลต่อปริมาณไมโอโกลบิน (myoglobin) และค่าพีเอช (pH) ของกล้ามเนื้อมีส่วนทำให้สีเนื้อบกร่อง ซีดหรือคล้ำ (Ngoka และคณะ, 1982) สีเนื้อสัตว์ปีกได้รับผลกระทบจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น อายุของสัตว์ปีก เพศ สายพันธุ์ เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงสีของสัตว์ปีกเกี่ยวข้องกับปริมาณของเม็ดสีกล้ามเนื้อ ไมโอโกลบินและเฮโมโกลบิน และอาจจะเกิดขึ้นได้ในกล้ามเนื้อทั้งหมดหรือเฉพาะบริเวณ เช่น บริเวณรอบ ๆ รอบฟกซ้าหรือเส้นเลือดแตก ความเข้มข้นของไมโอโกลบินที่สูงขึ้นเป็นสิ่งจำเป็นในกล้ามเนื้อที่ต้องเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงทำให้เกิดสีแดงเข้มขึ้นเนื่องจากกล้ามเนื้อมีกิจกรรมที่แตกต่างกัน ความต้องการออกซิเจน จึงมีความแตกต่างกันตามความแปรปรวนของความเข้มข้นของไมโอโกลบิน (Northcutt, 1997; Maurer, 1998)

2.5.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อสีเนื้อสัตว์

เช่นเดียวกับอื่น ๆ ที่ออกแบบมาเพื่อการบริโภคโดยตรงหรือการแปรรูป สัตว์ปีกต้องผ่านการเปลี่ยนแปลงหลายอย่างโดยปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม เช่นเดียวกับการให้อาหารและลักษณะทางพันธุกรรมโดยกำเนิด ซึ่งพารามิเตอร์ทั้งภายในและภายนอกเหล่านี้สะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในเนื้อเยื่อที่มีชีวิต และสามารถลดหรือเพิ่มขึ้นได้โดยการเชือด การแปรรูป การบรรจุหีบห่อ และสภาวะการเป็นรักษา เป็นต้น นอกจากนี้การทำความสะอาดยังเป็นตัวกำหนดสีเนื้อที่เหมาะสมอีกด้วย การล้างเนื้อสัตว์โดยใช้โลหะและน้ำที่ปราศจากไนเตรตยังช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อ (Maurer, 1998) ซึ่งการใช้เวลามากเกินไปในการแช่เย็นเนื้อสัตว์ ทำให้เนื้อมีสีอ่อนกว่า แดงกว่า และเหลืองกว่าเนื้อสัตว์ที่แช่เย็นในทันที (Ruthgeber, 1999)

2.5.4 เนื้อสัมผัส

เนื้อสัมผัสเป็นลักษณะสำคัญของอาหารโดยเฉพาะเนื้อสัตว์แปรรูปที่ต้องการความประณีตสำหรับเนื้อที่ไม่ถูกบดเนื้อสัมผัสของกล้ามเนื้อ หมายถึงความละเอียดและความละเอียดของเส้นใยกล้ามเนื้อ รวมถึงปริมาณและการกระจายของไขมันในกล้ามเนื้อ ในกรณีนี้เนื้อสัมผัสจะถูกกำหนดโดยอายุของสัตว์ ชนิดไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของกล้ามเนื้อ เพศ และสภาวะการเจริญเติบโต (เช่น การรักษาด้วยสารกระตุ้นการเจริญเติบโต) อย่างไรก็ตาม ในเนื้อสัตว์หรือบด คุณสมบัติทางเนื้อสัมผัสจะมีลักษณะเฉพาะคือความเรียบและความเป็นเนื้อเดียวกันของผลิตภัณฑ์ซึ่งสามารถมองเห็นได้เช่นเดียวกับคุณสมบัติการไหล (ความแข็ง การเสีรูปร่าง ความยืดหยุ่น และอื่นๆ) และความเหนียวแน่นของการยึดเกาะที่เกิดขึ้นระหว่างอนุภาคของเนื้อสัตว์ซึ่งสามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือ คุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับพื้นผิว ซึ่งเนื้อสัมผัสเหล่านี้เกี่ยวข้องกับการทำงานของโปรตีนในกล้ามเนื้อโดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณสมบัติในการขึ้นรูปเจลและอิมัลชันซิฟิเคชัน (Emulsification) (Youling L. Xiong, Chi-Tang Ho และ Fereidoon Shahidi., 1999) นอกจากนี้ เนื้อสัมผัสและระดับความแน่นของเนื้อขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่กักเก็บไว้ในกล้ามเนื้อ น้ำที่เกาะกับโปรตีนของกล้ามเนื้อ มีผลทำให้โปรตีนของกล้ามเนื้อบวมหรือพองขึ้น ครอบช่องว่างระหว่างไมโอไฟบริลลาร์ (myofibrils) และทำให้เนื้อมีโครงสร้างที่แน่นขึ้น (Anadon, 2002)

ความนุ่ม เป็นคุณสมบัติด้านคุณภาพที่สำคัญอย่างยิ่งต่อเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ ความนุ่มใช้ในการตอบสนองของคำตรงกันข้ามคือความเหนียวบทบาทของความอ่อนโยนต่อคุณภาพเนื้อ แตกต่างกันไปตามสายพันธุ์แม้ว่าโดยทั่วไปแล้วความเหนียวจะไม่ถูกมองว่าเป็นปัญหาสำคัญสำหรับเนื้อไก่และปลาแต่อาจเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับและการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค จากการสำรวจครั้งหนึ่ง (Morgan, 1992) กว่า 75% ของเนื้อสัตว์ที่ส่งคืนไปยังซูเปอร์มาร์เก็ตจากผู้ซื้อเป็นเพราะปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความนุ่มความนุ่มของเนื้อสัตว์อาจหมายถึงความง่ายของขั้วในการปากเส้นใยเนื้อระหว่างการบดเคี้ยว สำหรับเนื้อสัตว์ที่บดไม่ละเอียดความนุ่มหรือความเหนียวจะพิจารณาจากส่วนประกอบของเนื้อสัตว์สองกลุ่มได้แก่เนื้อเยื่อเกี่ยวพันและเส้นใยกล้ามเนื้อ (Youling L. Xiong และคณะ, 1999)

ความชุ่มฉ่ำ เป็นหนึ่งการยอมรับเนื้อสัตว์ของผู้บริโภคส่วนใหญ่พิจารณาจากความชุ่มฉ่ำของผลิตภัณฑ์ที่ปรุงสุก ความชุ่มฉ่ำเป็นค่าทางประสาทสัมผัสซึ่งหมายถึงความรู้สึกในปากของความชื้นที่ปล่อยออกมาจากอาหารระหว่างบดเคี้ยว ดังนั้นความชุ่มฉ่ำจึงบ่งบอกถึงปริมาณความชื้นในเนื้อสัตว์ ซึ่งได้รับผลกระทบอย่างมากจากความสามารถในการอุ้มน้ำและความสามารถในการให้ความชุ่มชื้นของเนื้อสัตว์ ความสำคัญของการกักเก็บความชื้นสามารถเห็นได้ง่ายในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีไขมันต่ำ ซึ่งโดยปกติแล้วจากภายนอกจะถูกแทนที่ด้วยไขมันเพื่อคืนความอร่อยของผลิตภัณฑ์ และผลผลิตในการปรุงอาหาร (Youling L. Xiong และคณะ, 1999)

น้ำในเนื้อสัตว์ถูกกักไว้โดยทางเส้นเลือดฝอยในช่องต่าง ๆ ในช่องระหว่างไมโอไฟลาเมนต์ (Microfilaments) ระหว่างไมโอไฟิว และนอกเส้นใย (เซลล์) เชื่อว่าโปรตีนไมโอฟิลลามีส่วนสำคัญในการตรึงน้ำในเนื้อสัตว์ อย่างไรก็ตามเนื้อสัตว์จากสุกร ไก่ และไก่บางชนิดมีความสามารถในการจับน้ำต่ำผิดปกติแล้วมักเรียกเนื้อสัตว์ประเภทนี้ว่าเนื้อ PSE ซึ่งการอุ้มน้ำและความชุ่มชื้นของเนื้อสัตว์จะช่วยปรับปรุงการยึดเกาะของน้ำและความชุ่มชื้นในแมทริกซ์โปรตีนกล้ามเนื้อ เป็นเรื่องปกติที่จะผสมเนื้อสัตว์กับเกลือ (NaCl) และสารประกอบไอออนิก (Ionic Compounds) อื่น ๆ ที่สามารถแทรกซึมเข้าไปในเส้นใหญ่กล้ามเนื้อและทำให้ไมโอไฟิวบวมได้ การดูดซับน้ำในเนื้อสัตว์และการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของโครงสร้างไมโอไฟิวระหว่างไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดูดซึมความชื้น (Youling L. Xiong และคณะ, 1999) (Microfilaments) ระหว่างไมโอไฟบริล และนอกเส้นใย (เซลล์) เชื่อว่าโปรตีนไมโอฟิลลาามีส่วนสำคัญในการตรึงน้ำในเนื้อสัตว์ อย่างไรก็ตามเนื้อสัตว์จากสุกร ไก่ ว่าง และไก่บางชนิดมีความสามารถในการจับน้ำต่ำผิดปกติ แล้วมักเรียกเนื้อสัตว์ประเภทนี้ว่าเนื้อ PSE ซึ่งการอุ้มน้ำและความชุ่มชื้นของเนื้อสัตว์จะช่วยปรับปรุงการยึดเกาะของน้ำและความชุ่มชื้นในแมทริกซ์โปรตีนกล้ามเนื้อ เป็นเรื่องปกติที่จะผสมเนื้อสัตว์กับเกลือ (NaCl) และสารประกอบไอออนิก (Ionic Compounds) อื่น ๆ ที่สามารถแทรกซึมเข้าไปในเส้นใยกล้ามเนื้อและทำให้ไมโอไฟบริลบวมได้ การดูดซับน้ำในเนื้อบดและการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของโครงสร้างไมโอไฟบริลระหว่างการดูดซึมความชื้น (Youling L. Xiong, Chi-Tang Ho และ Fereidoon Shahidi., 1999) นอกจากนี้ยังมีอีกทางหนึ่งคือ ไฮโดรคอลลอยด์ใช้ในเนื้อบดเพื่อจับน้ำที่เติมระหว่างการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์

2.5.5 ความสามารถในการอุ้มน้ำ

ปัจจัยนี้มีผลโดยตรงต่อสีและความนุ่มของเนื้อสัตว์ ซึ่งเป็นหนึ่งในคุณสมบัติการทำงานที่สำคัญที่สุดของเนื้อสัตว์ โดยน้ำอิสระประมาณ 88-95% ของน้ำในกล้ามเนื้อถูกกักเก็บไว้ภายในเซลล์ภายในช่องว่างระหว่างเส้นใยแอกตินและไมโอซิน และส่วนที่เหลืออยู่ระหว่างไมโอไฟบริล (myofibrillar) เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำในกล้ามเนื้อ ก็จะส่งผลต่อความชุ่มฉ่ำ ความนุ่ม และความแน่นเนื้อ (Offer และ Knight, 1989)

ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water Holding Capacity; WHC) ถูกกำหนดให้เป็นความสามารถของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ในการจับกับน้ำ (Pearce et al., 2011) ระหว่างการหั่น การสับ และการกด และในระหว่างการขนส่ง การเก็บรักษา การแปรรูป และการปรุง (Hamm, 1986) น้ำที่ปล่อยออกมาสามารถอธิบายได้ว่าเป็นน้ำหยด ช้ำระล้าง ร้องไห้ สารหลัง หรือสูญเสียการหุงต้ม และสิ่งเหล่านี้สัมพันธ์ผกผันกับความสามารถในการอุ้มน้ำ (WHC) (Warner, 2014) น้ำที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปมักถูกอธิบายว่าเป็นผลจากการปรุงอาหาร ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับความสามารถในการอุ้มน้ำ (WHC) ลักษณะเหล่านี้แต่ละอย่างมีความเกี่ยวข้องกัน แต่ไม่ได้มีความสัมพันธ์ที่แน่นแฟ้นเสมอไป โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การสูญเสียการปรุงอาจมีปัจจัยที่มีอิทธิพลค่อนข้างแตกต่างกัน ดังนั้นจึงไม่ควรอนุมานจากการวัดลักษณะอื่น ๆ การใช้คำจำกัดความข้างต้นความสามารถในการอุ้มน้ำ (WHC) หมายถึงทั้งน้ำที่บรรจุอยู่ในเนื้อสัตว์และรวมถึงน้ำที่เติมระหว่างการดำเนินการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปเนื้อสัตว์ บางครั้งก็ใช้คำว่า water-binding capacity (WBC) เมื่อใช้ทั้งสองคำ โดยปกติแล้วความสามารถในการอุ้มน้ำ (WHC) จะชี้ถึงความสามารถในการผูกมัดกับน้ำในเนื้อดิบ ในขณะที่ WBC หมายถึง น้ำที่จับกับเนื้อระหว่างการแปรรูปรวมกับการให้ความร้อน (Pospiech และ Montowska, 2011)

2.6 การซื้อและการจัดเก็บสัตว์ปีก

การเลือกซื้อเนื้อสัตว์โดยพิจารณาจากรูปลักษณะเป็นหลักคุณภาพที่สำคัญที่สุดสำหรับผู้บริโภคซึ่งก็คือความนุ่ม คุณภาพการรับประทานยังได้รับอิทธิพลจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น การปฏิบัติต่อสัตว์ที่ยุติหรือเอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า เครื่องคัดก่อนฆ่าหรือการจัดการซากสัตว์หลังการฆ่าอย่างไม่เคร่งครัด ซึ่งจะส่งผลให้เนื้อสัตว์ที่ได้ไม่น่าดึงดูด

หรือว่าแข็งกระด้างรวมทั้งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และยังมีคุณสมบัติที่ด้อยกว่าเช่นกัน โดยเนื้อสัตว์จะมีความเหนียวเนื่องจากการจัดการที่ไม่ดีหรืออายุที่ไม่เพียงพอเรียกว่าความเหนียวของกล้ามเนื้อไมโอไฟบริลล่า และความเหนียวที่กล่าวถึงนี้สามารถควบคุมได้ในระดับหนึ่ง (G.A. Tucker และ L.F.J. Woods, 1995) นอกจากนี้ David E. Clark., (1986) ได้กล่าวถึง ในกรณีเลือกสัตว์ปีกแช่แข็งควรหลีกเลี่ยงบรรจุภัณฑ์ที่ฉีกขาด และหากเก็บไม่มิดชิดอาจสูญเสียความชื้น และหลีกเลี่ยงบรรจุภัณฑ์ที่มีช่องเหลว ซึ่งบ่งชี้ว่าเนื้อสัตว์ปีกถูกละลายบางส่วน จากนั้นนำไปแช่แข็งใหม่และอาจจะส่งผลให้คุณภาพแย่ลง

การจัดเก็บสัตว์ปีก จำเป็นต้องเก็บรักษาไว้ในตู้เย็น ไม่สามารถเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องได้และถ้าซื้อสัตว์ปีกที่บรรจุหีบห่อ (ทั้งตัวหรือชำแหละ) ให้เลือกบรรจุภัณฑ์ที่มีช่องเหลวเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีช่องเหลวเลยที่บรรจุภัณฑ์ นอกจากนี้ ไก่และไก่วงทั้งตัวคุณภาพดี จำเป็นต้องมีผิวหนังเรียบตึง ออกและน่องอวบอ้วน ควรมีผิวสีครีม แต่สีผิวของไก่ไม่ได้บ่งบอกถึงคุณภาพอย่างแท้จริง ซึ่งมีสีเหลืองไปจนถึงสีขาวอมฟ้าขึ้นอยู่กับอาหารที่เลี้ยง

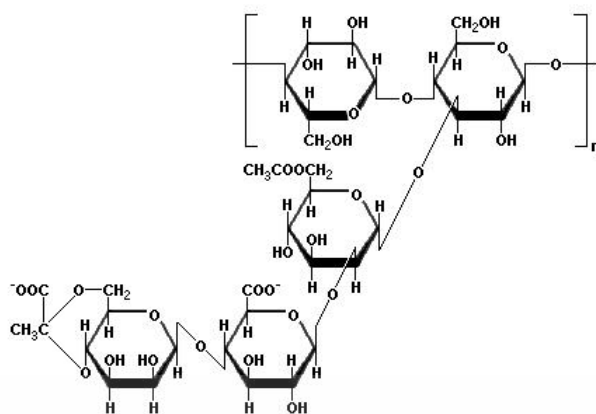
การจัดเก็บเนื้อไก่สด มักจะเน่าเสียและควรปรุงให้สุกภายใน 3 วัน นับจากวันที่ซื้อ หากไม่ใช้ภายในเวลานั้น ให้แช่แข็งไว้นำไปแช่แข็งในส่วนที่เย็นที่สุดของตู้แช่เย็น โดยบรรจุสัตว์ปีกที่ห่อด้วย กระดาษฟอยล์ ถุงพลาสติกหรือเคลือบด้วยซีฟี่ง์ บีบอากาศออกให้มากที่สุดก่อนที่จะปิดฝัก จากนั้นทำเครื่องหมาย (ฉลาก) บนบรรจุภัณฑ์ด้วยประเภทของสัตว์ปีก น้ำหนัก และวันที่ และควรใช้สัตว์ปีกแช่แข็งภายใน 6 เดือน (David E. Clark., 1986.)

2.7 ไฮโดรคอลลอยด์

ไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloid) เป็นกลุ่มของพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ที่ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความเข้มข้น สารก่อเจล สารทำให้อิมัลชันคงตัว สารยับยั้งการขยายตัวของผลึกน้ำแข็ง (Sajad และ Kosar, 2022) โดยไฮโดรคอลลอยด์เป็นกลุ่มพอลิเมอร์ขนาดใหญ่และแตกต่างกัน ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยโพลีแซ็กคาไรด์และโปรตีนบางชนิด ไฮโดรคอลลอยด์เป็นกลุ่มพอลิเมอร์สายยาวที่หลากหลาย ซึ่งกระจายตัวได้ง่ายในน้ำ และสามารถละลายได้ทั้งหมดหรือบางส่วน และมีแนวโน้มในการพองตัวเมื่ออยู่กับน้ำ โดยไฮโดรคอลลอยด์เปลี่ยนคุณสมบัติทางกายภาพของสารละลายโดยการเกิดเจล หรือการทำให้ข้นหนืด การทำเป็นเนื้อเดียวกัน การเคลือบ การทำให้คงตัว ในสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตหรือพอลิแซ็กคาไรด์ มักจะมีไฮโดรคอลลอยด์ เช่น แป้ง ไขมัน และกัมต่าง ๆ เป็นต้น

ซึ่งไฮโดรคอลลอยด์อาจมีแหล่งที่มาแตกต่างกัน ได้แก่ ไฮโดรคอลลอยด์ที่ผลิตขึ้นเองตามธรรมชาติ สัตว์ สาหร่าย รวมทั้งจากจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังเป็นสารกึ่งสังเคราะห์ เช่น อนุพันธ์ของเซลลูโลส โดยไฮโดรคอลลอยด์ก่อตัวเป็นเจลโดยการสัมผัสกับน้ำ ซึ่งมีคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) ดังนั้นจึงเรียกอีกอย่างว่า คอลลอยด์ที่ชอบน้ำ (hydrophilic colloid) (Sajad และ Kosar, 2023)

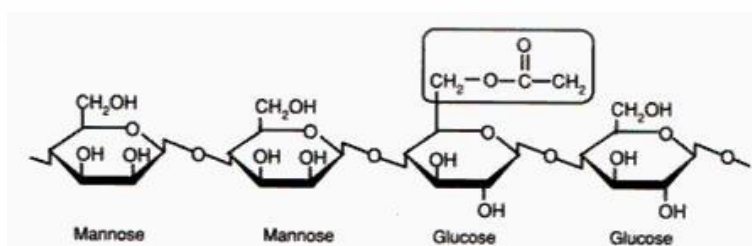
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 โครงสร้างทางเคมีของ Xanthan gum
ที่มา พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนাপนนท์, (2023)

2.7.1 แขนแทนกัม (Xanthan gum)

แขนแทนกัม จุลินทรีย์ที่ผลิตโดยแซนโธโมนาส คัมเพสทริส (*Xanthomonas campestris*) เป็นหลัก ซึ่งมีลักษณะเฉพาะที่น่าสนใจหลายประการ เช่น คุณสมบัติพิเศษทางรีโวลยี (Rheology) มีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี และการเข้ากันได้ดีกับเกลือชนิดต่าง ๆ มีความคงตัวต่อความร้อน กรด และด่างได้ดี ดังนั้น จึงมีการใช้งานมากมายในอาหาร (Zhi-Xuan และคณะ, 2022) โดยแขนแทนกัม เป็นพอลิแซคคาไรด์ประจุลบชนิดหนึ่ง ซึ่งมีความสามารถในการกักเก็บน้ำและความยืดหยุ่น รวมทั้งลดการสูญเสียในการปรุงอาหารและความกระด้างของผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ (Zirui และคณะ, 2021) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง แขนแทนกัมเป็นวัตถุเจือปนอาหารที่สำคัญที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย โดยอาศัยคุณสมบัติสารเพิ่มความข้นหนืด ความสามารถในการทำให้อิมัลชันคงตัว (Annelies และคณะ, 2021) ละลายน้ำได้ดี และการเข้ากันได้ดีกับเกลือชนิดต่างๆ มีความคงตัวต่อความร้อน กรด และด่างได้ดี ดังนั้นจึงมีการใช้งานมากมายในอาหาร (Zhi-Xuan และคณะ, 2022) โดยแขนแทนกัม เป็นพอลิแซคคาไรด์ประจุลบชนิดหนึ่ง ซึ่งมีความสามารถในการกักเก็บน้ำและความยืดหยุ่น รวมทั้งลดการสูญเสียในการปรุงอาหารและความกระด้างของผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ (Zirui และคณะ, 2021) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง แขนแทนกัมเป็นวัตถุเจือปนอาหารที่สำคัญที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายโดยอาศัยคุณสมบัติสารเพิ่มความข้นหนืด ความสามารถในการทำให้อิมัลชันคงตัว (Annelies และคณะ, 2021)



ภาพที่ 2.7 โครงสร้างทางเคมีของ Konjac Mannan

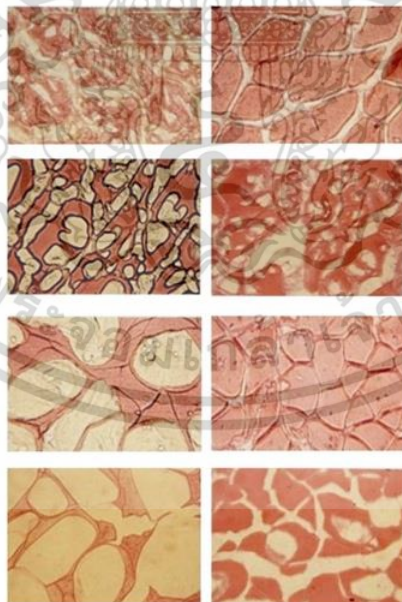
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สง ที่มา พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนাপนนท์, (2023) ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 คอนยัคแมนแนน (Konjac mannan)

คอนยัค กัม (Konjac gum) หรือที่เรียกว่า กลูโคแมนแนน (glucomannan) เป็นพืชหัวของบุก (konjac) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลที่สูง (200-2000 kDa) ประกอบไปด้วย แมนโนสและกลูโคส (Chin และคณะ, 2009) ซึ่งหัวบุก (Konjac) ไม่ได้เป็นที่รู้จักสำหรับความสามารถในการจับกับน้ำเพียงอย่างเดียวแต่ยังสามารถทำงานร่วมกันกับส่วนประกอบของเจลาตินจากโปรตีน การอุ้มน้ำ และคุณสมบัติของเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์เนื้อ (Chin และคณะ, 2000)โดยปริมาณของหัวบุก (Konjac) ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นต่อความเข้มข้นของสี (Song และคณะ, 2014)

2.8 การแช่เยือกแข็งต่อเนื้อสัตว์

การแช่เยือกแข็ง คือ กระบวนการที่ใช้ในการลดอุณหภูมิของอาหารให้ต่ำลงถึงจุดเยือกแข็ง ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำภายในอาหารที่มีสถานะเป็นของเหลวให้เป็นน้ำแข็ง มีผลทำให้สามารถลดจำนวนหรือยับยั้งการ เจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ เป็นการชะลอการเน่าเสียของอาหาร สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าการแช่เย็น หรือการแช่ในน้ำแข็ง (Mallett และคณะ, 1993) ซึ่งเป็นวิธีที่ทำให้คุณภาพของอาหารเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขั้นตอนการแช่เยือกแข็ง และขั้นตอนการละลาย อัตราการแช่เยือกแข็ง และขนาดของผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นในกระบวนการแช่เยือกแข็ง มีผลต่อการทำลายเนื้อเยื่อของอาหารซึ่งมีผลโดยตรงต่อการสูญเสียน้ำ (drip loss) (Kenedy, 2000)



ภาพที่ 2.8 ผลของอัตราการแช่เยือกแข็งในเซลล์เนื้อสัตว์ก่อนและหลังการทำละลาย

ที่มา Fukuda และ คณะ, (1982)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 อัตราการแช่เยือกแข็ง (freezing rate)

อัตราการแช่เยือกแข็ง (freezing rate) หมายถึง ผลต่างของอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็ง และอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์หลังการแช่เยือกแข็งหารด้วยระยะเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็ง (freezing time) อัตราการแช่เยือกแข็ง มีผลทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งต่อคุณภาพของอาหารแช่เยือกแข็งที่ได้ ในการแช่เยือกแข็งอาหารจะขึ้นอยู่กับอัตราการแช่เยือกแข็งอย่างรวดเร็ว (quick freezing) ทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็ก กระจายทั่วชิ้นอาหาร อาหารแช่เยือกแข็งมีคุณภาพดี เมื่อนำมาห่อมละลาย (thawing) จะสูญเสียของเหลว (drip loss) น้อย เมื่อเทียบกับการแช่เยือกแข็งอย่างช้า (slow freezing) ทำให้ผลึกน้ำแข็งมีขนาดใหญ่ ทำให้ผนังเซลล์เกิดความเสียหาย เมื่อนำมาห่อมละลายจะสูญเสียของเหลวมาก (drip loss) (พิมพ์เพ็ญ, 2022)



ภาพที่ 2.9 การเกิดผลึกน้ำแข็งในการแช่เยือกแข็งแบบช้าและแบบเร็ว
ที่มา สายสนม ประดิษฐ์ดวง, (2552)

2.8.2 การตกผลึกของน้ำแข็ง (Ice Crystallization)

การก่อตัวของผลึกน้ำแข็งระหว่างเซลล์ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แช่แข็ง โดยที่ทราบกันดีว่าอัตราการแช่แข็ง (freezing rate) นั้นมีอิทธิพลต่อขนาด จำนวน และการกระจายของผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นระหว่างการแช่แข็ง ซึ่งการตกผลึกของน้ำแข็ง (ice crystallization) เป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดคุณภาพของเนื้อสัตว์ ผลึกขนาดใหญ่และกระจายอย่างไม่สม่ำเสมอเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้คุณภาพของอาหารแช่แข็งลดลง ในขณะที่ผลึกขนาดเล็กและกระจายอย่างสม่ำเสมอสามารถสร้างความเสียหายต่อเนื้อเยื่อเซลล์และโครงสร้างโปรตีนได้น้อยกว่า

2.8.3 เวลาในการแช่เยือกแข็ง (freezing time)

เวลาในการแช่แข็ง (freezing time) เป็นตัวแปรที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งในกระบวนการแช่แข็ง ซึ่งหมายถึงเวลาที่ต้องใช้ในการลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์จากอุณหภูมิเริ่มต้นเป็นอุณหภูมิที่กำหนดที่จุดศูนย์กลางความร้อน เนื่องจากการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในผลิตภัณฑ์จะแปรผันระหว่างกระบวนการแช่

แข็ง เวลาในการแช่แข็งขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย รวมถึงอุณหภูมิเริ่มต้นและอุณหภูมิสุดท้ายของผลิตภัณฑ์และปริมาณความร้อนที่กำจัดออก ตลอดจนขนาด (โดยเฉพาะความหนา) และรูปร่างของผลิตภัณฑ์ กระบวนการถ่ายเทความร้อน และอุณหภูมิ (Gustavo at all, 2005)

โดยการแช่แข็งประสบความสำเร็จในการถนอมอาหารหลายชนิดในระยะยาว ทำให้อายุการเก็บรักษายาวนานขึ้นอย่างมาก กระบวนการเกี่ยวข้องกับการลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์โดยทั่วไปให้อยู่ที่ -18°C หรือต่ำกว่า (Fennema และคณะ, 1973) สถานะทางกายภาพของวัสดุอาหารจะเปลี่ยนไปเมื่อพลังงานถูกกำจัดออกโดยการทำให้เย็นลงต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ความเย็นจัดจะชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และชะลอการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ส่งผลต่อคุณภาพหรือทำให้อาหารเน่าเสีย (George, 1993)

การแช่แข็งในอุตสาหกรรมเป็นวิธีการที่น่าพอใจที่สุดสำหรับการรักษาคุณภาพในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาที่ยาวนาน (Arthey, 1993) เมื่อเปรียบเทียบในแง่ของการใช้พลังงาน ต้นทุน และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การแช่แข็งต้องใช้เวลาดำเนินการสั้นที่สุดกว่าวิธีการถนอมอาหารทั่วไปอื่น ๆ ที่เน้นผลไม้และผัก รวมถึงการคายน้ำและการบรรจุกระป๋อง จะใช้พลังงานน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการใช้พลังงานในกระบวนการแช่แข็งและการเก็บรักษา อย่างไรก็ตาม เมื่อประเมินต้นทุนโดยรวมแล้ว ต้นทุนการแช่แข็งสามารถรักษาให้ต่ำ (หรือต่ำกว่า) เช่นเดียวกับวิธีการถนอมอาหารอื่น ๆ (Harris และ Kramer, 1975)

2.9 การละลายสัตว์ปีกแช่แข็ง

เพื่อรักษาคุณภาพของเนื้อสัตว์และการเติบโตของแบคทีเรียที่น้อยที่สุด David E. Clark (1986a) ควรละลายเนื้อสัตว์ปีกทุกชนิดที่บรรจุอย่างดีในตู้แช่เย็น ใช้เวลา 12 ถึง 16 ชั่วโมงสำหรับเนื้อไก่ทั้งตัว และ 4 ถึง 9 ชั่วโมง สำหรับชิ้นส่วนไก่ ถ้าหากไม่มีเวลาสำหรับการทำละลายน้ำแข็งตู้เย็น ในกรณีนี้จะต้องละลายน้ำแข็งแบบอื่นที่ปลอดภัย ซึ่งสามารถทำละลายเนื้อสัตว์ปีกได้ในไมโครเวฟ หรือใส่ถุงพลาสติกให้มิดชิดจากนั้นจุ่มลงในอ่างน้ำเย็น ซึ่งด้านนอกจะละลายก่อนและน้ำเย็นจะช่วยให้ผิวเย็นในขณะที่น้ำแข็งด้านในยังคงละลายอยู่ และจำเป็นต้องเปลี่ยนน้ำบ่อยๆ เพื่อไม่ให้เย็นเกินไปและทำให้น้ำแข็งละลายช้าลง ซึ่งวิธีการใช้น้ำเย็นได้ผลดีกับสัตว์ปีก เช่น ไก่วง ยกเว้นสัตว์ปีกที่มีขนาดใหญ่

โดยในขั้นตอนการทำละลาย ถ้าอัตราการแช่เยือกแข็งสูง ขนาดผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นก็จะมีขนาดเล็ก การทำลายและการฉีกขาดของเนื้อเยื่ออาหารจะน้อย ทำให้การสูญเสียมีค่าต่ำ คุณภาพของอาหารหลังการทำละลายมีค่าสูงขึ้น (วิล, 2547) โดยผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่จะก่อตัวขึ้นอย่างช้าๆ ภายในเซลล์ ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อเซลล์และส่วนประกอบของเนื้อเยื่อ (Grujic และคณะ, 1993) โดยเนื้อสัตว์ปีกที่หันรวมทั้งกระดูกต้องแช่เย็นภายในเวลาที่สั้นที่สุด เนื่องจากสัตว์ปีกเหล่านี้ไวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพจากความผันผวนของอุณหภูมิ เนื่องจากอัตราการถ่ายเทความร้อนของกระดูกต่ำ และในส่วนของเนื้อสัตว์จะได้รับผลกระทบเป็นพิเศษเนื่องจากความเข้มข้นของเนื้อสีเข้ม และเปอร์เซ็นต์ของกระดูกของสัตว์ปีกแปรรูป โดยเฉพาะสี ซึ่งแช่เย็นที่อุณหภูมิตั้งแต่ $+4$ ถึง -18 องศาเซลเซียส Leo M.L. Nollet, 2007 และ Lyon (2002) ได้ศึกษาค่า L^* , a^* และ b^* ในเนื้อส่วนขาที่ยังไม่ได้ปรุงสุก และปรุงสุกแล้ว โดยแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 ถึง -18 องศาเซลเซียส เป็น

เวลา 7 วัน ผู้เขียนรายงานว่าสีผิวใต้ผิวหนังไม่ได้รับอิทธิพลจากการเก็บในตู้เย็น ในทางกลับกันสีของเนื้อส่วนขาที่ปรุงสุก ได้รับผลกระทบจากการแช่เย็นที่อุณหภูมิดังกล่าว

นอกจากนี้สามารถนำเนื้อสัตว์ปีกไปแช่แข็งอีกครั้งได้อย่างปลอดภัย ถึงแม้ว่าจะมีการสูญเสียความชื้นบางส่วน ซึ่งหากละลาย และมีเกล็ดน้ำแข็งยังคงอยู่ภายในเนื้อสัตว์ปีก แต่ถ้าน้ำแข็งละลายเกินกว่านี้แล้ว ไม่สามารถนำไปแช่เย็นได้ จำเป็นต้องนำมาปรุงอาหารได้เร็วที่สุด

2.10 อายุการเก็บรักษาของสัตว์ปีกสดและแช่แข็ง

อายุการเก็บรักษาของอาหารมักกำหนดได้ตามเวลาที่อาหารปลอดภัยต่อการบริโภคและ/หรือมีคุณภาพตามที่ผู้บริโภคยอมรับได้ (Fu และ Labuza, 1993) การยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์จากสัตว์ปีกเป็นปัญหาสำคัญสำหรับอุตสาหกรรมสัตว์ปีก

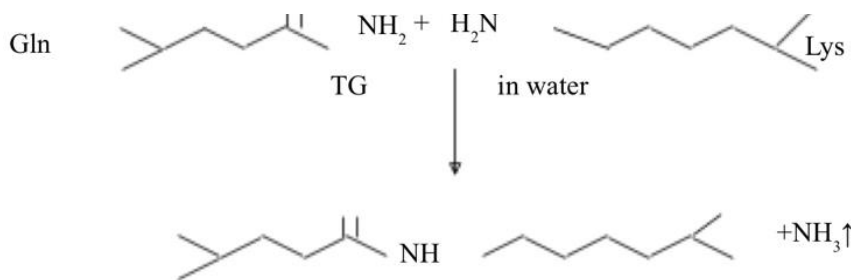
อายุการเก็บรักษาของสัตว์ปีกขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการโดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณของแบคทีเรียเริ่มต้น อุณหภูมิในการเก็บรักษา และสภาพแวดล้อมที่เป็นก๊าซรอบ ๆ ผลิตภัณฑ์ อายุการเก็บรักษาอาหารไม่ได้ขึ้นอยู่กับเวลาทั้งหมด แต่ขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แสงออกซิเจน ซึ่งปัจจัยสำคัญคืออุณหภูมิและความชื้น เมื่อเพิ่มอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการเน่าเสียเพิ่มขึ้น ในกรณีสำหรับอาหารที่มีอายุการเก็บรักษานานคุณลักษณะนี้อาจจะเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของสารอาหารได้เช่นกัน ผลิตภัณฑ์ที่ไถ่แปรรูปมากกว่า 75% ถูกแช่แข็งเพื่อจำหน่ายผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีจำนวนมากจะถูกละลายก่อนเตรียม (Leo M.L. Nollet แลคณะ, 2007) ซึ่งความสมบูรณ์และคุณภาพของเนื้อสัตว์จะแปรผันตามลักษณะการตกผลึกของน้ำแข็งขณะแช่แข็ง

2.11 กิจกรรมของเอนไซม์

อุณหภูมิต่ำในการรักษาเนื้อสัตว์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของไมโอไฟบริล (myofibril) ระหว่างการแช่แข็ง เนื่องจากกิจกรรมที่เหลืออยู่ของเอนไซม์และปฏิกิริยาระหว่างไขมันพอร์มาลดีไฮด์และโปรตีนอื่น ๆ (Matsumoto, 1980) การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการทำงานของเอนไซม์เหล่านี้ในเนื้อเยื่อได้ ซึ่งในเนื้อสัตว์ปีกเอนไซม์ที่ยังคงทำงานอยู่ไลโปไลติก (ไลเปส (Lipases) และฟอสโฟไลเปส (phospholipase)) และโปรตีน นอกจากนี้เอนไซม์ให้ไฮโดรไลติกในอาหารแช่แข็งอาจส่งผลให้เกิดการเสื่อมคุณภาพและวิธีเดียวที่จะหลีกเลี่ยงผลที่ตามมาของการสลายไขมันในอาหารแช่แข็งคือการใช้กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการแช่แข็งอย่างรวดเร็วและการลดการเกิดผลึกน้ำแข็งซ้ำในผลิตภัณฑ์ให้น้อยที่สุด (santa and other, 1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 เอนไซม์ทรานสกลูตามิเนส



ภาพที่ 2.10 โครงสร้างทางเคมีของเอนไซม์ทรานสกลูตามิเนส

ที่มา McArdle และ Hamill, (2011)

ในกล้ามเนื้อไก่มีเอนไซม์ทรานสกลูตามิเนส (Transglutaminase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ (enzyme) ที่มีหน้าที่ประสานให้เกิดโครงสร้างของโปรตีน (protein networking) ทำงานด้วยการกระตุ้นให้สร้างพันธะโควาเลนต์ระหว่างกรดอะมิโน (amino acid) สองชนิด คือ กลูตามีน (glutamine) และไลซีน (lysine) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า พันธะ G-L ทำให้เกิดพันธะโควาเลนต์ระหว่างสายโปรตีนขึ้น (Folk, 1980) เกิดโครงสร้างร่างแหของเจลและได้โครงสร้างโปรตีนที่แข็งแรง มีความคงตัวต่อความร้อน สามารถนำไปใช้ปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีส่วนผสมของโปรตีนได้ นอกจากนี้ทรานสกลูตามิเนสเป็นเอนไซม์ที่สามารถเร่งปฏิกิริยาเอซิลทรานสเฟออร์ทำให้เกิดโควาเลนต์ครอสลิงค์ระหว่างโปรตีน เปปไทด์ (Peptide) และเอมีน (Amine) ต่าง ๆ (Shabboo, 2018) ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนโปรตีนโดยวิธีรวมตัวกันของเอมีน การเชื่อมข้าม และการแยกสารอะมิเดชัน (Motoki และ seguro, 1998) เอนไซม์ทรานสกลูตามิเนสยังกระตุ้นปฏิกิริยาของการปนเปื้อน หากไม่มีกลุ่มเอมีนอิสระ ในกรณีนี้ น้ำทำหน้าที่เป็นตัวรับอะซิล (Motoki และ Seguro, 1998; Kuraishi และคณะ, 2001) และแสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ทรานสกลูตามิเนสช่วยปรับปรุงคุณสมบัติการทำงานและเนื้อสัมผัสของโปรตีนในอาหารหลากหลายชนิด เช่น ไมโอซิน (Carballo และคณะ, 2006) ในปฏิกิริยาที่ถูกเร่งโดยเอนไซม์นี้ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของโปรตีน เช่น การเปลี่ยนแปลงความหนืด ความคงตัวทางความร้อน และความยืดหยุ่นของโปรตีน (Folia Microbiol (Praha), 2014) และยังสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์และเพิ่มผลผลิตในการปรุงอาหาร การกักเก็บน้ำเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพที่สำคัญของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ซึ่งเป็นตัวกำหนดสี กลิ่น รสชาติ คุณค่าทางโภชนาการ ความชุ่มฉ่ำ ความนุ่ม และคุณภาพอื่นๆ ของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่รับประทานได้ และส่งผลต่อมูลค่าทางเศรษฐกิจ (pdf-yimimg biotech, 2022) ซึ่งพบได้ในเนื้อเยื่อของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Yasueda และคณะ, 1994) ในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหลายชนิด และในเซลล์จุลินทรีย์ (Yu et al, 2008; และคณะ, 2002) โดยได้รับการพิสูจน์แล้วว่ามีส่วนช่วยในกระบวนการทางสรีรวิทยาหลายอย่าง เช่น ในการแข็งตัวของเลือด ปฏิกิริยาภูมิคุ้มกันต้านแบคทีเรีย เป็นต้น (Kashiwagi และคณะ, 2002)

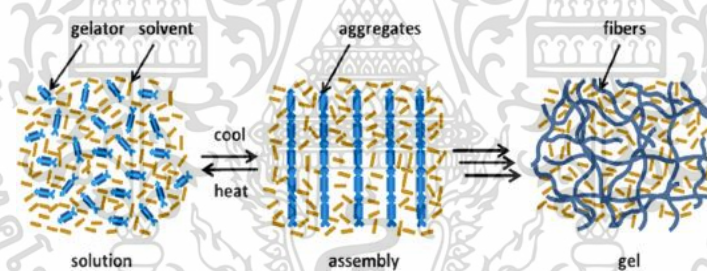
Katayama K. และคณะ, (2006) ได้ศึกษาผลกระทบของจุลินทรีย์ทรานสกลูตามิเนสต่อการปรับปรุงคุณสมบัติของโปรตีนจากเนื้อสัตว์ และเนื้อสัมผัสของไส้กรอกที่ผลิตด้วยเนื้อสัตว์คุณภาพต่ำ พวกเขาสามารถเฝ้าระวังได้ทั้งนี้ อีกทั้งยังมีให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสเท่ากับเนื้อปกติ เมื่อใช้เนื้อสัตว์คุณภาพต่ำ หรือสูตรเนื้อที่มีส่วนประกอบเพียงครั้งเดียว และเนื่องจากโครงสร้างเกิดจากการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ทรานกลูตามิเนสสามารถกักเก็บน้ำได้จำนวนมาก และสามารถป้องกันการหดตัวของน้ำระหว่างการแปรรูปผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ และปรับปรุงผลผลิตของผลิตภัณฑ์ โดยเหตุผลหลักคือการใช้ทรานกลูตามิเนสปรับปรุงเสถียรภาพทางความร้อนของโครงสร้างเครือข่ายเจลในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ทำให้โครงสร้างมีความเสถียรในระหว่างกระบวนการบำบัดความร้อน และผลผลิตที่ดีขึ้น (pdf-yimimg biotech, 2022)

2.13 การโภชนาการสัตว์ปีก

โภชนาการที่ได้จากผลิตภัณฑ์จากสัตว์ปีกแตกต่างกันไปในแต่ละสายพันธุ์ ซึ่งไม่มีการโภชนาการมากที่สุดทำให้อ้างได้ว่าเป็นคู่แข่งกับเนื้อแดง โปรตีนสูงและไขมันต่ำ เช่นเดียวกับเนื้อสัตว์ทุกชนิด หากมีการบริโภคมากเกินไปอาจส่งผลให้มีคอเลสเตอรอลสูงและมีไขมันอิ่มตัว นอกจากนี้เนื้อส่วนขาของสัตว์ปีกมักมีสีเข้ม เนื้อส่วนอกมีสีอ่อน และมีขาว เนื้อสีเข้มมักมีไขมันมากกว่าและมีรสชาติมากกว่า (Dave Garza, Sandy Clark and James Main, 2010)

2.14 เจลเลชัน (Gelation)



ภาพที่ 2.11 การแสดงแผนภาพของการเกิดเจล
ที่มา Abdul-Raheim Mahmoud และคณะ, (2018)

เจลโปรตีนสามารถกำหนดได้ว่าเป็นวัสดุยืดหยุ่นหนืดที่ประกอบด้วยเส้นใยหรือโซ่ที่เชื่อมโยงกันเพื่อสร้างเครือข่ายต่อเนื่องซึ่งทำให้น้ำจำนวนมากไม่สามารถเคลื่อนที่ได้กระบวนการสร้างเจลเช่นการเกิดเจลขึ้นในเนื้อสัตว์แปรรูปอันเป็นผลมาจากการคลายตัวและการเชื่อมโยงที่ตามมาของโมเลกุลโปรตีนซึ่งถูกแยกออกไปในเฟสที่เป็นน้ำโดยมีเกลือหรือสารประกอบไอออนิกอื่นๆเป็นการก่อดังของเครือข่ายเจลในเนื้อสัตว์โดยทั่วไปต้องใช้ความร้อนตัวอย่างผลิตภัณฑ์ประเภทเจลได้แก่ ไก่ยอ หมูยอ ที่ทำจากเนื้อสัตว์ยิ่งไปกว่านั้นเจลที่เกิดขึ้นที่รอยต่อของชิ้นเนื้อในผลิตภัณฑ์ที่ปรับโครงสร้างใหม่(เช่น แฮมไม่มีกระดูกและโรลไก่งวง) มีความสมบูรณ์ของผลิตภัณฑ์และความสามารถในการหั่นเป็นชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรตีนไมโอบริลลาเป็นวัสดุที่รับผิดชอบมากที่สุดสำหรับลักษณะเนื้อสัมผัสในเนื้อสัตว์แปรรูป โดยเฉพาะอย่างยิ่งไมโอซินหรือแอคโตไมซิน ซึ่งคำนึงถึงความสามารถในการสร้างเจลของระบบโปรตีนไมโอไฟบริลลาส่วนใหญ่ (Xiong, 1997) การเกิดเจลของโปรตีนในกล้ามเนื้อระหว่างการแปรรูปด้วยความร้อนมีส่วนอย่างมากต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและการเกาะตัวของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ผ่านการแปรรูปและการปรุงใหม่ (Smyth et al., 1996) โดยไมโอซินเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อในแง่ของความสามารถในการเกิดเจล อย่างไรก็ตามการเสถียรภาพธรรมชาติของไมโอซินที่เกิดจากสภาวะอื่น ๆ เช่น ค่าพีเอชต่ำ การแช่เยือกแข็งอาจส่งผลกระทบต่อพัฒนาเครือข่ายเจล และทำให้เกิดโครงสร้างของเจลที่อ่อนแอ (Hultin, 1985)

2.15 การเกิดเจลด้วยความร้อนของโปรตีนไมโอไฟบริลลา

ความสามารถในการขึ้นรูปเจล ซึ่งเป็นผลมาจากความไวของโปรตีนต่อการสูญเสียสภาพธรรมชาติด้วยความร้อน และความสามารถในการตอบโต้ต่อความร้อน ลักษณะของเส้นใยไมโอไฟบริล และผลที่ตามมาของโปรตีนไมโอไฟบริลลานั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์และประเภทของกล้ามเนื้อ ซึ่งมีอิทธิพลเป็นอย่างมากของปัจจัยทั้งสองนี้ต่อการเกิดเจลของโปรตีนไมโอไฟบริลลา นอกจากนี้การศึกษาในสัตว์ปีกพบว่า ความสามารถในการเกิดเจลของโปรตีนในกล้ามเนื้อเป็นผลโดยตรงจากโปรตีน และส่วนประกอบของกล้ามเนื้อไมโอไฟบริลลาอื่นๆ (ไขมัน คอลลาเจน) สามารถมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติการเกิดเจล (Youling L. Xiong และคณะ, 1999)

2.16 อิมัลชัน (Emulsion)

ในเนื้อสัตว์ ต้องการที่จะสับอนุภาคไขมันให้เป็นหยดเล็ก ๆ เพื่อให้เนื้อผลิตภัณฑ์มีความเรียบเนียน ทำได้โดยกระบวนการอิมัลซิฟิเคชัน (Emulsification) เนื่องจากลิวติเฟนเป็นสารประกอบที่ไม่ชอบน้ำ จึงจำเป็นต้องใช้สารอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) ที่สามารถลดแรงตึงระหว่างผิวหน้าทำให้ไขมันภายในเนื้อมีความเสถียร ซึ่งเฟสที่เป็นน้ำเป็นส่วนประกอบส่วนใหญ่ของปริมาตรของผลิตภัณฑ์

โปรตีนเป็นโมเลกุลแอมโฟเทอริก (amphoteric) ที่มีทั้งกลุ่มชอบน้ำและไม่ชอบน้ำ ดังนั้นพวกมันสามารถดูดซับได้อย่างมีประสิทธิภาพที่ส่วนต่อประสานของไขมันกับน้ำ ซึ่งจะจัดตัวในลักษณะที่กลุ่มไม่มีขั้วถูกฝังอยู่ในไขมัน (ไม่ชอบน้ำ) และกลุ่มที่มีขั้วจะขยายเข้าสู่เฟสที่เป็นน้ำ (Youling L. Xiong, Chi-Tang Ho และ Fereidoun Shahidi., 1999) การวางแนวโครงสร้างดังกล่าวที่ส่วนต่อประสานระหว่างไขมันกับน้ำเป็นไปตามอุณหพลศาสตร์ ส่งผลอิมัลชันของเนื้อสัตว์มีความคงตัว ความสามารถในการรวมเป็นเนื้อเดียวกันของโปรตีนกล้ามเนื้อเป็นไปตามลำดับ คือ ไมโอซิน (myosin) แอกโตไมโอซิน (Actomyosin) โปรตีนซาร์โคพลาสมิก (Sarcoplasmic Proteins) และแอกติน (Actin) เป็นที่เชื่อกันว่าผลิตภัณฑ์ที่บดละเอียด ไมโอซินก่อตัวเป็นชั้นแรก (ชั้นเดียว) บนพื้นผิวก้อนไขมัน ในส่วนของการดูดซับและการสะสมที่ตามมาเกี่ยวข้องกับแอคโตไมโอซิน แอกติน โปรตีนไมโอไฟบริลลาอื่น ๆ ที่โปรตีนซาร์โคพลาสมิก (Jones, 1984) นอกจากนี้ปัจจัยที่สำคัญที่สุด ได้แก่ ค่าพีเอช (pH) ความหนืดของวัฏภาคที่เป็นน้ำ เวลาและอุณหภูมิในการสับ และอัตราส่วนเนื้อไม่ติดมันต่อไขมัน (Youling L. Xiong และคณะ, 1999) จึงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.17 การทดสอบความสุกสำหรับสัตว์ปีก

วิธีการปรุงอาหารจะเป็นตัวกำหนดวิธีการตรวจสอบความสุกของเนื้อสัตว์ปีก การทดสอบที่ได้ผลดีกับสัตว์ปีกเกือบสัตว์ปีกทุกชนิด ไม่ว่าจะปรุงด้วยวิธีการใดก็ตาม คือ การเขี่ยเนื้อที่หนาที่สุดออก เพื่อดูสีความสุกของเนื้อ และเนื้อไม่ควรเป็นสีชมพู (David E. Clark., 1986)

วีระศักดิ์, (2538) ได้กล่าวว่า การทำให้สุกคือการทำให้เนื้อสัตว์มีอุณหภูมิที่สูงขึ้นจนสุก แต่ละวิธีจะแตกต่างกันในแง่ของอัตราเร็วที่ทำให้สุก การนำความร้อน เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ จะทำให้ได้ลักษณะของเนื้อสัตว์สุกที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ ชัยณรงค์, 2529) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัตว์หลังให้ความร้อน โดยเนื้อสัตว์เมื่อสุกจะมีการเปลี่ยนแปลงสภาพในส่วนต่าง ๆ ไปจากเดิม ดังนี้

1) การเปลี่ยนแปลงของโปรตีน

เมื่อเนื้อสัตว์ถูกความร้อน โปรตีนในเนื้อสัตว์จะสูญเสียความสามารถในการละลายน้ำและมีการหดตัวเข้าของโปรตีน เกิดการตกตะกอนและโปรตีนจะแข็งตัวมากขึ้น ช่วงแรกของการถูกความร้อนที่ทำให้โปรตีนแข็งตัวจะอยู่ที่ประมาณ 64 องศาเซลเซียส

2) การเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน

เมื่อเนื้อเยื่อเกี่ยวพันภายในกล้ามเนื้อถูกความร้อนจะเกิดการหดตัวลง เรียก การหดตัวของคอลลาเจน (collagen shrinkage) และเมื่อถูกความร้อนนานขึ้นคอลลาเจนจะถูกไฮโดรไลส์ด้วยไอน้ำที่ถูกขับออกจากเนื้อ และแปรสภาพไปเป็นเจลหรือวุ้น

3) การละลายตัวของไขมัน

ทำให้น้ำในเนื้อไม่สามารถไหลออกมา เนื้อที่ได้จะมีความชุ่มฉ่ำและรสชาติดีขึ้น

2.18 ไก่ยอ

ไก่ยอ เป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ได้รับความนิยมมากและมีหลากหลายประเภท เช่น ปลาโยย หมูโยย และกุ้งโยย อย่างไรก็ตามที่ได้รับการยอมรับ และนิยมบริโภคมากที่สุด ได้แก่ ไก่ยอ ปลาโยย และหมูโยย การบริโภคเนื้อสัตว์ปีก และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ปีกกำลังเติบโตทั่วโลก (Mielnik และคณะ, 2002) โดยไก่ยอ เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่ได้จากการนำชิ้นเนื้อไก่ที่เหลือจากการแปรรูป มาทำการบดให้ละเอียดจนเกิดเป็นมวลเหนียว ซึ่งเป็นลักษณะของอิมัลชันได้ดี (เขาวลักษณ์, 2536) มีวิธีการผลิตที่ไม่ยุ่งยาก มีคุณค่าทางโภชนาการสูงสามารถนำมาประกอบอาหารได้หลากหลาย โดยมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ ความยืดหยุ่น สี และรสชาติ (Treeinthong, 2019) โดยเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับชิ้นเนื้อไก่ให้เกิดประโยชน์มากขึ้น (สัจชัย, 2543)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.12 ผลิตภัณฑ์ไก่ยอกจากเนื้อไก่
ที่มา King Meals, (2023)

ไก่ยอ เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดเนื้อบดละเอียดอิมัลชัน ซึ่งมีการขั้นตอนการบดและสับละเอียด เหมือนกับการทำไส้กรอกบดละเอียดอิมัลชันและอิมัลชันหมูยอ เพื่อให้เกิดส่วนผสมที่มีลักษณะเหนียวและ ขณะที่สับละเอียดจะต้องควบคุมอุณหภูมิไม่ให้เกิน 15 องศาเซลเซียส เพื่อรักษาความคงทนของอิมัลชัน นอกจากนี้การทำให้ไก่ยอมีคุณภาพดี คือมีความเหนียวยืดหยุ่นดีนั้นต้องขึ้นอยู่กับเทคนิคในการบรรจุลงในไส้เทียมด้วย โดยต้องไม่ให้มีฟองอากาศขณะบรรจุ ก่อนที่จะนำไปต้มน้ำในร้อนอุณหภูมิ 65-68 องศาเซลเซียส (เอกอนงค์, 2546)

2.18.1 ลักษณะทางกายภาพของไก่ยอทั่วไป

- 1) สี ไก่ยอควรมีสีที่สม่ำเสมอตามลักษณะเนื้อที่ใช้ทำ และเป็นสีธรรมชาติของลักษณะเนื้อสัตว์ และส่วนประกอบที่ใช้ทำ
- 2) กลิ่นรส ควรมีกลิ่นหอมน่ารับประทาน ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของไก่ยอและมีรสดี อาจใช้เกลือและเครื่องปรุงอื่น ๆ เพื่อช่วยปรับรสชาติได้ และไม่มีกลิ่นแปลกปลอมอื่น ๆ
- 3) ลักษณะเนื้อ ควรมีเนื้อละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน นุ่ม เนียน ไม่ยุ่ย ไม่ควรมีฟองอากาศ
- 4) ความยืดหยุ่น จัดเป็นลักษณะทางกายภาพที่สำคัญที่สุดของไก่ยอ ไก่ยอที่มีความยืดหยุ่นที่ดีนั้น จะมีความสัมพันธ์กับชนิดเนื้อสัตว์ และเทคนิคที่นำมาใช้แปรรูป

2.18.2 หมูยอ

หมูยอ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการใช้เฉพาะเนื้อหมูบดผสมกับเกลือ และน้ำแข็ง ซึ่งอาจมีเติมเครื่องเทศและเครื่องปรุงระหว่างการบดผสม ต้องให้อุณหภูมิเย็นจัดไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส ระหว่างผสม จากนั้นบรรจุลงในไส้เทียมโดยไม่ให้มีฟองอากาศ ต้มในน้ำอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้หมูยอเกิดโครงสร้างที่ดี จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 80 องศาเซลเซียส เพื่อให้ผลิตภัณฑ์คงตัว โดยหมูยอเป็นผลิตภัณฑ์ที่เนื้ออุกบดละเอียด จนโครงสร้างในระดับเส้นใยกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลง ทำให้ส่วนผสมแปรเปลี่ยนเป็นมวลเหนียว ลักษณะของส่วนผสมดังกล่าวเรียกว่า เจลลัน (gelation) (เอกอนงค์, 2546)

2.18.3 ไก่ยอ

ไก่ยอ เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อชนิดหนึ่งที่มีผู้นิยมบริโภคเพิ่มขึ้น ผลิตโดยใช้เนื้อไก่จากโรงงาน ซึ่งมีวิธีทำดังนี้ (เอกอนงค์, 2546)

- 1) ขั้นตอนเตรียมวัตถุดิบ ไก่ ใช้เนื้อส่วนอกและสันใน ไม่มีหนังปน หากใช้เนื้อส่วนอื่นของไก่ จะทำ

ให้เนื้อสัมผัสไม่ดี

- 2) ชั้นล้างทำความสะอาด คัดเศษกระดูกออก ตัดเนื้อที่เสียและมีกลิ่นออกและมีการแยกหนักรอกด้วย
- 3) ชั้นบดหยาบ การบดหยาบใช้เครื่องบดด้วยสกรู
- 4) ชั้นชั่งน้ำหนัก ชั่งน้ำหนักเพื่อให้ได้มาตรฐาน
- 5) ชั้นสับละเอียด การสับในช่วงนี้มีการใส่เครื่องเทศกับส่วนผสม เช่น แป้ง เกลือ พริกไทย น้ำแข็ง (เพื่อควบคุมระหว่างการสับ) สัดส่วนส่วนผสมจะขึ้นอยู่กับโรงงานผลิต เนื้อที่ได้จากช่วงนี้เรียกว่า เนื้อสับละเอียด
- 6) ขั้นตอนการทำเป็นก้อน นำเนื้อสับละเอียดเข้าเครื่องบรรจุเนื้อไก่ลงในไส้เทียม เพื่อทำเป็นก้อน
- 7) ขั้นตอนการทำให้สุก อุณหภูมิที่ให้ความร้อนแตกต่างกันไป ตอนแรกจะให้อุณหภูมิต่ำกว่าตอนหลังๆ
- 8) ขั้นตอนทำให้เย็น ใส่ภาชนะบรรจุน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 0-10 องศา เพื่อไม่ให้ก้อนร้อนมากเกินไป (over cook)
- 9) ชั้นบรรจุ มี 2 ระบบ คือ แบบซองและถุงขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบสำหรับการผลิตเนื้อไก่บดผสม

- 1) เนื้อที่แยกได้จากโครงไก่ (Chicken Carcass Meat; CCM)
- 2) เนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้น (Boneless Leg Kiriimi; BLK) (บริษัท เบทาโกร จำกัด)
- 3) แชนแทนกัม
- 4) ไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้า (บริษัท เพียว เคมีกัลส์ จำกัด)
- 5) Konjac Powder (บริษัท พีทีเค โชลูชั่น แอนด์ ซัพพลายส์ จำกัด)

3.1.2 วัตถุดิบสำหรับการผลิตไก่ยอ

- 1) เนื้อไก่ผสม
- 2) เกลือ
- 3) Monosodium glutamate (MSG)
- 4) ไฮโดรคอลลอยด์
- 5) ผงพริกไทย
- 6) ผงชูรส
- 7) น้ำตาล
- 8) กระเทียมจืดตำ
- 9) น้ำแข็ง
- 10) น้ำเปล่า

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมเนื้อไก่บดผสม

- 1) มีด
- 2) เขียง
- 3) ถาด
- 4) ถ้วยเตรียมอะลูมิเนียม
- 5) พายซีลิโคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 6) ทัพพี
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 7) ถุงมือ
- 8) กระดาษอเนกประสงค์หนา 2 ชั้น ยี่ห้อแม็กซีโม
- 9) ถุงพลาสติกซิปล็อก ตรา Aro ขนาด 4x6 เซนติเมตร
- 10) กะละมังสแตนเลส
- 11) เครื่องบดผสม
- 12) เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง
- 13) เครื่องวัดสี Chroma Meter Konika Minolta รุ่น CR400
- 14) ตู้แช่เยือกแข็ง SANYO SF-C995 (GYN)
- 15) ตู้แช่เย็น

3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมผลิตภัณฑ์ไก่ยอ

- 1) ทัพพี
- 2) ช้อน
- 3) กระชอน
- 4) มีด
- 5) เขียง
- 6) ถุงมือ
- 7) ภาตสแตนเลส
- 8) กะละมังสแตนเลส
- 9) ถ้วยเตรียมอะลูมิเนียม
- 10) เครื่องกดคุกกี้
- 11) กล่องบรรจุภัณฑ์อาหาร
- 12) เครื่องบดผสม
- 13) เครื่องสับผสม
- 14) Fibrous casings ขนาด 2 cm.
- 15) ตู้แช่เย็น
- 16) เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง
- 17) Water bath
- 18) ไม้บรรทัด
- 19) กระดาษกรอง เบอร์ 1
- 20) ตู้แช่เยือกแข็ง SANYO SF-C995 (GYN)
- 21) เครื่องวิเคราะห์สี Chroma Meter Konika Minolta รุ่น CR400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในวงการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

23) เครื่องวัดค่า Water holding capacity

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การศึกษาผลของการทดแทนเนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้น (Boneless Leg Kirimi; BLK) ด้วยเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่ (Chicken Carcass Meat; CCM) ในการผลิตผลิตภัณฑ์ไก่บดแช่แข็ง

ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ไก่บดแช่แข็ง ปริมาณ 1,000 กรัม โดยใช้เนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้น (BLK) (ขนาดประมาณ 5-10 กรัมต่อชิ้น) มาผสมกับเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่ (CCM) ในอัตราส่วน 100:0 (ตัวอย่างชุดควบคุม), 90:10, 80:20 และ 70:30 โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก ควบคุมอุณหภูมิของเนื้อไก่ในช่วง 0-4 องศาเซลเซียส ทำการบดโดยใช้เครื่องบดเนื้อที่มีรูเปิดหน้าแวนขนาด 8 มิลลิเมตร รองรับไก่บดที่ได้ด้วยกะละมังสแตนเลส จากนั้นนำเนื้อไก่บดผสมที่ได้มาแบ่งบรรจุใส่ถุงพลาสติกใสชนิดซิปล็อคยี่ห้อเอโร (ARO ZIP BAG) ขนาด 4 x 6 เซนติเมตร ปริมาณถุงละ 12.5 กรัม ทั้งหมด 80 ถุง และนำไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปแช่ตู้เย็นเพื่อทำการละลายที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนที่นำไปทำการวิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนัก (Drip loss) การสูญเสียน้ำหนักหลังการแปรรูป (cooking yield) และการสูญเสียน้ำหนักระหว่างทำให้สุก (cooking loss) และวิเคราะห์ค่าสี (colour analysis) พิจารณาคัดเลือกปริมาณไก่บดผสมที่เหมาะสมที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ไก่บดผสมแช่แข็งมีความคงตัวดีที่สุดไปทำการศึกษาในข้อ 3.2.2

3.3.2 การศึกษาผลของการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ต่อความคงตัวของผลิตภัณฑ์ไก่บดแช่แข็งที่เตรียมได้จากเนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้น (Boneless Leg Kirimi; BLK) ผสมด้วยเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่ (Chicken Carcass Meat; CCM)

ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ไก่บดแช่แข็ง ปริมาณ 1,000 กรัม ตามวิธีในข้อ 3.2.1 โดยเลือกใช้เนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้น (Boneless Leg Kirimi; BLK) ต่อเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่ (Chicken Carcass Meat; CCM) ในอัตราส่วน 90:10 เปอร์เซ็นต์ (ซึ่งเลือกจากค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการแปรรูป (cooking yield) น้อยที่สุด) จากนั้นผสมไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้า แซนแทนกัม และคอนยัคแมนแนน ในปริมาณร้อยละ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 ผสมให้เข้ากันกับเนื้อ BLK และ CCM ก่อนทำการบดโดยใช้เครื่องบดเนื้อ จากนั้นนำเนื้อไก่บดผสมไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้มาแบ่งบรรจุใส่ถุงพลาสติกชนิดซิปล็อคยี่ห้อเอโร (ARO ZIP BAG) ขนาด 4 x 6 เซนติเมตร ปริมาณถุงละ 12.5 กรัม ทั้งหมด 80 ถุง และนำไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปแช่ตู้เย็นเพื่อทำการละลายที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปทำการวิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนัก (Drip loss) การสูญเสียน้ำหนักหลังการแปรรูป (cooking yield) และการสูญเสียน้ำหนักระหว่างทำให้สุก (cooking loss) และวิเคราะห์ค่าสี (colour analysis) พิจารณาคัดเลือกชนิดและปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ไก่บดผสมแช่แข็งมีความคงตัวดีที่สุดไปทำการศึกษาในข้อ 3.3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 ผลของการแช่เยือกแข็งและทำละลายต่อความคงตัวของผลิตภัณฑ์ไก่บดแช่แข็ง

นำผลิตภัณฑ์ไก่บดแช่แข็งที่เตรียมได้โดยใช้สภาวะที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.3.2 คือไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดที่มีระดับความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ (ซึ่งเลือกจากค่าการสูญเสีย น้ำหลังการแปรรูป (cooking yield) น้อยที่สุด) มาทำการแช่เยือกแข็งและทำละลาย จำนวน 1, 2 และ 3 รอบ (Cycle) โดยแต่ละรอบทำได้โดยนำตัวอย่างไก่บดผสมไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปแช่ตู้เย็นเพื่อทำการละลายที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปทำละลายที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปทำการวิเคราะห์การสูญเสีย น้ำหนัก (Drip loss) การสูญเสีย น้ำหลังการแปรรูป (cooking yield) และการสูญเสีย น้ำหนักระหว่างทำให้สุก (cooking loss) และวิเคราะห์ค่าสี (colour analysis)

3.3.4 การผลิตไก่ยอจากไก่บดผสมแช่แข็ง

ทำการผลิตไก่ยอมาตรฐานตัดแปลงตามสูตรและวิธีการทำลูกชิ้นของ โสรยา เกิดพิบูลย์ (2565) โดยนำเนื้อไก่ (ชุดควบคุม) หรือ ไก่บดผสม (BLK ผสมกับ CCM) ไฮโดรคอลลอยด์ที่มีชนิดและปริมาณที่เหมาะสม ปริมาณ 250 กรัม มาหั่นลดขนาดแล้วสับผสมด้วยเครื่องสับผสม เพื่อเตรียมเป็น batter จากนั้นเติมเกลือ 6.5 กรัม สับผสมนาน 3 นาที ระวังอุณหภูมิสับผสมไม่เกิน 14 องศาเซลเซียส ใส่ น้ำแข็ง 12.5 กรัม และใส่ผงพริกไทย 2.5 กรัม ผงชูรส 5 กรัม น้ำตาล 12.5 กรัม และกระเทียมจินต่า 7.5 กรัม โดยใช้เวลาสับผสมนาน 3 นาที นำเนื้อไก่สับผสมที่ได้มาใส่กระบอกกดคู้กี้ จากนั้นนำมาอัดใส่ไส้เทียมขนาดกว้าง 2 เซนติเมตร โดยใส่ลงในน้ำอุณหภูมิ 63-65 องศาเซลเซียส เพื่อให้ส่วนของโปรตีนเนื้อสัตว์เกิดการฟอร์มตัวเป็นเจลอย่างอ่อนๆ ในช่วงเวลา 10 นาที จนกระทั่งไก่ยอลอยขึ้นมา จากนั้นตักใส่ภาชนะที่บรรจุ น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 85 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้เกิดเจลที่แข็งแรงมากขึ้น และเพื่อให้ไก่ยอสุก เมื่อไก่ยอลอยขึ้นตักใส่ภาชนะบรรจุ น้ำเย็นที่อุณหภูมิ 0-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เมื่อไก่ยอเย็นจนจมน้ำแล้ว ใช้กระชอนตักขึ้นจากภาชนะใส่กะละมังสแตนเลสเวลาประมาณ 10-15 นาที พักไว้ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นทำการวิเคราะห์การสูญเสีย น้ำหลังการแปรรูป (cooking yield) และการสูญเสีย น้ำหนักระหว่างทำให้สุก (cooking loss) การวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity; WHC) การวิเคราะห์ค่าสี (colour analysis) และการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer ด้วยวิธี Texture Profile Analysis (TPA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 สูตรไก่ยอกจากไก่บดผสมแช่แข็ง จากการทดแทนเนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้น (Boneless Leg Kiriimi; BLK) ด้วยเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่ (Chicken Carcass Meat; CCM) ในอัตราส่วน 90:10% และผสมไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิด (ไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้า แชนแทนกัม และคอนยัคแมนแนน) ในปริมาณ 2%

วัตถุดิบ	ปริมาณ (กรัม)
เนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้น (BLK)	225
เนื้อที่แยกได้จากโครง (CCM)	25
ไฮโดรคอลลอยด์	5
เกลือ	6.5
ผงพริกไทย	2.5
ผงชูรส	5
น้ำตาล	12.5
กระเทียมจินดำ	7.5
น้ำแข็ง	12.5

3.3.5 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำหนักระหว่างการละลาย (Drip Loss)

ในการสูญเสียของเนื้อไก่บดผสมแช่แข็งแช่แข็งหลังจากการละลาย จะได้น้ำหนักเริ่มต้นของเนื้อไก่บดผสมแช่แข็ง (W_1 , (g)) แต่ละตัวอย่างที่แช่แข็งถูกนำไปใส่ถุงพลาสติกชนิดซิปล็อคยี่ห้อเอโร (ARO ZIP BAG) ขนาด 4 x 6 เซนติเมตร ปริมาณถุงละ 12.5 กรัม จากนั้นทำละลายที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากละลายแล้วนำไก่บดออกจากถุงพลาสติก และใช้กระดาษซับน้ำส่วนที่เหลือออกจากเนื้อไก่บด จากนั้นนำเนื้อไก่บดที่มาชั่งน้ำหนัก (W_2 , (g)) เพื่อหาปริมาณน้ำหนักระหว่างการละลาย (Drip Loss) เป็นการวัดปริมาณน้ำหนักระหว่างการละลายแช่แข็งซึ่งอยู่ในรูปของอัตราส่วนของน้ำหนักของเนื้อไก่ที่สูญเสียส่วนด้วยน้ำหนักของเนื้อไก่เริ่มต้น ดังที่แสดงในสมการ

$$Drip Loss = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ Drip Loss คือปริมาณน้ำหนักระหว่างการละลาย W_1 และ W_2 คือน้ำหนักของเนื้อไก่ก่อนแช่เยือกแข็งและหลังการละลาย ตามลำดับ (Bozkurt และคณะ, 2009)

3.3.6 การวิเคราะห์การสูญเสียน้ำหลังการแปรรูป (cooking yield) และการสูญเสียน้ำหนักระหว่างทำให้สุก (cooking loss)

ผลิตภัณฑ์หลังจากการแปรรูปถูกกำหนดโดยสมการ (Nelum และคณะ, 2021) กำหนดโดยนำตัวอย่างไก่บดผสมแช่แข็งที่ใส่ถุงพลาสติกชนิดซิปล็อคยี่ห้อเอโร (ARO ZIP BAG) ขนาด 4 x 6 เซนติเมตร ปริมาณถูละ 12.5 กรัม มาให้ความร้อน 63-65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที เมื่อครบเวลาดักใส่ภาชนะบรรจุน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 0-10 องศาเซลเซียส จากนั้นทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และจดบันทึกน้ำหนักของเนื้อไก่บดผสมระหว่างก่อนให้ความร้อนและหลังให้ความร้อน

การสูญเสียจากการประกอบอาหารคำนวณจากความแตกต่างของน้ำหนักระหว่างตัวอย่างไก่บดผสมก่อนให้ความร้อนและตัวอย่างไก่บดผสมที่ผ่านความร้อน (Nithyalakshmi และ Preetha, 2015)

$$\text{Cooking yield (\%)} = \frac{\text{Weight before cooking (g)}}{\text{Weight after cooking (g)}} \times 100$$

$$\text{Cooking loss (\%)} = \frac{\text{Weight before cooking (g)} - \text{Weight after cooking (g)}}{\text{Weight before cooking (g)}}$$

8.3.7 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านการอุ้มน้ำของเนื้อไก่บดผสมและผลิตภัณฑ์จากเนื้อไก่บดผสมแช่แข็งโดยใช้เครื่อง Water holding capacity

ทำการวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity = WHC) ของผลิตภัณฑ์ไก่บดผสมแช่แข็ง โดยวิธี filter paper press method = FPPM (Pcarson and Dutson, 1994) ด้วยเครื่องกดเฉพาะซึ่งมีแผ่นกระจกทนแรงอัด (plexiglas plates) 2 แผ่นประกบบนกระดาษกรอง (โดยใช้กระดาษกรอง Whatman filter paper เบอร์ 1 มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร) ขณะทำการวิเคราะห์ ซึ่งวิธีการนี้เหมาะสมใช้ได้กับตัวอย่างของเนื้อชิ้นและเนื้อบด ที่เติมน้ำหรือไม่เติมก็ได้ รวมถึงเนื้อต้มสุกด้วย แต่ในการปฏิบัติการใช้หา WHC ของผลิตภัณฑ์ไก่บดผสมแช่แข็งหลักจากให้ความร้อน ซึ่งมีขั้นตอนปฏิบัติ ซึ่งดัดแปลงมาจาก เยาวลักษณ์, (2550) ดังนี้

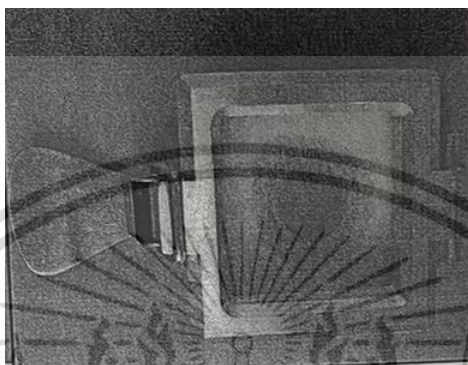
1) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างชิ้นเนื้อที่ตัดมาขนาด 5x5 mm. วางลงบนกระดาษกรอง Whatman Filter papers เบอร์ 1 (Whatman International Ltd., Maidstone, UK)

2) ใช้เครื่องกดแสดงดัง (ภาพที่ 4.1) กดทับเป็นเวลา 5 นาที เพื่อบีบน้ำที่มีอยู่ในเนื้อออกมา และน้ำจะถูกจับยึดไว้บนกระดาษกรอง

เมื่อการกดแต่ละครั้งเสร็จสิ้น ยกทั้งห้ามมให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3) ใช้ปากกาหรือดินสอขีดตามรอยเปียกของน้ำโดยรอบทั้งวงนอก (A_1) และวงใน (A_2)
- 4) วัดพื้นที่ของน้ำที่ดูดซึมอยู่บนกระดาษกรองด้วยเครื่องวัด planimeter หรือใช้ electronic area measuring device
- 5) คำนวณพื้นที่วงแหวนของน้ำที่ถูกบีบออกจากเนื้อ (area of the ring of fluid)

$$\text{พื้นที่วงแหวนของน้ำที่ถูกบีบออกจากเนื้อ} = A_1 - A_2$$



ภาพที่ 4.1 เครื่องวัดค่า Water holding capacity ในตัวอย่างชิ้นเนื้อสัตว์
ที่มา เยาลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์, (2550)

การกดบนกระดาษกรอง (Filter paper press method) ซึ่งเป็นวิธีการเอาน้ำที่ไม่มีกรดยึดเหนี่ยวออก โดยการบีบกดตัวอย่าง ผลที่ได้จะเห็นรอยน้ำซึมออกมาจนเนื้ออย่างชัดเจน จากนั้นคำนวณหาสัดส่วนพื้นที่บริเวณเนื้อต่อน้ำที่กระจายออก (Hunt, Honiket และPuolanne, 2012)

3.3.8 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านสีของเนื้อไก่บดผสมและผลิตภัณฑ์จากเนื้อไก่บดผสม (colour analysis)

ทำการวิเคราะห์สีของเนื้อด้วยเครื่อง Minolta Chromometer โดยการวัดค่าในรูปของค่า L^* , a^* , b^* ซึ่งค่า L^* (Lightness) บอกถึงความเข้มของแสง มีค่าอยู่ระหว่าง 100 หมายถึง ค่าสว่างสูงสุด ถึง ค่า 0 หมายถึง ค่ามืดที่สุด ส่วนค่า a^* , b^* นั้นหมายถึง ค่ากลุ่มสี ค่า a^* (Redness) บอกถึงค่าสีแดงและสีเขียว โดยค่า +60 บอกถึงค่าสีเหลืองที่สุด และค่า -60 บอกถึงสีเขียว ค่า b^* (Yellowness) บอกถึงค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน โดยค่า +60 บอกถึงสีเหลืองที่สุดและค่า -60 บอกถึงสีน้ำเงินที่สุด ทำการวัดโดยการนำหัววัดวางแนบบนพื้นที่หน้าตัดของเนื้อที่เตรียมไว้และกดปุ่มวัดแล้วไฟแฟลตขึ้น 1 ครั้ง แสดงว่าได้ทำการวัดแล้ว 1 ครั้ง โดยแต่ละตัวอย่าง ทำการวัดตัวอย่างละ 3 ครั้ง (วีระศักดิ์, 2549)

3.2.9 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส Texture profile analysis (TPA) โดยใช้เครื่อง Texture analyzer

ทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ของเนื้อสัมผัสของตัวอย่างโดยใช้เครื่อง Texture analyzer เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามวิธีของ Tomas และคณะ (2018) โดยใช้หัววัด cylinder probe P/50 และตั้งค่าการกดเป็นระยะทางร้อยละ 40 ของความสูงในการกดสองครั้งด้วยความเร็วคงที่ 5 mm/s; distance 5 mm; trigger type, auto; และ trigger force, 10g. รายงานค่า hardness, adhesiveness, springiness, cohesiveness และ gumminess (Ding et al., 2015)

3.3.10 การวางแผนการทดลอง

การวางแผนการทดลองแบบอย่างสุ่ม (Completely Randomized; CRD) แต่ละสิ่งทดลองทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Steel และ Torrie, 1980) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การศึกษาผลของการทดแทนเนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้นด้วยเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการกักเก็บน้ำและการสูญเสียน้ำหนักของไก่บดผสมแช่แข็ง

ผลของการศึกษาการทดแทนเนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้น (Boneless Leg Kirimi; BLK) ด้วยเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่ (Chicken Carcass Meat; CCM) ในการผลิตผลิตภัณฑ์ไก่บดแช่แข็ง ในอัตราส่วน 100:00, 90:10, 80:20, 70:30 กรัม โดยนำมาแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาละลายอย่างช้าที่ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และไปต้มที่อุณหภูมิ 65 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แสดงผลดังในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลของค่าการสูญเสียน้ำหนัก (Drip loss) การสูญเสียน้ำหนักระหว่างปรุงสุก (Cooking loss) และปริมาณผลผลิต (Cooking Yield) ของเนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้นผสมกับเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่

Treatment	Drip loss	Cooking loss	Cooking yield
control	7.86 \pm 1.24 ^a	21.96 \pm 1.63 ^{ns}	99.49 \pm 0.41 ^c
90:10	7.86 \pm 0.49 ^a	22.20 \pm 1.93 ^{ns}	131.12 \pm 1.02 ^a
80:20	7.86 \pm 0.69 ^a	22.97 \pm 0.83 ^{ns}	130.49 \pm 1.39 ^a
70:30	6.39 \pm 0.55 ^b	23.19 \pm 1.15 ^{ns}	129.18 \pm 1.35 ^b

Note: Freezing for 24 hours at -20 °C. Slow thawing for 24 hours at 4 °C. ^{a,b} Values followed by different lowercase superscripts in the same row are significantly different from each other ($p < 0.05$). ^{ns} Different lowercase superscripts in the same row are non-significantly different ($p \geq 0.05$). Data are expressed as mean \pm standard deviation (n=5).

การสูญเสียน้ำหนัก (Drip loss) แสดงในตารางที่ 4.1 เนื้อไก่บดผสม CCM ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งมีค่าการสูญเสียน้ำหนัก (Drip loss) ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม เมื่อมีการเติมเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่ (CCM) เพิ่มมากขึ้น CCM มีปริมาณเลือดเป็นส่วนประกอบที่มาก Knipe, (1988) กล่าวว่าโปรตีนในเลือดสามารถใช้เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เนื่องจากโปรตีนในพลาสมาเป็นตัวเชื่อมที่แข็งแรงมาก ส่งผลให้การจับตัวของน้ำในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ดีขึ้น (Duarte และคณะ, 1998) ทำให้มีการสูญเสีย น้ำหนักน้อยลง ส่งผลให้เนื้อมีความชุ่มฉ่ำมากขึ้น ทำให้มีค่าการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด คือ ที่อัตราส่วน 70:30

เปอร์เซ็นต์ และเมื่อพิจารณาค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างทำให้สุก (Cooking Loss) ที่มีการเติมเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่ (CCM) ในอัตราส่วนต่าง ๆ เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ซึ่งน้ำหนักตัวอย่างที่สูญหายไป (Cooking Loss) เกิดจากการที่ของเหลวถูกขับออกมา ระหว่างการต้ม Murphy, (2001) กล่าวว่า cooking yield เกี่ยวข้องกับ cooking loss ในระหว่างการปรุงอาหาร เมื่ออุณหภูมิภายในผลิตภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้น ทำให้ cooking yield ลดลง นอกจากนี้การศึกษาค่าปริมาณผลผลิต (Cooking Yield) โดยนำเนื้อไก่บดผสม CCM ไปให้ความร้อนหลังจากการแช่แข็งและทำละลาย พบว่าเนื้อไก่บดผสม CCM ในทุกอัตราส่วน (90:10%, 80:20% และ 70:30% ตามลำดับ) มีปริมาณผลผลิตที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อพิจารณาทั้ง 4 สิ่งทดลอง พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการนำไปพัฒนาต่อในสูตรต่อไป คือ 90:10 เนื่องจากการใส่ CCM ปริมาณมากขึ้น จะส่งผลต่อกลิ่นไม่พึงประสงค์มากขึ้น เนื่องจากเนื้อ CCM มีปริมาณเลือดปะปนมาจำนวนมาก (เกิดการการทับเนื้อออกจากโครงไก่) ซึ่งในน้ำเลือดมีปริมาณฮีโมโกลบิน (heme-iron) จำนวนมาก โดยฮีโมโกลบินสามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ได้อย่างดี ส่งผลให้เกิดกลิ่นหืน กลิ่นคาว รวมทั้งกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์จำนวนมาก และเกิดได้รวดเร็วกว่าเมื่อเทียบกับอัตราส่วนผสม CCM ที่น้อยกว่า ดังนั้นจากการทดสอบประสาทสัมผัสโดยตัวผู้ทำการวิจัยพบว่าการเลือกใช้ที่ 90:10 มีความเหมาะสมกว่าที่อัตราส่วน 80:20 เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ช้ากว่า ส่งผลให้เกิดกลิ่นที่ช้ากว่าและน้อยกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Clark และคณะ, (1997) พบว่าเนื้อไก่ส่วนเนื้ออ่อนมีปริมาณธาตุเหล็กทั้งหมดและมีปริมาณสารประกอบฮีโมโกลบินจำนวนมากกว่าเนื้อไก่ส่วนนอก และออกซิเจนจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเหล็กที่อยู่ในโมเลกุลของฮีโมโกลบิน และฮีโมโกลบินในเนื้อสัตว์จะลดลง

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของเนื้อไก่บดผสมแช่แข็ง

จากการทดลองวัดค่าสีของเนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้น (Boneless Leg Kiriimi; BLK) ผสมด้วยเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่ (Chicken Carcass Meat; CCM) ในอัตราส่วน 100:00, 90:10, 80:20, 70:30 กรัม โดยผ่านการแช่แข็ง ละลาย และให้ความร้อน ด้วยเครื่อง Chroma meter รุ่น CR400 โดยใช้ระบบ CIE L* a* b* ผลการวิเคราะห์ค่าสีแสดงดังตาราง 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลของค่าสีหลังแช่เยือกแข็ง (Freezing) ค่าสีหลังการละลาย (Thawing) และค่าสีหลังการปรุงสุก (Cooking) ของเนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้นผสมกับเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่

Treatment	BLK and CCM			
	100:00 (Control)	90:10	80:20	70:30
Color freezing (L*)	47.58±1.18 ^{ns}	47.33±0.58 ^{ns}	48.10±1.34 ^{ns}	48.55±0.89 ^{ns}
Color freezing (a*)	9.73±1.61 ^{ns}	9.09±0.71 ^{ns}	9.96±0.71 ^{ns}	9.10±0.47 ^{ns}
Color freezing (b*)	13.42±1.66 ^{ab}	12.16±1.02 ^b	14.17±0.54 ^a	13.63±0.83 ^{ab}
Color thawing (L*)	46.39±0.91 ^c	49.33±0.25 ^b	49.17±0.43 ^b	51.53±10.23 ^a
Color thawing (a*)	9.69±0.23 ^a	7.54±0.41 ^b	7.62±0.83 ^b	7.46±0.24 ^b
Color thawing (b*)	12.76±0.89 ^b	13.25±0.51 ^{ab}	12.64±0.62 ^b	13.86±0.37 ^a
Color cooking (L*)	65.25±0.50 ^b	66.73±0.95 ^a	65.91±0.43 ^{ab}	65.24±0.50 ^b
Color cooking (a*)	3.99±0.21 ^b	4.86±0.54 ^a	4.56±0.33 ^a	3.69±0.32 ^b
Color cooking (b*)	13.59±0.55 ^b	14.58±0.90 ^a	15.29±0.24 ^a	15.15±0.26 ^a

Note: Freezing for 24 hours at -20 °C; Slow thawing for 24 hours at 4 °C; Cooking for 10 minutes at 65±5 °C. ^{a,b} Values followed by different lowercase superscripts in the same row are significantly different from each other (p<0.05). ^{ns} Different lowercase superscripts in the same row are non-significantly different (p≥0.05)

จากตารางที่ 4.2 พบว่าค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีแดง (a*) ของเนื้อไก่บดผสม CCM ในทุกอัตราส่วน (100:00, 90:10, 80:20 และ 70:30) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≥0.05) ยกเว้นค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ในอัตราส่วน 90:10 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p≥0.05) หลังจากการแช่เยือกแข็ง (freezing) และพบว่ามีค่าความสว่างเพิ่มมากขึ้น หลังจากการทำละลาย (thawing) ซึ่งมีรายงานว่าค่าความสว่าง เกี่ยวข้องกับการกระเจิงแสงเนื่องจากการเสื่อมสภาพธรรมชาติของโปรตีนและปริมาณน้ำนอกเซลล์ที่เพิ่มขึ้น (Wiliwan และ Saowakon, 2014) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม นอกจากนี้ค่าความเป็นสีแดง (a*) หลังการทำละลายพบว่า ตัวอย่างควบคุมมีค่าความเป็นสีแดงสูงที่สุด เนื่องจากตัวอย่างควบคุมมีเนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้น (BLK) ที่มีค่าสีแดงสูงกว่าชิ้นส่วนอื่น ๆ ของเนื้อไก่ ซึ่งเนื้อสะโพกไก่ประกอบไปด้วยเส้นใยไกลโคไลติก และเส้นใยออกซิเดชันเพียงเล็กน้อย โดยเส้นใยออกซิเดชันนั้นพบมากถึง 26.51% ซึ่งช่วยเพิ่มความโปร่งใสได้อีกด้วย (Kaiqi Weng, 2022) และค่าสีเหลือง (b*) หลังละลาย พบว่าตัวอย่างควบคุมมีค่าสีเหลืองน้อยที่สุด ดังนั้น เมื่อใช้ปริมาณเนื้อ CCM ในอัตราส่วนที่มากขึ้น จะทำให้เนื้อไก่บดผสมที่ได้ในสภาวะหลังแช่เยือกแข็ง และหลังให้ความร้อนมีค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้น ทำให้โปรตีนเสื่อมสภาพจากการเปลี่ยนแปลงของไมโอโกลบิน เกิดการกระเจิงแสงส่งผลให้ค่าความสว่างและค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น (Young

และ West, 2001) และในการศึกษาค่าสีหลังให้ความร้อน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และค่าความสว่าง (L^*) หลังให้ความร้อน พบว่าที่อัตราส่วน 90:10 มีค่าความสว่าง (L^*) สูงที่สุด จากการศึกษาของ Liwa, J., (2009) การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อสะโพกไก่หลังปรุงสุก พบว่าการทำให้สว่างขึ้นเกิดจากการสะท้อนแสงที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดจากการกระเจิงแสงโดยโปรตีนที่ถูกทำให้เสียสภาพ ส่งผลให้ค่าความสว่างเพิ่มขึ้นหลังการให้ความร้อน

4.2 ผลของการศึกษาการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ต่อความคงตัวของผลิตภัณฑ์ไก่บดแช่แข็งที่เตรียมได้จากเนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้นผสมด้วยเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการกักเก็บน้ำและการสูญเสียน้ำหนักของไก่บดผสมแช่แข็งที่เตรียมได้จากเนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้นผสมด้วยเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่

จากผลของการศึกษาไฮโดรคอลลอยด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ โดยเติมลงในเนื้อไก่บดผสมที่ได้จากการศึกษาในตารางที่ 4.1 ที่ระดับความเข้มข้นของไฮโดรคอลลอยด์ 0, 0.5, 1, 2% ตามลำดับ และนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาละลายอย่างช้าที่ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และไปต้มที่อุณหภูมิ 65±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แสดงผลดังในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลของค่าการสูญเสียน้ำหนัก (Drip loss) การสูญเสียน้ำหนักระหว่างปรุงสุก (Cooking loss) และปริมาณผลผลิต (Cooking Yield) ของเนื้อไก่บดผสม CCM ผสมไฮโดรคอลลอยด์ทั้ง 3 ชนิด (ไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้า แชนแทนกัม และคอนยัคแมนแนน)

Treatment	Chicken Mince and hydrocolloids			
	Conc. (%)	Drip loss	Cooking loss	Cooking Yield
Control	0%	7.21±0.77 ^a	14.35±0.54 ^a	110.04±0.88 ^a
Commercial		6.74±0.75 ^{ab}	5.34±0.33 ^b	112.89±0.73 ^a
Xanthan Gum	0.5%	5.41±1.15 ^b	6.74±0.75 ^{ab}	103.89±0.73 ^a
Konjac Mannan		4.42±0.67 ^b	7.95±1.08 ^b	102.98±1.02 ^b
Commercial	1%	6.09±0.63 ^b	12.46±0.65 ^b	114.53±0.77 ^b
Xanthan Gum		5.10±0.46 ^b	4.66±0.35 ^c	104.91±0.56 ^{bc}
Konjac Mannan		4.25±0.66 ^b	7.07±0.75 ^b	106.75±1.33 ^c
Commercial	2%	6.36±0.62 ^{ab}	10.86±0.49 ^c	116.33±0.65 ^a
Xanthan Gum		5.41±0.44 ^b	3.71±0.39 ^d	105.49±0.83 ^c
Konjac Mannan		3.91±0.66 ^b	2.26±0.41 ^a	108.66±0.41 ^b

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ ได้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Note: Freezing for 24 hours at -20 °C; Slow thawing for 24 hours at 4 °C; Cooking for 10 minutes at 65±5 °C. ^{a,b} Values followed by different lowercase superscripts in the same row are significantly different from each other ($p<0.05$). ^{ns} Different lowercase superscripts in the same row are non-significantly different ($p\geq 0.05$)

การสูญเสียน้ำหนัก (Drip loss) ของไก่บดผสม CCM และเติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดและระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ดังที่แสดงในตารางที่ 4.3 พบว่าการสูญเสียน้ำหนัก (Drip loss) ของไก่บดผสม CCM กับแซนแทนกัม ทุกระดับความเข้มข้นมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้า ส่วนคอนยัคแมนแนนมีค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม Kim และคณะ, (2019) กล่าวว่าคอนยัคแมนแนน มีข้อเสียคือการสูญเสียค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างปรุงสุก (cooking loss) มากขึ้น ความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำลง รวมทั้งมีค่าความเสถียรของอิมัลชันต่ำ เมื่อพิจารณาค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างปรุงสุก (Cooking loss) ของไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้ามีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนแซนแทนกัมและคอนยัคแมนแนนมีค่าลดลง ซึ่งสามารถยืนยันได้ว่าไฮโดรคอลลอยด์มีความสามารถในการรักษาค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างทำให้สุกของเนื้อไก่บดผสม CCM โดยการเติมไฮโดรคอลลอยด์จะช่วยลดการสูญเสียน้ำระหว่างปรุงสุก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Hong & Chin, (2010) Song และ Moon, (2002) และ Shimizu, (1974) รายงานว่าการเพิ่มระดับความเข้มข้นไฮโดรคอลลอยด์จะช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิต เนื่องจากไฮโดรคอลลอยด์สามารถก่อตัวเป็นเจลที่มีลักษณะยืดหยุ่นและมีความสามารถในการอุ้มน้ำ ซึ่งจะช่วยปรับปรุงหรือแก้ไขจากการก่อตัวของพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bonds) ระหว่างไฮโดรคอลลอยด์และโมเลกุลของน้ำในเมทริกซ์ของเนื้อสัตว์ จึงสามารถช่วยปรับปรุงความสามารถในการกักเก็บน้ำของเนื้อสัตว์ ดังนั้นจึงได้พิจารณาระดับความเข้มข้นที่ 2% ของไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิด (Commercial, Xanthan Gum และ Konjac Mannan) มาใช้ในการศึกษาความคงตัวต่อการแช่เยือกแข็งและการทำละลายซ้ำ และการศึกษาการผลิตผลิตภัณฑ์ไก่บดจากไก่บดผสม CCM ต่อไป

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของเนื้อไก่บดผสมแช่แข็งผสมไฮโดรคอลลอยด์

จากผลของการศึกษาไฮโดรคอลลอยด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ โดยเติมลงในเนื้อไก่บดผสมที่ได้จากการศึกษาในตารางที่ 4.1 (90:10) ที่อัตราความเข้มข้นของไฮโดรคอลลอยด์ 0, 0.5, 1, 2% ตามลำดับ และนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาละลายอย่างช้าที่ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และไปต้มที่อุณหภูมิ 65±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ผลจากวิเคราะห์ค่าสีของไก่บดผสมแช่แข็งผสมไฮโดรคอลลอยด์แสดงดังตารางที่ 4.4 เมื่อนำเนื้อไก่บดไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะวิธีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ค่าสีของเนื้อไก่บดผสมด้วยไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่าง ๆ (ไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้า แชนแทนกัม และคอนยัคแมนแนน) ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์

Treatment	Chicken Mince and hydrocolloids			
	0% (control)	0.5%	1%	2%
FC (L*)	61.22±0.82 ^b	59.63±0.73 ^c	63.60±1.34 ^a	64.35±0.39 ^a
FC (a*)	12.24±0.38 ^{ns}	12.85±0.44 ^{ns}	12.89±1.36 ^{ns}	13.64±1.16 ^{ns}
FC (b*)	13.56±0.87 ^{ab}	14.22±1.09 ^b	14.56±1.91 ^{ab}	15.68±0.61 ^a
FX (L*)	61.22±1.33 ^b	61.99±1.33 ^b	61.64±1.35 ^b	64.83±0.93 ^a
FX (a*)	12.24±0.38 ^{ns}	12.61±0.29 ^b	11.79±1.36 ^b	12.54±0.72 ^b
FX (b*)	13.56±0.87 ^{ab}	14.80±1.71 ^b	14.50±1.08 ^b	16.88±1.79 ^a
FK (L*)	61.22±0.83 ^b	60.49±0.88 ^b	61.22±0.53 ^b	63.41±1.36 ^a
FK (a*)	12.24±0.38 ^{ns}	15.08±0.86 ^a	15.66±0.87 ^a	15.28±0.75 ^a
FK (b*)	13.56±0.87 ^{ab}	14.80±1.71 ^b	14.50±1.08 ^b	16.88±1.79 ^a
TC (L*)	62.16±0.52 ^c	63.57±0.42 ^b	63.78±0.59 ^b	65.30±0.41 ^a
TC (a*)	10.15±0.29 ^c	10.20±0.19 ^{ab}	10.52±0.28 ^b	10.62±0.21 ^a
TC (b*)	12.28±0.55 ^b	12.51±0.88 ^b	12.64±0.81 ^b	13.62±0.60 ^a
TX (L*)	62.16±0.52 ^{ns}	63.84±0.64 ^{ns}	63.90±0.99 ^{ns}	65.99±4.56 ^{ns}
TX (a*)	10.15±0.29 ^a	9.18±0.39 ^{ab}	9.64±0.38 ^b	9.09±1.06 ^b
TX (b*)	12.28±0.55 ^{ns}	12.87±0.43 ^{ns}	12.87±0.43 ^{ns}	13.04±0.53 ^{ns}
TK (L*)	62.16±0.52 ^c	60.09±1.21 ^b	59.74±0.73 ^b	59.15±0.30 ^b
TK (a*)	10.15±0.29 ^{ns}	10.69±0.98 ^{ns}	10.72±0.61 ^{ns}	11.59±1.08 ^{ns}
TK (b*)	12.28±0.55 ^b	13.56±0.43 ^a	13.56±0.43 ^a	13.85±0.48 ^a
CC (L*)	80.22±0.23 ^{ns}	80.68±0.54 ^{ns}	80.75±0.56 ^{ns}	80.79±0.28 ^{ns}
CC (a*)	6.97±0.23 ^{ns}	7.27±1.08 ^{ns}	6.92±0.74 ^{ns}	6.72±0.56 ^{ns}
CC (b*)	13.39±0.19 ^b	13.80±0.37 ^{ab}	14.21±0.59 ^a	13.80±0.44 ^{ab}
CX (L*)	80.22±0.23 ^a	80.61±0.36 ^a	80.33±0.79 ^a	78.86±1.33 ^b
CX (a*)	10.62±0.29 ^a	9.81±0.39 ^{ab}	6.64±0.38 ^b	9.09±1.06 ^b
CX (b*)	13.39±0.19 ^b	13.80±0.17 ^{ab}	14.21±0.26 ^a	13.80±0.20 ^{ab}
CK (L*)	80.22±0.23 ^a	79.55±0.41 ^a	79.04±0.69 ^{ab}	77.93±1.80 ^b
CK (a*)	6.97±0.36 ^b	7.94±0.65 ^a	7.23±0.93 ^{ab}	6.55±0.43 ^b
CK (b*)	13.39±0.19 ^b	14.29±0.36 ^a	14.30±0.43 ^a	14.41±0.33 ^a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Note: FC; Freezing of Commercial, FX; Freezing of Xanthan Gum, FK; Freezing of Konjac Mannan, TC; Thawing of Commercial, TX; Thawing of Xanthan gum, TK; Thawing of Konjac mannan, CC; Cooking of Commercial, CX; Cooking of Xanthan gum, CK; Cooking of Konjac mannan. Freezing for 24 hours at -20 °C. Slow thawing for 24 hours at 4 °C Cooking at 65 °C for 10 minutes. ^{a,b} Values followed by different lowercase superscripts in the same row are significantly different from each other ($p < 0.05$). ^{ns} Different lowercase superscripts in the same row are non-significantly different ($p \geq 0.05$). Data are expressed as mean \pm standard deviation ($n=4$).

สีเป็นอีกคุณสมบัติที่ดีที่ส่งผลต่อการซื้อผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ ซึ่งผู้บริโภคมักจะชอบซื้อเนื้อสัตว์ที่มีสีแดง เนื่องจากมีออกซีไมโอโกลบิน (oxymyoglobin) และเกี่ยวข้องกับรสชาติ (Nelum และคณะ, 2021) ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.4 พบว่าค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้าที่มีระดับความเข้มข้น 2% หลังนำไปแช่เยือกแข็ง (Freezing) มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับทุกอัตราส่วน โดยมีรายงานว่า ค่าความสว่างสูงจะมีปริมาณผลผลิตที่สูง (ตารางที่ 4.3) ดังนั้น ความชื้นที่สูงมากขึ้น (moisture content) อาจเป็นสาเหตุของการเพิ่มค่าความสว่าง (Nelum และคณะ, 2021) นอกจากนี้ ค่าความสว่างอาจจะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของการกระจายน้ำภายในผลิตภัณฑ์ระหว่างแช่แข็ง (Mittal และคณะ 1994) ส่วนค่าสีเหลือง (b^*) จะเพิ่มขึ้นเมื่อเติมไฮโดรคอลลอยด์เพิ่มขึ้น ในขณะที่แซนแทนกัมมีค่าไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ซึ่งค่าความสว่างและค่าความเป็นสีเหลืองจะเป็นไปตามรูปแบบเดียวกันคือ แสดงค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีระดับความเข้มข้นมากขึ้น อาจเป็นเพราะมีค่าความชื้นสูงกว่าตัวอย่างอื่น ๆ ส่งผลให้เกิดการกระเจิงแสงที่เข้มข้นกว่า (Nicomrat และคณะ, 2016) จากนั้นเมื่อนำไปทำละลาย (thawing) พบว่ามีค่าความสว่าง (L^*) สำหรับไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้ามีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น ในขณะที่แซนแทนกัมไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่ในทางตรงกันข้ามคอนยัคแมนแนนจะมีค่าความสว่างลดลง ซึ่งค่าความสว่าง (L^*) ที่ลดลงอาจเกิดจากความสามารถในการกักเก็บน้ำที่ลดลง ซึ่งนำไปสู่การสะท้อนแสงบนพื้นผิวที่ต่ำกว่า (Augustyńska และคณะ, 2018) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้ามีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่คอนยัคแมนแนนไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ส่วนแซนแทนกัมมีค่าลดลง และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้าและคอนยัคแมนแนนมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่แซนแทนกัมไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อพิจารณาหลังการปรุงสุก พบว่าไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้ามีค่าความสว่าง (L^*) ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่แซนแทนกัมและคอนยัคแมนแนนมีค่าลดลง ซึ่งค่าสีและค่าความสว่าง (L^*) ของผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ ได้รับผลกระทบจากของเหลวบนพื้นผิว ความชื้น และส่วนผสมต่าง ๆ ที่เพิ่มเข้ามาเป็นต้น (Kang, Kim และ Rhy, 2003) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) ไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ในขณะที่แซนแทนกัมและคอนยัคแมนแนนมีค่าลดลงเล็กน้อย และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) พบว่าไฮโดรคอลลอยด์ทุกชนิดมีค่าสีเพิ่มขึ้น

4.3 ผลของการศึกษาการแช่เยือกแข็งและทำลายต่อความคงตัวของผลิตภัณฑ์ไก่บดแช่แข็ง

4.3.1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการกักเก็บน้ำ การสูญเสียน้ำหนักของไก่บดผสมแช่แข็ง และทำลายซ้ำ

จากผลของการศึกษาการแช่เยือกแข็งและทำลายซ้ำจำนวน 3 รอบ (Cycle) โดยใช้ไก่บดผสม CCM ที่มีอัตราส่วน 90 : 10 เปอร์เซนต์ และเติมไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิด ได้แก่ ไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้า แซนแทนกัม และคอนยัคแมนแนน ที่ระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซนต์ มาใช้ในการศึกษานี้ และนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาละลายอย่างช้าที่ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จำนวน 3 รอบ และนำไปต้มที่อุณหภูมิ 65 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ผลจากการวิเคราะห์ความสามารถในการกักเก็บน้ำและการสูญเสียน้ำหนักของไก่บดผสมแช่แข็งแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลของการศึกษาการแช่แข็งและละลายซ้ำจำนวน 3 รอบ โดยใช้ไก่บดผสม CCM ที่มีอัตราส่วน 90 : 10 เปอร์เซนต์ และเติมไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดที่ระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซนต์

Treatment	Chicken Mince and hydrocolloids		
	Drip loss	Cooking loss	Cooking Yield
Control	8.17 \pm 1.23 ^a	18.71 \pm 0.92 ^a	119.70 \pm 1.80 ^a
Commercial	7.30 \pm 0.84 ^a	14.62 \pm 0.37 ^b	116.99 \pm 1.05 ^b
Xanthan Gum	4.74 \pm 0.73 ^b	2.87 \pm 0.99 ^c	103.54 \pm 1.65 ^c
Konjac Mannan	4.36 \pm 0.55 ^b	2.51 \pm 0.54 ^c	102.09 \pm 0.36 ^c

Note: Freezing for 24 hours at -20 °C. Slow thawing for 24 hours at 4 °C Cooking at 65 °C for 10 minutes. ^{a,b,c} Values followed by different lowercase superscripts in the same row are significantly different from each other ($p < 0.05$). Data are expressed as mean \pm standard deviation (n=4).

ผลของการศึกษาไก่บดผสมไฮโดรคอลลอยด์ที่ระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซนต์ เพื่อศึกษาความคงตัวต่อการแช่เยือกแข็งและทำลายซ้ำจำนวน 3 รอบ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) จากตารางที่ 4.5 พบว่าค่าการสูญเสียน้ำหนัก (Drip loss) หลังจากการแช่เยือกแข็งสำหรับไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้า (Commercial) มีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแซนแทนกัม (Xanthan Gum) และคอนยัคแมนแนน (Konjac Mannan) ตามลำดับ ซึ่งเกี่ยวข้องกับค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังปรุงสุก (Cooking loss) แต่เมื่อพิจารณาในส่วนนี้ ไม่ว่าจะเป็นกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณผลผลิต (Cooking Yield) พบว่าการเติมไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้ามีค่ามากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับไฮโดรคอลลอยด์ทั้งชนิดอื่น ซึ่งการเติมไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดจะช่วยรักษาค่าความชื้นและปริมาณผลผลิตของเนื้อไก่บดผสม CCM โดยที่ความชื้นและปริมาณผลผลิตในผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ มักจะได้รับผลกระทบจากตัวแปรต่าง ๆ เช่น ส่วนผสม วิธีการปรุง อุณหภูมิ และขนาดตัวอย่าง (Baugreet และคณะ, 2016) ซึ่งในการศึกษานี้ มีวิธีปรุง อุณหภูมิ และขนาดตัวอย่างคงที่ อย่างไรก็ตาม ส่วนผสมที่ใช้มีความแปรผัน เนื่องจากการเติมไฮโดรคอลลอยด์ที่แตกต่างกัน โดยไฮโดรคอลลอยด์สามารถกักเก็บน้ำได้สูง จึงสามารถควบคุมความชื้นในระบบของเนื้อสัตว์ได้ตลอดการแปรรูป การปรุง และการบริโภค เป็นต้น (McArdle และ Hamill, 2011) ซึ่งผลผลิตที่สูงขึ้น จากการศึกษาเป็นข้อบ่งชี้ถึง ประสิทธิภาพในการจับน้ำและกักเก็บน้ำของไฮโดรคอลลอยด์ระหว่างปรุงสุก

4.3.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของไก่บดผสมแช่แข็งและทำละลายซ้ำ

จากผลของการศึกษาค่าสีของไก่บดผสมแช่แข็งที่มีอัตราส่วน 90:10 เปอร์เซ็นต์ และเติมไฮโดรคอลลอยด์ทั้ง 3 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ โดยนำมาทำการแช่แข็ง และละลายซ้ำเป็นจำนวน 3 รอบ (Cycle) มาใช้ในการศึกษานี้ และวัดค่าสีด้วยเครื่อง Chroma meter รุ่น CR400 โดยใช้ระบบ CIE L* a* b* ผลจากการวิเคราะห์ความสามารถในการกักเก็บน้ำและการสูญเสียน้ำหนักของไก่บดผสมแช่แข็งแสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลของการศึกษาค่าสีของการแช่แข็งและละลายซ้ำเป็นจำนวน 3 รอบ โดยใช้ไก่บดผสม CCM ที่มีอัตราส่วน 90 : 10 เปอร์เซ็นต์ และเติมไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิด ที่ระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์

Treatment	Chicken Mince and hydrocolloids			
	Control	Commercial	Xanthan Gum	Konjac Mannan
Freezing (L*)	55.33±1.59 ^b	61.70±1.08 ^a	60.04±1.27 ^a	61.30±1.68 ^a
Freezing (a*)	16.31±0.35 ^a	12.82±0.66 ^a	10.97±0.74 ^c	11.89±0.92 ^b
Freezing (b*)	9.55±1.39 ^c	14.90±1.49 ^a	11.45±0.47 ^b	12.70±0.75 ^b
Thawing (L*)	60.22±0.98 ^b	63.74±0.47 ^{ab}	62.52±0.46 ^b	68.85±7.87 ^a
Thawing (a*)	13.02±0.45 ^a	10.45±0.48 ^b	8.23±1.49 ^c	8.57±1.35 ^c
Thawing (b*)	9.86±0.24 ^c	14.08±0.51 ^a	12.86±1.31 ^b	13.91±0.55 ^a
Cooking (L*)	82.59±10.31 ^a	81.73±1.05 ^a	80.27±10.78 ^b	80.27±10.78 ^b
Cooking (a*)	7.21±0.52 ^a	5.77±1.34 ^b	4.55±0.24 ^c	4.55±0.24 ^c
Cooking (b*)	12.91±0.53 ^a	13.62±0.52 ^a	10.77±0.87 ^b	10.77±0.87 ^b

Note: Freezing for 24 hours at -20 °C. Slow thawing for 24 hours at 4 °C Cooking at 65 °C for

10 minutes. ^{a,b,c} Values followed by different lowercase superscripts in the same row are not significantly different. ^{a,b,c} Values followed by different lowercase superscripts in the same row are not significantly different. ^{a,b,c} Values followed by different lowercase superscripts in the same row are not significantly different.

significantly different from each other ($p < 0.05$).^{ns} Different lowercase superscripts in the same row are non-significantly different ($p \geq 0.05$). Data are expressed as mean \pm standard deviation ($n=4$).

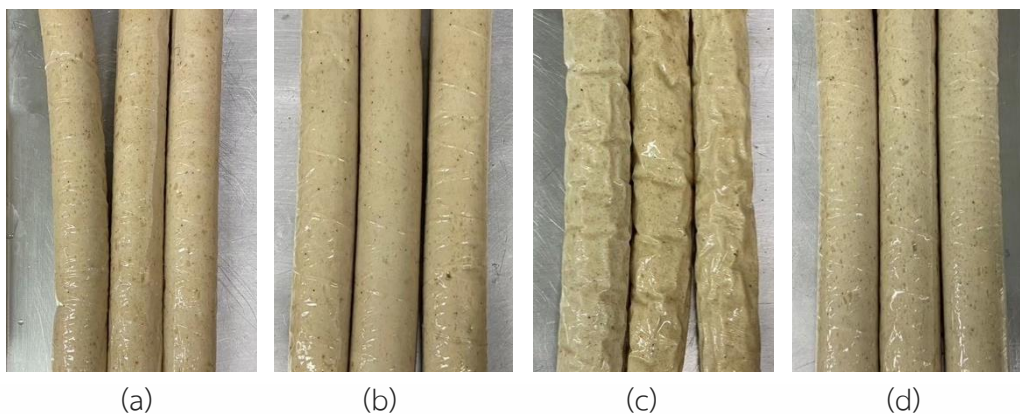
สีเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีความสำคัญต่อผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ที่สามารถบ่งบอกถึงคุณภาพ และช่วยในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค เป็นต้น แสดงผลตารางที่ 4.6 ค่าสีของการแช่แข็งและละลายซ้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อวิเคราะห์ค่าสีหลังการแช่เยือกแข็ง (freezing) พบว่าค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของไก่บดผสม CCM ที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ทั้ง 3 ชนิด มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม เมื่อพิจารณาค่าสีหลังละลาย (thawing) พบว่าคอนยัคแมนแนน (konjac mannan) มีค่าความสว่าง (L^*) มากที่สุด รองลงมาคือไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้า และแซนแทนกัม ตามลำดับ นอกจากนี้การเติมไฮโดรคอลลอยด์ส่งผลให้ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม จากนั้นเมื่อนำไปให้ปรุงสุก (cooking) พบว่าไฮโดรคอลลอยด์ชนิดทางการค้ามีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างมากที่สุด ส่วนแซนแทนกัมและคอนยัคแมนแนนมีค่าไม่แตกต่างกัน และเมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีแดง (a^*) พบว่าการเติมไฮโดรคอลลอยด์ในไก่บดผสม CCM หลังจากผ่านการแช่เยือกแข็ง การทำละลาย รวมทั้งหลังจากการปรุงสุก ส่งผลให้ค่าสีแดงลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม เนื่องจากตัวอย่างควบคุมมีการผสมเนื้อ CCM เพียง 10% เป็นไปตามรายงานของ Kaiqi Weng, (2022) ทำให้พบปริมาณเส้นใยออกซิเดชันที่พบในส่วนของเนื้อส่วนสะโพกเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเส้นใยชนิดนี้จะส่งผลให้เนื้อที่ได้มีสีแดง (a^*) มากขึ้น

4.4 ผลของการศึกษาการผลิตไก่ยอจากไก่บดผสมแช่แข็ง

4.4.1 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของไก่ยอโดยใช้เครื่อง Texture analyzer

จากผลของการศึกษาการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส Texture profile analysis (TPA) โดยใช้เครื่อง Texture analyzer โดยใช้โดยใช้หัววัด cylinder probe P/50 และตั้งค่าการกดเป็นระยะทางร้อยละ 40 ของความสูงในการกดสองครั้งด้วยความเร็วคงที่ 5 มิลลิเมตรต่อวินาที (mm/s); distance 5 mm; trigger type, auto; และ trigger force, 10 g. นำมาใช้ในการศึกษาเนื้อสัมผัสของไก่ยอจากไก่บดผสมแช่แข็งที่มีอัตราส่วน 90:10 เปอร์เซนต์ และเติมไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซนต์ โดยนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65 ± 5 และ 85 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที รายงานค่า hardness, adhesiveness, springiness, cohesiveness และ gumminess ผลจากการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (TPA) ไก่ยอจากไก่บดผสมแช่แข็งแสดงดังตารางที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 ผลิตภัณฑ์ไก่ยอกจากไก่บดผสม CCM ตัวอย่างควบคุม (a) ผลิตภัณฑ์ไก่ยอกจากไก่บดผสม CCM และไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้า (b) ผลิตภัณฑ์ไก่ยอกจากไก่บดผสม CCM และแซนแทนกัม (c) ผลิตภัณฑ์ไก่ยอกจากไก่บดผสม CCM และคอนยัคแมนแนน (d)

ตารางที่ 4.7 ผลของการศึกษาเนื้อสัมผัสของไก่ยอกจากไก่บดผสมแซ่แข็งโดยใช้เครื่องวัด Texture analyzer

Treatment	Meatballs (Chicken Mince and hydrocolloids)			
	Control	Commercial	Xanthan Gum	Konjac Mannan
Hardness	5834.21±306.48 ^a	6408.41±1122.58 ^a	1166.82±274.25 ^c	3547.35±499.53 ^b
Adhesiveness	-35.68±18.17 ^a	-14.53±6.84 ^a	-80.80±12.13 ^b	-127.90±39.24 ^a
Springiness	0.87±0.23 ^a	0.84±0.24 ^a	0.57±0.61 ^c	0.64±0.47 ^b
Cohesiveness	0.43±0.30 ^a	0.43±0.27 ^a	0.25±0.33 ^b	0.28±0.20 ^b
Gumminess	2526.39±293.04 ^a	2767.67±1581.55 ^a	289.90±82.98 ^b	805.04±474.88 ^b
Chewiness	2196.26±296.60 ^a	2327.50±505 ^a	168.38±60.58 ^b	508.26±305.37 ^b

Note: ^{a,b,c} Values followed by different lowercase superscripts in the same row are significantly different from each other ($p < 0.05$). ^{ns} Different lowercase superscripts in the same row are non-significantly different ($p \geq 0.05$). Data are expressed as mean \pm standard deviation ($n=4$).

วิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยใช้ TPA ผลวิเคราะห์แสดงที่ตาราง 4.7 เมื่อเปรียบเทียบไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดที่ใช้ในการผลิตไก่ยอกจากไก่บดผสมแซ่แข็ง ในอัตราส่วน 2 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไฮโดรคอลลอยด์ที่สามารถทำให้เนื้อสัมผัสนุ่มมากที่สุดคือ แซนแทนกัม (Xanthan gum) เพราะการเติมแซนแทนกัม จะช่วยเรื่องความคงตัวของอิมัลชัน และเนื้อสัมผัสให้ดีขึ้น (Lurueña และคณะ, 2004) รองลงมาคือ คอนยัคแมนแนน (Konjac Mannan) และไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้า (Commercial) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมซึ่งกัมต่าง ๆ (Gums) ให้เนื้อสัมผัสที่นุ่มกว่าเนื้อสัตว์เมื่อเปรียบเทียบกับไฮโดรคอลลอยด์อื่น ๆ เนื่องจากมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง (Nelum และคณะ, 2021) เมื่อพิจารณาค่าความแข็ง (hardness) พบว่าไฮโดร

คอลลอยด์ทางการค้ามีค่ามากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่น ๆ และตัวอย่างควบคุม และใน ส่วนค่าการเกาะติดพื้นผิว (Adhesiveness) ยังได้รับอิทธิพลจากการเติมไฮโดรคอลลอยด์ ซึ่งกัมส่วนใหญ่ (เช่น xanthan gum, gellan gum, locust bean gum และ CMC) และคอนยัคแมนแนน (Konjac Mannan) ช่วย เพิ่มความเหนียวหรือการเกาะติดพื้นผิว (Adhesiveness) ในทางกลับกัน ไฮโดรคอลลอยด์ไฮโดรคอลลอยด์ทาง การค้า (Commercial) จะมีค่าการยึดเกาะลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม อาจเนื่องมาจากปริมาณ น้ำและไขมันของตัวอย่างเป็นหลัก (Nelum และคณะ, 2021) ดังนั้นคอนยัคแมนแนนให้ค่าการยึดเกาะมาก ที่สุด ตามด้วยแซนแทนกัม และไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้า เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม นอกจากนี้ ไฮโดรคอลลอยด์เปลี่ยนแปลงค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน (Cohesiveness) ของผลิตภัณฑ์จาก เนื้อสัตว์ได้อย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.7) ซึ่งความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน (Cohesiveness) จะอธิบาย ความแข็งแรงของพันธะภายในตัวอย่าง ซึ่งเกี่ยวกับการเชื่อมโยงข้ามโมเลกุลของโปรตีน (Nelum และคณะ, 2021) ซึ่งค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกันต่ำสุดพบในผลิตภัณฑ์ไก่ยอที่เติมแซนแทนกัม (Xanthan gum) ตามด้วยคอนยัคแมนแนน (konjac Mannan) และค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกันมากที่สุดพบ ในผลิตภัณฑ์ไก่ยอจากไก่บดผสมแซ่แข็งที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้า เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดย ความสามารถในการเกาะตัวรวมกันที่มีคุณภาพต่ำของแซนแทนกัม (Xanthan gum) ที่ไม่ดี อาจจะเป็นสาเหตุที่ ทำให้ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์ไม่ยึดรูปร่างที่ดี (ภาพที่ 4.2) สิ่งนี้แสดงให้เห็นจากขนาดของเส้นผ่าน ศูนย์กลางที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ไก่ยอจากไก่บดผสมแซ่แข็งที่เติมแซนแทนกัมหลังให้ความร้อน ซึ่งมีการลด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กลง ในขณะที่ไฮโดรคอลลอยด์อื่น ๆ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ต่างกันมากนัก ซึ่งในการศึกษาของ Eyiler Yilmaz และคณะ, (2017) ศึกษาเกี่ยวกับความร้อนระดับจุลภาคและคุณภาพของ ไส้กรอก (frankfurters) ไขมันต่ำที่มี คาร์ราจีแนน (Carrageenan) กัวร์กัม (Guar gum) แซนแทนกัม (Xanthan gum) และไคโตซาน (Chitosan) แสดงให้เห็นว่าแซนแทนกัมเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่มีความ เหมาะสมน้อยที่สุด เนื่องจากไม่มีโครงสร้างที่เหมาะสม ดังนั้น ไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้ามีค่าเหมาะสมมาก ที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม รวมทั้งค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ค่าความเหนียวเป็นยาง (Gumminess) และค่าความทนต่อการเคี้ยว (Chewiness) การเติมแซนแทนกัมลงในผลิตภัณฑ์ไก่ยอมีค่าต่ำสุด รองลงมาคือคอนยัคแมนแนน เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม แต่ในขณะที่ไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้ามีค่า ความเหนียวเป็นยางมากที่สุดและใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ซึ่ง คุณสมบัติทางด้านเนื้อสัมผัสมักจะได้รับผลกระทบจากความชื้นและปริมาณไขมัน เนื่องจากสิ่งเหล่านี้เป็น ตัวกำหนดความสามารถในการอุ้มน้ำ (WHC) และความคงตัวของอิมัลชัน (emulsion) โดยทั่วไปแล้ว ไฮโดร คอลลอยด์ช่วยเพิ่มความสามารถในการจับน้ำ (Water-binding capacities) และความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water-holding capacities) ส่งผลให้คุณสมบัติของเนื้อสัมผัสลดลงเล็กน้อย (Kim และคณะ, 2018)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสีและความสามารถในการอุ้มน้ำของไก่ยอกจากไก่บดผสมแซ่แข็ง

จากผลของการศึกษาการวิเคราะห์การวิเคราะห์ค่าสีและความสามารถในการอุ้มน้ำของไก่ยอกจากไก่บดผสมแซ่แข็งที่มีอัตราส่วน 90:10 เปอร์เซ็นต์ และเติมไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิด ได้แก่ ไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้า แซนแทนกัม และคอนยัคแมนแนน ที่ระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ โดยนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65±5 และ 85±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

ตารางที่ 4.8 ผลของค่าสีและความสามารถในการอุ้มน้ำของไก่ยอกจากไก่บดผสมแซ่แข็ง

Treatment	Kai Yor (Chicken Mince and hydrocolloids)			
	L*	a*	b*	WHC (%)
Control	78.17±0.45 ^{bc}	2.58±0.21 ^c	11.93±0.16 ^c	1.40±0.63 ^b
Commercial	78.66±0.46 ^b	3.14±0.18 ^b	12.06±0.31 ^c	1.78±0.78 ^a
Xanthan Gum	82.77±0.60 ^a	2.20±0.13 ^d	13.40±0.33 ^b	0.78±0.22 ^c
Konjac Mannan	77.62±0.28 ^c	4.47±0.11 ^a	13.74±0.14 ^a	1.98±0.80 ^a

Note: Cooking at 65 °C for 10 minutes and 85 °C for 10 minutes. ^{a,b,c} Values followed by different lowercase superscripts in the same row are significantly different from each other (p<0.05). ^{ns} Different lowercase superscripts in the same row are non-significantly different (p>0.05). Data are expressed as mean ± standard deviation (n=4).

สีของผลิตภัณฑ์ไก่ยอมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) จากชนิดและระดับความเข้มข้นของไฮโดรคอลลอยด์ เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างทดลองทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ไก่ยอมีปริมาณเนื้อไก่สะโพกหั่นชิ้น (BLK) ต่อเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่ (CCM) ในระดับเดียวกัน (90:10 โดยน้ำหนัก) ดังนั้นความแตกต่างของสีเหล่านี้เกิดจากชนิดและปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ที่เติมเข้าไป ดังที่แสดงผลในตารางที่ 4.8 พบว่าค่าความสว่าง (L*) ของคอนยัคแมนแนน (Konjac mannan) มีค่าต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมและไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่น ๆ Mittal และ Barbut, (1994) รายงานว่า การเติมแซนแทนกัม (Xanthan gum) ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก (frankfurters) จะเพิ่มค่าความสว่าง (L*) นอกจากนี้ การเติมไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้า (commercial) มีค่าความสว่างใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05) ส่วนค่าสีแดง (a*) ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอพบที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) โดยไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้ามีค่าสีแดงมากที่สุด ตามด้วยคอนยัคแมนแนน ในขณะที่แซนแทนกัมมีค่าสีแดงต่ำที่สุด สำหรับผลิตภัณฑ์ไก่ยอการเติมแซนแทนกัมจะช่วยให้ค่าความสว่างเพิ่มขึ้นแต่สีแดงลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากสารสีแคโรทีนอยด์ (carotenoid pigments) ที่อยู่ในกัมต่าง ๆ (Nelum และคณะ, 2021) นอกจากนี้อาจจะเกี่ยวข้องกับการสูญเสียสีเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของเม็ดสีฮีม โดยเฉพาะไมโอโกลบินเกือบถูกทำให้เสียสภาพที่ช่วง 80-85 องศาเซลเซียส จึงส่งผลให้ค่าสีความเป็นสีแดงลดลง (Liwa, J., 2009) ในส่วนของค่าสีเหลือง (b*) จากการเติมไฮโดรคอลลอยด์ พบว่าไม่ต่างกันใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้ามีค่าสีเหลืองใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมมากที่สุด ซึ่งค่าความสว่างและค่าสีเหลืองเป็นไปตามรูปแบบเดียวกัน คือ การเติมไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้าจะแสดงค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมมากที่สุด

ความสามารถในการอุ้มน้ำ (WHC) เป็นคุณลักษณะด้านคุณภาพที่สำคัญในผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ เนื่องจากมีความสัมพันธ์กับความชุ่มฉ่ำและความสามารถของโปรตีนในการกักเก็บน้ำของผลิตภัณฑ์เหล่านี้ รวมทั้งการสร้างเครือข่ายเจลของโปรตีน (Somayeh และคณะ, 2023) ผลการศึกษาตารางที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่า ความสามารถในการอุ้มน้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แชนแทนกัมมีปริมาณน้ำที่ไม่มีการยืดเหนียวออกน้อยที่สุด ส่งผลให้ค่าความสามารถการอุ้มน้ำ (WHC) เพิ่มสูงขึ้น และมีอิทธิพลที่ดีต่อการลดการสูญเสียน้ำหนักระหว่างให้ความร้อน (Cooking loss) เนื่องจากแชนแทนกัมมีส่วนในการจับน้ำมากขึ้นในช่วงระหว่างให้ความร้อนของการปรุงสุก ซึ่งทำให้ได้ปริมาณผลผลิต (Cooking Yield) เพิ่มสูงขึ้น (Panusorn Choosuk และคณะ, 2020) สามารถสรุปได้ว่า เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของแชนแทนกัม การสูญเสียน้ำจะลดลง และจาก Verbeken และคณะ, (2005) กล่าวว่าปริมาณผลผลิตจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มแชนแทนกัม (ตารางที่ 4.3) ซึ่งเป็นสาเหตุของการผลิตไก่อยที่มีเนื้อที่นุ่มที่สุด แต่ในทางตรงกันข้ามคอนยัคแมนแนนมีปริมาณน้ำที่ไม่มีการยืดเหนียวออกมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม นอกจากนี้ไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้ามีค่า ความสามารถในการอุ้มน้ำใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการศึกษาเกี่ยวกับความคงตัวต่อการแช่เยือกแข็งและทำละลายของเนื้อไก่บดผสมที่ทดแทนเนื้อไก่สะโพกหั่นชิ้น (BLK) ด้วยเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่ (CCM) โดยศึกษาอัตราส่วนการทดแทนเนื้อไก่บดผสมที่เหมาะสม โดยศึกษาร่วมกับการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน พบว่า อัตราส่วนไก่บดผสม CCM มีผลต่อค่าการสูญเสียน้ำหนัก และปริมาณผลผลิต และพบว่าที่อัตราส่วน 90:10% ไม่แตกต่างจากตัวอย่างชุดควบคุม ($p \geq 0.05$) แต่มีค่าปริมาณผลผลิต (Cooking Yield) สูงที่สุด ($p < 0.05$) และมีค่าสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้นเมื่อนำไปปรุงสุก เมื่อนำไก่บดผสมที่อัตราส่วน 90:10 มาเติมไฮโดรคอลลอยด์ทั้ง 3 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่าไฮโดรคอลลอยด์ทุกชนิดที่ระดับความเข้มข้น 2% ช่วยลดค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างปรุงสุก และช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตขึ้น ($p < 0.05$) ซึ่งเป็นผลมาจากความสามารถในกักเก็บน้ำ (water holding capacity) และความสามารถในการจับตัวของน้ำ (water binding ability) ของไฮโดรคอลลอยด์ และพบค่าความสว่างและค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าสีแดง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) และเมื่อนำไก่บดผสม CCM และไฮโดรคอลลอยด์ที่ระดับเข้มข้น 2% ไปศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพที่ผ่านการแช่เยือกแข็งและละลายซ้ำ พบว่าการเติมไฮโดรคอลลอยด์มีผลในการลดค่าการสูญเสีย น้ำหนัก และค่าสูญเสียน้ำหนักระหว่างปรุงสุก รวมทั้งลดปริมาณผลผลิตลงเล็กน้อย ($p < 0.05$) ซึ่งสามารถบ่งชี้ได้ถึง ประสิทธิภาพในการจับน้ำและกักเก็บน้ำของไฮโดรคอลลอยด์ในเมทริกซ์ของเนื้อสัตว์ นอกจากนี้ พบว่าไฮโดรคอลลอยด์ทั้ง 3 ชนิด มีผลทำให้ค่าสีแดงของเนื้อไก่บดผสม CCM ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งและทำละลาย และที่ผ่านการปรุงสุก มีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด ($p < 0.05$) เมื่อนำไก่บดผสม CCM เติมไฮโดรคอลลอยด์ 3 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้น 2% มาผลิตผลิตภัณฑ์ไก่ยอ พบว่าการเติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดทางการค้า มีค่าเนื้อสัมผัส ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ($p \geq 0.05$) ในขณะที่การเติมแซนแทนกัม ส่งผลให้ค่า Hardness, Adhesiveness, Springiness, Cohesiveness, Gumminess และ Chewiness ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และ การศึกษาค่า WHC พบว่าไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้ามีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำใกล้เคียงกับตัวอย่าง ควบคุม ซึ่งเป็นผลมาจากไฮโดรคอลลอยด์สามารถกักเก็บน้ำได้สูง จึงสามารถควบคุมความชื้นในระบบของ เนื้อสัตว์ได้ตลอดการแปรรูป การปรุงสุก และการบริโภคเป็นต้น นอกจากนี้การเลือกใช้อัตราส่วนการทดแทนเนื้อไก่ BLK ด้วย CCM สามารถเลือกใช้อัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์ จากเนื้อไก่บดผสม CCM แช่เยือกแข็ง และยังสามารถช่วยปรับคุณสมบัติต่าง ๆ ของเนื้อไก่บดผสม CCM แช่ เยือกแข็งและผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมได้โดยการเลือกใช้ชนิดและปริมาณของไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมเพื่อให้

ผลิตภัณฑ์สุดท้ายตรงตามความต้องการของผู้ประกอบการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1. การเลือกใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ควรพิจารณาปัจจัยในการเลือกใช้ให้เหมาะสม เนื่องจากไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดมีคุณสมบัติในด้านต่างๆที่แตกต่างกัน

5.2.2. การผลิตผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ควรมีการตรวจวัดค่า pH ซึ่งค่า pH จะช่วยบ่งชี้คุณภาพของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- ชัยณรงค์ คันธพนิต. (2529). วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.
- ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ. 2550. การประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสในอาหาร. วารสารเทคโนโลยีการอาหารอาหาร. มหาวิทยาลัยสยาม ปีที่ 3 ฉบับที่ 1. 2449-2550: 6-13.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2022. การแช่เยือกแข็ง (FREEZING). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.newton-ice.com/knowledge-freezing>. 15 ธันวาคม 2565
- วีไล รังสาดทอง. 2547. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ ครั้งที่ 4. เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ. หน้า 500.
- วีระศักดิ์ ประสงค์ทรัพย์. 2548. คุณภาพซากและคุณสมบัติบางประการของเนื้อไก่พื้นเมือง. บทความย่อปัญหาพิเศษ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิษฐ์. 2536. เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิษฐ์. 2547. ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นโดยการวัดด้วยเครื่องมือกับการทดสอบแบบพับ. ภาควิชาอุตสาหกรรมอาหาร. คณะอุตสาหกรรมอาหาร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สญชัย จตุรสีธา. 2543. “เทคโนโลยีเนื้อสัตว์”. ภาควิชาสัตวศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- วีระศักดิ์ สีพบุตร. 2538. คุณภาพการประกอบอาหารของเนื้อแพะและผลิตภัณฑ์เนื้อแพะสดเสริมด้วยไขมันหมูและเนยขาว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- โสธยา เกิดพิบูลย์. 2565. ปฏิบัติการแปรรูปเนื้อสัตว์ สัตว์ปีก และไข่. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- เอกอนงค์ ฟุ่งลัดดา. 2547. ปัญหาพิเศษ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นโดยการวัดด้วยเครื่องมือกับการทดสอบแบบพับ. ภาควิชาอุตสาหกรรมอาหาร. คณะอุตสาหกรรมอาหาร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- A.M. Pearson and F. W. Tauber. 1984. Processed Meats. Book of Food Science. p.1-17.
- Ahn, DU, FH Wolfe, JS Sim, and DH Kim. 1992. Packaging cooked turkey meat patties while hot reduces lipid oxidation. J Food Sci, 57, pp. 1075-78.
- Allen, C. D., Fletcher, D. L., Northcutt, J. K., & Russell, S. M. 1998. The relationship of broiler breast color to meat quality and shelf-life. Poultry Science, 77(2), 361-366.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Choosuk, P., Damkrut, P., & Pongsawatmanit, R. (2020). Quality modification of the reformed chicken meat using xanthan gum for nugget preparation. In 58. Kasetsart University Annual Conference, Bangkok (Thailand), 5-7 Feb 2020

Damoradan, S. and Paraf, A. Eds; Marcel Dekker, Inc.: New York, NY, 1997; pp. 341-392

Dave Garza, Sandy Clark and James Main. 2010. KitchenPro Series: Guide to poultry Identification, Fabrication, and Utilization Thomas Schneller. Delmar: Cengage Learning.

David E. Clark. 1986. Fresh Ways with Chicken. Menlo Park, California 94025: Lane Publishing Co.

Ding, Y., Wang, S. Y., Yang, D. J., Chang, M. H., & Chen, Y. C. (2015). Alleviative effects of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) flower on lipid peroxidation and protein degradation in emulsified pork meatballs. *Journal of food and drug analysis*, 23(3), 501-508.

Donald M. Kinsman, Anthony W. Kotula, Burdette C. Breidenstein. (1994) Muscle foods: Meat, Poultry and seafood technology. New York: United States of America.

E. Tornberg, Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products, *Meat Science*, Volume 70, Issue 3, 2005, Pages 493-508, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.11.021>.

El-Barody, S. A., Khater, D. F., & Salem, A. M. 2022. Effects of different repeated freeze-thaw cycle processes on the physicochemical quality of chicken meat cuts. *Benha Veterinary Medical Journal*, 41(2), 41-45.

Eyiler Yilmaz, E., Vural, H., & Jafarzadeh Yadigari, R. 2017. Thermal, microscopic, and quality properties of low-fat frankfurters and emulsions produced by addition of different hydrocolloids. *International Journal of Food Properties*, 20(9), 1987–2002.

Fukuda Y, Tarakita Z, Kawamura M, Kakehata K, Arai K. 1982. Denaturation of myofibrillar protein in chub mackerel during freezing and storage. *Nippon Suisan Gakkaishi* 48:1627–1632 (in Japanese with English abstract)

Fennema, O. R. 1973. low temperature Preservation of foods and living matter, Plenum, New York, Ch. 3.

Folk, J. E. (1980). Transglutaminases. *Annual review of biochemistry*, 49(1), 517-531.

Fu, B, and TP Labuza. 1993. Shelflife prediction: theory and application. *Food Control*, 4(3), pp. 125-33.

G.A. Tucker and L.F.J. Woods. 1995. *Enzymes in food Processing*. 2nd ed. Great Britain: The University Press, Cambridge.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การเชิงพาณิชย์ การศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ยืมที่เห็นฉบับนี้จะต้องคืนค่า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งนี้ ขอสงวนสิทธิ์ในการเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Giddings, G.G. 1977. The basis of color in muscle foods. *J. Food Sci.* pp 42, 288-294.
- Gillies, A. R., & Lieber, R. L. (2011). Structure and function of the skeletal muscle extracellular matrix. *Muscle & nerve*, 44(3), 318-331.
- George, R.M. 1993. Freezing process used in food industry. *Trends in Food Science and Technology*. 4, pp. 134.
- GRAHAM R. TROUT. 1989. Color and Bind Strength of Restructured Pork Chops: Effect of Calcium Carbonate and Sodium Alginate Concentration. *Journal of Food Science*. p. 1466-1470
- Gray, J. I.; Pearson, A. M. 1987. Rancidity and warmed-over flavor. In *Advances in Meat Research*, Vol. 3 *Restructured Meat and Poultry Products*; Pearson, A. M., Dutson, T. R., Eds.; AVI, Van Nostrand Reinhold: New York, Chapter 6, pp 221-269.
- Greaser, M. L. 1997. Postmortem changes in muscle extracellular matrix proteins. *Proceed. Recip. Meat Conf.* p.53-59.
- Grujic, R., L. Petrovic, B. Pikula, and L. Amidzic. 1993. Definition of the optimum freezing Rate-1. Investigation of structure and ultrastructure of beef *M. longissimusdorsi* frozen at different freezing rates. *Meat Sci.*,33(3): 301–318.
- Gustavo V. Barbosa-Cánovas, Bilge Altunakar, Danilo J. Mejía-Lorio. 2005. Freezing of fruits and Vegetables An Agri-Business Alternative for Rural and Semi-Rural Areas. Washington State University Pullman, Washington, United States of America: FAO AGRICULTURAL SERVICES BULLETIN .
- Hamm, R. (1986). Functional properties of the myofibrillar system and their measurements.
- Harris, R.S. and Kramer, E. 1975. *Nutrition Evaluation of food Processing*, 2nd ed. Avi Publishing Co. Westport, USA.
- Hasipek S, Aktaş N. The place and importance of chicken meat and egg in human nutrition in our country. *International Poultry Congress*; May 22-25; Istanbul. turquoise p. 26-35.
- Hoffmann, E., Stech, J., Leneva, I., Krauss, S., Scholtissek, C., Chin, P. S., ... & Webster, R. G. (2000). Characterization of the influenza A virus gene pool in avian species in southern China: was H6N1 a derivative or a precursor of H5N1?. *Journal of virology*, 74(14), 6309-6315.
- Hong, G. P., & Chin, K. B. 2010. Evaluation of sodium alginate and glucono- δ -lactone levels on the cold-set gelation of porcine myofibrillar proteins at different salt concentrations. *Meat Science*, 85, 201–209.

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรญาณอุบล โดยสงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าการนำเอกสารนี้ไปใช้หรืออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Huang S.C., C.Y. Shiau, T.E. Liu, C.L. Chu and D.F. Hwang. 2005. Effects of rice bran on sensory and physico-chemical properties of emulsified pork meatballs. *Meat Science*. 70: 613–619.
- Huo, W., Weng, K., Li, Y., Zhang, Y., Zhang, Y., Xu, Q., & Chen, G. (2022). Comparison of muscle fiber characteristics and glycolytic potential between slow-and fast-growing broilers. *Poultry science*, 101(3), 101649.
- Hunt, M. C., Honikel, L., & Puolanne, F. 2012. Fundamental of meat's water holding capacity. [Online]. Available: http://qpc.adm.slu.se/6_Fundamentals_of_WHC/page_32.htm [2012, 20 January]
- Hultin H. 1985. Characteristics of muscle tissue. In: Fennema, O. editor. *Food chemistry*. 2nd ed. New York: Marcel Dekker, Inc. p 725–89.
- Ingr, I. 1989. Meat quality: defining the term by modern standards. *Fleischwirtschaft*, 69,1268-1270.
- Jones, E. P., Mason, S. P., & Rosenfeld, E. (1984). Contingent Claims Analysis of Corporate Capital Structures: An Empirical Investigation. *The Journal of Finance*, 39(3), 611–625. <https://doi.org/10.2307/2327919>
- Katayama, K., Chin, K. B., Yoshihara, S., & Muguruma, M. (2005). Microbial transglutaminase improves the property of meat protein and sausage texture manufactured with low-quality pork loins. *Asian-australasian journal of animal sciences*, 19(1), 102-108.
- Kashiwagi T, Yokoyama K, Ishikawa K, Ono K, Ejima D, Matsui H, Suzuki E (2002) Crystal structure of microbial transglutaminase from *Streptovorticillium mobaraense*. *J Biol Chem* 277:44252–44260 - PubMed – DOI: 10.1074/jbc.M203933200
- Kang, E. Z., Kim, S. Y., & Rhy, C. H. 2003. A study on preparation of wanjajun for cook/ chill system II quality characteristics of wanjajun containing hydrocolloids. *J. Korean Soc. Food Sci.Nutr*, 32, 667–672.
- Kanner, J.1994. Oxidative processes in meat and meat products: Quality implications. *Meat Sci*. p.36, 169-189.
- Kazufumi Zushi, Mai Higashijima. 2022. Correlation network analysis identified the key interactions of texture profiles with the sensory, physical, and organoleptic properties of cherry tomato cultivars grown under salt stress, *Scientia Horticulturae*, Volume 293. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110754>.
- Kenedy, J. C. 2000. *Managing Frozen Foods*. CRC Press. Washington, DC: p .28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ลงนามและได้รับการรับรองจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เพื่อประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Kim, D.H.; Shin, D.M.; Seo, H.G.; Han, S.G. Effects of konjac gel with vegetable powders as fat replacers in frankfurter-type sausage. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 2019, 32, 1195–1204.
- Kim, T. K., Shim, J. Y., Hwang, K. E., Kim, Y. B., Sung, J. M., Paik, H. D., et al. (2018). Effect of hydrocolloids on the quality of restructured hams with duck skin. *Poultry Science*, 97(12), 4442–4449.
- Kuraishi, C., Yamazaki, K., & Susa, Y. (2001). Transglutaminase: its utilization in the food industry. *Food reviews international*, 17(2), 221-246.
- Lampra, D. V., Chandirasekaran, A., Irshad, S. S. and Gopala, K. M., T. R. 2021. Effects of Different Thawing Methods on the pH, Water Holding Capacity, Extract Release Volume and TBA value of Broiler Chicken under Repeated Freeze-thaw Cycles. *International Journal Curr.Microbiology Applied Science* 10(03), 141-149.
- Ledward, D. A.1970. Metmyoglobin formation in beef stored in carbon dioxide enriched and oxygen depleted atmospheres. *J. Food Sci.* p.35, 33.
- Leo M.L. Nollet, Terri Boylston and et al. 2007. *Handbook of meat, poultry and seafood quality*. 1st ed. Danvers: Blackwell Publishing.
- Listrat, A., Lebret, B., Louveau, I., Astruc, T., Bonnet, M., Lefaucheur, L., ... & Bugeon, J. 2016. How muscle structure and composition influence meat and flesh quality. *The Scientific World Journal*, 2016.
- Liwa, J. (2009). *Composition and effect of heating conditions on lipid oxidation of meat from different chicken breeds (Doctoral dissertation)*.
- Lurueña-Martínez, M. A., Vivar-Quintana, A. M. and Revilla, I. 2004. Effect of locust bean/xanthan gum addition and replacement of pork fat with olive oil on the quality characteristics of low-fat frankfurters. *Meat Science* 68 (3): 383-389.
- Lyon, BG, and CE Lyon. 2002. Color of uncooked and cooked broiler leg quarters associated with chilling temperature and holding time. *Poultry Sci*, 81, pp. 1916-20.
- McArdle, R., & Hamill, R. 2011. Utilisation of hydrocolloids in processed meat systems. In *Processed meats: Improving safety, nutrition and quality* (pp. 243–269).
- M.C.; Acton, J. C.; Benedict, R.C., Calkins, C. R.; Comnforth, D. P.; Jeremiah, L. E.; Olson, D.vell, J. W.; Shivas, S. D. Guidelines for color measurement. *Reciprocal Meat Conf.* 233-249.
- Mallett, C. P. 1993a. *Frozen Food. Technology*. Blackie Academic & Professional, UK. p. 339.
- Mateo-Oyague, J. 2001. Estabilidad del color en carne fresca. In: *Memorias del Coloquio*
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบให้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นประโยชน์ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Internacional en Ciencia y Tecnología de la Carne. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, pp. 26- 43.

Matsumoto, J.J.1980.Chemical deterioration of muscle proteins Ch.5.In''Chemical deterioration of proteins'' .J.R.Whtaker and M.Fujimaki (Ed.), p.95.ACS. Symposium Series 123,ACS, Washington,DC.,New York: 95-124

Martin Glicksman, 1987. Utilization of Seaweed Hydrocolloids in the Food Industry. 151: p.31-47.

Martin Glicksman, 1987. Utilization of Seaweed Hydrocolloids in the Food Industry. 151: p.31-47.

Maurer, AJ. 1998. Color and color problems in poultry carcasses and products. University of Minnesota, Avian Research Center, Production Management.
<http://128.101.246.6/avian/SFPC/>

Mielnik, M.B., Aaby, K., Rolfsen, K., Ellekjaer, M.R. and Nilsson, A. 2002. Quality of comminuted sausages formulated from mechanically deboned poultry meat. Meat Science 61: 73-84.

Millar, S., Wilson, R., Moss, B. W., & Ledward, D. A. 1994. Oxymyoglobin formation in meat and poultry. Meat science, 36(3), 397-406.p

Mir, N. A., Rafiq, A., Kumar, F., Singh, V., & Shukla, V. 2017. Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: a review. Journal of food science and technology, 54(10), 2997-3009.

Mittal, G. S. & Barbut S. 1994. Effects of carrageenans and xan- than gum on the texture and acceptability of low fat frank- furters. Journal of Food Processing and Preservation, 18 (3), 201-216. DOI: 10.1111/j.1745-4549.1994.tb00844.x

Mittal, G. S. & Barbut S. (1994). Effects of carrageenans and xan- than gum on the texture and acceptability of low fat frank- furters. Journal of Food Processing and Preservation, 18 (3), 201-216. DOI: 10.1111/j.1745-4549.1994.tb00844.x

Monin, G.; Ouali, A. 1991. Muscle differentiation and meat quality. In "Developments in Meat Science ston Lawrie, 1991, 5, 89-157.Science ston Lawrie. p.5, 89-157.

Montowska, M., & Pospiech, E. (2010). Authenticity determination of meat and meat products on the protein and DNA basis. Food Reviews International, 27(1), 84-100.

Morgan, J. B. 1992. Tenderness problems and potential solutions. In: The Final Report of the National Beef Quality Audit-1991; pp. 180-187.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Motoki, M., and K. Segura. 1998. Transglutaminase and its uses for food processing. *Trends Food Sci. Technol.* 9:204–210.
- Mugler, D. J., & Cunningham, F. E. (1972). Factors affecting poultry meat color—A review. *World's Poultry Science Journal*, 28(4), 400-406.
- Nishimura, T., Hattori, A., and Takahashi, K. 1994. Ultrastructure of the intramuscular connective tissue in bovine skeletal muscle. *Acta Anat.* 151, 250–257.
doi:10.1159/000147671
- Ngoka, D. A., & Froning, G. W. 1982. Effect of free struggle and preslaughter excitement on color of turkey breast muscles. *Poultry Science*, 61(11), 2291-2293.
- Northcutt, JK. 1997. Factors affecting poultry meat quality. The University of Georgia, College of Agricultural and Environmental Sciences, Cooperative Extension Service Publications, URL: <http://www.ces.uga.edu/pubcd/b1157-w.html>. (Date of access: 09/03/04, date of creation: 06/31/97).
- Nelum Pematilleke, Mandeep Kaur, Carleen Tse Rai Wai, Benu Adhikari, Peter J. Torley. 2021. Effect of the addition of hydrocolloids on beef texture: Targeted to the needs of people with dysphagia, *Food Hydrocolloids*, Volume 113, 2021, 106413, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106413>.
- Nicomrat, K., Chanthachum, S., & Adulyatham, P. 2016. Effect of texturizing agents on quality of Moo yor in a model system. *International Food Research Journal*, 23(2), 675–681.
- Nithyalakshmi, V., & Preetha, R. 2015. Effect of cooking conditions on physico-chemical and textural properties of Emu (*Dromaius novaehollandiae*) meat. *International Food Research Journal*, 22(5), 1924.
- Offer, G., Knight, P., Jeacocke, R., Almond, R., Cousins, T., Elsey, J., ... & Purslow, P. 1989. The structural basis of the water-holding, appearance and toughness of meat and meat products. *Food structure*, 8(1), 17.
- Pearce, S. C., V. Mani, L.H. Baumgard, and N. K. Gabler. 2011. Heat stress increases small intestinal permeability and circulating endotoxin in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 89(Suppl. 1):683
- Pierson, M. D.; Collins-Thompson, D. L.; Ordal, Z. J. 1970. Microbiological, sensory, and pigment changes of aerobically and anaerobically packaged beef. *Food Technol.* P.24(10), 1171-1175.

Purslow, P. P., and Trotter, J. A. 1994. The morphology and mechanical properties of

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- endomysium in series-fibred muscles: variations with muscle length. *J. Muscle Res. Cell Motil.* 15, 299–308. doi: 10.1007/BF00123482
- Purslow, P. P. 1989. Strain-induced reorientation of an intramuscular connective tissue network: implications for passive muscle elasticity. *J. Biomech.* 22, 21–31. doi: 10.1016/0021-9290(89)90181-4
- Purslow, P. P. 1999. “The intramuscular connective tissue matrix and cell/matrix interactions in relation to meat toughness,” in *Proceedings 45th International Congress of Meat Science and Technology*, 1-6 August 1999, Vol. 1, Yokohama, 210–219.
- Purslow, P. P. 2005. Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. *Meat Sci.* 70, 435–447. doi: 10.1016/j.meatsci.2004.06.028
- Purslow, P. P. 2010. Muscle fascia and force transmission. *Journal of bodywork and movement therapies*, 14(4), 411-417.
- Purslow, P. P. 2020. The structure and role of intramuscular connective tissue in muscle function. *Frontiers in physiology*, 11, 495.
- Ramaswamy, H.S. and Tung, M.A. 1984. A review on predicting freezing times of foods. *Journal of Food Process Engineering*. 7, pp. 169-203.
- Rathgeber, BM, JA Boles, and DJ Shand. 1999. Rapid postmortem pH decline and delayed chilling reduce quality of turkey breast meat. *Poultry Sci*, 78, pp.477-484.
- Rowe, R. W. D. 1974. Collagen fibre arrangement in intramuscular connective tissue. Changes associated with muscle shortening and their possible relevance to raw meat toughness measurements. *Int. J. Food Sci. Technol.* 9, 501–508. doi: 10.1111/j.1365-2621.1974.tb01799.x
- Rowe, R. W. D. 1981. Morphology of perimysial and endomysial connective tissue in skeletal muscle. *Tissue Cell* 13, 681–690. doi: 10.1016/S0040-8166(81) 80005- 5
- Rowe, R. W. D. 1986. Elastin in bovine Semitendinosus and Longissimus dorsi muscles. *Meat Sci.* 17, 293–312. doi: 10.1016/0309-1740(86)90047-1
- S. ADAPA, K. A. SCHMIDT, I. J. JEON, T. J. HERALD & R. A. FLORES. 2020. MECHANISMS OF ICE CRYSTALLIZATION AND RECRYSTALLIZATION IN ICE CREAM: A REVIEW, *Food Reviews International*, 16:3, 259-271, DOI: 10.1081/FRI-100100289
- Sakamoto, Y. 1996. Histological features of endomysium, perimysium and epimysium in rat lateral pterygoid muscle. *J. Morphol.* 227, 113–119. doi: 10. 1002/(SICI)1097-4687(199601)227
- Schmalbruch, H. 1974. The sarcolemma of skeletal muscle fibres as demonstrated by a

- replica technique. *Cell Tissue Res.* 150, 377–387. doi: 10.1007/BF0022014
- Saha, D., & Bhattacharya, S. 2010. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: A critical review. *Journal of Food Science and Technology*, 47(6), 587–597.
- Sajad Pirsā, Kosar Hafezi. 2023. Hydrocolloids: Structure, preparation method, and application in food industry, *Food Chemistry*, Volume 399.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133967>.
- Seideman, S. C.; Durland, P. R. 1984. The utilization of modified gas atmosphere packaging for fresh meat: A review. *J. Food Qual.* P.6, 239-255.
- Somayeh Taghian Dinani, Nicole Louise Broekema, Remko Boom, Atze Jan van der Goot. 2023. Investigation potential of hydrocolloids in meat analogue preparation, *Food Hydrocolloids*, Volume 135, 2023, 108199, ISSN 0268-005X,
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108199>.
- Song, H. I., Park, C. K., Nam, J. H., Yang, J. B., Kim, D. S., Y, H., et al. 2002. Quality and palatability of beef patty containing gums. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr*, 31, 64–68
- Shui, S. S., Qi, H., Shaimaa, H., Aubourg, S. P., & Zhang, B. (2021). Kappa-carrageenan and its oligosaccharides maintain the physicochemical properties of myofibrillar proteins in shrimp mud (Xia-Hua) during frozen storage. *Journal of Food Science*, 86 (1), 140-148. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15547>
- Smyth, Anne B. and O'Neill, Eileen. 1997. Heat-induced gelation properties of surimi from mechanically separated chicken. *J. Food Sci.* 62: 326-330.
- Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. 1980. *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrial Approach*. 2nd ed. McGraw-Hill. New York. USA
- Suwattitanun, W., & Wattanachant, S. (2014). Effect of various temperature and storage time during process on physical quality and water-holding capacity of broiler breast meats. *Asia-Pacific Journal of Science and Technology*, 19(5), 628-635.
- Sweeten. K.; Cross, H. R.; Smith, G. C.; Smith, S. B. 1990. Subcellular distribution and composition of lipids in muscle and adipose tissues. *J. Food Sci.* P.55, 43 45, 118.
- Tornberg, E. 2005. Effects of heat on meat proteins- Implications on structure and quality of meat product. *Meat Science* 70(3): 493-508.
- Trotter, J. A., and Purslow, P. P. 1992. Functional morphology of the endomysium in series fibered muscles. *J. Morphol.* 212, 109–122. doi: 10.1002/ jmor.1052120203
- Verbeeken, D., N. Neirinck, P. Van Der Meeren, and K. Dewettinck. 2005. Influence of K⁺ on the gelation of myofibrillar proteins. *Journal of Food Science*, 70(1), 10-15.

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- carrageenan on the thermal gelation of salt-soluble meat proteins. *Meat Science* 70: 161-166.
- W. J. MEANS and G. R. SCHMIDT. 1986. Algin/Calcium Gel as a Raw and Cooked Binder in Structured Beef Steaks. *Journal of Food Science*. p. 60-65.
- Warner, R. D. 2023. The eating quality of meat: IV—Water holding capacity and juiciness. In *Lawrie's meat science* (pp. 457-508). Woodhead Publishing.
- Xiong, Y. L. 2017. Structure-function relationships of muscle proteins. In *Food proteins and their applications* (pp. 341-392). CRC Press.
- Yasueda, H., Kumazawa, Y., & Motoki, M. (1994). Purification and characterization of a tissue-type transglutaminase from red sea bream (*Pagrus major*). *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 58(11), 2041-2045.
- Youling L. Xiong, Chi-Tang Ho and Fereidoon Shahidi. 1999. *Quality Attributes of Muscle Foods*. United States of America: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Young O. A. and J. West, (2001). "Meat Color," In: Y. H. Hui, W. K. Nip, R. Rogers and O. Young, Eds., *Meat Science and Applications*, Marcel Dekker Inc., New York, 2001, pp. 39-69.
<http://dx.doi.org/10.1201/9780203908082.ch3>
- Yu, Y. J., Wu, S. C., Chan, H. H., Chen, Y. C., Chen, Z. Y., & Yang, M. T. (2008). Overproduction of soluble recombinant transglutaminase from *Streptomyces netropsis* in *Escherichia coli*. *Applied microbiology and biotechnology*, 81, 523-532.
- Zhi-Xuan Li, Jia-Yu Chen, Yi Wu, Zhong-Ying Huang, Shu-Ting Wu, Yun Chen, Jing Gao, Yong Hu, Chao Huang. 2022. Effect of downstream processing on the structure and rheological properties of xanthan gum generated by fermentation of *Melaleuca alternifolia* residue hydrolysate, *Food Hydrocolloids*, Volume 132.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107838>.



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย



ภาพที่ ก.1 ตู้แช่เยือกแข็ง SANYO SF-C995 (GYN)



ภาพที่ ก.2 ตู้แช่เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก.3 Water bath



ภาพที่ ก.4 เครื่องวัดสี Chroma Meter Konika Minolta รุ่น CR400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

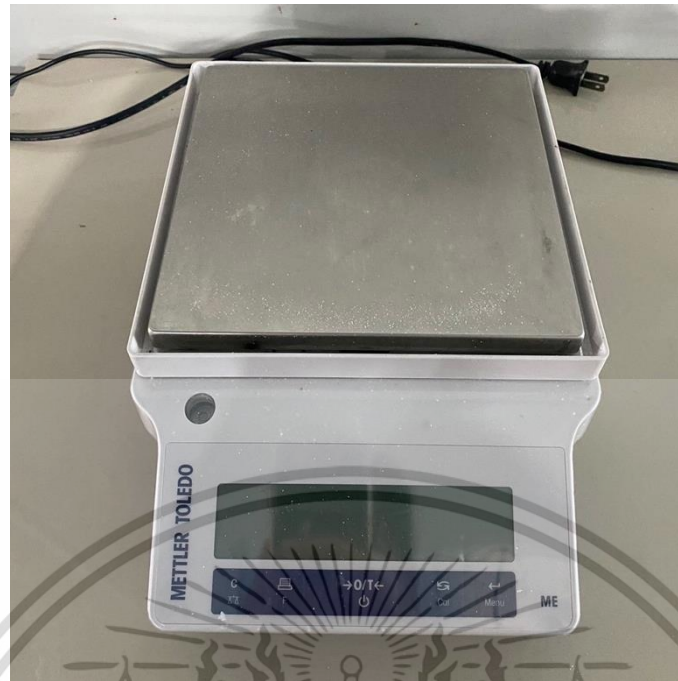


ภาพที่ ก.5 เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส Stable Micro Systems รุ่น TA-XT plus



ภาพที่ ก.6 เครื่องวัดค่า Water holding capacity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก.7 เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง



ภาพที่ ก.8 เครื่องสับผสม (ยี่ห้อ Philips รุ่น HR2120)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก.9 เครื่องบดผสม (ยี่ห้อ Kitchen Mall)



ภาพที่ ก.10 เครื่องอัดคุกกี้ (ยี่ห้อ Bankery Man)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ข.1 ขั้นตอนการทำเนื้อไก่บดผสมที่ทดแทนเนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้น (Boneless Leg Kiriimi; BLK) ด้วยเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่ (Chicken Carcass Meat; CCM) ในการผลิตผลิตภัณฑ์ไก่บดแช่แข็ง

ตัวอย่างควบคุม



ภาพที่ ข.1.1 ชั่งเตรียมวัตถุดิบ



เอกสารนี้เป็นภาพที่ ข.1.2 ทำการบดเนื้อไก่โดยใช้เครื่องบดเนื้อและรองรับไก่บดที่ได้ด้วยก๊าะละมังชนด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

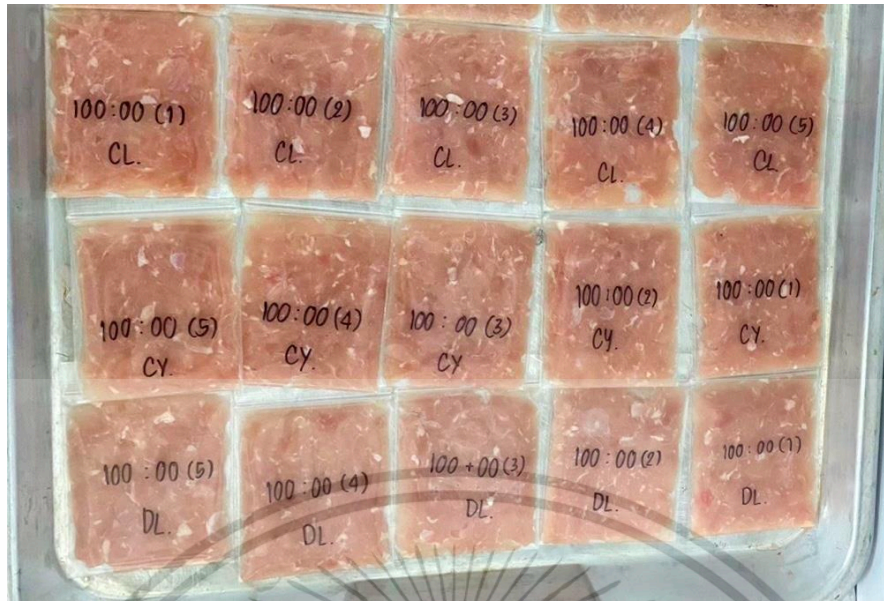


ภาพที่ ข.1.3 เนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้น (BLK) ในอัตราส่วน 100:0



ภาพที่ ข.1.4 แบ่งบรรจุใส่ถุงพลาสติกใสชนิดซิปล็อคขนาด 4 x 6 เซนติเมตร ปริมาณถุงละ 12.5 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข.1.5 นำไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้น นำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ตัวอย่างที่ 1 (ใช้เนื้อที่แยกได้จากโครงไก่ทดแทนเนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้นที่ 10:90%) ตัวอย่างที่ 2 (ใช้เนื้อที่แยกได้จากโครงไก่ทดแทนเนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้นที่ 20:80%) ตัวอย่างที่ 3 (ใช้เนื้อที่แยกได้จากโครงไก่ทดแทนเนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้นที่ 30:70%) ซึ่งมีขั้นตอนการทำทั้งหมดเช่นเดียวกับตัวอย่างควบคุม มีเพียงวัตถุดิบที่แตกต่างคือ ปริมาณเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่ (CCM) เพิ่มขึ้น และเนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้น (BLK) ลดลงตามอัตราส่วนข้างต้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ภาพที่ ข.1.6 วัตถุดิบที่ใช้ในตัวอย่างที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข.1.7 ลักษณะของการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในตัวอย่างที่ 1



ภาพที่ ข.1.8 ลักษณะของการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในตัวอย่างที่ 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ภาพที่ ข.1.9 ลักษณะของการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในตัวอย่างที่ 3

ข.2. ขั้นตอนการทำเนื้อไก่บดผสมที่ทดแทนเนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้น (Boneless Leg Kiriimi; BLK) ด้วยเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่ (Chicken Carcass Meat; CCM) ในอัตราส่วน 90:10% และผสมไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิด (ไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้า แชนแทนกัม และ คอนยัคแมนแนน) ในปริมาณร้อยละ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0

ตัวอย่างควบคุม



ภาพที่ ข.2.1 ซังเตรียมวัตถุดิบ



ภาพที่ ข.2.2 แบ่งบรรจุใส่ถุงพลาสติกใสชนิดซิปล็อคขนาด 4 x 6 เซนติเมตร ปริมาณถุงละ 12.5 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



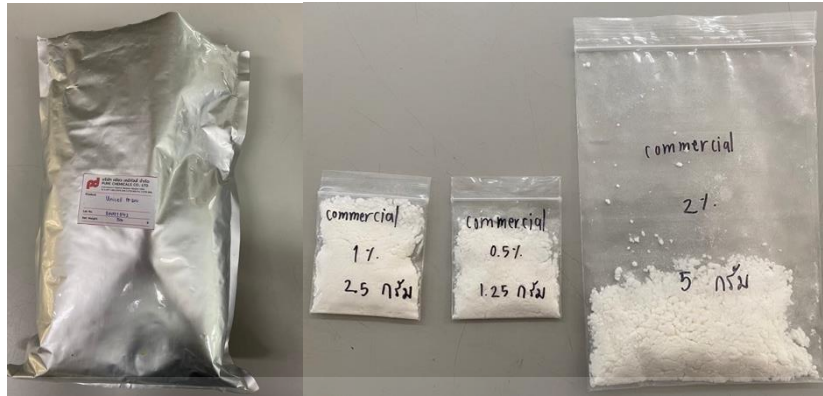
ภาพที่ ข.2.3 นำไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง



ภาพที่ ข.2.4 นำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ใช้เนื้อที่แยกได้จากโครงไก่ทดแทนเนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้นที่ 10:90% ตัวอย่างที่ 1 (ผสมไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้า ในปริมาณร้อยละ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0) ตัวอย่างที่ 2 (ผสมแซนแทนกัม ในปริมาณร้อยละ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0) และตัวอย่างที่ 3 (คอนยัคแมนแนน ในปริมาณร้อยละ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0) ซึ่งมีขั้นตอนการทำทั้งหมดเช่นเดียวกับตัวอย่างควบคุม มีเพียงวัตถุดิบที่แตกต่าง คือ ปริมาณไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิด (ไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้า แซนแทนกัม และคอนยัคแมนแนน) เพิ่มขึ้น

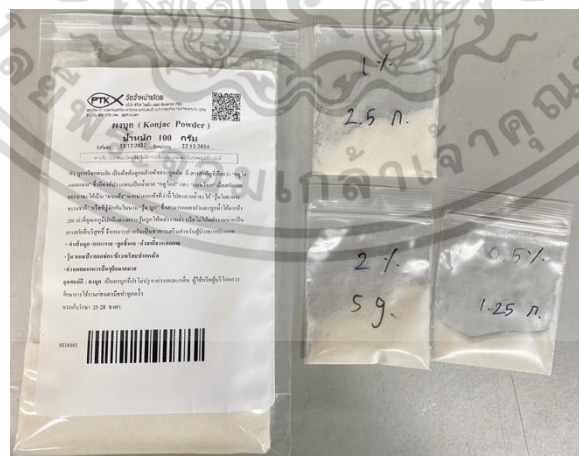
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข.2.5 ไฮโดรคอลลอยด์ชนิดที่1 (ไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้า)



ภาพที่ ข.2.6 ไฮโดรคอลลอยด์ชนิดที่2 (แซนแทนกัม)



ภาพที่ ข.2.7 ไฮโดรคอลลอยด์ชนิดที่3 (คอนยัคแมนแนน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

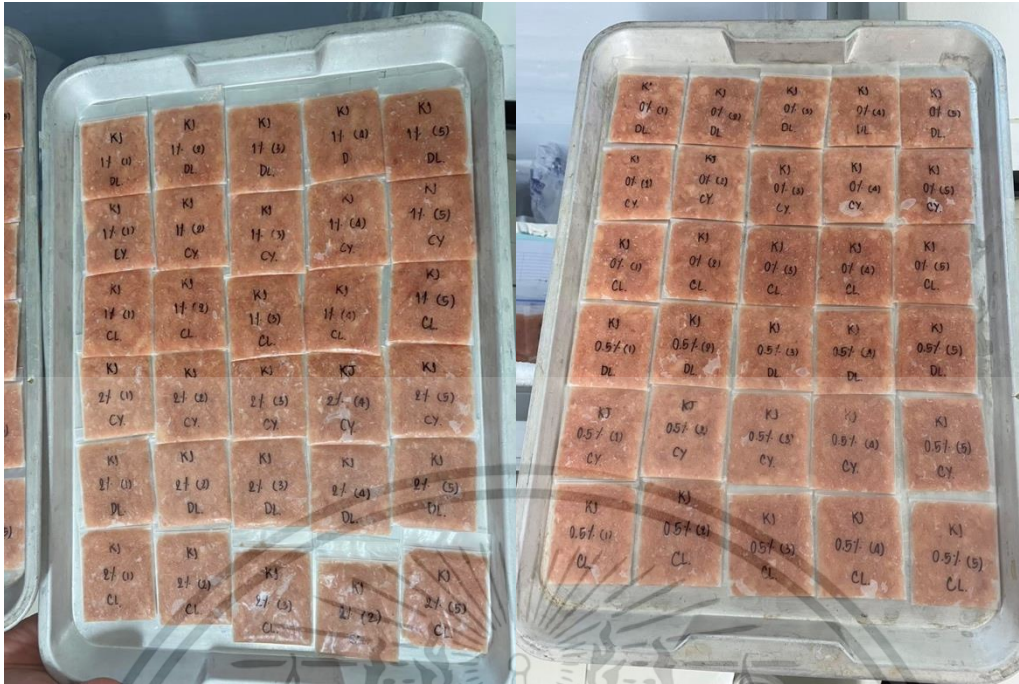


ภาพที่ ข.2.8 ลักษณะของการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในตัวอย่างที่ 1



ภาพที่ ข.2.9 ลักษณะของการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในตัวอย่างที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข.2.10 ลักษณะของการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในตัวอย่างที่ 3

ข.3 ขั้นตอนการทำไก่ออกจากเนื้อไก่บดผสมแช่แข็งที่ทดแทนเนื้อสะโพกไก่หั่นชิ้น (BLK)

ด้วยเนื้อที่แยกได้จากโครงไก่ (CCM) ในอัตราส่วน 90:10% และผสมไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิด (ไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้า แชนแทนกัม และคอนยัคแมนแนน) ในปริมาณร้อยละ 2.0

ตัวอย่างควบคุม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแบบนิ่งเนื้อหาและที่ย่อยลงในเงาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ข.3.1 ชั่งเตรียมวัตถุดิบ



ภาพที่ ข.3.2 นำมาส์บผสม เพื่อเตรียมเป็น batter จากนั้นเติมเกลือ สับผสมนาน 3 นาที



ภาพที่ ข.3.3 เติมน้ำแข็ง ผงพริกไทย ผงชูรส น้ำตาล และกระเทียมจีน จากนั้นสับผสมนาน 3 นาที



ภาพที่ ข.3.4 นำเนื้อไก่สับผสมที่ได้ มาใส่กระบอกดกคูกี้
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนเวลาหรับการเชิงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข.3.5 นำเนื้อไก่อีสบผสมที่ได้ มาอัดใส่ใส่เทียบขนาดกว้าง 2 เซนติเมตร

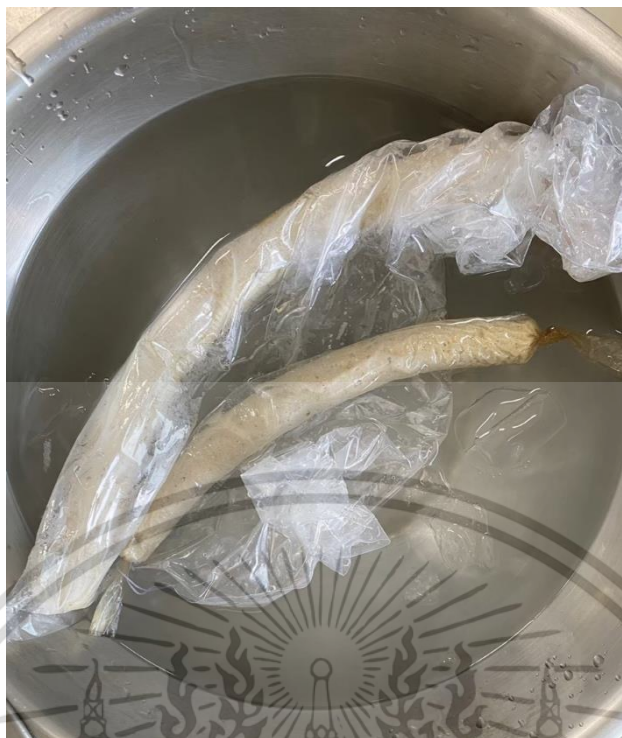


น้ำอุณหภูมิ 63-65 องศาเซลเซียส.

น้ำอุณหภูมิ 83-85 องศาเซลเซียส

ภาพที่ ข.3.6 นำมาใส่ในน้ำอุณหภูมิ 63-65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นใส่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 83-85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข.3.7 นำมาใส่ในภาชนะบรรจุน้ำเย็นอุณหภูมิ 0-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที



ภาพที่ ข.3.8 ลักษณะของไก่อบดผสมตัวอย่างควบคุม และผสมไฮโดรคอลลอยด์ทางการค้า แชนแทนกัม และคอนยัคแมนแนน ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล ชญาน์พัชร ชาติมูลตรี
 วัน เดือน ปีเกิด 16 กันยายน 2543
 ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2566 วิทยาศาสตร์บัณฑิต
 สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อ-นามสกุล สุรดา มิดำ
 วัน เดือน ปีเกิด 30 เมษายน 2543
 ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2566 วิทยาศาสตร์บัณฑิต
 สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อ-นามสกุล อาทิตยา จันทรคลองใหม่
 วัน เดือน ปีเกิด 27 สิงหาคม 2543
 ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2566 วิทยาศาสตร์บัณฑิต
 สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้