ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของการนวดและสารปรุงแต่งต่อคุณภาพเนื้อหมูหมัก

(Effects of tumbling process and sodium bicarbonate on the quality of marinaded meat)

จัดทำโดย

1. น.ส. กุลธิดา กุลสิงห์ รหัสนักศึกษา 44040115
2. น.ส. สกุลดี เอกปัญญาสกุล รหัสนักศึกษา 44040159

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... / เม.ย. ๕๘

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(ผศ. เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20398

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของการนวดและสารปรุงแต่งต่อคุณภาพเนื้อหมูหมัก

(Effects of tumbling process and sodium bicarbonate on the quality of marinaded meat)

จัดทำโดย

น.ส. กุลธิดา กุลสิงห์ รหัสนักศึกษา 44040115

น.ส. สกุลดี เอกปัญญาสกุล รหัสนักศึกษา 44040159

ปพ.
ก726ผ
2547

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....96498
วัน,เดือน,ปี.....

เสนอ

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น.ส. กุลธิดา กุลสิงห์ , น.ส. สกุลดี เอกปัญญาสกุล. 2547. : ผลของการนวดและสารปรุงแต่งต่อคุณภาพเนื้อหมูหมัก (Effects of tumbling process and sodium bicarbonate on the quality of marinaded meat). ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ. เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ , 80 หน้า

การนวดเนื้อจะมีผลต่อคุณภาพของเนื้อ โดยเมื่อเปรียบเทียบการนวดแบบนวด 5 นาทีพัก 10 นาทีแล้วนวดต่อ 5 นาที กับ การนวด 5 นาที พัก 20 นาที แล้วนวดต่อ 5 นาที จะมีผลต่อคุณภาพเนื้อใกล้เคียงกัน โดยการนวดเนื้อแล้วพัก 10 นาที จะทำให้เนื้อ มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงสุดถึง 72.282 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะส่งผลให้เนื้อสูญเสียน้ำหนักเมื่อทำให้สุกเพียง 16.116 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตสุดท้ายและความนุ่มของเนื้อจึงมีค่าเท่ากับ 83.884 เปอร์เซ็นต์ และ 2361.360 กรัม ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเติม โซเดียมไบคาร์บอเนต 2.0 เปอร์เซ็นต์ ลงในเนื้อ พบว่า เนื้อจะมีความสามารถ ในการอุ้มน้ำสูงสุดถึง 77.766 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อที่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ 0, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่า เนื้อจะมีความนุ่มมากที่สุด เพราะ แรงที่ใช้ตัดมีค่าน้อยที่สุด เพียง 1387.600 กรัม เนื้อมีการสูญเสียน้ำหนักเมื่อทำให้สุกเพียง 8.192 เปอร์เซ็นต์และผลผลิตที่ได้มีค่าสูงถึง 91.807 เปอร์เซ็นต์ สำหรับเนื้อบดที่ผสมกับเกลือ 2 เปอร์เซ็นต์ , โซเดียมไตรพอลีฟอสเฟต 0.3 เปอร์เซ็นต์ และน้ำ 20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15, 20 และ 25 ชั่วโมง จะไม่มีผลต่อความแข็งแรงของเจล และเมื่อใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต 2.0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการเติมน้ำ 80 เปอร์เซ็นต์ พบว่า เนื้อบดที่ได้มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงสุดถึง 78.602 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำให้เนื้อบดสุกจะสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดเพียง 15.906 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตของเนื้อบดมีค่าเท่ากับ 84.094 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อวัดค่าความแข็งแรงของเจล พบว่า เจลมีความแข็งแรงที่สุดถึง 195.637 กรัมต่อเซนติเมตร

กุลธิดา กุลสิงห์		
สกุลดี เอกปัญญาสกุล		1 เม.ย 48
ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน / เดือน / ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ ที่ได้ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ได้สละเวลาอันมีค่าคอยให้คำปรึกษา ความรู้ ความเข้าใจ การนำเสนอ และข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง รวมทั้งได้ตรวจแก้ไขรูปเล่มปัญหาพิเศษ จนสำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ และขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ที่ให้คำแนะนำในการใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส เครื่องหมุนเหวี่ยงน้ำความเร็วสูง ร่วมถึง เจ้าหน้าที่ช่างเทคนิค พี่ปริญญาโท เจ้าหน้าที่ของภาควิชาอุตสาหกรรมทุกท่านและเพื่อนทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ

สุดท้ายขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ที่คอยให้กำลังใจตลอดระยะเวลาในการทำปัญหาพิเศษ

นางสาว กุลธิดา กุลสิงห์
นางสาว สกุลดี เอกปัญญาสกุล

23 มีนาคม 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญภาคผนวก	ช
บทที่	
1. บทนำ	1
2. ตรวจเอกสาร	2
2.1 องค์ประกอบทางเคมีของกล้ามเนื้อ	2
2.1.1 โปรตีน	2
2.1.2 ไขมัน	9
2.1.3 คาร์โบไฮเดรต	9
2.1.4 น้ำ	9
2.1.5 เกลือแร่และวิตามิน	11
2.2 คุณสมบัติในการใช้ประโยชน์ของโปรตีน	11
2.2.1 การละลาย (Solubility)	15
2.2.2 การจับกับน้ำมันและไขมัน (Oil and Fat Binding Properties)	15
2.2.3 การเกิดอิมัลชั่น (Emulsification)	15
2.2.4 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity , WHC)	16
2.2.5 การเกิดเจล (Gelation)	18
2.3 การเกิดเจลของโปรตีนในเนื้อสัตว์	19
2.3.1 ความหมายของเจล	19
2.3.2 ลักษณะการฟอร์มเจล	20
2.3.3 กลไกการเกิดเจล	21
2.3.4 ปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนกับน้ำในเจล	26
2.3.5 พันธะที่เกี่ยวข้องกับการเกิดเจล	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเจลของโปรตีนในเนื้อสัตว์ 30
2.4.1 ความแตกต่างของกล้ามเนื้อ 30
2.4.2 ชนิดของโปรตีน 31
2.4.3 ปริมาณของโปรตีน 31
2.4.4 การลดขนาดของวัตถุดิบ 32
2.4.5 เกลือ 32
2.4.6 สารประกอบฟอสเฟต 34
2.4.7 อุณหภูมิและเวลาในการผสม 36
2.4.8 อุณหภูมิที่ใช้ในการทำให้เจลเซ็ทตัวและคงตัว 37
2.4.9 อัตราการให้ความร้อนในระหว่างการทำให้เจลคงตัว 38
2.4.10โซเดียมไบคาร์บอเนต 39
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง 41
3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์ 41
3.2 สารเคมี 41
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง 42
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ 45
4.1 การศึกษาผลของเวลาในการนวดและสารโซเดียมไบคาร์บอเนต ต่อคุณภาพเนื้อ 45
4.1.1 การหาระยะเวลาในการนวดเนื้อ 45
4.1.2 การศึกษาระดับโซเดียมไบคาร์บอเนตต่อคุณภาพของเนื้อ 47
4.2 การศึกษาผลของเวลาในการแช่เย็นและระดับโซเดียมไบคาร์บอเนตต่อคุณภาพเนื้อ 48
4.2.1 การศึกษาผลของเวลาในการแช่เย็นต่อคุณภาพเนื้อหมูบด 48
4.2.2 การศึกษาความสามารถของเนื้อบดในการดูดน้ำ 49
4.2.3 การศึกษาระดับโซเดียมไบคาร์บอเนตที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อหมูบด 50
5. สรุปผลการทดลอง 54
6. ข้อเสนอแนะ 55
7. เอกสารอ้างอิง 56
8. ภาคผนวก 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงลักษณะของโปรตีนกล้ามเนื้อที่ละลายได้	6
2.2 แสดงปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์ชนิดต่างๆ (มิลลิกรัม/100กรัม)	9
2.3 แสดงปริมาณวิตามินที่สำคัญในเนื้อสัตว์ชนิดต่างๆ (กรัม/100กรัม)	10
2.4 แสดง Functional properties of food proteins	11
2.5 แสดง Functional roles of food protein in food systems.	12
4.1 แรงเฉือน (กรัม) ความสามารถในการอุ้มน้ำ(เปอร์เซ็นต์) การสูญเสียน้ำหนักเมื่อทำให้สุก(เปอร์เซ็นต์) และผลผลิตของเนื้อ(เปอร์เซ็นต์) ที่นวดด้วยระยะเวลาต่างๆกัน	45
4.2 แรงเฉือน (กรัม) ความสามารถในการอุ้มน้ำ(เปอร์เซ็นต์) การสูญเสียน้ำหนักเมื่อทำให้สุก(เปอร์เซ็นต์) และผลผลิตของเนื้อ(เปอร์เซ็นต์) ของเนื้อหมักที่มีการเติมปริมาณโซเดียมไบคาร์บอเนตปริมาณต่างๆกัน	47
4.3 ค่าความแข็งแรงของเจลเนื้อหมูบดที่หมักไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆกัน	49
4.4 ความสามารถของเนื้อบดในการดูดน้ำที่ปริมาณระดับต่างๆ	49
4.5 ลักษณะความแข็งของเจล ความสามารถในการอุ้มน้ำ(เปอร์เซ็นต์) การสูญเสียน้ำหนักเมื่อทำให้สุก(เปอร์เซ็นต์) และผลผลิตของเนื้อ (เปอร์เซ็นต์) ที่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนตระดับต่างๆ	50
4.6 ลักษณะของเนื้อบดขึ้นรูปโดยพิจารณาด้วยวิธีเชิงพรรณนา ทางด้านสี ความสดใสและการเกาะตัวกันของเนื้อ	51
4.7 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เติมปริมาณโซเดียมไบคาร์บอเนตแต่ละระดับ	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของไมโอซิน ส่วนที่เป็นหัวกลมและหางยาว และแสดงจุดที่แตกออกเมื่อถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์	6
2.2 โมเลกุลไมโอซินและส่วนฟิลาเมนต์หนา	7
2.2 Shematic diagram of the myosin molecule showing the length and molecular weight of its various subunits	7
2.4 ลักษณะการเกาะจับของน้ำภายในกล้ามเนื้อในรูปแบบต่างๆ	10
2.5 ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติของการใช้ประโยชน์ของโปรตีน	13
2.6 การเกาะกันระหว่างขั้วประจุที่ต่างกันของโมเลกุลโปรตีนและโมเลกุลของน้ำ	18
2.7 Formation of a gel network structure by polymers.	21
2.8 A proposed mechanism for heat-induced gelation of globular proteins.	22
2.9 การเกิดพันธะไฮโดรโฟบิกของกรดอะมิโน	27
2.10 พันธะไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นระหว่างสายโพลีเปปไทด์	29
ง1 เครื่องที่ใช้ในการนวดเนื้อ	71
ง2 บรรจุภัณฑ์ที่ใส่เนื้อสำหรับใส่ในเครื่องนวด	72
ง3 เครื่อง Centrifuge ที่ใช้ในการหาค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ	72
ง4 ลักษณะเนื้อบดและเนื้อที่หั่นเป็นชิ้นที่มีการเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตระดับต่างๆ	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาคผนวก

		หน้า
ภาคผนวก ก	วิธีวิเคราะห์ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ค่าสูญเสียเมื่อได้รับความร้อน และเปอร์เซ็นต์ผลผลิตภายหลังผ่านความร้อน	62
ภาคผนวก ข	วิธีทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยวิธีวัดค่า Hardness และ Shear Force	65
ภาคผนวก ค	การวิเคราะห์ทางกายภาพ	68
ภาคผนวก ง	รูปเครื่องนวดเนื้อและลักษณะเนื้อที่ได้จากการเติมปริมาณโซเดียมไบคาร์บอเนตระดับต่างๆ	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในยุคปัจจุบัน ได้มีขบวนการในการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ขึ้นหลากหลายชนิด จากการใช้เทคโนโลยีทางด้านเคมี ที่มีการเติมสารปรุงแต่งชนิดต่างๆ ในการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัตว์ เพื่อให้เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำ ความเหนียว ความยืดหยุ่น และการเกิดเจลของโปรตีนที่ดี โดยทั่วไปจะมีการใช้เนื้อชิ้นหรือเนื้อบดที่มีการเติม เกลือ สารประกอบฟอสเฟต (โซเดียมไตร-โพลีฟอสเฟต) และสารปรุงรส เช่น น้ำตาล ผงชูรส เครื่องเทศ แล้วนำมานวดคลุกเค้ากับส่วนผสม หลังจากนั้น จะตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง หรืออุณหภูมิตู้เย็น ที่ระยะเวลาหนึ่ง เพื่อให้ส่วนผสมซึมเข้าสู่ชิ้นเนื้อ ซึ่งจะนิยมใช้มากตามร้านค้าในการทำให้เนื้อหมูนิ่มขึ้น เช่น การทำหมูราดหน้า

ดังนั้นปัญหาพิเศษนี้จึงให้ความสำคัญในการศึกษาคุณภาพของเนื้อหมูที่มีการเติมสารโซเดียม-ไบคาร์บอเนต ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติในการลดความเป็นกรดของเนื้อสัตว์หลังการฆ่า ควบคู่ไปกับเวลาที่ใช้ในการนวดและการแช่เย็นของเนื้อหมู

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการนวดของเนื้อหมูชิ้น และเวลาที่ใช้ในการแช่เย็นของเนื้อบด
2. ศึกษาผลของโซเดียมไบคาร์บอเนตต่อคุณภาพเนื้อหมูหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 องค์ประกอบทางเคมีของกล้ามเนื้อ

2.1.1 โปรตีน

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบในเนื้อแดงของวัว สุกร แกะ พบว่ามีส่วนประกอบต่างๆ โดยเฉลี่ยดังนี้ น้ำ 75 เปอร์เซนต์ โปรตีน 18 เปอร์เซนต์ ไขมัน 3 เปอร์เซนต์ แป้ง 12 เปอร์เซนต์ ไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (NPN) 3.5 เปอร์เซนต์ วิตามินและเกลือแร่อีกเล็กน้อย (เยาวลักษณ์ , 2536) องค์ประกอบเหล่านี้จะแตกต่างกันไปตามปัจจัยต่างๆ คือ สายพันธุ์ อายุ อาหารที่ใช้เลี้ยง

โปรตีนจากกล้ามเนื้อแบ่งตามคุณสมบัติในการละลายได้ 3 ประเภท คือ

2.1.1.1 ซาร์โคพลาสมิก โปรตีน (sarcoplasmic protein)

โปรตีนซาร์โคพลาสมิกมีอยู่ประมาณ 30 เปอร์เซนต์ ของปริมาณโปรตีนกล้ามเนื้อทั้งหมด มีคุณสมบัติที่ละลายในน้ำและสารละลายเกลือที่มีความเข้มข้นต่ำ (Ionic strength 0.06) หน้าที่ของโปรตีนซาร์โคพลาสมิก ช่วยทำให้ไขมันและน้ำในไส้กรอกผสมเข้ากันได้ดี (emulsion) โดยทำหน้าที่เหมือนกับ Myofibrillar Protein คือเป็น emulsifier ของไขมัน ในผลิตภัณฑ์ emulsion ที่เกิดจาก Sarcoplasmic protein ที่ความคงตัวน้อยกว่า emulsion จาก Myofibrillar protein แต่มีความคงตัวดีกว่า emulsion จาก connective tissue protein และโปรตีนจำพวกนี้จะตกตะกอนด้วยความร้อนและจะเข้าไปเกาะกับ Myofibrillar protein และเชื่อว่า Sarcoplasmic protein เป็นตัวขัดขวางการเกิดเจล โปรตีนที่สำคัญได้แก่

1) myogen ประกอบด้วยโปรตีนหลายๆ ชนิดรวมกัน มีประมาณเกือบ 20 เปอร์เซ็นต์ ของโปรตีนทั้งหมด ได้แก่ เอนไซม์ในกระบวนการ glycolysis ซึ่งควบคุม aerobic and anaerobic glycolysis โดยทำหน้าที่เปลี่ยน glycogen เป็น lactic acid และ aerobic acid of pyruvate , myokinsase phosphorylase , phopho glyceraldehyde dehydrogenase เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) globulin x เป็นโปรตีนรูปร่างกลมคล้ายกับเอนไซม์ทั่วๆไป บทบาทและหน้าที่ยังไม่แน่ชัด

3) myoglobin เป็นโปรตีน chromoprotein ที่มี heme เป็นองค์ประกอบคล้ายกับ haemoglobin บางทีเรียกว่า haemoglobin ของกล้ามเนื้อ ทำหน้าที่ในการรับ-ส่งออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อ เป็นตัวการทำให้กล้ามเนื้อมีสี สีของเนื้อขึ้นอยู่กับ myoglobin ถึงกว่า 90 เปอร์เซนต์ ที่เหลืออีก 10 เปอร์เซนต์ ขึ้นอยู่กับ haemoglobin โดยทั่วๆไปในกล้ามเนื้อลายพบ myoglobin ไม่มาก พบเพียง 0.1-0.2 เปอร์เซนต์ ของโปรตีนทั้งหมด แต่สำหรับกล้ามเนื้อชนิดที่ต้องทำงานหนักและต้องการพลังงานมากจากกระบวนการ electrotransport system เช่น กล้ามเนื้อหัวใจมี myoglobin อยู่มากเป็นพิเศษ

2.1.1.2 ไมโอไฟบริลลาร์ โปรตีน (Myofibrillar protein)

โปรตีนไมโอไฟบริล คือ โปรตีนในไมโอไฟบริลซึ่งเป็นโครงสร้างของกล้ามเนื้อและทำหน้าที่ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ มีอยู่ประมาณ 55-60 เปอร์เซนต์ ของโปรตีนทั้งหมด ภายหลังจากที่สัตว์ตายโปรตีนชนิดนี้ทำให้เกิดการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อเนื่องจากการหดตัวของกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นระหว่าง rigor mortis โปรตีนชนิดนี้เป็น heat-coagluble protein ซึ้งจะ coaglulate ที่อุณหภูมิ 130-135 องศาฟาเรนไฮต์ มีคุณสมบัติคือ ละลายได้ในสารละลายของเกลือ เช่น สารละลาย KCI 0.6 โมลาร์ คุณสมบัติที่ละลายได้ในเกลือนี้เองที่มีประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมการทำผลิตภัณฑ์เนื้อ โดยการเติมเกลือแกง (Nacl) 2-3 เปอร์เซนต์ ก่อนหรือในระหว่างการบดสับหรือปรุงผสมเนื้อ เพื่อให้เกลือละลายโปรตีนออกจากเนื้อ โปรตีน actin และ ไมโอซิน ที่ละลายหรือถูกสกัดออกมาในขณะที่สับเนื้อกับเกลือแกงนี้จะทำให้เกิดลักษณะเป็น solubilized protein sol หรือ pasteและเมื่อนำไปให้ความร้อน sol จะเปลี่ยนไปเป็น gel (gel-network) ที่มีโครงสร้างโมเลกุลของโปรตีนเป็นรูปตาข่าย (actoไมโอซิน network) ทีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อมีความยืดหยุ่น การเกิดโครงสร้างของเจลนี้เกิดขึ้นเนื่องจากพันธะเชื่อมข้าม (cross-linking) ของ actoไมโอซิน จากพันธะไฮโดรเจน (hydrogen-bonding) ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิต่ำและจากพันธะไฮโดรโฟบิก (hydrophobic-bonding) ซึ่งเกิดขึ้นทีหลังเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โปรตีนที่พบคือ

1) **ไมโอซิน** เป็นโปรตีนของฟิลาเมนต์หนา (thick filament) เป็นโปรตีนชนิด nexameric มีโมเลกุลสายยาว ขนาดใหญ่และมีปริมาณมากที่สุดประมาณ 35- 43 เปอร์เซนต์ของโปรตีนไมโอไฟบริล ไมโอซิน แต่ละโมเลกุลยาว 160 นาโนเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10-13 เซนติเมตร มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 500,000 ดาลตัน แบ่งออกเป็นส่วนหัวและส่วนหาง (ภาพที่ 2.1-2.3) ซึ่งส่วนหัวคือ ส่วน ไมโอซิน light chain (MLC) มีรูปร่างเป็นก้อนกลม เรียกว่า globular

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

head แต่ละหัวมีเอนไซม์ ATPase สามารถเกิดแรงกระทำ (interaction) กับแอกตินได้ เอนไซม์ ATPase สามารถย่อยสลาย ATP ไปเป็น ADP และฟอสเฟตอนินทรีย์ (Pi) MLC ประกอบด้วย โปรตีน 3 หน่วยย่อย (ภาพที่2.3) ดังนี้ ส่วนที่แยกได้ด้วยด่าง เรียก"alkaline light chain (LC-1)" มีน้ำหนักโมเลกุล 20,700-25,000 ดาลตัน ส่วนที่สองคือ ส่วนที่แยกได้ด้วย 5.5'-dithiobis (2-nitrobenzoic acid) เรียกว่า "DTBN light chain(LC-2)" มีหน้าที่เกี่ยวกับ Phospholate โดย kinase แต่หน้าที่ยังไม่ชัดเจน และส่วนสุดท้ายคือ ส่วนที่ละลายในด่าง เรียกว่า "alkaline light chain – 2(LC-3)" และส่วนหางคือ ส่วน ไมโอซิน heavy chain (MHC) ซึ่งมี 2 สายพันรอบซึ่งกันและกัน เกิดเป็นโครงสร้างแบบ แอลฟา-เฮลิกซ์ (α-helix) มีลักษณะเป็นแท่ง (rod shape) แต่ละสายของ MHC มีขนาด 200,000 ดาลตัน และเมื่อใช้ proteolytic enzyme (trypsin) ย่อยไมโอซิน จะได้ 2 ส่วน คือ ส่วนของ heavy meroไมโอซิน (HMM) และส่วนของ light meroไมโอซิน (LMM) ซึ่ง HMM ประกอบด้วยส่วนของ globular head และส่วนต้นของสายแอลฟา-ฮีลิกซ์ ส่วนของ HMM ยังคงมีความสามารถที่จะเกิดแรงกระทำกับแอกติวิตีของเอนไซม์ ATPase ยังคงอยู่ LMM เป็นส่วนที่เหลือแท่งแอลฟา-ฮีลิกซ์ เมื่อย่อยHMM ด้วยเอนไซม์ปาเปน (papain) เกิดเป็นส่วนย่อย 2 ส่วน คือ เอส-1 (S-1) เป็นส่วนก้อนกลมของ globular head และ เอส-2(s-2) เป็นส่วนแท่งแอลฟา-ฮีลิกซ์ ตอนต้น

ไมโอซินเป็นโปรตีนที่มีกรดอะมิโนจำเป็นเช่นไลซีน (Lysine) อยู่สูง จึงจัดได้ว่าเป็นโปรตีนที่มีคุณค่าโภชนาการสูง ซึ่ง ไมโอซิน ถูกกำหนดโดยยีน พบว่าเนื้อไก่มียีน 31 ตัวควบคุมส่วน MHC (Xiong. 1994) และไมโอซิน ยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการเกิดเจลในช่วงการให้ความร้อน ด้วย ไมโอซิน สามารถสกัดให้บริสุทธิ์โดนการตกตะกอนหลายครั้งตามด้วยการละลายในน้ำเกลือที่มีความแรงไอออนสูง สารละลายที่ใช้กันทั่วไปในการสกัดคือ KCI 0.47 โมลาร์ Phosphate 0.1โมลาร์ และ ไพโรฟอสเฟต 0.1 โมล์ ที่ pH6.5

2) actin เป็นโปรตีนของฟิลาเมนต์บาง (thin filament) มีมาก เป็นอันดับที่สองในโปรตีนไมโอไฟบริล มีประมาณ 20-25 เปอร์เซนต์เป็นโปรตีนที่ ติดแน่นกับโครงสร้างของกล้ามเนื้อมากกว่าไมโอซิน แอคตินประกอบด้วย กรดอะมิโนโพรลีน(Proline) จำนวนมาก กรดอะมิโนนี้ประกอบด้วยหมู่อิมิโน(imino group, N-H) ทำให้เกิดการขดพันกันระหว่างโซ่ polypeptide เกิดเป็นโมเลกุลรูปทรงกลม ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง ประมาณ 53.5 นาโนเมตร โมเลกุลรูปทรงกลมนี้ คือ จี-แอกติน (G-actin) หรือ globular actin และเป็นรูปโมโนเมอร์ (monomer form) ของแอคติน แอกตินฟิลาเมนต์ (แอคตินฟิลาเมนต์) เป็นเส้นใยที่เกิดจากจี-แอกตินโมโนเมอร์มาเชื่อมต่อกันตามความยาวเกิดเป็น เอฟ-แอกติน (F-actin หรือ fibrous actin) การเชื่อมต่อกันของจี-แอกตินคล้ายกับไข่มุกที่ร้อยเป็นพวงยาว เอฟ-แอกติน 2 เส้น ซึ่งขดเป็นเกลียวจะพันกันไปมา เกิดเป็นซุปเปอร์ฮีลิกซ์ (super helix) ซึ่งเป็นลักษณะของแอกตินฟิลาเมนต์ เส้นผ่านศูนย์กลางทั้งหมดของแอกตินฟิลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมนต์ยางประมาณ 6-8 นาโนเมตร ไอโซอิเล็กทริกพอยท์ pH = pI คือ สภาวะที่มีประจุไฟฟ้าน้อยที่สุดและการละลายน้อยที่สุด) ของแอกตินประมาณ 4.7 แอกตินมีน้ำหนักโมเลกุล 43 ดาลตัน มีตัวเก็บลำดับอะมิโนแล้วเปลี่ยนไปเป็นพลังงานแอคติน เป็นองค์ประกอบสำคัญในการเกิดโซล (sol) ซึ่งจะเพิ่มความยืดหยุ่น

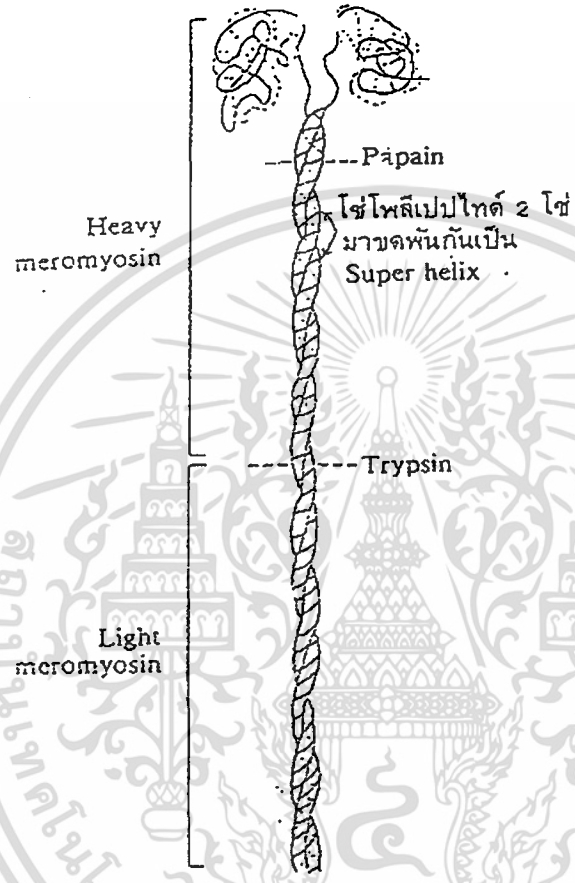
3) **แอคโตไมโอซิน** เมื่อผสมแอกตินและไมโอซินที่บริสุทธิ์ในหลอดทดลองจะเกิดสารเชิงซ้อนแอกโตไมโอซิน ลักษณะของแอกโตไมโอซินจะข้นมากแม้ว่าแอกตินจะไม่มีแอกติวิตีของเอนไซม์แต่มันสามารถเปลี่ยนแปลงแอกติวิตีของ ATPase ของไมโอซินในสารเชิงซ้อนแอกโตไมโอซิน แอกติวิตีของแอกตินที่บริสุทธิ์จะถูกกระตุ้นโดย Ca^{2+} แต่ยับยั้งโดย Mg^{2+} การเกิด cross bridge ระหว่างแอกติน และไมโอซินมีหมู่ SH เกี่ยวข้องอยู่ด้วย สารเชิงซ้อนแอกโตไมโอซินในสภาวะที่เหมาะสม สามารถหดตัวได้และสามารถแยกเป็นแอกตินและไมโอซิน เมื่อมี Mg^{2+} และ ATPase

4) **โทรโปไมโอซิน** เป็นdinamic protein มีประมาณ 8-10 เปอร์เซนต์ ของโปรตีนไมโอไฟบริลประกอบด้วย 2 หน่วยย่อย คือ α-โทรโปไมโอซิน มีน้ำหนักโมเลกุล 34,000 ดาลตัน และβ-โทรโปไมโอซิน มีน้ำหนักโมเลกุล 36,000 ดาลตัน ทั้ง α- และ β- โทรโปไมโอซิน สามารถรวมตัวกันได้เป็น β/β , β/α , α/α โดย α/α (homodimer) มีกรดอะมิโนที่เป็นกรดและเบสเป็นส่วนประกอบจำนวนมากและมีปริมาณโพรลีนต่ำ ซึ่งทำให้มีคุณสมบัติเป็นเส้นใย ในแอกตินฟิลาเมนต์จะมีเส้น โทรโปไมโอซิน พันไปตามผิวนอกของสายโซ่คู่ที่ขดเป็นเกลียวของเอฟ – แอกติน ความยาว 1 โมเลกุลของ โทรโปไมโอซิน เท่ากับ จี – แอกติน 7 โมเลกุล ในแอกตินฟิลาเมนต์ α/α พบมากในเนื้อขาวของกระต่าย ส่วน β/α (hetreodimer) พบมากในเนื้อแดงของกระต่าย (Xing , 1994)

5) **โทรโปนิน** มีอยู่ประมาณ 8-10 เปอร์เซนต์ ของโปรตีนไมโอไฟบริล เป็นโปรตีนชนิดทรงกลม มีปริมาณโพรลีนค่อนข้างสูง ประกอบด้วย 3 หน่วยย่อย คือ โทรโปนิน – C มีน้ำหนักโมเลกุล 18,000 ดาลตัน โทรโปนิน – I มีน้ำหนักโมเลกุล 23,000 ดาลตัน และ โทรโปนิน – T มีน้ำหนักโมเลกุล 37,000 ดาลตัน เช่นเดียวกับ โทรโปไมโอซิน คือวางตัวอยู่ตามร่องของสายโซ่คู่เอฟ – แอกติน และคร่อมบนเส้น โทรโปไมโอซิน หรืออาจอยู่ใกล้ส่วนปลายของโมเลกุลของ โทรโปไมโอซิน ซึ่ง โทรโปนิน จะมีอยู่เป็นระยะๆตามความยาวของ แอกตินฟิลาเมนต์ โทรโปนิน ซึ่งสามารถจับกับ Ca^{2+}และ มีบทบาทสำคัญต่อ การหดตัวของกล้ามเนื้อ สารเชิงซ้อนระหว่าง โทรโปนิน และ โทรโปไมโอซิน รวมกันเรียกว่า " แฟกเตอร์ของการผ่อนคลาย" (relaxing factor) การมีสารเชิงซ้อนนี้อยู่จะห้ามการหดตัวของกล้ามเนื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

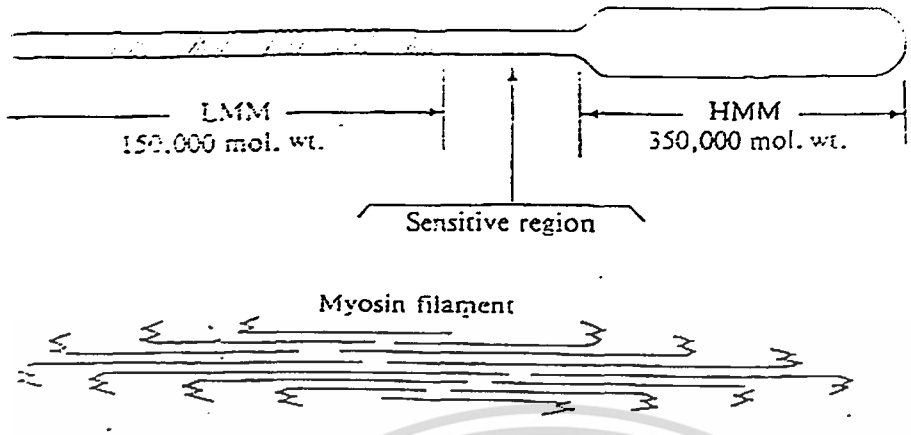
นอกจากนี้ยังมีโปรตีนชนิดอื่นที่พบในเส้นใยกล้ามเนื้อที่ยังไม่ทราบบทบาทที่ชัดเจน แต่เชื่อว่าคงมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหดตัวของกล้ามเนื้อด้วย



ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของไมโอซิน ส่วนที่เป็นหัวกลมและหางยาวและแสดงจุดที่แตกออกเมื่อถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์

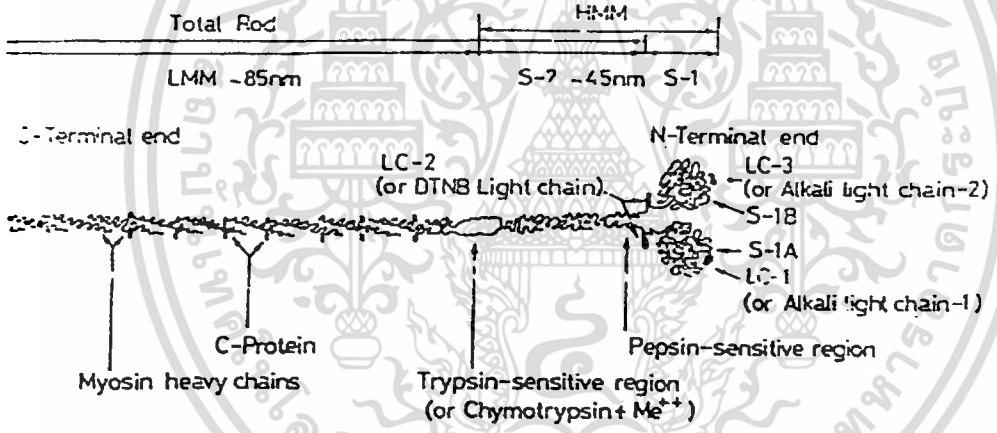
ที่มา : รัชนี ตัณฑะพานิชกุล (2537)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 แสดงโมเลกุลไมโอซินและส่วนฟิลาเมนต์หนา

ที่มา : รัชนี ตัณฑะพานิชกุล (2537)



ภาพที่ 2.3 แสดง Shematic diagram of the ไมโอซิน molecule showing the length and molecular weight of its various subunits.

ที่มา : Asghar ; Samejima and Yasui. (1985)

6) **α – actinin** มีอยู่ประมาณ 2-25 เปอร์เซนต์ ของโปรตีนไมโอไฟบริล มีน้ำหนักโมเลกุล 100,000 ดาลตัน โครงสร้างประกอบด้วย polypeptides 2 สาย เป็นองค์ประกอบหลักของ Z – line ทำหน้าที่ เป็นสารยึด (cementing substance) อยู่ใน Z filament นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่าโปรตีนนี้มีองค์ประกอบส่วนหนึ่งเป็นเอนไซม์ phosphocreatine kinase พบมากใน Z- line ที่ติดกับแอคตินฟิลาเมนต์ และสามารถทำให้เอฟแอกตินเกิดเป็นเจลได้ซึ่งปรากฏการณ์นี้ขึ้นกับอุณหภูมิและผันกลับได้ถ้ามี โทรโปไมโอซิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) **β-actinin** เป็น globular protein อยู่ที่ปลายของ F- actin เชื่อกันว่า โปรตีนนี้มีบทบาทในการกำหนดความยาวของ thin filment โดยรักษาความยาวของแอคตินฟีลาเมนต์ให้อยู่ประมาณ 1 ไมโครเมตรในแต่ละครึ่งของซาร์โคเมียร์ถ้าไม่มี β-actinin แอกตินฟีลาเมนต์ในหลอดทดลองจะมีความยาว 3-4 ไมโครเมตรหรือยาวกว่านี้

8) **C-protein** พบจำนวนเพียงเล็กน้อยโดยจับรวมอยู่กับไมโอซิน เข้าใจว่ามีบทบาทในการรวมกันของโปรตีนไมโอซิน ไปเป็น thick filament

9) **desmin** เป็นโปรตีนที่พบองค์ประกอบที่สำคัญของส่วนที่ไม่ละลายของ Z- line โปรตีนนี้พบเป็นพิเศษในกล้ามเนื้อหัวใจ

10) **tinin** เป็นโปรตีนที่มีขนาดใหญ่ พบมากถึง 5-8 เปอร์เซนต์ ของโปรตีนทั้งหมด พบใน M-line , Z-line และรอยต่อระหว่างแถบมืดและแถบสว่าง หน้าที่ยังไม่ทราบแน่ชัด

11) **M – protein** พบเป็นองค์ประกอบของ M – line

ตารางที่ 2.1 ลักษณะของโปรตีนกล้ามเนื้อที่ละลายได้

คุณสมบัติ	Myofibrillar protein	Sarcoplasmic protein
รูปร่าง	เส้นสาย (fibrous)	ทรงกลม (globular)
น้ำหนักโมเลกุล	สูง 400,000-800,000	ต่ำ 80,000
การละลาย	ไม่ละลายน้ำแต่ละลายในน้ำเกลือ	ละลายน้ำหรือเกลือเจือจาง
Water – binding	สูงมาก	ต่ำ
ความหนืดในสารละลาย	สูง	ต่ำ
การเกิด emulsion	ดีมาก	เล็กน้อย
การฟอร์มเจล	รูปร่างตาข่าย	ตกตะกอน

ที่มา : Acton ; Ziegler and Burge (1983)

2.1.1.3 สโตรมอล โปรตีน (Stromal protein)

มีประมาณ 15 เปอร์เซนต์ ของโปรตีนทั้งหมด เป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างหลักของร่างกายพบอยู่ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน มีคุณสมบัติ คือไม่ละลายในสารละลายใดๆ แต่อาจจะ ละลายได้บ้างในสารละลายเข้มข้นของกรดและเบส ถูกทำให้เสียสภาพ (denature) โดยยูเรียและความร้อน โปรตีนประเภทนี้ได้แก่ อิลาสติน (elastin) เรติคิวลิน (reticulin) ซึ่งไม่ละลายน้ำและไม่เปลี่ยนเป็นเจลาตินเมื่อให้ความร้อน และคอลลาเจน (collagen) ซึ่งมีปริมาณ 20-25 เปอร์เซนต์ ของโปรตีนชนิดนี้และมีปริมาณไฮดรอกซีโพรลีน (hydroxyproline) สูง จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจลาติน ซึ่งเพิ่มความยืดหยุ่นของเนื้อสัมผัสในช่วงการแปรรูปที่อุณหภูมิสูงกว่า 80 องศาเซลเซียส โดยการวัดปริมาณไฮดรอกซีโพรลีน collagen และ reticulin มีคุณสมบัติทางเคมีคล้ายคลึงกันซึ่งช่วยให้เกิด emulsion ในผลิตภัณฑ์เนื้อ collagen และ reticulin จะถูกสกัดออกมาด้วยเกลือที่เติมลงไปในเนื้อ แล้วจึงไปเคลือบเม็ดไขมัน ซึ่งทำให้เกิด emulsion ได้แต่เป็น emulsion ที่มีความคงตัวต่ำมาก เมื่อให้ความร้อน emulsion จาก collagen และ reticulin จะถูก gelatinized ทำให้ไขมันแยกตัวออกมา นับเป็นปัญหาสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้เกิดมันเยิ้มออกมาจากไส้กรอก สำหรับ elastin นั้นเป็นโปรตีนที่ unreactive จึงไม่ถูกสกัดออกมาและมีผลน้อยมากกับการผลิตไส้กรอกและไม่มีส่วนช่วยในการเกิด emulsion ในไส้กรอก

2.1.2 ไขมัน

มีอยู่ประมาณ 12-20 เปอร์เซนต์ ของน้ำหนักของสัตว์ที่มีชีวิต โดยกระจายอยู่ตามส่วนต่างๆของร่างกาย สัตว์ต่างชนิดกันมีจำนวนไขมันไม่เท่ากันและมีความแตกต่างในชนิดของกรดไขมัน เช่น ไขมันของโค กระบือ จะมีกรดไขมันอิ่มตัวสูงกว่าไขมันสุกร

2.1.3 คาร์โบไฮเดรต

มีเพียงเล็กน้อย ได้แก่ เม็ดไกลโคเจนและไกลโคโปรตีน ปริมาณของไกลโคเจนในสัตว์ก่อนฆ่า มีความสำคัญต่อคุณภาพของเนื้อและอายุการเก็บรักษาเนื้อ

2.1.4 น้ำ

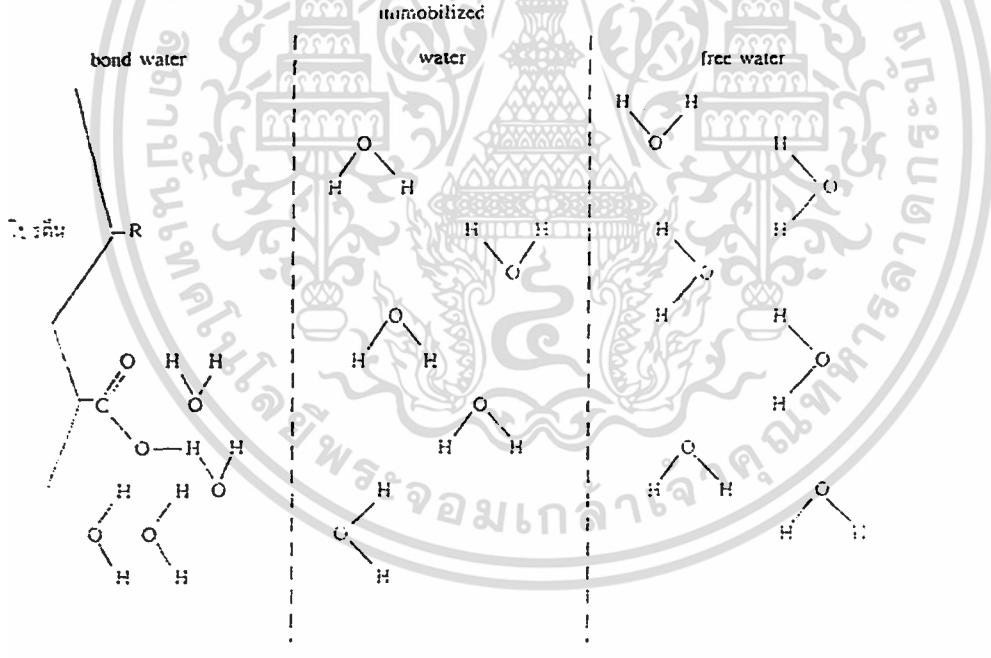
เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเนื้อสัตว์ พบว่าเนื้อสัตว์จะมีน้ำอยู่ประมาณ 50- 75 เปอร์เซนต์ ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของสัตว์ อายุและชนิดของกล้ามเนื้อ ปริมาณน้ำมีความสัมพันธ์กับความชุ่มน้ำ ความนุ่มและรสชาติของเนื้อนั้นๆ และมีผลต่อคุณภาพเนื้อในระหว่างการเก็บรักษาไม่ว่าจะเป็นลักษณะการแช่เย็น การแช่แข็งหรือการทำแห้ง ปริมาณของน้ำในเนื้อจะเป็นสัดส่วนกลับกับปริมาณไขมันเสมอ นักวิทยาศาสตร์รายงานว่าในเนื้อสดปริมาณน้ำในเนื้อ 70 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในไมโอไฟบริล 20 เปอร์เซนต์ อยู่ในซาร์โคพลาส-ซึมและเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน 10 เปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของน้ำในเนื้อมี 3 แบบคือ

2.1.4.1 **Bound water** (น้ำที่ถูกตรึง) คือ น้ำซึ่งเกาะแน่นอยู่กับโปรตีนโมเลกุลโดยเกาะอยู่กับส่วนที่มีประจุและกลุ่มที่มีขั้ว (polar group) ของโปรตีนในลักษณะที่เรียงกันเป็นชั้นเดียว (Monolayer) และมีบางส่วนจับกับกลุ่มไฮโดรฟิลิก เรียงต่อกันออกมาเป็นชั้นๆ มีประมาณ 4-5 เปอร์เซนต์ น้ำส่วนนี้ถูกขับออกมาได้ยากมาก แม้จะทีแรงภายนอกมากระทำก็ตาม

2.1.4.2 **Immobilized water** (น้ำที่ถูกจำกัดการเคลื่อนที่) คือ น้ำที่ถูกกักอยู่ระหว่างชั้นของโปรตีน เป็นน้ำส่วนที่ถูกตรึงด้วยประจุไฟฟ้าของโมเลกุลของโปรตีน กล่าวคือ น้ำส่วนนี้อยู่ห่างจากประจุไฟฟ้าบนโมเลกุลของโปรตีนออกมามากกว่าน้ำส่วนแรก ดังนั้นน้ำส่วนนี้จึงถูกดึงดูดด้วยประจุไฟฟ้าของโปรตีนด้วยแรงที่อ่อนกว่าน้ำส่วนที่ถูกตรึง น้ำส่วนนี้จะถูกขับออกจากกล้ามเนื้อได้ง่ายกว่าส่วนแรกแต่ละถูกขับออกมาได้มากหนือน้อยขึ้นกับแรงภายนอกที่มากระทำต่อกล้ามเนื้อ และสถานภาพของโปรตีนที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและกายภาพของกล้ามเนื้อภายหลังจากสัตว์ตายแล้ว



ภาพที่ 2.4 ลักษณะการเกาะจับของน้ำภายในกล้ามเนื้อในรูปแบบต่างๆ

ที่มา : Forrest ; Aberte; Hedrick ; Judge and Merke. (1975)

2.1.4.3 **Free water** (น้ำที่เป็นอิสระ) คือน้ำที่อยู่ในลักษณะที่เป็นของเหลว กล่าวคือไหลได้อย่างอิสระภายในเนื้อเยื่อสัตว์ น้ำในซาร์โคพลาสซึมหรือน้ำระหว่างชั้นของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน น้ำพวกนี้คือ ส่วนที่แยกหรือระเหยได้ง่าย น้ำส่วนนี้เป็นส่วนที่อยู่ไกลที่สุดจากประจุไฟฟ้าบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมเลกุลของโปรตีน ดังนั้นจึงถูกดึงดูดด้วยแรงที่อ่อนมาก ที่ยังคงอยู่ภายในเนื้อได้ก็เพราะแฝงอยู่ตามรูพรุนในก้อนเนื้อบ้าง ถูกยึดอยู่ด้วยแรงตรึงผิวบ้าง น้ำส่วนนี้จะถูกขับออกจากกล้ามเนื้อง่ายที่สุด

2.1.5 เกลือแร่และวิตามิน

แร่ธาตุในเนื้อที่สำคัญ ได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก โพแทสเซียม โซเดียม และแร่ธาตุอื่นๆ อีกในปริมาณเล็กน้อย แสดงดังในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์ชนิดต่างๆ (มิลลิกรัม/100กรัม)

	Na	K	Ca	Mg	$P(P_2O_5)$	Cl
เนื้อสุกร	60	400	10	30	200	50
เนื้อวัว	40	400	10	20	200	50
เนื้อไก่	80	350	10	40	200	85
เนื้อแกะ	80	400	10	-	180	-

ที่มา : Niinivaara and Antila (1972)

เนื้อสัตว์มีวิตามินเป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณที่น้อยมาก แต่เนื้อสัตว์เป็นแหล่งที่ให้วิตามินบีที่สำคัญหลายชนิดโดยเฉพาะ ไทอามิน ไนอาซีน และไรโบฟลาวิน ในสุกรพบว่าวิตามินบีเป็นองค์ประกอบที่สำคัญและเนื้อไก่มีปริมาณไนอะซินอยู่สูง ดังแสดงในตารางที่ 2.3

2.2 คุณสมบัติในการใช้ประโยชน์ของโปรตีน

ผู้บริโภคชื่นชอบอาหารโดยพิจารณาจากลักษณะปรากฏ สี รสชาติและเนื้อสัมผัส ซึ่งโปรตีนสามารถทำให้เกิดคุณสมบัติเหล่านี้ได้ เช่น การเซ็ทตัวเมื่อได้รับความร้อนของไข่ขาว การเกิดอิมัลชั่นของโปรตีนเนื้อสัตว์ เป็นต้น โปรตีนให้คุณค่าทางโภชนาการและมีคุณสมบัติต่างๆที่มีบทบาทในกระบวนการผลิต การแปรรูปอาหารและในระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้โปรตีนยังเป็นสารที่มีความสามารถในทำปฏิกิริยากับสารประกอบอื่นๆ ดังนั้นการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์โปรตีนต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติการใช้ประโยชน์หรือคุณสมบัติทางหน้าที่ (functional properties) ของผลิตภัณฑ์โปรตีนนั้น อาหารแต่ละชนิดต้องการโปรตีนที่มีคุณสมบัติการใช้ประโยชน์ต่างกัน เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มต้องการคุณสมบัติการละลาย ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ส่วนใหญ่ต้องการคุณสมบัติที่ช่วยทำให้เกิดการยึดหยุ่น ความสามารถในการอจับน้ำและน้ำมัน คุณสมบัติในการเป็นอิมัลชั่น และคุณสมบัติในการเกิดเจล ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติทางฟิสิกส์เคมี และโครงสร้างของโปรตีน เช่น ขนาด รูปร่าง กรดอะมิโนที่เป็นส่วนประกอบ ลำดับการเรียงตัวของกรดอะมิโน ประจุสุทธิ เป็นต้น โปรตีนทีเป็นทรงกลมที่พบมากในโปรตีนในอาหารหลายๆชนิดมีส่วนที่ไม่ชอบน้ำ 40-50 เปอร์-เซนต์ ซึ่งการมีส่วนที่ชอบและไม่ชอบน้ำจะเป็นตัวกำหนดหน้าที่การใช้ประโยชน์ของโปรตีน เช่น เช่น ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความแข็งแรงของอิออน (ionic strength) การเกิดพันธะกับส่วนประกอบอื่นๆ ปริมาณเกลือ ปริมาณฟอสเฟตและอุณหภูมิที่ใช้

ตารางที่ 2.3 ปริมาณวิตามินที่สำคัญในเนื้อสัตว์ชนิดต่างๆ (กรัม/100กรัม)

ชนิดของวิตามิน	เนื้อสุกร	เนื้อวัว	เนื้อไก่	เนื้อแกะ
A	20	20	80	10
2B1	800	200	200	200
B2	200	200	200	200
Niacin	4500	4500	7000	5000
B6	500	400	500	300
Pantothenic acid	1000	1000	900	600
Folic acid	7	10	30	9
B12	1	20	0.5	2.5
C	2000	1500	5000	1000
D	1	-	-	-

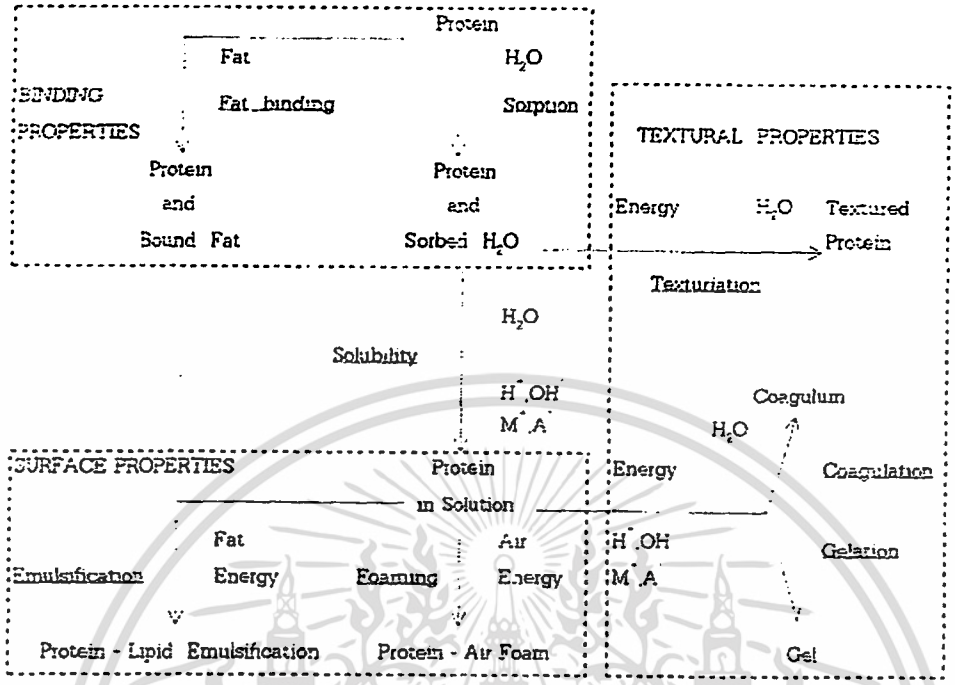
ที่มา : Niinivaara and Antila (1972)

หน้าที่ของโปรตีนสามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ

1. คุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับผิวหน้าของโปรตีน (surface – related properties)
2. คุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับขนาดและรูปร่างของโปรตีน (hydrodynamic properties)

คุณสมบัติเหล่านี้ทำให้โปรตีนทำหน้าที่ในอาหารได้แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติของการใช้ประโยชน์ของโปรตีน

ที่มา : Pomeranz (1958)

ตารางที่ 2.4 Functional properties of food proteins.

Surface – related properties	Hydrodynamic properties
Solubility	Viscosity
Wetability	Thickening
Dispersibility	Gelation
Foaming	Texturization
Emulsification	
Fat and Flavor binding	

ที่มา : Damodaran (1994)

ผลิตภัณฑ์ที่มีโปรตีนเป็นส่วนประกอบในปริมาณมากมักจะต้องการคุณสมบัติการใช้ประโยชน์ของโปรตีนซึ่งจะแตกต่างกันตามชนิดของผลิตภัณฑ์นั้นๆ โดยผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดอาจต้องการเพียงคุณสมบัติทางการใช้ประโยชน์ของโปรตีนเพียงคุณสมบัติเดียวหรือมากกว่า ดังแสดงในตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 แสดง Functional roles of food protein in food systems.

Function	Mechanism	Food system	Protein source
1. Solubility	Hydrophillicity	Beverages	Whey proteins
2. Viscosity	Water binding, Hydrodynamic, size ,shape	Soups, gravies, salad dressing	Whey protein, egg proteins.
3. Water binding	H-bonding, ion, hydration	Meat sausages, cake, bread	Muscle protein, egg proteins
4. Galation	Water entrapment and immobilization, network	Meats, gel, cakes, bakeries, cheese	Muscle protein, egg and milk proteins
5. Cohesion / Adhesion	Hydrophobic, ionic and H-bonding	Meats, sausages, pasta, baked goods	Muscle protein, egg proteins, Whey proteins
6. Elasticity	Hydrophobic bonding, disulfide. Cross-links	Meat, bakery	Muscle proteins
7. Emulsification	Adsorption at interfaces film formation	Sausages, bologna, soup, cakes, dressing	Muscle protein, egg proteins, milk proteins
8. Foaming	Interfacial adsorption, film formation	Whipped topping, ice cream, cakes, dressing	egg proteins, milk proteins
9. Fat and flavor binding	Hydrophobic bonding, entrapment	Simulated meats, bakery, doughnuts	Milk protein, egg proteins

ที่มา : Damodaran (1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรตีนในเนื้อสัตว์ในผลิตภัณฑ์อาหารให้คุณสมบัติทางการใช้ประโยชน์ต่างๆ ดังนี้

2.2.1 การละลาย (Solubility)

การละลายของ โปรตีนเป็นสภาวะของความสมดุล ระหว่างพันธะโปรตีน กับโปรตีนและโปรตีนกับสารละลาย ซึ่งเกิดปฏิกิริยาของelectrostatic และ hydrophobic ของโมเลกุลโปรตีน การละลายของโปรตีนเป็นการละลายแบบ colloidal ทำให้เกิดการกระเจิงแสงได้ ซึ่งโปรตีนอาจจะละลายได้ทั้งหมดหรือละลายบางส่วน หรือไม่ละลายเลยก็เป็นได้ การละลายเป็นคุณสมบัติทางการใช้ประโยชน์ที่สำคัญของโปรตีนเนื่องจากใช้ในการกำหนดสภาวะที่เหมาะสมในการแยกโปรีตนและยังเป็นคุณสมบัติที่ต้องคำนึงถึงเป็นอันดับแรกที่จะนำมาใช้ในการปรับปรุงส่วนผสมของโปรตีนที่ใช้ นอกจากนี้ยังใช้เป็นดัชนีในการบ่งชี้ถึงความสามารถในการนำไปใช้ประโยชน์ของโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติการใช้ประโยชน์อื่นๆ เช่น ความสามารถในการจับน้ำ การเกิดฟอง การเกิดอิมัลชั่นและการเกิดเจล

2.2.2 การจับกับน้ำมันและไขมัน (Oil and fat binding properties)

ความสำคัญของ คุณสมบัติการจับกับไขมัน ขึ้นกับชนิดของอาหาร เช่น อิมัลชั่น ไส้กรอก การจับกับไขมันโดย ส่วนประกอบอื่นๆ ในอาหาร เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ซึ่งจะมีผล ต่อเนื้อสัมผัส และคุณ- ภาพด้านอื่นๆของผลิตภัณฑ์ การจับกับไขมันของโปรตีนขึ้นกับ ชนิดของโปรตีน สภาวะการแปรรูป ส่วนประกอบของส่วนผสม ขนาดชิ้นเนื้อ อุณหภูมิ โดยการที่โปรตีนสามารถจับกับไขมันได้คือ ใช้ส่วนที่ไม่มีขั้วหรือส่วนที่ไม่ชอบน้ำ

ในผลิตภัณฑ์ อิมัลชั่น เม็ดไขมันจะถูกล้อมรอบ ด้วยโปรตีน แต่การจับกับไขมัน ไม่ใช่แค่โปรตีนมีการล้อมรอบเท่านั้นแต่ยังเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีด้วย โปรตีนที่ไม่ละลายและมีส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) สูงสามารถจับกับน้ำมันได้สูงซึ่งเมื่อมีการจับกันแล้วยากที่จะสกัดได้ด้วยสารสกัด

2.2.3 การเกิดอิมัลชั่น (Emulsification)

อิมัลชั่นประกอบด้วยของเหลวชนิดหนึ่งกระจายตัวอยู่ในของเหลวอีกชนิดหนึ่งซึ่งรวมตัวกันไม่ได้ของเหลวที่กระจากตัวเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะเห็นจุดเล็กๆ น้ำมันและไขมัน ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถรวมตัวกับน้ำได้จึงสามารถทำให้เกิดอิมัลชั่น การทำให้อิมัลชั่นคงตัวต้องมีสารตัวที่สามเป็นตัวเชื่อม เรียกสารตัวนี้ว่าemulsifying agent หรือ emulsifier หรือ surface active agent โมเลกุลของ emulsifying agent ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ hydrophilic portion (water loving) และlipophilic portion (fat loving)

การเกิดอิมัลชั่นเป็นกระบวนการที่สำคัญในการผลิตอาหารทั่วๆไป ขนาดของหยดไขมันมีได้ตั้งแต่ 0.2-50 ไมโครเมตร อิมัลชั่นเป็นส่วนผสมของส่วนประกอบหลายๆอย่างของเม็ดไขมัน อาหารที่เป็นอิมัลชั่นมี 2 ประเภท คือ O/ W (oil in water) เป็นลักษณะครีมและ W/O (water in oil) เป็นลักษณะไข ความสามารถของโปรตีนในการเป็นอิมัลชั่น คือ โปรตีนสามารถทำให้เกิดเป็นเนื้อเดียวกันและคงความเป็นเนื้อเดียวกันได้ การเกิดอิมัลชั่นคือโปรตีนจับตัวกับไขมันและคาร์โบไฮเดรตและสามารถคงตัวอยู่ได้

อาหารที่มีความต้องการคุณสมบัตินี้ของโปรตีน เช่น ผลิตภัณฑ์นม ซึ่งต้องการความเป็นเนื้อเดียวกันของสี ความรู้สึกเมื่อสัมผัสในปาก (mouth feel) รสชาติและการละลาย ส่วยผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีการลดขนาดและผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อื่นๆ ต้องการเรื่องความคงตัวของอิมัลชั่นคือ การที่ไขมันไม่มีการรวมตัวกันเมื่อได้รับความร้อน

2.2.4 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity , WHC)

Water holding capacity (WHC) ในอาหารคือความสามารถในการเก็บรักษาน้ำไว้โดยน้ำที่เก็บรักษาไว้ได้เป็นน้ำที่มีอยู่แล้วในวัตถุดิบและน้ำที่เติมในระหว่างการผลิตโดยจะเก็บไว้ได้เมื่อมีแรงมากระทำ เช่น แรงกด แรงเหวี่ยง หรือการให้ความร้อน WHC เป็นสมบัติทางกายภาพและสามารถป้องกันไม่ให้น้ำออกมาจากโครงสร้าง 3 มิติของโปรตีนได้

ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนของเนื้อสัตว์พบว่าโปรตีนมีเพียง 18-20 เปอร์เซนต์ แต่สามารถทำให้น้ำในเนื้อส่วนที่เหลืออีก 70-75 เปอร์เซ็นต์ มายึดเกาะอยู่ได้แล้วยังมีความสามารถในการอุ้มน้ำที่เติมจากภายนอกเข้ามาไว้ในตัวมันได้อีกในกระบวนการผลิต เช่น ผลิตภัณฑ์อิมัลชั่น หรือการผลิตลูก-ชิ้นและหมูยอ โดยมีการเติมน้ำลงไปอีกถึง 20-30 เปอร์เซนต์ ของปริมาณเนื้อที่ใช้

เนื้อสัตว์ที่มีคุณสมบัติของการอุ้มน้ำที่ไม่ดีจะมีการสูญเสียน้ำ เช่น การเก็บซากในห้องเย็น ถ้าโปรตีนในเนื้ออุ้มน้ำไว้ไม่ดีจะมีการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อและเมื่อมาทำให้สุกพบว่าปริมาณน้ำที่สูญหายไปในระหว่างกระบวนการผลิตสูง และเนื้อค่อยข้างแห้งกระด้างไม่ชวนบริโภค ในผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

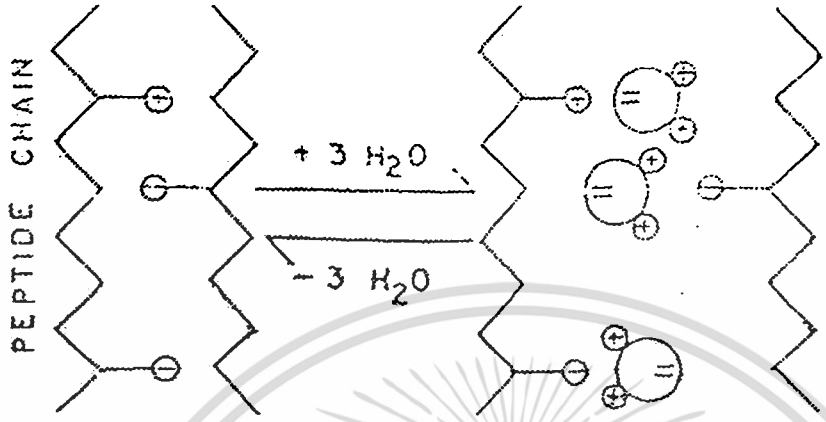
ภัณฑ์อิมัลชั่นจะทำให้เกิดการแยกตัวของไขมัน น้ำและโปรตีนทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพต่ำและมีลักษณะอ่อนนิ่ม

โปรตีนแต่ละชนิดจะมีความสามารถในการยึด (binding) น้ำได้แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นกับ degree of hydration ของโปรตีนเอง ซึ่งเกิดจาก hydration ของ polar side chains หรือ hydration bonding ซึ่ง H^{+} (slightly positive hydrogen) จะถูกประจุลบของออกซิเจนและไนโตรเจนยึดจึงทำให้โมเลกุลของน้ำติดอยู่ระหว่าง folds หรือ coils และที่ผิวของโปรตีนได้ นอกจากนี้ยังเกิดจากอิออนที่ผิวของโปรตีนซึ่งยึดกับน้ำได้โดย electrostatiction และอาจเกิดการรวมตัวกันเป็น ice berg ขึ้นรอบๆ hydrophobic group โดยทั่วๆไปโปรตีน 1 กรัมจะยึดกับน้ำได้ประมาณ 0.2-0.5 กรัม degree of water binding ของเนื้อขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ การให้ความร้อน การแช่แข็ง การบดสับ การแตกสลายตัวของโปรตีน โดยการย่อยสลาย ซึ่งเกิดจากการใช้ความร้อนหรือเอนไซม์จากธรรมชาติหรือจากเชื้อจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลง pH โดยการเติมกรดหรือด่าง ซึ่ง hydration จะต่ำที่สุดที่ pH เท่ากับ pI ของโปรตีน การเติมเกลือและ สารประกอบฟอสเฟต การเกิด ionization ซึ่งทำให้เกิดการเพิ่ม-ลด หรือ การเปลี่ยนแปลงอิออน การเคลื่อนย้ายอิออนนี้เองมีผลทำให้เกิดsalt formation ทำให้โปรตีนถูก ionized เพิ่มขึ้น จึงทำให้เกิด hydrogen bonding ซึ่งสามารถยึดโมเลกุลของน้ำ (holding water molecules) ไว้ได้ นอกจากนี้การที่กล้ามเนื้อเกิดการเกร็ง (rigor mortis) มีผลทำให้ pH ของเนื้อสัตว์ที่ได้รับการเลี้ยงดูอย่างดีลดลงถึง 5.5 ซึ่งใกล้เคียงกับ pI ของ แอคโตไมโอซินเป็นผลทำให้ hydration ของเนื้อลดลงจะเห็นได้จากการต้มเนื้อหมูระหว่างการเกิด rigor mortis ทำให้เนื้อสูญเสียน้ำออกมามาก แต่เมื่อ rigor mortis ผ่านพ้นไป pHจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โปรตีน จะมี negative ions มากกว่า internal zwitterions จึงทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของอิออนได้อีก ทำให้มีผลต่อ hydration การเกาะตัวของน้ำและโปรตีนในกล้ามเนื้อ โดยส่วนใหญ่แล้วพบเกาะอยู่กับกลุ่ม structural protein ถึง 65 เปอร์เซนต์ พบเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำจะเกาะติดกับกลุ่ม globular protein ส่วนที่เหลือประมาณ 30 เปอร์เซนต์ นั้นน้ำจะเกาะอยู่กับกลุ่ม water soluble nonprotein

การที่โปรตีนของกล้ามเนื้อสามารถจะดูดจับกับน้ำได้ก็เป็นเพราะคุณสมบัติความมีขั้วของ R group จากภาพที่ 2.6 แสดงให้เห็นถึง การเกาะกันระหว่างโมเลกุลของน้ำ และกลุ่ม R ของกรดอะมิโนบนเปปไทด์ของโปรตีนโดยจะหันขั้วไฟฟ้าที่มีประจุต่างกันเข้าหากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

96498



ภาพที่ 2.6 การเกาะกันระหว่างขั้วประจุที่ต่างกันของโมเลกุลโปรตีนและโมเลกุลของน้ำ
ที่มา : Hamm (1975)

โดยปกติน้ำถูกักในช่องว่างแมททริกส์ ในกรณีที่โครงสร้างแมททริกส์ไม่มีเส้นใยโปรตีนบาง (thin filament) จะเกิดการสูญเสียโครงสร้าง โดยเส้นใยโปรตีนหนา (thick filament) จะรวมตัวกัน นอกจากนี้การกำจัดโทรโปไมโอซิน หรือโทรโปไมโอซินก่อให้เกิดการสูญเสียโครงสร้างของโปรตีนมีผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะแห้ง ปริมาณโทรโปไมโอซิน ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีการจับกับน้ำซูริมิ มีปริมาณตั้งแต่ 1-6 เปอร์-เซนต์ของโปรตีนทั้งหมด ซูริมิที่ปราศจาก โทรโปไมโอซินจะมีปริมาณน้ำเพียง 16 กรัม / กรัมของโปรตีน ในขณะที่ปริมาณสูงสุดเท่ากับ 60 กรัม / กรัมของโปรตีน ดังนั้นถ้าขาด โทรโปไมโอซิน ซูริมิจะมีลักษณะเปราะไม่เหนียว (Lanier , 1986)

2.2.5 การเกิดเจล (Gelation)

คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ทางด้านเนื้อสัตว์ มักจะกล่าวถึงการเกิดเจลของโปรตีนในเนื้อสัตว์เป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากการเกิดเจลส่งผลให้เกิดความเหนียว ความยืดหยุ่นและความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์

กลไกการเกิดเจลเริ่มจากโปรตีนเกิดการคลายตัว (protein unfolding) เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ30-40 องศาเซลเซียส เช่นเมื่อทำการปั่นผสมเนื้อสุกรบดกับเกลือในเครื่องผสม (mixer) จะส่งผลให้โปรตีนเกิดการคลายตัว หลังจากนั้นโปรตีนจะมาจับเรียงตัวกันใหม่ระหว่างโปรตีนกับโปรตีน เกิดการสานตัวเป็นร่างแหที่มีลักษณะข้นหนืดแต่ยังไม่คงตัว ลักษณะข้นหนืดที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียกว่า " sol " ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 45-55 องศาเซลเซียส และลำดับสุดท้ายของการเกิดเจลคือ โปรตีนจะเกิดเป็นโครงร่างสามมิติ (three – dimention network) ที่มีความอยู่ตัวเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 70 องศา-เซลเซียส (Xiong and Brekke , 1990) เจลที่ได้จากโปรตีนเนื้อสัตว์ในลักษณะนี้จะไม่สามารถกลับไปเป็นลักษณะเดิมได้อีก (thermo-irreversible gels) เมื่อได้รับความร้อน ซึ่งจะแตกต่างจากพวก agar หรือ gelation ที่สามารถกลับไปเป็นลักษณะเกิดได้ (thermo-reversible gels) คือจะหลอมเหลวเมื่อได้รับความร้อน

2.3 การเกิดเจลของโปรตีนในเนื้อสัตว์

2.3.1 ความหมายของเจล

เจล คือ โปรตีนรวมตัวกันโดยเป็นโพลิเมอร์กับโพลิเมอร์และโพลิเมอร์กับสารละลายที่สมดุลกันฟอร์มตัวเป็นตาข่าย

เจล คือ เป็นการเชื่อมกันระหว่างหน่วยโครงสร้างเพื่อให้เป็นโครงสร้างตาข่ายที่ป้องกันการไหลของของไหล (ณรงค์, 2538) เจลเป็นกระบวนการผลิตพื้นฐานที่เกิดขึ้นในการผลิตอาหารหลายชนิด เช่น ผลิตภัณฑ์นม เนื้อ ปลา ผลไม้ และขนมอบ เป็นต้น

เจลแมททริกส์ (Gel metrix) คือ การเชื่อกัน การรวมกันที่อิ่มตัวในสารละลายที่เป็นส่วนต่อเนื่อง โปรตีนที่มีมวลโมเลกุลสูงและมีกรดอะมิโนที่มีหมู่ hydrophobic สูงจะให้เจลที่แข็งแรงเพราะจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อน การเพิ่มหมู่ SH , S-S ระหว่างการเสียสภาพของโปรตีนทำให้โครงสร้างตาข่ายจับกันแข็งแรงขึ้นะหว่างการให้ความร้อนจะทำให้พันธะ SH แยกกันและ S-S เจอกันโดยโปรตีนเกิดการคลายตัว ซึ่งความแข็งแรงของเจลขึ้นกับขนาดและรูปร่างของสายโพลิเปปไทด์มากกว่าส่วนประกอบทางเคมี เช่น ค่าเฉลี่ยของมวลโมเลกุลองกรดอะมิโนจะเท่ากับสแคว์รูทของความแข็งแรงของเจล และน้ำหนักโมเลกุลโปรตีนที่สามารถเกิดเจลได้ต้องมีไม่ต่ำกว่า 23,000 ดาลตัน

การเกิดเจล (gelation) คือ

- ปรากฏการณ์ที่โปรตีนเรียงตัวประสานกันอย่างมีแบบแผนเกิดเป็นโครงสร้างร่างแห 3 มิติโดยมีโมเลกุลของน้ำระหว่างร่างแหเหล่านั้น (ภาพที่ 1) เจลที่ได้มีความสามารถอุ้มน้ำได้ดี ทำให้เกิดเนื้อสัมผัสที่มีความยืดหยุ่น ความสามารถในการเกิดเจลเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของซูริมิและผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์โดยการเกิดเจลที่ดีควรมีเนื้อสัมผัสที่ยืดหยุ่นสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การคลายตัวของโปรตีนและมีการจับกันใหม่ที่จุดเฉพาะเพื่อฟอร์มตัวเป็นโครง-ร่างตาข่าย 3 มิติ

- การคลายตัวของโปรตีนเป็นการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างโปรตีนระดับที่ 2 ซึ่งการคลายตัวอาจมาจากการให้ความร้อน การมีกรด ด่าง ยูเรีย การเกิดโครงร่าง 3 มิติเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนกับโปรตีนและโปรตีนกับสารละลาย (น้ำ) โมเลกุลเกิดพันธะระหว่างกันจึงเกิดเป็นโครงร่างตาข่าย

- การเปลี่ยนจากโปรตีนดั้งเดิมไปเป็นโปรตีนเสียสภาพ ซึ่งทำให้เกิดเป็นพันธะระหว่างโปรตีนกับโปรตีน การเสียสภาพของโปรตีนไม่ใช่แค่การคลายตัวของสายโปรตีนเท่านั้น แต่ยังเกิดการจัดเรียงตัวใหม่ ของกรดอะมิโนที่เป็น aromatic ring กรดอะมิโนบางตัว เช่น ทริปโตเฟน สามารถเปลี่ยนจากการมี hydrophobic ปานกลางไปเป็นที่มีขึ้นมากขึ้นระดับการเสียสภาพของโปรตีนเป็นสิ่งจำเป็นในการเกิดเจล

2.3.2 ลักษณะการฟอร์มเจล

ลักษณะการฟอร์มเจลแบ่งเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

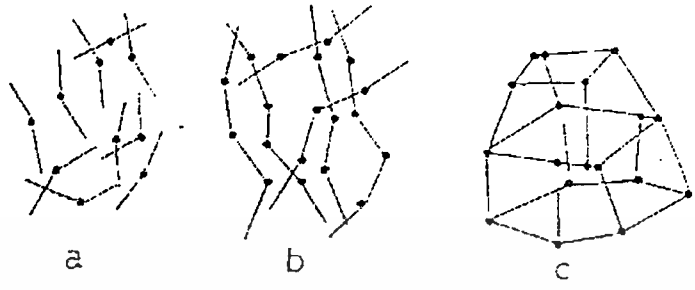
2.3.2.1 coagulum-type gel เกิดกับโปรตีนที่มี non-polar residue ภายใต้การตกตะกอนอย่างอิสระโดยเกิด hydrophobic interaction ซึ่งเจลจะมีความยืดหยุ่นและมี WHC ต่ำ และไม่สามารถกลับไปเป็นเหมือนเดิมได้เมื่อได้รับความร้อน (Thermo- irreversible gel) เช่น การเกิดเจลของเนื้อสัตว์

2.3.2.2 translucent gel เกิดกับพวกโปรตีนที่มี non-polar เหลืออยู่น้อย ปกติเจลจัดเรียงตัวเป็นระเบียบ มีความยืดหยุ่นสูง มีค่า WHC สูง สามารถหลอมละลาย เป็นเหมือนเดิมได้เมื่อได้รับความร้อน (Thermo – irreversible gel) เช่น เจลาติน วุ้น เมื่อโปรตีนใน progel state (ภาพที่2) ถูก ความเย็นเกิดโมเลกุลเสียสภาพบางส่วน มีการเกิด refold การเกิด refold และการฟอร์มเป็น intramolecular interaction จะลดจำนวนของหมู่ฟังก์ชันที่สามารถทำหน้าที่ได้สำหรับ intermolecular interaction ทำให้เจลมีความอ่อนและปริมาณโปรตีนที่น้อยที่สุดที่ต้องการฟอร์มตัวเพื่อให้เจลคงอยู่ได้ต้องมีมากกว่าการสูญเสียโปรตีน refold ขณะที่ cooling

โปรตีนที่มีกรดอะมิโนมากกว่า 31.5 เปอร์เซนต์ เป็น non-polar เช่น Valine , Prolein , Leucine , Isoleucine , Phenylalanin และ Tryptophane จะเกิดเจลแบบ coagulum-type gel และโปรตีนที่มีกรดอะมิโน non-polar น้อยกว่า 31.5 เปอร์เซนต์ จะเกิดเจลแบบ translucent gel แต่การที่จะเป็นไปตามทฤษฎีนี้ต้องไม่คำนึงถึงค่าอื่น ๆ เช่น pH , ionic strength

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20398



ภาพที่ 2.7 Formation of a gel network structure by polymers. In order to form a three dimentional network structure there must be at least three cross - links in every molecule , as shown in c. In a or b , a network structure is not formed. ●—— ; polymer , ● ; cross – link.

ที่มา : Niwa (1992)

2.3.3 กลไกการเกิดเจล

กลไกการเกิดเจล ทั่ว ๆ ไป แสดงดังภาพที่ 2 เมื่อโปรตีนที่อยู่ในสภาพธรรมชาติ (nP_N) ได้รับความร้อนจะเสียสภาพทางธรรมชาติซึ่งอาจทำให้เกิดการรวมกันตกตะกอนเกิดเป็นเจลชนิด Coagulum – type gel หรือ ถ้าได้รับความเย็นจะทำให้โปรตีนอยู่ในสภาวะที่เป็น progel ได้ ซึ่งจะสามารถเปลี่ยนไปเป็นเจลชนิด Reversible gel ได้ การเกิดเจลของโปรตีนในเนื้อสัตว์เป็นผลมาจากการรวมตัวกันของโมเลกุลของโปรตีนที่เสียสภาพ เนื่องจากได้รับความร้อนแล้วเกิดการจัดรูปโครงร่างตาข่ายที่ต่อเนื่อง กลไกการเกิด เจลของโปรตีนแสดงได้ดังนี้

$$nP_N \xrightarrow[K1]{\text{denaturation}} nP_D \xrightarrow[K2]{\text{aggregation } (P_D)}$$

n = จำนวนโมเลกุลโปรตีน

P = โปรตีน

N = native protein

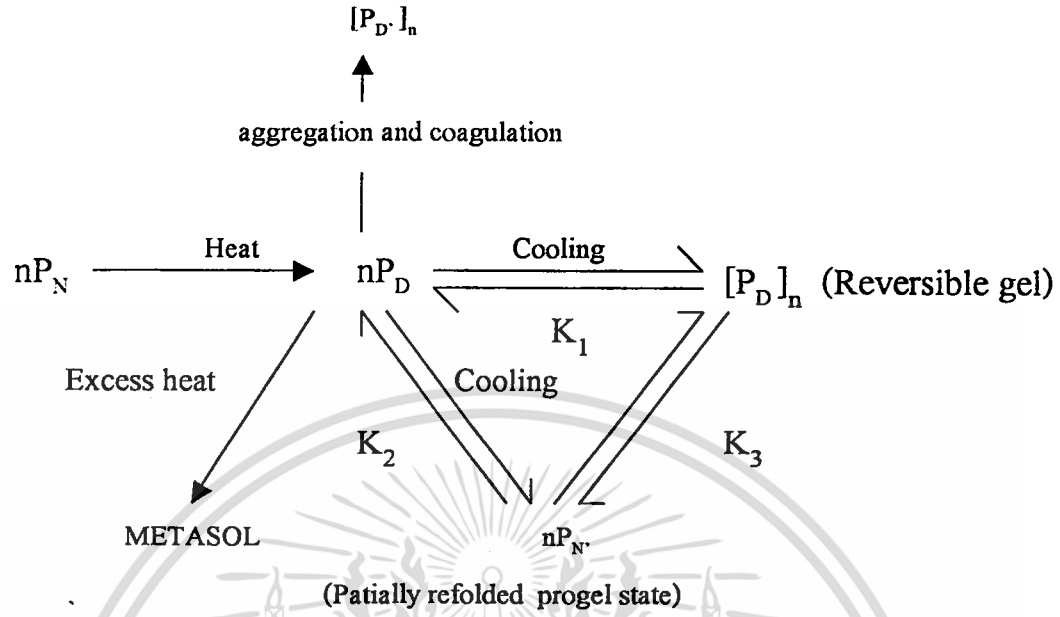
D = denature state

(Coagulum type gel)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง



ภาพที่ 2.8 A proposed mechanism for heat-induced gelation of globular proteins. n is the number of protein molecules , P_N , P_D , and $[P_D]_n$ are protein in native , denatured (progel) , and gel states , respectively ; P_N is protein in partially refolded state , $[P_D]_n$ is coagulum – type gel state ; K_1 , K_2 and K_3 are epuilibrium constants.

ที่มา : Damodaran (1998) อ้างโดย Damodaran (1994)

ขั้นแรกของการเกิดเจล คือ เมื่อโปรตีนได้รับความร้อนจะเสื่อมสภาพและการเกิดการรวมตัวในขั้นที่ 2 ถ้าอัตราเร็วในการเกิดขั้นที่ 2 (k2) เร็วกว่าอัตราการเกิดในขั้นที่ 1 (k1) จะได้เจลที่ขุ่นไม่เป็นระเบียบและเกิด syneresis ได้ง่าย ในทางตรงกันข้ามถ้า k2 เกิดช้าจะได้เจลที่ใสกว่าและยืดหยุ่นดีกว่า กลไกการเกิดเจลของโปรตีนเนื้อสัตว์ สามารถสรุปขั้นตอนในการเกิดเจลได้ ดังนี้ (Suzuki. 1981)

2.3.3.1 การเรียงตัว (gel setting) ที่อุณหภูมิ 3-30 องศาเซลเซียส แอกโตไมโอซินจะจับตัวกับน้ำ และเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของโปรตีน เกิดเป็นโครงร่างตาข่าย (net work) อย่างหลวมๆ มีการกักน้ำอยู่ภายในร่างแห เมื่อได้รับความร้อน โมเลกุลของโปรตีนเกิดกรเปลี่ยนแปลง มีการจับตัวกันระหว่างกรดอะมิโนที่ยื่นออกมาทางด้านข้างของโมเลกุลโปรตีนข้างเคียง โดยในช่วงนี้เป็นการจับกันของพันธะไฮโดรเจนและพันธะไฮโดรไฟบิก เจลที่ได้จะมีลักษณะใสและค่อนข้างยืดหยุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ผ่านการจัดเรียงตัวก่อนนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง เช่น 28-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง หรือที่ 40-45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20-30 นาที จะให้เจลที่มีความแข็งแรงมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ผ่านการจัดเรียงตัว(Lee.1984) การเกิดโครงสร้างเจลของไมโอซิน เริ่มจากการเชื่อมส่วนหัว ของโมเลกุลของไมโอซิน ด้วยพันธะไดซัลไฟด์ ก่อนที่ส่วนหางของไมโอซินจะคลายตัวและเชื่อมกันด้วยพันธะชนิดที่ไม่ใช่โควาเลนท์ (noncovalent interaction) เกิดเป็นโครงสร้างเจล (Samejima et. Al. 1981)

Norsad et. al. (1996) รายงานว่า พันธะชนิดที่ไม่ใช่โควาเลนท์โดยเฉพาะพันธะไฮโดร-โพบิกน่าจะมีบทบาทสำคัญต่อการเกิดเจลที่อุณหภูมิสูงในขณะที่การเกิดพันธะโควาเลนท์จะมีบทบาทในการเกิดเจลที่อุณหภูมิต่ำ อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของ Chan et. al. (1995) พบว่าพันธะที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโพลิเมอร์ของ MHC ระหว่างการคงตัวที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ตั้งแต่ ชั่วโมงที่ 0 ถึงชั่วโมงที่ 24 ได้แก่ พันธะได-ซัลไฟด์ พันธะชนิดที่ไม่ใช่พันธะโควาเลนท์ พันธะโควาเลนท์ที่ไม่ใช่ไดซัลไฟด์ สำหรับเจลที่ไม่ได้ผ่านการคงตัวที่อุณหภูมิต่ำ (ชั่วโมงที่ 0) มากกว่า 60 เปอร์เซนต์ ของพันธะทั้งหมดที่พบในโครงสร้างเจลเป็นพันธะชนิดที่ไม่ใช่พันธะโควาเลนท์อย่างไรก็ตามพันธะโควาเลนท์จะมีบทบาทมากขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาในการคงตัวพันธะไดซัลไฟด์ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างหมู่ซิสเตอีนของโปรตีนเป็นพันธะโควาเลนท์ที่มีบทบาทสำคัญในการเชื่อมโยงโปรตีนและรักษาเสถียรภาพของโครงสร้างของเจลที่เกิดขึ้น (Itoh et. al. 1980) โดยเฉพาะในเจลที่ไม่ได้ผ่านการคงตัวที่อุณหภูมิต่ำ (ชั่วโมงที่ 0) อย่างไรก็ตามพบว่า ปริมาณพันธะไดซัลไฟด์เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยหลังจากปล่อยให้คงตัว 24 ชั่วโมงเมื่อเทียบกับพันธะโควาเลนท์ที่ไม่ใช่พันธะไดซัลไฟด์ซึ่งเพิ่มมากกว่า 50 เปอร์เซนต์

2.3.3.2 การแตกตัว (distintegration) การให้ความร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียสจะทำให้เกิดการแตกสลายของโครงสร้างเจลบางส่วน ทำให้ความแข็งแรงของเจลลดลง การลดลงนี้เข้าใจว่าเป็นผลมาจากเอนไซม์อัลคาไลน์โปรติเอส ที่มีแอกติวิตีที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในช่วงนี้ MHC ถูกย่อยสลาย

2.3.3.3 การตรึง (elasticity fixation) การให้ความร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียสเส้นใยโปรตีนเริ่มจับกันมากขึ้นการรวมกลุ่มแบบสุ่ม (random network aggregation) (Montejano et. al. 1984) พันธะที่เกิดขึ้นในช่วงนี้จะเป็นพันธะไฮโดรโฟบิกและพันธะไดซัลไฟด์เป็นส่วนใหญ่ ทำให้โครงสร้างตา-ข่ายมีความคงตัวมากขึ้น เจลมีลักษณะทึบแสงและยืดหยุ่นเนื่องจากโปรตีนในเนื้อสัตว์มีการจัดเรียงตัวอย่างมีระเบียบเป็นโครงร่างแหสามมิติโดยเกี่ยวข้องกับพันธะไฮโดรเจนที่มีบทบาทในการเกิดเจลที่อุณหภูมิต่ำและพันธะไดซัลไฟด์ที่มีบทบาทต่อการเกิดเจลที่อุณหภูมิสูง ทำให้เจลเสถียรมากขึ้น เมื่อพิจารณาเฉพาะโมเลกุลของไมโอซินพบว่า MLC ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีผลต่อการเกิดเจล องค์ประกอบที่มีบทบาทสำคัญต่อการเกิดเจลของโมเลกุลไมโอซิน คือ MHC แอกตินไม่มีคุณสมบัติในการจัดเรียงตัวเป็นโครงสร้าง 3 มิติ แต่อย่างก็ตาม Yasui et. al. (1980) พบว่าตัวอย่างเจลที่มีส่วนผสมระหว่างไมโอซินและแอกตินมีค่าความแข็งแรงมากกว่าตัวอย่างที่มีไมโอซินแต่เพียงอย่างเดียว จึงถือว่าแอกตินมีผลส่งเสริม (synergistic effect) ความแข็งแรงของเจล Yasui et. al. (1982) ได้ทำการศึกษาความเข้มข้นของสารละลายเกลือโปแตสเซียมคลอไรด์ 0.6 โมลาร์ และที่ pH 6.0 อัตราส่วนโดยมวลสารระหว่างไมโอซินต่อแอกตินที่ทำให้ได้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงสุดคือ 2.7 ต่อ 1 ซึ่งคิดเป็นอัตราส่วนต่อน้ำหนัก 15 ต่อ 1 ซึ่ง synergistic effect ของแอกตินเกิดจากการรวมตัวระหว่าง F- actin และไมโอซินบางส่วนเกิดเป็นแอกโตไมโอซินซึ่งเป็นตัวเชื่อมโยง(crosslinker) กับไมโอ-ซินที่เหลืออยู่ในรูปอิสระ และทำให้เกิดโครงสร้างเจลที่แข็งแรง สำหรับ โทรโปนิน และ โทรโปไมโอซิน นั้นไม่มีผลต่อการเกิดเจลของแอกโตไมโอซินเนื่องจากโทรโปไมโอซิน เป็นโปรตีนที่ทนต่อความร้อนได้สูงจึงไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านโครงสร้างและไม่เกิดการจัดเรียงตัวเป็นโครงร่างตาข่าย ส่วนแท่งของไม-โอซินที่เป็นเกลียวแอลฟา- ฮีลิกซ์ มีบทบาทสำคัญต่อการเกิดโครงสร้างตาข่าย (Samejima et. al. 1981) ค่าความแข็งแรงของเจลที่เตรียมจากส่วนของเกลียวแอลฟา — ฮีลิกซ์ มีค่าสูงกว่าเจลที่ได้จากเอส — 1 หรือส่วนของ gloubular head โครงสร้างตัวอย่างที่เตรียมจากเอส — 1 เป็นลักษณะคล้ายการต่อเรียงกันของลูกปัด (bead — like structure) ซึ่งไม่เกิดเป็นร่างแห ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นตะกอนโปรตีน(curd) มากกว่าเป็นเจล ซึ่งแสดงว่าเอส —1 ไม่มีบทบาทสำคัญต่อการเกิดเจล ส่วนเจลที่เกิดจากแท่งแอลฟา — ฮีลิกซ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสและโครงสร้างใกล้เคียงกับเจลที่เตรียมจากไมโอซิน ดังนั้นส่วนแท่งของโมเลกุลไมโอซินจึงเป็นบริเวณที่เกิดการเชื่อมต่อระหว่างโมเลกุล (intermolecular) เกิดเป็นโครงสร้าง 3 มิติของเจล

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิด cross — link ในโครงร่างเจลคือ covalent bond และ non — covalent bond ได้แก่ hydrogen bonding และ hydrophobic interaction จะช่วยให้โครงร่างเจลอยู่ตัวและแข็งแรงในขณะที่พวก covalent bond ได้แก่ disulfide cross — link ช่วยในการเชื่อมกันและการจัดเรียงตัวในโครงร่างเจล

กรดอะมิโนซึ่งเป็นส่วนประกอบของไมโอซิน จำนวนกว่าครึ่งหนึ่งจะเป็นพวกไฮโดรฟิลิกและประมาณ 80 เปอร์เซนต์ ของกรดอะมิโนเหล่านี้เป็นชนิดที่เป็นด่างและชนิดที่เป็นกรด กรดอะมิโนเหล่านี้จะอยู่บริเวณผิวหน้าของโมเลกุลโปรตีนและสามารถจับตัวกับน้ำ เมื่อโปรตีนแอกโตไมโอซินถูกสกัดออกมาอยู่ในสารละลายเกลือโซเดียมอิออน (Na^+) จะจับกับกรดอะมิโนชนิดที่เป็นกรด (COO) และคลอไรด์อิออน (Cl) จับกับกรดอะมิโนที่เป็นด่าง (NH_3^+) ทำให้โปรตีนคลายตัวออกจากกัน (unfolding) เกิดการกระจายตัวออกมาอยู่ในน้ำกลายเป็นสารละลายโปรตีน คือ sol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับความเป็นกรดด่างที่เป็นกลาง หมู่คาร์บอกซิลของกรดกลูตามิกและแอสพาร์ติกจะมีประจุลบ ในขณะที่หมู่อะมิโนไลซีนและอาร์จีนีนมีประจุบวก ดังนั้นจึงเกิดการเชื่อมติดกันของโมเลกุลเหล่านี้เมื่อมีการนวดผสมกับเกลือ เมื่อมีการเติมเกลือประจุของเกลือจะเกิดการรวมตัวกับน้ำและจะเชื่อมต่อกับพวกที่มีประจุตรงข้ามบริเวณผิวหน้าของโปรตีน

กลไกของกระบวนการเกิดเจลคือ เมื่อระดับของการคลายตัวลดลงจะมีการเชื่อมข้ามมากขึ้นอุณหภูมิที่ทำให้เกิดระดับการมีพันธะเชื่อมข้ามไม่แตกต่างและการเพิ่มความแข็งแรงของเจลระหว่างการทำให้เย็นมีสาเหตุจากการเพิ่มความคงตัวและการที่มี junction สูงขึ้น อุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดเจลต้องทำให้เกิดเจลสม-ดุลระหว่างอัตราการคลายตัวกับการตกตะกอน การเกิดเจลต้องมีความสมดุลระหว่างแรงดึงดูดและแรงผลัก แรงดึงดูดเกิดโดยหมู่ฟังก์ชันรอบๆ หมู่ที่เกิดการคลายตัวของโปรตีนและแรงผลักกันมาจากประจุที่ผิวโปรตีนที่เกิดการคลายตัวจะตกตะกอนโดยการตกตะกอนมีการเกิดพันธะระหว่างโปรตีนกับโปรตีน

ระหว่างการให้ความร้อนและการเกิดเจลไมโอซินเสียโครงร่างที่เป็นแอลฟา — ฮีลิกซ์และเกิดพันธะเชื่อมเกิดการรวมตัวกันตกตะกอนโดยการจับกันด้วยพันธะโควาเลนต์และนอนโควาเลนต์ การฟอร์มเป็นโครงสร้างตาข่าย 3 มิติที่เกิดจาก ไมโอซิน และแท่งไมโอซิน โครงรูปจะเปลี่ยนแปลงเป็น helix to coil ในระหว่างการให้ความร้อน

ค่าความแข็งแรงของเจลของไมโอซินเรียงตามลำดับดังนี้ ไมโอซิน filament > ไมโอซิน heavy chain ≅ ไมโอซิน monomers > total rod > LMM > S-2 fragment = S-1 fragments สายไมโอซินที่ยาวทำให้เจลที่ได้แข็งแรงมากกว่า monomeric ไมโอซิน เมื่อน้ำเจลที่ผ่านการให้ความร้อนเพื่อให้โปรตีนคงตัวมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง ทำให้เกิดการออกซิเดชันของหมู่ซัลไฮดริล เกิดพันธะไดซัลไฟด์ แอลฟา- ฮีลิกซ์จะคลายตัวออกมา เกิดพันธะไฮโดรโฟบิกระหว่างกรดอะมิโนที่อยู่ใกล้กัน โปรตีนเกิดการรวมตัวกันเป็นโครงร่างตาข่าย มีการปลดปล่อยโมเลกุลของน้ำ เจลที่ได้มีความกระด้างและใสมากขึ้น หลังจากที่ผ่านการให้ความร้อนและทำให้เย็นโดยทันที พันธะไฮโดรเจนจะเกิดได้ดีขึ้น ทำให้เจลที่ได้มีความแน่น (firmness) และโครงสร้างของแอลฟา — ฮีลิกซ์คืนตัวได้ดีขึ้น ในขณะเดียวกันเบต้า- สตรักเจอร์ของโปรตีนถูกสร้างขึ้นมาโดยการรวมตัวของสายโปรตีน ซึ่งจะเกิดขึ้นหลังจากการให้ความร้อน น้ำอิสระถูกกักอยู่ภายในโครงร่างตาข่าย

โปรตีนซาร์โคพาสมิก เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการตกตะกอนและไปเกาะตามโปรตีนที่ละลายในเกลือทำให้เกิดการขัดขวางการเรียงตัวของ Salt — soluble protein (SSP) ที่ถูกสกัดในขณะที่นวดกับเกลือ SSP นี้มีความสำคัญคือจะประกอบตัวกันทำให้เกิดลักษณะของ sol ซึ่งเมื่อนำไปให้ความร้อน sol จะเปลี่ยนเป็นเจล เนื่องจากโครงสร้างของโมเลกุลโปรตีนเป็นรูปตาข่ายทำให้ผลิต-4ภัณฑ์จากเนื้อลดขนาด เช่น ลูกชิ้น หมูยอ มีความยืดหยุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 ปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนกับน้ำในเจล

ในโครงร่างตาข่าย 3 มิติ ปริมาณน้ำที่ถูกล้อมรอบไว้ได้ประมาณ 10 กรัม / โปรตีน 1กรัม เจลที่แข็งแรงมีน้ำ 98 เปอร์เซนต์ และมีสารที่ทำให้เกิดเจล 2 เปอร์เซนต์ บางกรณีมีน้ำถึง 99 เปอร์เซนต์ น้ำจับโดยเกิดพันธะไฮโดรเจน หรือการคงอยู่ของโครงสร้างน้ำ พันธะไฮโดรเจนเป็นพันธะที่อ่อนแอมากเพราะปกติน้ำมีพันธะไฮโดรเจนมีทั้งตัวให้และรับอิเลกตรอนอยู่แล้วน้ำที่อยู่ในเจลมีทั้งที่เกิดพันธะและน้ำที่เป็นอิสระ น้ำส่วนใหญ่ถูกตรึงไว้โดยไม่สามารถบีบออกมาได้ความจุที่เก็บน้ำได้แตกต่างตามชนิดของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน แร่ธาตุ ขนาดของอนุภาคโปรตีน pH อุณหภูมิ ionic strength เส้นผ่านศูนย์กลางของโพรงที่โครงร่างตาข่าย

น้ำอยู่ในโพรงของโครงร่าง โปรตีนโดยกลไกแคปิลารี ขนาดเส้นผ่านศูนย์ของโพรง 1-100 นาโนเมตรน้ำถูกจับแน่นมากและถูกปลดปล่อยเมื่อเจลหดตัวเมื่อได้รับความร้อนเหนืออุณหภูมิการเกิดเจล ถ้าขนาดโพรง 100-200 นาโนเมตรจะสูญเสียความชื้น 10-50 เปอร์เซนต์ พันธะระหว่างน้ำกับโปรตีนอยู่ในช่วง 1-7 โมเลกุล/โปรตีน 1 โมเลกุล

การหดตัวของเจลทำให้น้ำออกจากเจลได้ การให้ความร้อน 95 องศาเซลเซียสทำให้โครงสร้างเป็นสารประกอบใหญ่และมีโพรงขนาดใหญ่มากกว่าการให้ความร้อนที่ 75 องศาเซลเซียส

น้ำอยู่ในเจลได้ดังนี้

- เกิดพันธะทางเคมี เช่น hydration of salts
- น้ำถูกดูดซับที่ส่วนของโมเลกุลที่ชอบน้ำโดยเกิดพันธะไฮโดรเจน
- น้ำถูกดึงดูดส่วนของ ionic โดยโมเลกุลที่มีขั้วของน้ำ
- น้ำอยู่ใน capillary force ระหว่างผิวของโครงร่างที่ไม่ชอบน้ำ หรือโครงร่างตาข่าย
- น้ำอยู่ในโครงร่างตาข่ายที่ยังไม่มีรูปแบบแน่นอนที่เป็นโมเลกุลที่ละลายเกินจุดอิ่มตัว
- น้ำอยู่ในสารละลาย หรือแขวนลอยโดยแรง long range

2.3.5 พันธะที่เกี่ยวข้องกับการเกิดเจล

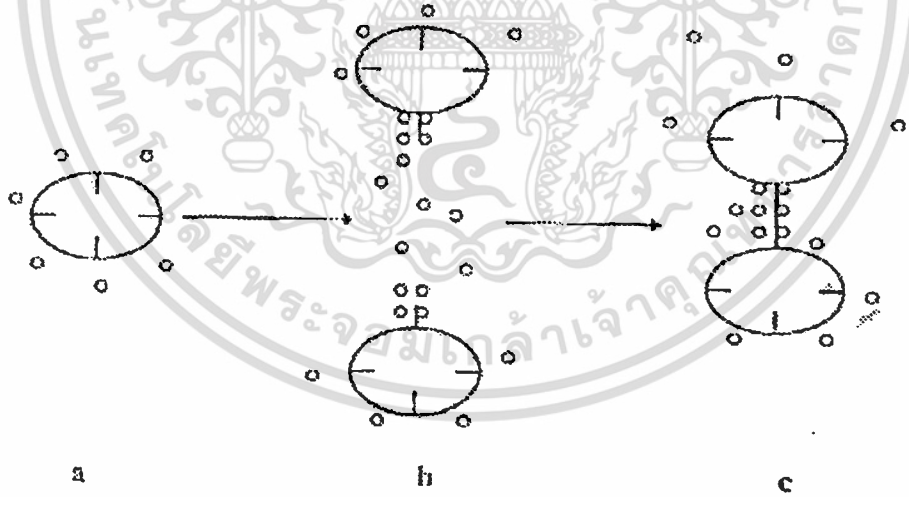
2.3.5.1 พันธะไฮโดรโฟบิก

กรดอะมิโนที่เป็นส่วนประกอบของไมโอซินที่ไม่ชอบน้ำมีประมาณ 25 เปอร์เซนต์ เช่น อะลานีน วาลีน ลิวซีน ไอโซลิวซน โปรลีน ทริปโตเฟน และฟีนิลอะลานีน เมื่อกรดอะมิโนที่ไม่ชอบน้ำเหล่านั้นสัมผัสกับโมเลกุลของน้ำจะเกิดการจับกันโดยพันธะไฮโดรเจนรอบๆ กรดอะมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โน (hydrophobic hydration) แต่การจัดเรียงตัวในโมเลกุลดังกล่าวไม่ถาวร ดังนั้นกรดอะมิโนจึงหันด้านที่ไม่ชอบน้ำเข้าไปในโมเลกุลโปรตีนซึ่งมีผลต่อความคงทนของโครงสร้างโมเลกุลของโปรตีน โมเลกุลจึงจัดเรียงตัวคล้ายกับหยดน้ำมันที่ล้อมรอบด้วยน้ำ เรียกว่าแคลีธเร็ธ (clathrate)

เมื่อหมู่ที่ไม่ชอบน้ำของโปรตีน 2 โมเลกุล สัมผัสน้ำก่อนการให้ความร้อน (a) โมเลกุลของโปรตีนที่แยกจากกันเป็น 2 โมเลกุลที่ล้อมรอบด้วยน้ำ (b) โมเลกุลของโปรตีน 2 โมเลกุลที่เชื่อมต่อกัน (c) ดังแสดงในภาพที่ 3 ดังนั้นพันธะไฮโดรโฟบิกจะเกิดขึ้นเมื่อผ่านการให้ความร้อนกับโปรตีน พันธะชนิดนี้เกิดปฏิกิริยาระหว่าหมู่ที่ไม่ชอบน้ำ ซึ่งไม่ได้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติแต่เกิดจากอิทธิพลของน้ำเป็นสำคัญการเกิดพันธะไฮโดรโฟบิกจะถูกยับยั้งโดยโพลิออล เช่น กลีเซอรีน ซูโครส ซอร์บิทอล และกรดอะมิโนบางชนิด เช่น กลูตามิกและไลซีนหรืออาจกล่าวได้ว่าพันธะไฮโดรโฟบิกเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างกรดอะมิโนที่ไม่ละลายน้ำของโมเลกุลไมโอซิน แรงดึงดูดไฮโดรโฟบิกจะเกิดมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะการคลายตัวของกลุ่มอะมิโนที่ไม่ละลายน้ำจะเกิดได้มากที่อุณหภูมิสูง (Howe et. al. 1994) เมื่อได้รับความร้อน ผิวหน้าของโมเลกุลของโปรตีนจะเปิดออก ทำให้มีการเคลื่อนที่ของน้ำและเกิดแรงทำให้โมเลกุลของโปรตีนเคลื่อนที่เข้าหากัน



ภาพที่ 2.9 แสดงการเกิดพันธะไฮโดรโฟบิกของกรดอะมิโน

ที่มา : Lanier et. al. (1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5.2 พันธะไดซัลไฟด์

เป็นพันธะโควาเลนท์ประเภทหนึ่ง การเกิดพันธะนี้เกิดจากการออกซิเดชั่นของ cysteine 2 โมเลกุลดังสมการ

$$\text{Protein} - \text{SH} + \text{SH} - \text{Protein} \xrightarrow{O_2} \text{Protein} - \text{S} - \text{S} - \text{Protein}$$

มีค่าพลังงานพันธะในช่วง 330 – 380 kJ/mol (Cheftel et. al. 1985) ดังนั้นพันธะนี้จึงมีความแข็งแรงมากกว่าแรงดึงดูดไฮโดรโฟบิกกรดอะมิโนที่สามารถสร้างพันธะประเภทนี้คือกรดอะมิโนที่มีหมู่ซัลไฮดริล เช่น ซีสเตอีน Samejima et. al. (1981) พบว่า ส่วน globular head ของไมโอซินหรือ เอส-1 เป็นบริเวณที่มีกลุ่มซัลไฮดริลมาก การเชื่อมต่อของ globular head ระหว่างโมเลกุลไมโอซินจึงสันนิษฐานได้ว่าเกิดพันธะไดซัลไฟด์

การเติมสารออกซิแดนท์จะทำให้ความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ระหว่างการให้ความร้อนพันธะไดซัลไฟด์ภายในโมเลกุลสามารถเปลี่ยนเป็นพันธะไดซัลไฟด์ระหว่างโมเลกุลเจลจะมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมสารออกซิแดนท์ก่อนกระบวนการให้ความร้อน แต่การเติมสารรีดิวซ์ เช่น กรดแอสคอร์บิก และซีสเตอีน ก็ให้ผลเช่นเดียวกัน พันธะไดซัลไฟด์จะเกิดที่อุณหภูมิสูง (80 องศาเซลเซียส หรือมากกว่า) เมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิต่ำ การออกซิเดชั่นของหมู่ซัลไฮดริลเป็นพันธะไดซัลไฟด์จะเริ่มต้นอย่างช้าๆ ที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส

2.3.5.3 พันธะโควาเลนต์

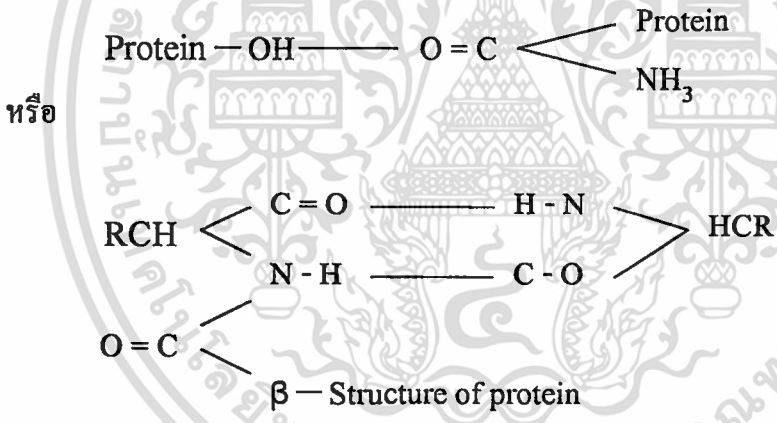
เกิดจากการเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มแกมมา – คาร์บอกซีเอไมด์ ของกรดอะมิโนกลูทามีนและกลุ่มเอพซิลอน – อะมิโน ของกรดอะมิโนไลซีนมีบทบาทสำคัญต่อเนื้อสัมผัสของเจล เนื่องจากพันธะโควา-เลนท์มีค่าพลังงานพันธะที่สูง การเพิ่มพันธะชนิดนี้จึงมีผลให้เจลที่ได้มีความแข็งแรง และความยืดหยุ่นสูงการเชื่อมโยงระหว่างกรดอะมิโนทั้งสองชนิดนี้เกิดจากการทำงานของเอนไซม์ transglutaminase นอกจากปริมาณ transglutaminase แล้วการเปิดตัวออกของโปรตีนไมโอไฟบริล โดยเฉพาะไมโอซินจะต้องคลายตัวออกเพื่อให้กลุ่มแกมมา คาร์บอกซีเอไมด์ของ กรดอะมิโนกลู-ทามีน และกลุ่มเอพซิลอน – อะมิโนของกรดอะมิโนไลซีนออกสู่ภายนอกและเกิดการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุล ดังนั้นการที่จะทำให้เกิด setting จึงต้องบดผสมเนื้อกับเกลือให้เป็นเพสก่อนนำไปให้อุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อการเซ็ทตัว เนื่องจากเกลือสามารถละลายโปรตีนไมโอไฟบริล และทำให้โปรตีนคลายตัวออกในระดับหนึ่ง นอกจากนี้อุณหภูมิที่ใช้ในการเซ็ทตัวจะต้องเหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของไมโอซิน โดยต้องไม่สูงเกินไปจนเกิดการเสียโครง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้างดั้งเดิมหรือการเสียสภาพ ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเกิดการเซ็ทตัวจะแตกต่างตามชนิดของเนื้อสัตว์ ขึ้นอยู่กับความคงตัวต่ออุณหภูมิของไมโอซิน

2.3.5.4 พันธะไฮโดรเจน

การเชื่อมต่อของพันธะ salt linkage เกิดขึ้นระหว่างกรดอะมิโนที่มีคุณสมบัติเป็นกรดและมีขั้วในสายของโปรตีน ซึ่งกรดอะมิโน ที่แสดงความสามารถ ในการเกิดพันธะไฮโดรเจนได้แก่ ไทโรซีน ซีรีน ไฮดรอกซีโพรลีน และทรีโอนีน ซึ่งจะมีหมู่ไฮดรอกซิลและกรดอะมิโนโพรลีนและไฮดรอกซีโพรลีน ซึ่งจะมีหมู่อะมิโน ซึ่งสองกลุ่มนี้จะแสดงตัวเป็นตัวให้และรับโปรตรอน ขณะที่กลูตามิกและแอสพาร์ติกจะมีหมู่คาร์บอนิลซึ่งจะทำหน้าที่เหมือนเป็นตัวรับอิเลกตรอน มีจำนวนของอะมิโนและหมู่คาร์บอนิลเป็นจำนวนมากในสายโพลีเปปไทด์ ซึ่งการเกิดพันธะไฮโดรเจนเกิดขึ้นระหว่างโมเลกุลองสายโพลีเปปไทด์ดังกล่าว



ภาพที่ 2.10 แสดงพันธะไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นระหว่างสายโพลีเปปไทด์
ที่มา : Zayas, 1997

เมื่อ R คือกรดอะมิโน ซึ่งแรงดึงดูดของพันธะไฮโดรเจน ได้แก่ แรงซึ่งเกิดจากประจุไฟฟ้าและจะมีค่าน้อยลงเมื่อให้ความร้อน พันธะไฮโดรเจนจะคงสภาพรูปแบบภายในของโปรตีนซึ่งน้ำแพร่กระจายไปไม่ถึง ซึ่งอธิบายได้ว่าทำไม แอลฟา — ฮีลิค (α — helix) และเบต้า — สตรักเจอร์ (β - structure) ของโปรตีน จึงเสถียรในน้ำ เนื่องจากการศึกษาด้วยอินฟาเรด พบว่า แอลฟา — ฮีลิค จะเกิดการแตกสลายในระหว่างการให้ความร้อนกับซูริมิที่80องศาเซลเซียสแต่จะคืนตัวภายหลังการให้ ความร้อนโครงสร้างของเบต้าสตรักเจอร์ของโปรตีนจะถูกสร้างในช่วงนี้ซึ่งจะมีผลต่อค่าความยืดหยุ่นของเจลซูริมิ พันธะไฮโดรเจนจะมีความสำคัญต่อการคงสภาพของน้ำภายในเจล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนโมเลกุลของน้ำที่มีมากเกิดจากพันธะไฮโดรเจนกับกรดอะมิโนที่มีขั้ว ซึ่งมีมากบนผิวหน้าของโมเลกุลเมื่อนำเจลมาทำให้เย็นความเข็งของเจลเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากบทบาทของพันธะไฮโดรเจนซึ่งเกิดขึ้นได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นการตรวจวัดคุณภาพทางเนื้อสัมผัสของเจลโดยเฉพาะเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบคุณภาพจำเป็นต้องวิเคราะห์ที่อุณหภูมิคงที่ ซึ่งโดยส่วนใหญ่มักจะวิเคราะห์ที่อุณหภูมิห้อง

2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเจลของโปรตีนในเนื้อสัตว์

2.4.1 ความแตกต่างของกล้ามเนื้อ

2.4.1.1 ชนิดของของสัตว์

เมื่อนำเนื้อสุกร เนื้อโค เนื้อไก่ เนื้อปลา และเนื้อไก่งวง มาทดสอบการเกิดเจลที่สภาวะความเป็นกรดด่าง 6.0 ปริมาณเกลือ 2 เปอร์เซนต์ อัตราการให้ความร้อน 0.7 องศาเซลเซียสต่อนาที พบว่าเจลที่เตรียมได้จากเนื้อปลามีความแข็งแรงและความยืดหยุ่นต่ำที่สุด และยังทำให้น้ำหนักสูญเสียเมื่อได้รับความร้อน (cooking loss) มีปริมาณมากที่สุดด้วยเมื่อเปรียบเทียบกับเจลที่ได้จากเนื้อสัตว์ชนิดอื่นๆ ส่วนเจลที่ให้ค่าน้ำหนักสูญเสียเมื่อได้รับความร้อนต่ำที่สุด คือเจลของเนื้อไก่ ส่วนเนื้อหมูและเนื้อวัวให้เจลที่มีค่าความแข็งแรงอยู่ในช่วงกลางๆ (Lan et. al. 1995)

ผลิตภัณฑ์คล้ายซูริมิที่ผลิตจากเนื้อสุกรหรือเนื้อโคจะให้เจลที่มีความแข็งแรงมากกว่าซูริมิที่ผลิตจากเนื้อปลา และยังให้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่าด้วย เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 55 องศาเซลเซียส อัตราการให้ความร้อน 0.5 องศาเซลเซียสต่อนาที เนื่องจากทั้งเนื้อสุกรและเนื้อโคมีปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในน้ำเกลือสูงกว่า (Park et. al. 1996)

2.4.4.2 ตำแหน่งของกล้ามเนื้อ

กลไกการเกิดเจลโดยการคลายตัวของโปรตีนที่ละลายได้ในน้ำเกลือ (salt—solubleprotein) ในเนื้อไก่ส่วนอกและส่วนขาที่เกิดจากการได้รับความร้อนจะมีลักษณะการคลายตัวที่คล้ายคลึงกันแต่การจับเรียงตัวกันใหม่ระหว่างโปรตีนกับโปรตีน่จะต่างกัน เมื่อตรวจสอบคุณภาพพบว่า มีความแตกต่างกันระหว่างเจลของเนื้อส่วนอกกับเนื้อส่วนขาในด้านความแข็งแรง และความยืดหยุ่น โดยเจลที่ได้จากเนื้อส่วนอกจะให้ค่าที่ดีกว่า เมื่อเนื้อทั้งสองส่วนอยู่ในระยะ post-rigor (Xiong and Brekke. 1990)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ชนิดของโปรตีน

ชนิดของโปรตีนที่มีบทบาทสำคัญในการเกิดเจล เชื่อว่าเป็นโปรตีนแอกโตไมโอซิน (Suzuki. 1981) ซึ่งเป็นสภาวะการจับกันตามธรรมชาติของไมโอซินกับแอกตินหรืออาจเป็นไมโอซินกับไมโอซินAkahane et. al. (1985) ศึกษาถึงบทบาทของโปรตีนที่มีต่อลักษณะการเกิดเจลของเนื้อกระต่ายทดลอง โดยเปรียบเทียบเจลที่ได้จากการผสมไมโอซินกับแอกตินในอัตราส่วนต่างๆ กัน พบว่าตัวอย่างแอกตินล้วนหรือไมโอซินล้วน เกิดเจลที่มีสภาพเป็นของเหลวใสหนืด ไม่สวมารถเกิดเป็นรูปทรงได้และเมื่อเทลงบนพื้นราบของเหลวนี้จะแบนราบไปกับพื้นมีลักษณะคล้ายเลนส์ ส่วนตัวอย่างที่ผสมแอกตินและไมโอซินมีลักษณะเป็นโซลสีขาวขุ่น สามารถปั้นเป็นรูปทรงได้ และเมื่อให้ความร้อน (อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที) ตัวอย่างไมโอซินล้วนมีการเพิ่มขึ้นของค่าความแข็งแรงของเจล ส่วนตัวอย่างแอกตินล้วนไม่มีการเพิ่มขึ้นของค่าความแข็งแรงของเจล แต่มีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น ส่วนตัวอย่างผสมระหว่างไมโอซินกับแอก-ตินมีค่าความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นของไมโอซิน จึงสรุปว่า แอกตินเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการทำให้โซล ยืดหยุ่นในช่วงก่อนให้ความร้อน และไมโอซินเป็นองค์ประกอบที่จำเป็นในการเกิดเจลในช่วงให้ความร้อนโดยมีหน้าที่เกี่ยวกับคุณสมบัติทางด้านความแข็งแรงของเจลและความสามารถในการจับกับน้ำ ผลการทดลองที่ได้มีความคล้ายคลึงกับการรายงานของ Sano et. al. (1989)

2.4.3 ปริมาณของโปรตีน

โปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายเกลือเป็นกลุ่มโปรตีนที่มีบทบาทสำคัญต่อการเกิดเจลของโปรตีนโดยเฉพาะไมโอซิน โดยเมื่อโปรตีนไมโอไฟบริลละลายในสารละลายเกลือเมื่อให้ความร้อนก็จะเกิดเจลขึ้นโปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายเกลือมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของเจล (Xiong and Brekke. 1989)

Scott et. al. (1988) พบว่าปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายเกลือไม่มีความสัมพันธ์กับค่าความแข็งแรงของเจล แต่ความข้นหนืดของสารละลายโปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายเกลือจะมีความสัมพันธ์กับค่าความแข็งแรงของเจล Iwata and Okada (1971) พบว่าความสามารถในการเกิดเจลของเนื้อปลา Alaska pollock จะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อทำการแช่เยือกเข็งที่ —20 องศาเซลเซียส และ -30 องศาเซลเซียส ในขณะที่ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายเกลือยังคงสูงอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 การลดขนาดของวัตถุดิบ

Acton (1972) พบว่าการสกัดโปรตีนที่ผิวเพิ่มมากขึ้นเมื่อขนาดของชิ้นเนื้อลดลง เนื่องจากการเพิ่มพื้นที่ผิว แต่การทดลองของ Pepper and Schmidt (1975) พบว่าพื้นที่ผิวของของเนื้อที่มากขึ้นเมื่อทำการบดเนื้อผ่านแผ่นแว่นขนาด 9.5 มิลลิเมตร เปรียบเทียบกับ 25.4 มิลลิเมตร ค่า binding strength และค่า cook yield ที่ได้ไม่เพิ่มขึ้นตามพื้นที่ผิวของเนื้อที่มาขึ้นในการผลิต beer roll

2.4.5 เกลือ

เกลือเป็นส่วนผสมที่จำเป็นในการเกิดเจลของโปรตีนเนื้อสัตว์ ทั้งนี้เนื้อจากองค์ประกอบหลักของโปรตีนที่ทำให้เกิดเจลคือโปรตีนไมโอไฟบริลซึ่งละลายได้ดีในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ 0.6โมลาร์ นอกจากนี้เกลือยังทำให้แรงดึงดูดทางประจุระหว่างโมเลกุลของโปรตีนไมโอไฟบริลมีเสถียรภาพลดลง ทำให้โปรตีนแผ่ตัวออกมาบางส่วน เมื่อบดผสมกับเกลือและน้ำจะได้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า “เพส” (paste) หรือ “โซล” (sol) เมื่อนำเพสหรือโซไปให้ความร้อนจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาวะเป็นเจล

การเติมเกลือในเนื้อสัตว์ระหว่างการเตรียมการเพียงเล็กน้อยในช่วง 1-3 เปอร์เซนต์ ทำให้เจลที่ได้มีความแข็งแรงมากกว่าเมื่อไม่มีการเติมเกลือ เนื่องจากโปรตีนไมโอไฟบริลสามารถละลายได้มากขึ้นเพราะเกลือจะช่วยเพิ่มแรงผลักระหว่างเส้นใยโปรตีนทำให้เส้นใยเกิดการพองตัวขึ้น นอกจากนี้เกลือยังช่วยทำให้อุณภูมิที่โปรตีนเกิดการสูญเสียโครงสร้างดั้งเดิมลดลงได้ เช่น โปรตีนไมโอซินจะสูญเสียโครงสร้างดั้งเดิมเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 55.5 องศาเซลเซียส แต่เมื่อเติมเกลือในปริมาณ 3 เปอร์เซนต์ อุณหภูมิที่ทำให้เกิดการสูญเสียโครงสร้างดั้งเดิมจะลดลงเหลือ 51 องศาเซลเซียส หรือกรณีแอกติน อุณหภูมิจะเปลี่ยนจาก 76.8 เป็น 68.3 องศาเซลเซียสเมื่อมีปริมาณเกลือ 3 เปอร์เซนต์ การเติมเกลือให้ผลดีกับการเกิดเจลของโปรตีนในเนื้อสัตว์เท่านั้น ส่วนโปรตีนในถั่วเหลืองพบว่าการเติมเกลือจะทำให้อุณหภูมิที่โปรตีนมีการสูญ-เสียโครงสร้างดั้งเดิมในถั่วเหลืองเพิ่มสูงขึ้น และเจลที่ได้มีความแข็งแรงลดลง (Katsuji et. al. 1988)

ผลิตภัณฑ์คล้ายซูริมิที่ผลิตจากเนื้อสูกรและเนื้อโคจะให้เจลที่ดีขึ้นเมื่อมีปริมาณเกลือ 1.5 หรือ 3 เปอร์เซนต์ แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเกลือเป็น 4.5 หรือ 6 เปอร์เซนต์ พบว่าความแข็งแรงของเจลไม่เพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากโปรตีนเกิดการรวมตัวกันและตกตะกอน (Park et. al. 1996) นอกจากเกลือโซเดียมคลอไรด์แล้วเกลือชนิดอื่นที่มีผลต่อการเกิดเจลของเนื้อสัตว์ ได้แก่ โปตัสเซียมคลอไรด์ แมกนีเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมคลอไรด์ ซึ่งนิยมใช้ในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉพาะการทำสเต็กมากกว่าโซเดียมคลอไรด์ โดยใช้ในปริมาณ 0.5-1.0 เปอร์เซนต์ เนื่องจากจะให้สีที่เข้มกว่าซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ดีทางด้านการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ แต่ข้อเสียของการเติมเกลือจะทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นลงเนื่องจากจะเพิ่มปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Miller et. Al. 1986) แต่สามารถลดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นลงได้โดยการใช้ฟอสเฟตในระหว่างการผสม และนอกจากนั้นฟอสเฟตยังช่วยทำให้ชิ้นเนื้อมีการเกาะตัวกันมากขึ้น

Lamkey et. al. (1986) ศึกษาผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์และฟอสเฟตที่มีต่อคุณสมบัติทางด้านเนื้อสัมผัสและสีของเสเต็กที่เตรียมจากเนื้อขึ้นรูป (restructure beef) พบว่าปริมาณเกลือ 0.2 เปอร์เซนต์ และฟอสเฟต 0.2 เปอร์เซนต์ สามารถลดน้ำหนักสูญเสียเนื่องจากการแปรรูปได้ และช่วยเพิ่มการจับกันของชิ้นเนื้อได้ดีเท่ากับการใช้ฟอสเฟต 0.5 เปอร์เซนต์ เพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังพบว่าฟอสเฟตสามารถลดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นทำให้กลิ่นหืนลดลง Pepper and Schmidt (1975) พบว่า beef roll ที่มีการเติมเกลือ 2 เปอร์เซนต์ กับฟอสเฟต 0.5 เปอร์เซนต์ จะมีเจลที่แข็งแรงมากกว่ากรณีการเติมเกลือเพียงอย่างเดียว Paterson et. al. (1988) ศึกษาผลของเกลือ (NaCl) และไพโรฟอสเฟต (PP) ที่มีผลต่อการเกิดเจลของเนื้อโคส่วนคอ (Sternomandibularis) โดยใช้ปริมาณเกลือ 0.4 , 0.7 , และ 1.0 โมลาร์ กับ PP 10 มิลลิโมลาร์ พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณเกลือโปรตีนไมโอไฟบริลจะถูกสกัดได้มากขึ้น และยังเพิ่มการพองตัวของโปรตีน รวมทั้งค่าความสามารถในการอุ้มน้ำด้วย

Niwa (1984) สันนิษฐานว่า โปรตีนไมโอไฟบริล เช่น แอกโตไมโอซิน แอกติน จะลายในสารละลายเกลือ และมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอเนื่องจากโซเดียมและคลอไรด์อิออนเข้าไปเกิดพันธะกับส่วนที่เป็นอิออนของโมเลกุล ดังนั้นจึงลดโอกาสที่โมเลกุลโปรตีนจะเกิดพันธะระหว่างกันได้ และนอกจากนี้ยังพบว่าการใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบการเกิดเจล เกลือไม่ได้เป็นสารต้านจุลินทรีย์เพราะไม่สามารถฆ่าแบคทีเรียได้ แต่สามารถขัดขวางหรือยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ถ้าใช้ในความเข้มข้นสูง ๆ ซึ่งเกลือที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซนต์ จะสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้เป็นส่วนใหญ่และที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซนต์ จะมีผลกับ anaerobes ในอดีตเนื้อจะถูกหมักด้วยเกลือที่ความเข้มข้น 7-8 เปอร์เซนต์ แต่ในปัจจุบันความชอบของผู้บริโภคเปลี่ยนไปทำให้ลดปริมาณลงต่ำกว่า 3 เปอร์เซนต์ โดยใช้ร่วมกับตู้เย็นหรือเครื่องทำความเย็นในการยับยั้งจุลินทรีย์ (Girard , 1992)

เกลือจะทำให้สูญเสียน้ำหนักภายหลังจากการปรุงอาหาร (cooking loss) น้อยลง โดยเกลือจะละลายโปรตีนเส้นใย myofibrillar ออกมา ซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลวข้นซึมเคลือบผิวหน้าของชิ้นเนื้อ จึงทำให้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้น นอกจากนั้นเกลือยังลดการสูญเสียน้ำขณะผ่านความร้อน (cooking loss) และยังทำให้เซลล์ของเส้นใยเกิดการพองตัวอีกด้วย (Ranker, 2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกลือบริโภค หน้าที่สำคัญของเกลือบริโภคคือ ให้รสชาติและทำให้ไส้กรอกมีลักษณะที่เหนียวทั้งนี้เนื่องจากเกลือช่วยสกัดโปรตีนไมโอซิน และแอกตินออกจากกล้ามเนื้อซึ่งความสามารถของเกลือในการสกัดโปรตีนได้ดีที่สุดเมื่อใช้เกลือประมาณร้อยละ 4.5 อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดโปรตีนไม่ควรเกิน 4 องศา-เซลเซียส Pappa et. al. (2000) พบว่าการเพิ่มปริมาณเกลือจากร้อยละ 1 เป็นร้อยละ 2 จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสที่ดี สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ลง ทำให้ผู้บริโภคยอมรับมากขึ้น

2.4.6 สารประกอบฟอสเฟต

สารประกอบฟอสเฟต ที่อนุญาตให้ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ได้แก่ โมโนโซเดียมฟอสเฟต โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต ไดโซเดียมฟอสเฟต ไดโพแทสเซียมฟอสเฟต โซเดียมแอซิดไพโร-ฟอสเฟต โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต โพแทสเซียมไตรโพลีฟอสเฟต โซเดียมเฮกซะเมตะฟอสเฟต หรืออาจเป็นของผสมของสารประกอบฟอสเฟตชนิดต่างๆ ที่กล่าว (ศิวพร ศิวเวชช. 2535)

สารประกอบฟอสเฟตช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ โดยที่สารประกอบฟอสเฟตทำปฏิกิริยากับ organic ployelectrolyt ได้แก่โปรตีนที่ยังไม่เปลี่ยนสภาพเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน protein — phosphate — salt complex ทำให้โมเลกุลของโปรตีนสานกันเป็นตาข่ายจึงมีความสามารถในการอุ้มน้ำหรือกันไม่ให้น้ำซึมออกมาได้ นอกจากนี้สารประกอบฟอสเฟตสามารถทำให้ค่า pH ของเนื้ออยู่ในช่วงที่เป็นกลาง และยังทำให้แอกโตไมโอซินแยกตัวออกจากกันได้ จึงช่วยทำให้โปรตีนอยู่ในสภาพคลายตัวทำให้มี sites มากขึ้นในการรวมกับน้ำ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่สูญเสียน้ำหนักมากเกินไปเมื่อทำให้สุก ผลิตภัณฑ์จึงมีความนุ่ม ชุ่มฉ่ำน้ำ และมีลักษณะน่ารับประทาน สารประกอบฟอสเฟตที่เป็นกรดจะทำให้ pH ของเนื้อลดต่ำลงเป็นผลเนื้อหดตัวมากขึ้น ส่วนสารประกอบฟอสเฟตที่ใช้ได้ผลดีกับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เรียงตามประสิทธิภาพได้แก่ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต , โซเดียมเตตระโพลีฟอสเฟต , โซเดียมเฮกซะเมตะฟอสเฟต , เตตระโซเดียมไพโรฟอสเฟต , ไซคลิคโซเดียมเมตะฟอสเฟต และ ไดโซเดียมฟอสเฟต (Kramas.1976)

สารประกอบฟอสเฟต เช่น โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต ได้มีการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติการอุ้มน้ำ การเกิดอิมัลชั่นและสี รวมทั้งป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันการใช้เกลือร่วมกับสารประกอบฟอสเฟตมีผลทำให้น้ำหนักผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นภายหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การให้ความร้อน เพิ่มความสามารถในการจับตัวกันของชิ้นเนื้อและเพิ่มการอุ้มน้ำมากกว่าการใช้เกลือเพียงอย่างเดียว (Shults and Wiergichi. 1972 ; Pepper and Schmidt. 1975)

สารประกอบฟอสเฟต เช่น โซเดียมไพโรฟอสเฟตเป็นสารประกอบที่ช่วยลดค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื้อจากการหุงต้ม เพิ่มความชุ่มฉ่ำน้ำของเนื้อ ปรับปรุงสีของเนื้อให้ดีขึ้นและช่วยเพิ่มค่าแรงยึดเกาะของชิ้นเนื้อด้วย (Mandigo. 1986) Pigott (1986) พบว่าสารโพลีฟอสเฟตทำให้ค่า pH สูงขึ้นได้ต่างกันในช่วง 5.9-6.3 โซเดียมไพโรฟอสเฟตและ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต จะให้ค่า pH ประมาณ 6.2 และมีประสิทธิภาพทั้งในการเพิ่มค่าความแข็งแรงของเจลและความสามารถในการเก็บกักน้ำได้ดีกว่าสารโพลีฟอสเฟตชนิดอื่น และถ้าผสม โซเดียมไพโรฟอสเฟตและโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต ในอัตราส่วน 6:4 จะมีประสิทธิภาพเพิ่มมากกว่าการใช้เพียงตัวใดตัวนึ่ง การใช้สารทั้งสองร่วมกันนี้ใช้ในปริมาณ 0.1 – 0.3 เปอร์เซนต์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงของเจลที่ดีที่สุด

การใช้สารประกอบฟอสเฟตทำให้โปรตีนไมโอไฟบริลมีการละลายได้มากขึ้น เนื่องจากมีการเพิ่มขึ้นของค่า pH และค่า ionic strength ความสามารถในการละลายของโปรตีนจะมีค่าต่ำสุดในช่วง pI คือที่ pH 5 - 6 ซึ่งประสิทธิภาพของฟอสเฟตจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อมีการใช้ในปลาแช่เยือกแข็งที่โปรตีนมีการเปลี่ยนแปลงสภาพ และสูญเสียความสามารถในการละลาย นอกจากนี้การใช้ฟอสเฟต 0.2-0.3 เปอร์เซนต์ ในผลิตภัณฑ์จะช่วยเพิ่มความแข็งแรงและความสามารถในการเก็บกักน้ำของเจล ค่าความแข็งแรงของเจลคามาโบโกะจะมีค่าต่ำสุดในช่วง pI และเมื่อค่า pH สูงขึ้นค่าความแข็งแรงของเจลจะเพิ่มขึ้น แต่เมื่อค่า pH เพิ่มขึ้นสูงกว่า 8 จะทำให้ความแข็งแรงของเจลต่ำลงและความสามารถในการเกาะตัวลดลง ค่า pH ที่เหมาะ-สมของซูริมิที่สับผสมแล้วก่อนที่จะนำไปให้ความร้อนอยู่ในช่วง 6.5-7.5 (Okada. 1985)

Paul and Palmer (1972) รายงานว่าการเติมเกลือแกง 2 เปอร์เซนต์ ในเนื้อวัวบดจะช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำและยับยั้งการลดลงของ cooking loss ในขณะที่มีการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศา-เซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที และถ้ามีการเติมเกลือแกงและโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตจะช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ และทำให้ผลิตภัณฑ์มี ลักษะคล้ายยาง (rubbery texture) ในผลิตภัณฑ์ที่สุกแล้วสารฟอสเฟต เป็นสารที่ช่วยให้ไส้กรอกมีความเหนียวและอุ้มน้ำได้ดี ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มชื้นและไขมันมีความคงตัวดีขณะต้มหรือรมควัน ทำให้เนื้อแน่นขึ้น การใส่ฟอสเฟตมากเกินจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติคล้ายสบู่ จึงเป็นการจำกัดระดับการใช้ฟอสเฟตในปริมาณสูงประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดการใช้ฟอสเฟตไม่เกินร้อย-ละ 0.5 สารฟอสเฟตที่นิยมใช้ได้แก่ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต , เตตระโซเดียมไพโรฟอสเฟตและ เตตระโพแทสเซียมไพโรฟอสเฟต แต่ที่นิยมใช้กันมากได้แก่ โซเดียมไพโรฟอสเฟตและไตรโพลีฟอสเฟต เนื่องจากมีคุณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบัติเฉพาะในการช่วยให้มีการอุ้มน้ำได้ดีขึ้นที่ช่วงความเป็นกรดด่าง 6.0 ถึง 6.5 สารประกอบฟอสเฟตถ้าใช้ร่วมกับเกลือจะมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น จากการทดลองของ Hsu and Yu , (1999) พบว่าการใช้เกลือที่ระดับร้อยละ 2 – 2.5 ร่วมกับสารฟอสเฟตร้อยละ 0.5 จะช่วยลดการสูญเสียขณะให้ความร้อนได้และสามารถเพิ่มน้ำเข้าไปได้ถึงร้อยละ22ในลูกชิ้นอิมัลชันไขมันต่ำ

Puolanne et. al. (2001) ใช้ P_2O_5 กับเกลือร้อยละ 2.5 จะช่วยเพิ่มค่าการอุ้มน้ำ และค่าการอุ้มน้ำนั้นขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดด่าง เมื่อเติมสารฟอสเฟตลงไปจะทำให้ความเป็นกรดด่างของเนื้อหมูเพิ่มจากเดิมคือ 5.50 - 6.12 เพิ่มขึ้นอีกประมาณ 0.7 แต่เมื่อมีการใช้ปริมาณเกลือน้อยลงมีผลทำให้ความเป็นกรดด่างของส่วนผสม (batter) เปลี่ยนแปลงไปแต่เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าการใช้เกลือปริมาณมาก แต่ก็ลดลงมากกว่าส่วนผสมที่ไม่เติมฟอสเฟต ซึ่งการลดลงของความเป็นกรดด่างมีผลต่อค่าการอุ้มน้ำของไส้กรอกความเป็นกรดด่างที่เพิ่มขึ้นจะทำให้โปรตีนเกิดประจุลบสามารถจับกับน้ำด้านที่มีประจุบวก สรุปได้ว่าถ้าใช้ปริมาณเกลือน้อยก็จะทำให้ความเป็นกรดด่างของส่วนผสมลดลงและมีผลต่อการอุ้มน้ำของไส้กรอก ต่อมา Hsu and Chung (2001) ทำการทดลองโดยลดปริมาณสารฟอสเฟตลงเหลือร้อยละ 0.17 ร่วมกับการใช้ kappa-carrageenan ปริมาณร้อยละ 2 ในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นอิมัลชันไขมันต่ำ ซึ่งพบว่าได้รับการยอมรับมากที่สุด แต่การใช้ปริมาณสารฟอสเฟตที่ระดับน้อยกว่าร้อยละ 0.4 จะมีความแตกต่างของผลผลิตหลังให้ความร้อน (cooking yield) ต่อปริมาณไขมัน

Torley et. al. (2000) ได้ทดลองใช้ ไตรโพลีฟอสเฟต เปรียบเทียบกับ ไพโรฟอสเฟต ในไส้กรอกหมูที่ทำจากเนื้อหมู PSE ปรากฏว่าค่า shear stress ของเจลเพิ่มขึ้นและค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน (cooking loss) ลดลงเมื่อใช้ ไตรโพลีฟอสเฟต ที่ระดับร้อยละ 0.37 Marcy et al. (1988) พบว่าการใช้โซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตพบว่าสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนในไส้-กรอกลงได้ เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง

2.4.7 อุณหภูมิและเวลาในการผสม

Pepper and Schmidt (1975) พบว่าเมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการนวดผสมขึ้นในช่วง 5 , 10 และ 20 นาที จะทำให้ค่าความแข็งแรงของเจล การจับตัวกัน และผลผลิตที่ได้ของ beef roll มีค่าเพิ่มมากขึ้นGillett et. al. (1977) กล่าวว่าประสิทธิภาพการสกัดโปรตีนจะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการสกัดต่ำลงจาก 35 - 4 องศา-เซลเซียส ความสามารถในการสกัดโปรตีนลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเพราะโปรตีนที่สกัดออกมาบางส่วนเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพและจับตัวกัน อุณหภูมิ 7.2 องศาเซลเซียส เป็นที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากเนื้อ 50 กรัม ด้วยสารละลายเกลือเข้มข้น 7.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซนต์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร เวลา 6 ชั่วโมง ซึ่งอุณหภูมินี้อาจเปลี่ยนแปลงตามสภาวะที่ใช้ในการสกัดโปรตีน เช่น เวลา ปริมาณเกลือที่ใช้ เป็นต้น แต่โดยทั่วไปควรใช้อุณหภูมิต่ำในการสกัดโปรตีนเพื่อที่จะได้การสกัดที่มีประสิทธิภาพดี

การผสมทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นเนื้อเดียวกัน การจับตัวของชิ้นเนื้อดีขึ้นแต่จะมีค่าสูงสุดที่จุดหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนสะสมในระหว่างการผสมทำให้โปรตีนถูกทำลายหรือเสียสภาพไปไม่สามารถสกัดออกมาได้ Mandigo(1986) พบว่า ปริมาณโปรตีนไมโอไฟบริลที่สกัดได้เพิ่มตามระยะเวลาการผสมที่เพิ่มขึ้นจาก 0 - 6 นาที และลดลงหลังจากนั้น

2.4.8 อุณหภูมิที่ใช้ในการทำให้เจลเซ็ทตัวและคงตัว

อุณหภูมิมีผลต่อการเกิดเจลเนื่องจากอุณหภูมิแต่ละช่วงทำให้โปรตีนมีหน้าที่แตกต่างกัน พบว่าโปรตีนไมโอซินส่วนหัวและส่วนหาง ใช้อุณหภูมิในการตกตะกอยที่ 40 และ 50 องศาเซลเซียสตามลำดับ ดังนั้นในการเกิดเจลจึงเกิดจากการที่ส่วนหัวของโปรตีนไมโอซินเกิดการสานตัวกันก่อน หลังจากนั้นส่วนหางของไมโอซินจึงเกิดการตกตะกอนลงมา (Takeshi et. al. 1990)

โปรตีนที่ละลายได้นสารละลายเกลือเมื่อมีการละลายออกมาแล้วจะเกิดการโพลิเมอไรซ์และก่อตัวเป็นโครงร่างตาข่ายเมื่อให้ความร้อน การให้ความร้อนจะทำให้โปรตีนเกิดการเซ็ทตัว คือการเริ่มเซ็ทตัวของเจลของโปรตีนที่อุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียส การเกิดเจลที่อุณหภูมิต่ำจะสามารถเกิดเจลได้อย่างช้าๆ ให้ลักษณะเจลที่ใสซึ่งจะทำให้เกิดโครงร่างตาข่ายที่แข็งแรงดีเมื่อนำมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง

Samejima et. al. (1981) พบว่าเมื่อให้ความร้อน ส่วนหัวของไมโอซินมีแนวโน้มที่จะเกาะรวมตัวกัน โดยส่วนหัวที่เป็นทรงกลมของไมโอซินจะเกี่ยวกับการออกซิเดชั่นของกลุ่มซัลไฮดริลและการเหยียดตัวของส่วนหางของไมโอซินที่เป็นฮีลิกซ์คอยล์เนื่องจากความร้อน ทำให้โอกาสเกิดพันธะระหว่างส่วนต่างๆ ของสายมีมากขึ้น เกิดเป็นโครงสร้างตาข่าย

Ngapo et al. (1999) ศึกษาการแช่เยือกแข็งของเนื้อหมู การแช่เยือกแข็งแบบรวดเร็วจะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหลังแช่เยือกแข็งน้อยแต่ถ้าแช่เยือกแข็งแบบช้าจะเกิดการสูญเสียน้ำได้มากกว่าการแช่เยือกแข็งแบบรวดเร็ว และมีโปรตีนสูญเสียออกมากับน้ำมาก เนื้อหมูที่ทำการเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -3 ถึง -10 องศาเซลเซียส จะเกิดการสูญเสียน้ำได้มากกว่าเนื้อหมูที่เห็บแช่เยือกแข็งไว้ที่ 20 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 4 สัปดาห์ เนื่องจากผลึกน้ำแข็งเกิกรหลอมละลายแล้วเกิดผลึกใหม่ที่มีขนาดใหญ่ทำให้โครงสร้างมีรูขนาดใหญ่จึงเกิดการสูญเสียน้ำมากเมื่อทำการละลายน้ำแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bustabad(1999) พบว่าการเก็บรักษาเนื้อสัตว์แบบแช่เยือกแข็งทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการเก็บรักษาน้อยกว่าการเก็บรักษาแบบแช่เย็น Carballo et al. (2000) พบว่าการใช้ความดันสูงช่วยให้ batter ที่ทำจากเนื้อหมูผ่านการแช่เยือกแข็งมีความคงตัวมากขึ้น

2.4.9 อัตราการให้ความร้อนในระหว่างการทำให้เจลคงตัว

อัตราการให้ความร้อนในระดับต่ำและคงที่มีผลต่อการเกิดเจลและความคงตัวของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากการให้อัตราการให้ความร้อนที่ต่ำจะทำให้โปรตีนมีเวลาที่ใช้ในการคลายตัวและการจัดเรียงตัวเป็นโครงร่างตาข่ายมากขึ้น จะทำให้เกิดโครงร่างตาข่ายที่แข็งแรง

อัตราการให้ความร้อนมีผลต่อการเกิดเจลและความคงตัวของเนื้อบดที่มีปริมาณเกลือ 2.5 เปอร์เซนต์ และ 3 เปอร์เซนต์ พบว่าการใช้อัตราการให้ความร้อนที่ 0.31 องศาเซลเซียสต่อนาที จะให้เจลที่มีความแข็งแรงมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการให้ความร้อนที่ 0.51 1.22 และ 1.62 องศาเซลเซียสต่อนาที (Barbut and Mittal. 1990) แต่ได้มีรายงานของ Saliba et. al. (1987) พบว่าอัตราการให้ ความร้อนไม่มีผลต่อความเหนียวและความยืดหยุ่นของไส้กรอกแฟรงก์เฟอร์เตอร์ Lan et. al. (1995b) ศึกษาอัตราการให้ความร้อนที่ 3 และ 7 องศาเซลเซียสต่อนาทีและค่าความเป็นกรดด่างที่ 5.5 , 6.0 , 6.5 , และ 7.0 ที่มีผลต่อการเกิดเจลของเนื้อสุกร เนื้อโค เนื้อปลา และเนื้อไก่ พบว่าเมื่อใช้อัตราการให้ความร้อนต่ำที่ความเป็นกรดด่าง 6.5 และ 7.0 เจลที่ได้มีความยืดหยุ่นและความเหนียวมากกว่าเมื่อใช้อัตราการให้ความร้อนที่สูง นอกจากนี้ยังพบว่า กล้ามเนื้อทุกชนิดยกเว้นเนื้อไก่ส่วนอกจะมีเจลที่มีความแข็งแรงสูงสุดเมื่อความเป็นกรดด่างเท่ากับ 6.0 นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาการเกิดเจลของโปรตีนชนิดต่างๆ ดังนี้ ไมโอซิน แอกติน โปรตีนไมโอไฟบริล โปรตีนซาร์โคพลาสมิก และโปรตีนเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ของเนื้อสุกรส่วนสะโพกพับนอก (Semimembranosus) และเนื้อไก่พบว่า เมื่อทำการเตรียมที่ pH 6.0 เกลือ (NaC l) 2 เปอร์เซนต์ และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส โดยมีอัตราการให้ความร้อน 0.7 องศาเซลเซียสต่อนาที ไมโอซินจากเนื้อสุกรให้เจลที่มีความแข็งแรงมากกว่าเนื้อไก่แบะยังมีน้ำหนักสูญเสียเมื่อให้ความร้อนในปริมาณที่น้อยกว่าเนื้อไก่ ส่วนแอกตินไม่สามารถเกิดเจลได้ แต่สามารถทำให้ไมซินเกิดเจลได้ดีเมื่อมีอัตราส่วนที่เหมาะสมกับไมโอซิน นอกจากนี้ยังพบว่าเจลของโปรตีนไมโอไฟบริลจากเนื้อไก่และเนื้อสุกรมีน้ำหนักสูญเสียเมื่อให้ความร้อนต่ำที่สุดรองลงมาคือโปรตีนเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและโปรตีนซาร์โคพลาสมิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.10 โซเดียมไบคาร์บอเนต (โซเดียมไบคาร์บอเนต หรือ Baking Soda)

สารเคมีที่สามารถพบได้ในครัวเรือนทำให้ระดับความเป็นกรดลดน้อยลงในเนื้อหมูสัน, เนื้อหมูขาหลังและชิ้นเนื้อส่วนอื่นๆ และจะถูกใช้ในการหมักแฮมในประเทศโปแลนด์ นักวิจัยจะใช้สารโซเดียมไบ-คาร์บอเนตในการป้องกันการเกิดเนื้อ PSE โดยการรักษาเนื้อหลังการถูกฆ่า เราสามารถฉีดสารโซเดียมไบ-คาร์บอเนตในเนื้อที่ถูกตัดจากข้างหนึ่งของเนื้อ PSE ในขณะที่อีกข้างหนึ่งไม่ฉีดสารโซเดียมไบคาร์บอเนต เราจะพบว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยากรดในกล้ามเนื้อลดลงซึ่งจะหมายความว่าเนื้อจะมีการอุ้มน้ำและมีสีเหมือนเนื้อปกติ เมื่อมีการฉีดสารโซเดียมไบคาร์บอเนตลงไปในเนื้อ รสชาติที่เกิดขึ้นทำให้ผู้บริโภคสามารถแยกความแตกต่างได้ ซึ่งการเติมสารโซเดียมไบ-คาร์บอเนตจะมีผลต่อสี เนื้อสัมผัส ความนุ่ม และการอุ้มน้ำ ทำให้เนื้อมีความนุ่มมากขึ้นและชุ่มน้ำ สีของเนื้อจะมีความสว่างขึ้น ซึ่งวิธีดังกล่าวจะไม่มีผลต่อกลิ่นของเนื้อ

นักวิจัยเชื่อว่าวิธีนี้จำเป็นจะต้องใช้สารโซเดียมไบคาร์บอเนตในช่วง 2 ถึง 3 ชั่วโมง หลังจากการฆ่าสัตว์ก่อนที่จะมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของกล้ามเนื้อ นักวิจัยพยายามรักษาคุณภาพเนื้อสัตว์ที่ถูกฆ่าในแต่ละวัน การเกิดความเป็นกรดในกล้ามเนื้อจะทำให้เนื้อไม่สามารถคืนสภาพได้ (เนื้อ PSE) แต่การเติมสารโซเดียมไบคาร์บอเนตจะทำให้โครงสร้างกล้ามเนื้อขยายตัวและมีการเก็บรักษาของเหลวมากขึ้นซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะทำให้เนื้อมีสีซีดจางลดน้อยลงปัจจุบันได้มีการใช้สารโซเดียมไบคาร์บอเนตกับเนื้อหมูสดที่แช่ในตู้เย็นซึ่งจะพบในร้านขายหมู
(George Gallepp , 2002 ; http://www.scienceblog.com/community)

เนื้อหมูที่ซื้อตามท้องตลาด จะมีความชื้นประมาณ 76.4 เปอร์เซนต์ โปรตีนประมาณ 21.1 เปอร์เซนต์ ไขมันประมาณ 1.1 เปอร์เซนต์ และ เถ้า 1.3 เปอร์เซนต์ เนื้อที่นำมาใช้จะถูกหั่นให้เป็นชิ้นพร้อมกับการแช่เย็น โดยจะมีเนื้อหมูที่ไม่ติดเกลือ (ตัวควบคุม) เนื้อหมี่เติมเกลือ (NaCl) 1.5 เปอร์เซ็นต์ โซเดียม ไตรโพลี-ฟอสเฟต ไมโอซิน และแอคตินเป็นโปรตีนที่สามารถละลายในเกลือได้มีปริมาณมากขึ้น การใช้เกลือ และเกลือผสมโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต ช่วยให้เนื้อมีความอุ้มน้ำมากขึ้นและสามารถเปลี่ยนคุณสมบัติเนื้อหมูเกิดเจล (Fernandez et al. 2001) การหมักส่วนผสมที่มีระดับของ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต และ โซเดียมไบ-คาร์บอเนต ที่ระดับต่างๆ โดยการฉีดเข้าที่เนื้อส่วนสะโพกของหมูตัวเมีย ได้ทดสอบกับผู้ชิมที่ผ่านการฝึก-ฝน โดยการประเมินส่วนผสมในการหมักมี 4 แบบ ซึ่งแบ่งได้ดังนี้ แบบที่ 1 มี โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต เท่ากับ 0.50 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมไบคาร์บอเนต เท่ากับ 0.70 โมลาร์ แบบที่ 2 มี โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต เท่ากับ 0.25 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมไบคาร์บอเนต เท่ากับ 0.70 โมลาร์ แบบที่ 3 มี โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต เท่ากับ 0.50 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมไบคาร์บอเนต เท่ากับ 0.35 โมลาร์ แบบที่ 4 มี โซเดียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดรโพลีฟอสเฟต เท่ากับ 0.25 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมไบคาร์บอเนต เท่ากับ 0.3 โมลาร์ ซึ่งการหมักส่วนผสมทั้ง 4 แบบ สามารถลดกลิ่นที่ผิดปกติของเนื้อหมูตัวเมีย และสามารถปรับปรุงประสาทสัมผัสทางคุณลักษณะเนื้อสัมผัส [Jeffery et al. 2003]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์

มีดและเขียง

เครื่องชั่งน้ำหนัก

ถุงพลาสติกและหนังยาง

กระป๋องพลาสติก

ช้อน และกะละมัง

อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath)

เครื่องนวดเนื้อ

เครื่องบดเนื้อ

เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer : TA — XT2)

เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge)

พิมพ์หมูยอ

เทอร์โมมิเตอร์

เนื้อหมูส่วนสันนอก

น้ำเปล่า

3.2 สารเคมี

เกลือ

โซเดียมไตรพอลีฟอสเฟต

โซเดียมไบคาร์บอเนต (Baking soda)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 ศึกษาผลของเวลาในการนวดและสารโซเดียมไบคาร์บอเนต ต่อคุณภาพเนื้อ

3.3.1.1 การหาระยะเวลาในการนวด

ใช้เนื้อหมูสดส่วนสันนอกหั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาด 2x2x1 เซนติเมตร^3 ที่แช่เย็นจัด อุณหภูมิ 2-5 องศาเซลเซียล มาเพื่อนำไปหมักรวมกับส่วนผสมที่มีเกลือ (NaCl) 2.0 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3 เปอร์เซ็นต์ และน้ำ 20.0เปอร์เซ็นต์ โดยนวดผสม 1 นาทีเปรียบเทียบกับการนวดผสมที่ระดับเวลา 10 นาที ซึ่งแบ่งระยะการนวดเป็น 3 ลักษณะคือ

แบบที่ 1 นวด 10 นาที ขั้นตอนเดียวติดต่อกันไป

แบบที่ 2 นวด 5 นาที ขั้นตอนแรกพักเนื้อไว้ 10 นาที และนวดต่ออีก 5 นาที

แบบที่ 3 นวด 5 นาที ขั้นตอนแรกพักเนื้อไว้ 20 นาที และนวดต่ออีก 5 นาที

นำเนื้อหมูที่นวดใส่ลงในถุงพลาสติก แช่เย็นจัด 2-5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำไปต้มให้สุกในอ่างน้ำร้อน (water bath) 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

ตรวจคุณภาพเนื้อด้านต่างๆ ดังนี้

3.3.1.1.1 ความนุ่มของเนื้อโดยใช้เครื่อง texture analyzer

3.3.1.1.2 เปอร์เซ็นต์ผลผลิต (% yield)

3.3.1.1.3 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังต้มสุก (% cooking loss)

3.3.1.1.4 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) โดยใช้วิธีการเหวี่ยงแยกน้ำออกด้วยความเร็วสูง(centrifuge)

เลือกระยะเวลาในการนวดที่ดีที่สุด ทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยใช้แผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรม SPSS และวิเคราะห์ความแตกต่างของปัจจัยด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.2 การศึกษาระดับโซเดียมไบคาร์บอเนตต่อคุณภาพของเนื้อ

นำเนื้อหมูสดหั่นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาด 2 x 2 x 1 เซนติเมตร^3 หมักรวมกับส่วนผสมที่มีเกลือ (NaCl) 2.0 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 20.0 เปอร์เซ็นต์ และเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตเพิ่มลงในเนื้อ 4 ระดับ คือ 0, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์และทำการนวดเนื้อ โดยใช้ผลของการนวดที่ดีที่สุดจากข้อ 3.3.1.1 จากนั้นนำเนื้อหมูมาใส่ถุงพลาสติกแช่เย็นจัดที่อุณหภูมิ 2-5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนนำไปต้มสุกในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที และตรวจคุณภาพเนื้อเช่นเดียวกับในหัวข้อ 3.3.1.1

3.3.2. ศึกษาผลของเวลาในการแช่เย็นและสารโซเดียมไบคาร์บอเนต ต่อคุณภาพเนื้อหมูบด

3.3.2.1 การศึกษาผลของระยะเวลาในการแช่เย็นเนื้อหมูบดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ต่อคุณภาพเนื้อ

นำเนื้อหมูส่วนสันนอกแช่เย็นจัดอุณหภูมิ 2 – 5 องศาเซลเซียสมาหั่น และบดละเอียดผ่านแว่นขนาด 55 มิลลิเมตร เพื่อนำไปเติมส่วนผสมต่างๆ คือ เกลือ 2.0 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3 เปอร์เซ็นต์ และน้ำ 20 เปอร์เซ็นต์ ทำการนวดเป็นเวลา 2 นาทีแล้วนำเนื้อที่นวดได้ไปเก็บแช่เย็นไว้ที่อุณหภูมิ 2 - 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 , 20 และ 25 ชั่วโมง ตามลำดับและทำการศึกษาผลของระยะเวลาในการแช่เย็นต่อคุณภาพเนื้อบดนวดที่ได้ โดยนำมาเนื้อหมูบดมาใส่ถุงพลาสติกปิดสนิท นำไปทำให้สุกในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที

ตรวจคุณภาพเนื้อหมูบดที่ได้โดยวิเคราะห์ค่า gel strength เพื่อนำผลของระยะเวลาในการแช่เย็นเนื้อที่ดีที่สุดไปใช้ในการศึกษาต่อไป

3.3.2.2 การทดสอบเบื้องต้นของคุณภาพเนื้อหมูในการดูดซึมน้ำที่ระดับต่างๆ

นำเนื้อหมูส่วนสันนอกแช่เย็นจัดอุณหภูมิ 2 – 5 องศาเซลเซียส และบดละเอียดผ่านแผ่นแว่นขนาด 55 มิลลิเมตร มาหมักรวมกับส่วนผสมที่มีเกลือ (NaCl) 2.0 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3 เปอร์เซ็นต์ เติมปริมาณน้ำในระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ 60 เปอร์เซ็นต์ 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นวดเนื้อ 2 นาที เพื่อศึกษาระยะเวลาของเนื้อบดจะดูดซึมน้ำได้หมด และเลือกระดับปริมาณน้ำที่มากเกินพอที่เนื้อหมูไม่สามารถดูดน้ำไว้ได้มาใช้ เพื่อศึกษาคุณสมบัติของการเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตในการทดลองต่อไป

3.3.2.3 การศึกษาระดับโซเดียมไบคาร์บอเนตต่อคุณภาพของเนื้อหมูบด

เติมปริมาณโซเดียมไบคาร์บอเนต 4 ระดับ คือ 0, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ในเนื้อหมูบดและหมักกับส่วนผสมที่มีเกลือ 2.0 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3 เปอร์เซ็นต์ และน้ำที่ระดับเพิ่มมากเกินพอที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.3.2.2 นวดเนื้อ 2 นาที จากนั้นนำเนื้อบดที่นวดได้มาตรวจคุณภาพด้านต่างๆ คือ

3.3.2.3.1 การหาค่าความแข็งของเจล โดยใช้เครื่อง texture analyzer

3.3.2.3.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) โดยใช้วิธีการเหวี่ยงแยกน้ำออกด้วยความเร็วสูง (centrifuge)

3.3.2.3.3 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังต้มสุก (% cooling loss)

3.3.2.3.4 เปอร์เซ็นต์ผลผลิต (% yield)

3.3.2.3.5 การตรวจคุณภาพของเนื้อเชิงพรรณนาด้านสี ความสดใส และการเกาะจับตัวของเนื้อหมูบด

ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ที่ระดับ 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรม SPSS และวิเคราะห์ความแตกต่างของปัจจัยด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test

3.3.23.6 ศึกษาคุณภาพของเนื้อหมูบดขึ้นรูปด้านประสาทสัมผัสโดยการชิม เพื่อดูการยอมรับของผู้บริโภคในแง่ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมด้วยแบบทดสอบ Hedonic scale ที่ 9 ระดับคะแนน ผู้ชิม 25 คน และประเมินค่าคะแนนเฉลี่ยที่ได้โดยใช้แผนการทดลองแบบ Random Complete Block Design (RCBD) และวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของปัจจัยด้วย Duncan Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การศึกษาผลของเวลาในการนวดและสารโซเดียมไบคาร์บอเนตต่อคุณภาพเนื้อ

4.1.1 การหาระยะเวลาในการนวดเนื้อ

ใช้เนื้อสดส่วนสันนอกที่แช่เย็นจัดที่อุณหภูมิ 2-5 องศาเซลเซียส นำมาหั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาด 2x3x1 เซนติเมตร^3 หมักรวมกับส่วนผสมที่ประกอบด้วยเกลือ(NaCl) 2 เปอร์เซ็นต์, โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3 เปอร์เซ็นต์ และน้ำ 20 เปอร์เซ็นต์ และนวด 1 นาทีเปรียบเทียบกับการนวดเนื้อ 3 แบบคือ การนวด 10 นาที การนวด 5 นาทีพัก 10 นาทีแล้วนวดต่อ 5 นาทีและการนวด 5 นาทีพัก 20 นาทีแล้วนวดต่อ 5 นาที และตรวจคุณภาพของเนื้อที่นวด ได้ผลดังตารางที่4.1

ตารางที่ 4.1 แรงเฉือน (กรัม) ความสามารถในการอุ้มน้ำ(เปอร์เซ็นต์) การสูญเสียน้ำหนักเมื่อทำให้สุก(เปอร์เซ็นต์) และผลผลิตของเนื้อ(เปอร์เซ็นต์) ที่นวดด้วยระยะเวลาต่างๆกัน

วิธีการนวด	Shear Force (g)	Water Holding Capacity (%)	Cooking Loss (%)	Yield (%)
นวด 1 นาที	3033.320±84.39^{c}	63.651±2.16^{a}	33.211±3.78^{b}	66.789±3.78^{a}
นวด 10 นาที	2696.120±70.40^{b}	66.608±2.07^{ab}	18.313±1.76^{a}	81.687±1.76^{b}
นวด 5 นาทีพัก 10 นาที แล้วนวดต่อ 5 นาที	2361.360±83.67^{a}	72.282±0.53^{c}	16.116±1.39^{a}	83.884± 1.39^{b}
นวด 5 นาทีพัก 20 นาที แล้วนวดต่อ 5 นาที	2274.240±98.26^{a}	68.463±2.07^{b}	15.003±0.95^{a}	84.997±0.95^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 พบว่าการนวดเนื้อแบบนวด 5 นาทีพัก 20 นาทีแล้วนวดต่อ 5 นาทีจะทำให้เนื้อมีความนุ่มมากที่สุด โดยพิจารณาจากแรงเฉือนที่ใช้ตัดชิ้นเนื้อ ซึ่งวัดค่าได้เท่ากับ 2274.240 กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับการนวดเนื้อแบบนวด5 นาทีพัก 10 นาทีแล้วนวดต่อ 5 นาที จะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการนวด 1 นาทีและ 10 นาที ซึ่งมีค่าแรงเฉือนสูงถึง 2696.120 — 3033.320 กรัม ทั้งนี้เนื่องจากแรงที่ใช้ในการตัดชิ้นเนื้อยิ่งน้อยแสดงว่าเนื้อมีความนุ่มและชุ่มน้ำมากขึ้น ซึ่งการนวดและการพักเนื้อจะช่วยให้น้ำหมักซึมเข้าสู่ชิ้นเนื้อได้มากขึ้น น้ำถูกจับไว้ในชิ้นเนื้อได้ดีและเมื่อทำการนวดอีกครั้ง จะยิ่งทำให้น้ำสามารถจับอยู่ในโมเลกุลของโปรตีนได้ดีขึ้น จึงส่งผลให้เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มมากขึ้น ซึ่งพบว่าการนวดแบบ 5 นาทีพักเนื้อ 10 นาทีและนวดต่อ 5 นาที เนื้อจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงสุดเท่ากับ 72.282 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการนวดแบบต่างๆ พบว่าจะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อจะมีผลต่อการสูญเสียน้ำเมื่อทำให้เนื้อสุก โดยพบว่า ถ้าเนื้อมีความสามารถในอุ้มน้ำดีและเก็บกักน้ำไว้ในโมเลกุลของเนื้อมาก เมื่อทำให้เนื้อสุก เนื้อจะสูญเสียน้ำน้อยลงและเนื้อจะไม่แห้ง จึงทำให้ เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตเพิ่มมากขึ้น โดยพบว่า การนวดแบบนวด 5นาที พักเนื้อ20นาทีและนวดต่อ5นาที จะทำให้เนื้อสูญเสียน้ำหนักเมื่อทำให้สุกน้อยที่สุดเท่ากับ 15.003 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการนวดเนื้อแบบ นวด5 นาที พักเนื้อ 10 นวทีและนวดต่อ 5 นาที จะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อพิจารณาค่าผลผลิต พบว่าการนวดเนื้อแบบนวดแล้วพักเนื้อ 20นาที จะทำให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตเพิ่มมากขึ้น เท่ากับ 84.997 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการนวดเนื้อแบบนวดแล้วพักเนื้อ 10 นาที พบว่าจะแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ โดยระยะเวลาที่ใช้ในการนวดเนื้อจะมีผลต่อคุณภาพเนื้อ โดยการนวดเนื้อแบบมีการพักเนื้อ 10 และ 20 นาที เนื้อจะมีคุณภาพที่ดีที่สุด โดยค่าแรงเฉือน ค่าการสูญเสียน้ำหนักเมื่อทำให้สุก และค่าผลผลิตจะไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่ความสามารถในการอุ้มน้ำ จะมีความแตกต่างทางสถิติ จึงเลือกการนวดเนื้อแบบนวด 5 นาทีพัก 10 นาทีและนวดต่อ 5 นาที เพื่อทำการศึกษาระดับโซเดียมไบคาร์บอเนตต่อคุณภาพเนื้อต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การศึกษาระดับโซเดียมไบคาร์บอเนตต่อคุณภาพเนื้อ

ใช้เนื้อหมูสดหั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาด 2x3x1 เซนติเมตร^3 หมักกับส่วนผสมที่มี เกลือ (NaCl) 2 เปอร์เซ็นต์ , โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3 เปอร์เซ็นต์ และ น้ำ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยมีการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) 4 ระดับ คือ 0 , 1.0 , 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ และทำการนวดเนื้อแบบนวด 5 นาที พัก 10 นาทีและนวดต่อ 5 นาที และวิเคราะห์คุณภาพเนื้อที่เติมปริมาณโซเดียมไบคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ ได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แรงเฉือน (กรัม) ความสามารถในการอุ้มน้ำ(เปอร์เซ็นต์) การสูญเสียน้ำหนักเมื่อทำให้สุก(เปอร์เซ็นต์) และผลผลิตของเนื้อ(เปอร์เซ็นต์) ของเนื้อหมักที่มีการเติมปริมาณโซเดียมไบคาร์บอเนตปริมาณต่างๆกัน

$NaHCO_3$ (%)	Shear Force (g)	Water Holding Capacity (%)	Cooking loss (%)	Yield (%)
0	1530.983±74.03^a	53.475±0.71^a	10.283±0.81^b	89.717±0.81^a
1.0	1495.167±153.02^a	65.402±7.29^b	8.634±8.52^a	91.366±1.40^b
1.5	1408.333±129.04^a	70.114±1.98^b	8.523±0.04^a	91.477±0.04^b
2.0	1387.600±88.46^a	77.766±1.53^c	8.192±0.49^a	91.807±0.49^b

หมายเหตุ ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากตารางที่ 4.2 การเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตปริมาณมากขึ้น จะทำให้คุณภาพของเนื้อดีขึ้น โดยพบว่า การเติมโซเดียมไบคาร์บอเนต 2.0 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยทำให้เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำมากขึ้น เท่ากับ 77.766 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ 0, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อน้อยกว่า อยู่ในช่วงระหว่าง 53.475 — 70.114 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น และความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อจะมากขึ้น เมื่อเติมโซเดียมไบคาร์บอเนต มากขึ้นตามลำดับ ส่งผลให้ชิ้นเนื้อเมื่อทำให้สุกจะสูญเสียน้ำน้อยลง เนื่องจากโซเดียมไบคาร์บอเนตจะทำให้เนื้อมีความเป็นด่างเพิ่มมากขึ้น โดยพบว่าการเติมโซเดียมไบคาร์บอเนต 2.0 เปอร์เซ็นต์ จะมีการสูญเสียน้ำน้อยที่สุด เท่ากับ 8.192 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเมียบกับการเติม โซเดียมไบคาร์บอเนต 1.0 และ1.5เปอร์เซ็นต์ จะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากเนื้อมีความสามารถในการกักเก็บน้ำในโมเลกุลของเนื้อมากขึ้น และจะเพิ่มประสิทธิ-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพในการจับน้ำภายในโมเลกุลของโปรตีน ทำให้ผลผลิตสุดท้ายมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยลง และการที่ชิ้นเนื้อมีการอุ้มน้ำที่ดีมากขึ้นจะทำให้แรงที่ใช้ในการตัดชิ้นเนื้อน้อยลง โดยการเติมโซเดียมไบคาร์บอเนต 2.0 เปอร์เซ็นต์ จะใช้แรงตัดชิ้นเนื้อน้อยที่สุดเท่ากับ 1387.600 กรัม โดยจะไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับการเติมปริมาณโซเดียมไบคาร์บอเนตปริมาณต่างๆ เนื่องจากโซเดียมไบคาร์บอเนต จะช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของเนื้อ ให้มีความนุ่มมากกว่าการใช้แค่เกลือและฟอสเฟต ซึ่ง Sheard and Tali (2004) ได้ศึกษาการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตในเนื้อพบว่า เมื่อใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตปริมาณมากขึ้นจะทำให้เนื้อหมักมีค่าแรงเฉือนลดลง และผลผลิตของเนื้อมีค่าเพิ่มมากกว่าการที่ไม่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต

ดังนั้นการเติม โซเดียมไบคาร์บอเนต 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เนื้อมีคุณภาพทางด้านความนุ่มและความชุ่มน้ำ การสูญเสียน้ำหนักเมื่อทำให้เนื้อสุกและน้ำหนักผลผลิตไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณา พบว่าที่ระดับที่ 2.0 เปอร์เซ็นต์ จะให้คุณภาพเนื้อที่ดีที่สุดและเมื่อทำการชิม พบว่า การเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตมากจะทำให้เนื้อมีความเค็มมากขึ้นเนื่องจาก โซเดียมไบคาร์บอเนตจะมีเกลือเป็นส่วนประกอบทำให้เนื้อมีความเค็มมากขึ้นตามปริมาณที่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนตเพิ่มขึ้นตามลำดับ

4.2 การศึกษาผลของเวลาในการแช่เย็นและระดับโซเดียมไบคาร์บอเนตต่อคุณภาพเนื้อบด

4.2.1 การศึกษาผลของเวลาในการแช่เย็นต่อคุณภาพเนื้อหมูบด

จากการนำเนื้อหมูส่วนสันนอกที่แช่เย็นจัดที่อุณหภูมิ 2-5 องศาเซลเซียส มาหั่นและบดละเอียดผ่านแผ่นแว่น เพื่อนำไปเติม เกลือ(NaCl) 2 เปอร์เซ็นต์,โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3 เปอร์เซ็นต์ และน้ำ 20 เปอร์เซ็นต์ ทำการนวด 2 นาที และนำเนื้อที่นวดได้ไปแช่เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 , 20 และ 25 ชั่วโมง ตามลำดับ และตรวจคุณภาพเนื้อโดยวัดค่าความแข็งแรงของเจลได้ผลดังตารางที่ 4.3

จากตารางที่ 4.3 พบว่าการแช่เย็นที่ 25 ชั่วโมงจะทำให้เจลของเนื้อบดมีความแข็งแรงมากที่สุด โดยพิจารณาจากค่าความแข็งแรงของเจล ที่คำนวณจาก แรงที่กดลงบนตัวอย่างคูณกับระยะทาง ซึ่งการแช่เย็น 25 ชั่วโมง จะได้ค่าความแข็งแรงของเจล เท่ากับ 225.43 กรัมต่อเซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับการแช่เย็นที่ 15 และ 20 ชั่วโมง พบว่าค่าความแข็งแรงของเจล จะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยการเกิดเจล เป็นผลจากเกลือที่ละลายโปรตีนไมโอซินออกจากเนื้อ ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแข็งแรงของเจลจะมากหรือน้อยขึ้นกับปริมาณของไมโอซินที่ถูกสกัดออกมาและเมื่อนำเนื้อไปทำให้สุก เนื้อบดจะจับตัวกันดีและมีความนุ่ม ดังนั้นเวลาที่ใช้แช่เย็นต่างกันจะไม่มีผลต่อความแข็งแรงของเจล ดังนั้น การทดลองจึงใช้เวลาแช่เย็น 25 ชั่วโมง เนื่องจากมีความสะดวกในการเตรียมอุปกรณ์และตรวจคุณภาพเนื้อบด

ตารางที่ 4.3 ค่าความแข็งแรงของเจลเนื้อหมูบดที่หมักไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลาต่างๆ กัน

เวลาที่ใช้แช่เย็น (ชั่วโมง)	Gel Strength (g.cm)
15	222.604±0.53 [a]
20	224.230±3.49 [a]
25	225.430±1.23 [a]

หมายเหตุ ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.2.2 การศึกษาความสามารถของเนื้อบดในการดูดน้ำ

ใช้เนื้อหมูบดมาหมักรวมกับ เกลือ(NaCl) 2 เปอร์เซ็นต์ , โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3 เปอร์เซ็นต์ และน้ำ 3 ระดับ คือ 40 เปอร์เซ็นต์ , 60 เปอร์เซ็นต์ และ 80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และจับเวลาที่เนื้อสามารถดูดน้ำได้หมด เพื่อเลือกปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการเติมลงในส่วนผสม โดยจะเลือกปริมาณน้ำที่เนื้อดูดไม่หมด เพื่อทำการศึกษาผลของโซเดียมไบคาร์บอเนตต่อคุณภาพเนื้อบด โดยเวลาที่เนื้อสามารถดูดน้ำได้หมด ได้ผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ความสามารถของเนื้อบดในการดูดน้ำที่ปริมาณระดับต่างๆ

น้ำ (เปอร์เซ็นต์)	เวลา (นาที)
40	ดูดน้ำหมดภายใน 1.5 นาที
60	ดูดน้ำหมดภายใน 4 นาที
80	ดูดน้ำไม่หมด

จากตารางที่ 4.4 พบว่าการเติมน้ำ 40 เปอร์เซ็นต์ เนื้อบดสามารถดูดน้ำเก็บไว้ในโครงสร้างได้หมด โดยใช้เวลาที่น้อยที่สุด คือ 1.5 นาที ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำ 60 และ 80เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่า ปริมาณน้ำ 40 เปอร์เซ็นต์ เนื้อจะดูดน้ำได้หมด ส่วนปริมาณน้ำ 40 เปอร์เซ็นต์ เนื้อบดสามารถดูดน้ำเก็บไว้ในโครงสร้างได้หมด โดยใช้เวลา 4 นาที สำหรับปริมาณน้ำ 80เปอร์เซ็นต์ เนื้อจะดูดน้ำได้เพียงบางส่วนเท่านั้นและไม่สามารถดูดน้ำได้หมด เนื่องจากเนื้อจะมีความสามารถในการดูดน้ำได้ปริมารหนึ่งเท่านั้น โดยถ้าเติมปริมาณน้ำมากกว่าที่เนื้อสามารถดูดเก็บไว้ในโครงสร้างได้ เนื้อจะไม่สามารถดูดน้ำได้หมด ดังนั้นการทดลองจึงเลือกการใช้ปริมาณน้ำ 80 เปอร์เซ็นต์ เพื่อทำการศึกษาผลของโซเดียมไบคาร์บอเนตที่จะช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ

4.2.3 การศึกษาระดับโซเดียมไบคาร์บอเนตที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อหมูบด

นำเนื้อบดมาหมักรวมกับ เกลือ(NaCl) 2 เปอร์เซ็นต์, โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 0.3 เปอร์เซ็นต์ , น้ำ 80 เปอร์เซ็นต์ และ โซเดียมไบคาร์บอเนต 4 ระดับคือ 0 ,1.0 ,1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ นวดเนื้อ 2 นาที และแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 25 ชั่วโมง หลังจากนั้น นำเนื้อบดมาขึ้นรูปและวิเคราะห์คุณภาพเนื้อ ได้ผลดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ลักษณะความแข็งของเจล ความสามารถในการอุ้มน้ำ(เปอร์เซ็นต์) การสูญเสียน้ำหนักเมื่อทำให้สุก(เปอร์เซ็นต์) และผลผลิตของเนื้อ (เปอร์เซ็นต์) ที่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนตระดับต่างๆ

$NaHCO_3$ (%)	Gel Stregnth (g.cm)	Water Holding Capacity (%)	Cooking loss (%)	Yield (%)
0	142.988±1.09^{a}	49.020 ± 0.17^{a}	38.536 ± 0.94^{e}	61.464 ± 0.94^{a}
1.0	171.211±1.92^{b}	74.570 ± 0.53^{c}	22.786 ± 0.98^{c}	77.214 ± 0.98^{c}
1.5	186.539±1.73^{c}	75.190 ± 1.42^{cd}	18.875 ± 0.62^{b}	81.125 ± 0.62^{d}
2 .0	193.637±3.82^{d}	78.602 ± 1.32^{d}	15.906 ± 0.98^{a}	84.094 ± 0.98^{e}

หมายเหตุ ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากตารางที่ 4.5 เนื้อหมูบดที่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต 2.0 เปอร์เซ็นต์จะช่วยทำให้เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำมากเป็น 78.602 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการเติมโซเดียมไบคาร์-บอเนต 0 ,1 และ 1.5เปอร์เซ็นต์ พบว่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อที่เติมโซเดียมไบคาร์-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บอเนต 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ จะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากโซเดียมไบคาร์บอเนตจะช่วยเพิ่มความสามารถของเนื้อบดในการอุ้มน้ำไว้ในโครงสร้างมากขึ้น ทำให้เนื้อสูญเสียน้ำน้อยลงเมื่อทำให้สุก โดยการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตที่ 2.0 เปอร์เซ็นต์ เนื้อจะสูญเสียน้ำน้อยที่สุดเมื่อทำให้สุก มีค่าเป็น 15.906 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ปริมาณต่างๆ ซึ่งการสูญเสียน้ำน้อยลงเมื่อทำให้สุก จะส่งผลให้ เปอร์เซ็นต์ผลผลิตของเนื้อบดเพิ่มมากขึ้น โดยการเติมโซเดียมไบคาร์บอเนต 2.0 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่าผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 84.094 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลผลิตของเนื้อบดจะเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณโซเดียมไบคาร์บอเนตที่เติมมากขึ้น และจะมีความสัมพันธ์กับการสูญเสียน้ำหนักเมื่อทำให้สุก โดยถ้าน้ำหนักเมื่อทำให้เนื้อสุกมีค่าต่ำจะส่งผลให้ค่าผลผลิตเพิ่มมากขึ้นและค่าความแข็งแรงของเจลจะเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเนื้อบดสามารถกักน้ำไว้ในโครงสร้างได้มากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้เจลที่ได้มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี เนื้อสัมผัสมีความยืดหยุ่น โดยการเติมโซเดียมไบคาร์บอเนต 2.0 เปอร์เซ็นต์ ค่าความแข็งแรงของเจลจะมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 195.637 กรัมต่อเซนติเมตร ซึ่งเมื่อเทียบกับการเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ปริมาณ 0 ,1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่าความแข็งแรงของเจลจะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ นั่นคือ เจลของเนื้อบดที่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต 2.0 เปอร์เซ็นต์ จะมีความแข็งแรงของเจลมาก เนื้อบดมีความยืดหยุ่นดีและอุ้มน้ำได้มากที่สุดและเมื่อทำการตรวจลักษณะเนื้อบดขึ้นรูปเพื่อดูคุณลักษณะของเนื้อเชิงพรรณนาด้าน สี ความสดใส และการเกาะตัวกัน จะได้ผลดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ลักษณะของเนื้อบดขึ้นรูปโดยพิจารณาด้วยวิธีเชิงพรรณนา ทางด้านสี ความสดใสและการเกาะตัวกันของเนื้อ

โซเดียมไบคาร์บอเนต(%)	ลักษณะเจลของเนื้อ		
	สี	ความสดใส	การเกาะตัวกัน
0	เนื้อจะมีสีซีด	เนื้อไม่สดใส	เนื้อเกาะตัวกันไม่ดี
1.0	เนื้อเริ่มจะมีสีซีด	เนื้อเริ่มมีความสดใสน้อย	เนื้อมีการเกาะตัวกันได้บ้าง
1.5	เนื้อมีสีแดง	เนื้อมีความสดใสกระเจิงแสงดี	เนื้อมีการเกาะตัวกันดี
2.0	เนื้อมีสีแดง ชมพูตามธรรมชาติของเนื้อหมู	เนื้อมีความสดใสมากที่สุด โดยเนื้อมีการกระเจิงแสงดี	เนื้อมีการเกาะตัวกันดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.6 เนื้อหมูบดที่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนตมากขึ้นจะทำให้เนื้อที่ได้มีลักษณะสี ความสดใสและการจับเกาะกันดีมากขึ้น โดยเนื้อสดก่อนทำให้สุกที่ไม่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต (0 เปอร์เซ็นต์) พบว่า เนื้อบดที่ได้จะมีลักษณะเนื้อที่เกาะตัวกันได้ไม่ดีเนื่องจากเนื้อไม่สามารถดูดน้ำได้หมดและเนื้อมีลักษณะเหลวเละ และเมื่อทำให้สุกพบว่า เนื้อจะมีลักษณะไม่เกาะติดกันและค่อนข้างแข็งกระด้าง เมื่อนำมาตัดเป็นชิ้นพบว่า ผิวหน้าของรอยตัดจะแตกขาดง่ายและเป็นขุย เนื่องจากเนื้อเกาะตัวกันไม่ดี สีผิวของเนื้อจะไม่สดใส แต่เนื้อบดที่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต 2.0 เปอร์เซ็นต์ ก่อนทำให้สุกพบว่า เนื้อบดสดจะดูดน้ำได้หมดและใช้เวลาเร็วมากกว่าเนื้อที่ไม่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต และพบว่า เนื้อที่ได้มีความหนืดมากขึ้น เนื่องจาก การเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของพันธะไอออนิก (ionic strength) ขึ้นในส่วนผสมของเนื้อทำให้โปรตีนไมโอซินสามารถละลายออกมาได้มากขึ้น จึงช่วยทำให้เนื้อมีการจับตัวกันดีขึ้น และโปรตีนไมโอซินที่ละลายออกมามักจะเกิดการคลายตัวของเกลียวโปรตีน ทำให้การเกาะตัวกันของโปรตีนไมโอซินและโปรตีนแอคตินดีขึ้น ส่งผลให้การจับกับโมเลกุลของน้ำมากขึ้น อีกทั้งยังทำให้เกิดการหักเหของแสงที่มาตกกระทบเปลี่ยนไป จึงมองเห็นเนื้อหมูมีความโปร่งแสงมากขึ้น เนื้อจะดูมีสีสดใสมากขึ้น และเมื่อนำเนื้อไปทำให้สุก สีของเนื้อจะมีสีขาวนวลมากกว่าการเติมโซเดียมไบ-คาร์บอเนตที่ระดับ 0, 1.0 และ1.5 เปอร์เซ็นต์ เนื้อมีความสดใสมากกว่าที่ระดับ 0 , 1.0 และ1.5 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้น เนื้อจะมีความสามารถในการจับเกาะกันได้ดีและเนื้อมีความนุ่มและชุ่มน้ำดีมากขึ้นตามลำดับ สำหรับการศึกษาคุณภาพเนื้อหมูบดขึ้นรูปด้านประสาทสัมผัสโดยการชิม ด้วยแบบทดสอบ Hedonic Scale คิดคะแนนเฉลี่ยที่ได้ แสดงผลดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เติมปริมาณโซเดียมไบคาร์บอเนตแต่ละระดับ

โซเดียมไบ-คาร์บอเนต (%)	ลักษณะผลิตภัณฑ์				
	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
0	3.080 ± 1.44^{a}	3.960 ± 1.67^{a}	4.200 ± 1.71^{a}	3.640 ± 1.80^{a}	3.560 ± 1.58^{a}
1.0	5.600 ± 1.32^{b}	5.040 ± 1.79^{a}	5.520 ± 1.66^{bc}	5.160 ± 1.67^{b}	5.400 ± 1.55^{b}
1.5	5.880 ± 1.54^{b}	4.560 ± 1.87^{a}	5.960 ± 1.51^{c}	5.880 ± 1.67^{bc}	6.000 ± 1.44^{b}
2.0	5.360 ± 1.70^{b}	4.560 ± 2.06^{a}	5.360 ± 1.82^{bc}	6.120 ± 1.33^{c}	5.72 ± 1.74^{b}

หมายเหตุ - ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.7 การเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตในระดับต่างๆ จะมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค โดยลักษณะปรากฏของเนื้อบดขึ้นรูปที่มีการ การเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ระดับ 1.0 , 1.5 และ2.0 เปอร์เซ็นต์ จะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ผู้ชิมจะให้คะแนนมากสุดสำหรับเนื้อบดที่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต 1.5 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากผู้ชิมชอบสีและลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี คือ เนื้อจะมีผิวหน้าที่ไม่ซีดหรือแห้งแตกมากเกินไป สำหรับกลิ่นของเนื้อพบว่า เนื้อที่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนตทุกระดับไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากในการทดลองไม่มีการเติมกลิ่นในผลิตภัณฑ์ จึงได้กลิ่นของเนื้อบดอย่างเดียว ซึ่งผู้ชิมจะไม่ชอบกลิ่นของเนื้อมากนัก โดยส่วนใหญ่จะให้คะแนนสำหรับเนื้อที่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต 1.0 เปอร์เซ็นต์ มากที่สุด ส่วนด้านรสชาติของเนื้อ พบว่า เนื้อบดที่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต 1.0 เปอร์เซ็นต์และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ จะมีรสชาติของเนื้อบดที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยผู้ชิมส่วนใหญ่จะให้คะแนนกับเนื้อบดที่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ 1.5 เปอร์เซ็นต์มากที่สุด เนื่องจากการเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้เนื้อบดมีรสชาติที่เค็มมากขึ้น ดังจะเห็นได้ว่า เนื้อบดที่เติมโซเดียมไบ-คาร์บอเนต 2.0 เปอร์เซ็นต์ จะมีคะแนนรสชาติและการยอมรับน้อยลง แต่จะมีรสชาติที่ดีกว่าเนื้อที่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต 0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ สำหรับเนื้อสัมผัสของเนื้อบด พบว่า การเติมโซเดียมไบคาร์บอเนต 1.0 เปอร์เซ็นต์ จะมีลักษณะเนื้อที่ใกล้เคียงกับ 1.5 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อบดที่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต 1.5 เปอร์เซ็นต์จะมีลักษณะเนื้อที่ใกล้เคียงกับที่ 2.0 เปอร์เซ็นต์ โดยผู้บริโภคจะให้คะแนนกับเนื้อบดที่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มากที่สุด เนื่องจากเนื้อบดเกาะตัวกันดี เนื้อมีความนุ่มและความสามารถในการอุ้มน้ำสูง อีกทั้ง เนื้อบดจะมีเจลที่มีความแข็งแรงมาก เวลาเคี้ยวจะรู้สึกเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อเทียบกับเนื้อที่ไม่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต เนื้อจะเกาะตัวกันไม่ดีและเนื้อบดจะอุ้มน้ำได้น้อย สำหรับความชอบโดยรวม พบว่า การเติมโซเดียมไบคาร์บอเนต 1.0 , 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ จะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยผู้ชิมจะให้คะแนนมากที่สุดกับเนื้อที่ใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต 1.5 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากรสชาติไม่เค็มมากเกินไป สีของเนื้อบดยังคงสดใส และเนื้อบดมีความสามารถในการอุ้มน้ำดีและมีความนุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาระยะเวลาในการนวดเนื้อที่ให้คุณภาพเนื้อที่ดีที่สุด พบว่า การนวดเนื้อแบบนวด 5 นาทีพักเนื้อ 10 นาทีแล้วนวดต่ออีก 5 นาทีและการนวดแบบนวด 5 นาทีพักเนื้อ 20 นาทีแล้วนวดต่ออีก 5 นาที จะทำให้ได้เนื้อที่มีค่าแรงเฉือน การสูญเสียน้ำเมื่อทำให้เนื้อสุก (เปอร์เซ็นต์) และผลผลิต(เปอร์เซ็นต์) ที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงเลือกการนวดแบบนวด 5 นาที พักเนื้อ 10 นาทีแล้วนวดต่อ 5 นาที มาใช้ในการศึกษาผลของโซเดียมไบคาร์บอเนตต่อคุณภาพเนื้อ โดยพบว่าการเติมปริมาณโซเดียมไบคาร์บอเนต 2.0 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เนื้อมีความนุ่มมากขึ้นโดยเนื้อจะมีแรงที่ใช้ในการตัดชิ้นเนื้อต่ำสุดเท่ากับ 1387.600 กรัม และเนื้อจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อดีที่สุด โดยเท่ากับ 77.766 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้ง มีปริมาณน้ำที่สูญเสียไปในระหว่างทำให้สุกต่ำ ส่งผลให้มีค่าการผลิตต่ำ ผลผลิตสุดท้ายจะสูญเสียน้ำหนักน้อยลงตามลำดับ

สำหรับการศึกษาเกี่ยวกับเนื้อหมูบด พบว่า การแช่เย็นเนื้อหมูบดที่ผสมส่วนผสมต่างๆ แล้วเป็นเวลา 5-25 ชั่วโมง จะไม่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อหมูบดที่ได้ และจากการใช้เนื้อหมูบดเติมน้ำ 80 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับส่วนผสมอื่นๆ คือ เกลือ 2 เปอร์เซ็นต์ , โซเดียมไตรพอลีฟอสเฟต 0.3 เปอร์เซ็นต์ จะเป็นระดับที่เนื้อไม่สามารถดูดน้ำได้หมด เมื่อนำมาศึกษาร่วมกับการเติมโซเดียมไบคาร์บอเนต พบว่า เนื้อหมูบดที่เติมโซดียมไบคาร์บอเนต 2.0 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยปรับปรุงคุณภาพของเนื้อได้ดีที่สุดทั้งในด้าน สี การเกาะตัวกัน ความสดใส ความนุ่มของเนื้อ เป็นต้น โดยเนื้อบดจะมีความแข็งแรงของเจลสูงถึง 193.637 กรัมต่อเซนติเมตร และเนื้อบดจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำถึง 78.602 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. การใช้ความเร็วในการนวดหมูชิ้นควรใช้ระยะเวลา ความเร็วรอบในการหมุนเหวี่ยง การพักเนื้อที่คงที่ สม่ำเสมอตลอดการทดลอง

2. ระยะเวลาในการแช่เย็นเนื้อหมูบด ควรใช้เวลาไม่น้อยกว่า 15 ชั่วโมง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบดขึ้นรูป มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้มาก การเกิดเนื้อสัมผัสที่ในด้านความยืดหยุ่นของเจล

3. ระดับการใช้สารโซเดียมไบคาร์บอเนตในปริมาณมาก จะทำให้ผลิตภัณฑ์ มีรสชาติเค็ม ฝาด เฝื่อน ซ่า ขมเล็กน้อย

4. ควรมีการศึกษาปัจจัยการแช่แข็งของเนื้อหมูชิ้นว่ามีผลต่อคุณภาพในการทำลายโครงสร้างของโปรตีนมากน้อยเพียงใด เพื่อการพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ชัยณรงค์ คันธพนิต .2529. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช , 276 หน้า

ศิวาพร ศิวเชช .2535 .วัตถุเจือปนอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร. นครปฐม :ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ , 328 หน้า

ปาริฉัตร หงสประภาส .2545. เคมีกายภาพของอาหาร คอลลอยด์ อิมัลชั่นและเจล. พิมพ์ครั้งที่ 1.

พรทิพย์ มีนพกิจ .2543. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเจลของเนื้อสุกร . สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2536. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รัชนี ตัณฑะพานิชกุล. 2537. เคมีอาหาร. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง. พิมพ์ครั้งที่ 6 : 400 หน้า

อบเชย วงศ์ชองและขนิษฐา พูนผลกุล . 2547. หลักการประกอบอาหาร . พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ,163 หน้า

Acton .J.C. 1972. The effect of meat particle size on extractable protein , cooking loss and Binding Strength in chicken loaves. **J. of Food Sci.** 37 : 240-243.

Acton , J.C. ; Ziegler. G.R. and Burge. D.L. 1983. **Food and Nutrition.** 18 : 99-121.

Akahane , T. ; Chihara , S. ; Niki , T. ; Sano , T. ; Tsuchiya , T. ; Ookami , S.F. and Matsumoto , J. 1985. Differential Scanning Colorimetric studies on thermal Behaviors of myofibrillar protein. **Buil Jap. Soc — Sci. Fish.** 51 : 1814-1846.

Asghar , A. ; Samejima. K. and Yasui. T. 1985. Functionality of muscle protein in gelation mechanisms of structured meat products. **Food science and Nutrition.** 22 : 27.

Bustabad , O.M. 1999. Weight loss during freezing and the storage of trozen meat. **J. of Food Engineering.** 41 : 1-11.

Carballo , J. ; Cofrades , S. ; Solas , T.M. and Colmenero , F.J. 2000. High pressure/thermal treatment of meat batters prepared from freeze-thawed pork. **Meat Science.** 54 : 357-364.

Chan , J.K. ; Gill , T.A. ; Thompson , J.W. and Singer , D.S. 1995. Herring surimi during low temperature setting , physicochemical and textural properties. **J. of Food Sci.** 60(6) : 1248-1253

Damodaran , S. 1994. Structure — Function Relationship of Food Proteins : **Protein Functionality in food system.** Institute of food technologists. Chicago, Illinois.

Fernandaz , M.F. ; Cofrades , S. ; Carballo , J. and Jimenez ,C.F. 2002. Salt and phosphate effects on the gelling process of pressure and heat treated pork batters. **Meat Science** 61(1) : 15-23.

Forrest , J.C. ; Aberte. E.D. ; Hedrick. H.B. ; Judge. M.D. and Merke. R.A. 1975. **Principles of meat science.** Freeman San Francisco , California. 320p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gillett , T.A. ; Muburg , D.E. ; Brown , C.L. and Sinon , S. 1977. Parameter affection meat protein extraction and interpretation of model system data for meat emulsion formation. **J. of Food Sci.** 42 : 1606-1610.

Girard , J.P. 1992 . **Technology of Meat and Meat products .** New York : Ellis Horwood , 272 p.

Hamm , R. 1975. Water — holding capacity of meat. **Meat.** Avi publishing Westport , Connecticut. P 321-403.

Howe , J.R. ; Hamann , D.D ; Lanier , T.C. and Park , J.W. 1994. Fracture of Allaska Pollock gels in water : effect of minced muscle processing and test temperature. **J. of Food Sci.** 59 :777-780.

Hsu , S.Y. and Chung , H.Y. 2001. Effects of K- carrageenan, salt, phosphates and fat on Qualities of low fat emulsified meatballs. **Meat Science.** 47 : 115-121.

Hsu , S.Y. and Yu , S.H. 1999. Effects of phosphate, water, fat and salt on qualities of low-fat emulsified meatball. **Meat Science.** 39 : 123-130.

Ishioroshi , M. ; Samejima , K. ; Arie , Y. and Yasui , T. 1981. Further stydies on roles of the head and tail regions of the myosin molecule in heat — induced gelation. **J. of Food sci.** 47 : 114-120 , 124

Iwata ,K. and Okada , M. 1971. Protein denaturation in stored frozen alaska — Pollock muscle —1 , protein extractability and kamaboko forming ability of frozen surimi. **Bull Jap. Soc Sci. Fish.** 137(2) : 1191-1198.

Jean, P.G. 1992 . **Technology of meat products .** England : Ellis horwood limited ,127-131.

Jeffery , J.S. ; Fred, P. ; Jason , B. ; Gordon , L.S. and Rhonda ,K.M. 2003. Strategies to eliminate atypical flavours and aromas in sow loins. I.Opimization of Sodium tripolyphosphate , Sodium bicarbonate, and injection level . **Meat Science** 65(2003)1211-1222.

Katsuji , S. ; Takayasu , K. and Masaya , F. 1988. Relation between gelation behavior of ground chicken muscle and soybean proteins and their differential scanning calorimetric studies. **J. of Food sci.** 53 : 1076-1080.

Kramas ,E. 1976. **Processed Meat Technology.** Noyes Data Corp. Park Ridge , New Jersy. London , England.

Lamkey , J.W. ; Mandigo , T.W. and Calkins , C.R. 1986. Effect of salt and phosphate on the texture and colot stability of restructured beef steaks. **J. of Food Sci.** 51 : 873-875 , 911

Lan , Y.H. ; Novakofski , J. ; McCusker , R.H. ; Brewer , M.S. ; Carr , T.R. and Mckeith , F.K. 1995a. Thermal gelation properties of protein fractions from, pork and chicken breast muscle. **J. of Food Sci.** 60 :742-747 , 752.

Lan , Y.H. ; Novakofski , J. ; McCusker , R.H. ; Brewer , M.S. ; Carr , T.R. and Mckeith , F.K. 1995b. Thermal gelation of pork , beef , fish , chicken and turkey muscles as affected by heating rate and pH. **J. of Food Sci.** 60 : 936-940 , 945.

Lanier , T.C. 1986. Functional properties of surimi. **Food technology.** 40 : 107.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lanier , T.C. ; MacDonald , G.M. and Scott , D.N. 1988. **Surimi technology workshop notes.** Nelson, New Zealand. July 19-21. 131 p.

Lee , C.M. 1984. Surimi processing technology. **Food Technol.** 38(1) : 69-80.

Mandigo , R.W. 1986 Restructuring of muscle foods. **Food Technol.** 40(3) : 85-89.

Marcy, J.A. ; Kraft , A.A. ; Hotchkiss D.K. ; Molins , R.A. ; Olson , D.G. ; Walker , H.W. and White ,P.J. 1988. Effect of acid and alkaline pyrophosphate blends on the natural flora of a cooked meat systerm. **J. of Food Sci.** 53 : 25-27.

Miller , D.D. 1998 . **Food Chemistry :a laboratory manual .** New York : Wiley., 153 page

Miller , M.F. ; Davi , G.W. , Seideman , S.C. and Ramsey C.B. 1986. Effects of chloride salts on appearance, palatability, and storage traits of flaked and formed beef bullock restructured steaks. **J. Food Sci.** 51:1424-1426 , 1434.

Montejano , J.G. ; Hamann , D.D. and Lanier , T.C. 1984. Thermally induced gelation of selected communuted muscle system — rheological changes during processing final strength and microstructure. **J. of Food Sci.** 49 : 1496-1505.

Ngapo, T.M. ; Babare , I.H. ; Reynolds , J. and Mawson , R.F. 1999. Freezing and thawing rate effects on drip loss from sample of pork. **Meat Science.** 53 : 149-158.

Niinivaara , F. and Antila. P. 1972. **Der Naehrwert des Fleisches.** Fleischforsc hung and praxis, Schriftenreihe Herft 8. Verlag Hess Druckweak — statetten , Alzey. 50p.

Niwa , E. 1992. Chemistry of surimi gelation. Edited by Laniea T.C. and M.C. Lee. Surimi technology. Marcel Dekker , Inc : New York : 389-421.

Norsad , A. AKM ; Kanoh , E. ; Kanoh , S. and Niwa , E. 1996. contribution of transglutaminase to the setting of fish pastes at various temperatures , **Fisheries. Sci.** 62(1) : 94-97.

Okada , M. 1985 Ingredients on gel texture , pp. 515-528. **In** R.E. Martin and R.L. Colletle (eds). Proceeding of the International Fisheries Instutute , Washington. D.C.

Pappa , I.C. ; Bloukas , J.G. and Arvanitoyannis , I.S. 2000. Optimization of salt, olive oil and pectin level for low-fat frankfurters produced by replacing pork backfat with olive oil. **Meat Science.** 56 : 81-88.

Park , S. ; Brewer , M.S. ; Mckeith , F.K. ; Bechtel , P.J. and Novakofski. 1996. salt , cryoprotectants and preheating temperature effects on surimi — like material from beef of pork. **J. of Food Sci.** 61 : 790-795

Paul , P.C. and Palmer , H.H. 1972. **Food theory and applications.** John Wileyt & Sons , Inc.

Pepper , F.H. and Schmidt , G.R. 1975. Effect on blending time , salt , phosphate and not — boned beef on binding strength and cook yield of beef rolls. **J. of Food Sci.** 40 : 227-229

Pigott , M.G. 1986. Surimi : The "High tect" raw materials from minced fish flesh. **Food Rev. Int.** 2 : 213-246

Pomeranz , Y. 1985. **Functional properties of Food components.** Academic press, Inc. , New York.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Puolanne, J.E; Marita , H. ; Tuusunen , H.M and Vainionpaa ,I.J. 2001. Combined effects of NaCl and raw meat pH on water-holding in cooked sausage with and without added phosphate. **Meat Science.** 58 : 1-7.

Ranken , M.D. 2000 **Handbook of Meat product Technology .** Oxford : Blackwell Science, 212 page

Saliba , D.A. ; Foegeding , E.A. and Hamann D.D. 1987. Structural failure and nondestructive rheological analysis of frankfurter batters : Effects of heating rate and sugar. **J. Texture Studies.** 18 : 241.

Samejima , K. ; Ishioroshi , M. and Yasui , T. 1981 relative roles of the head and tail portion of the molecule in heat—induced gelation of ไมโอซิน. **J. of Food Sci.** 46 : 1412-1418

Sano , T. ; Noguchi , S.F. ; Matsumoto , J.J. and Tsuchiya T. 1989a. Dynamic viscoelastic behavior of F-actin on heating. **J. of Food Sci.** 54 :231.

Sano , T. ; Noguchi , S.F. ; Matsumoto , J.J. and Tsuchiya , T. 1989b Role of F-actin in thermal gelation of fish actomyosin. **J. of Food Sci.** 54 :800-804.

Sheard , P.R. and Tali. A. 2004. Injection of salt , tripolyphosphate and bicarbonate marinade solutions to improve the yield and tenderness of cooked pork loin. **Meat Science** 68,2 : 305-311

Shults , G.W. and Wierbichi , E. 1972. Effect of condensed phosphate on pH , swelling and water holding capacity of beef. **J. of Food Sci.** 37 : 860-864.

Suzuki , T. 1981 Fish and Krill Protein : Processing and Technology. **Applied Sci.** Publisher. , London. 260 p.

Taketshi , S. ; Noguchi , S.F. ; Matsumoto , J.J. and Tsuchiya , T. 1990. Thermal gelation characteristics of myosin subfragments. **J. of Food Sci.** 55 : 55-58 , 70.

Torley, P.J.; Bruce , R.A. and Trout , R.C. 2000. The effect of ionic strength, polyphosphates type, pH, cooking temperature and preblending on the functional properities of normal and pale, soft, exudative (PSE) pork. **Meat Science.** 55 : 451-462.

Unal ,S.B. 2004 .Experimental theory , fundamentals and mathematical evaluation of phosphate diffusion in meats. **Journal of Food Engineering** 65,2 : 263-272

Wynveen , E.J. 2001 .Pork quality is affected by early postmortem phosphate and bicarbonate injection. **Sensory and Nutritive Qualities of Food** 66,6 : 886-891

Xiong , Y.L. and Breake , C.J. 1989. Changes in protein solubility and gelatin properties of chicken myofibrils during storage. **J. Food Sci.** 54 : 1141-1146.

Xiong , Y.L. 1994. Myofibrillar during protein from different muscle fiber types : Implication of biochemical and functional properties in meat processing. **Crit. Rev. Food science and Nutrition.** 34(3) :229-320.

Xiong , Y.L. and Breake , C.J. 1990a. Thermal transition of salt—soluble protein form pre and postrigor chicken chicken muscle **J. Food Sci.** 55 :1540-1543 , 1570.

Xiong , Y.L. and Breake , C.J. 1990b. Physicochemical and gelation properties of pre and postrigor chicken salt-soluble proteins. **J. Food Sci.** 55 : 1544-1548.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Yasui , T. ; Ishioroshi , M. and Samejima , K. 1980. Heat — induced gelation of myosin in the presence of actin. **J. Food Biochem.** 4 : 61-78.

Yasui , T. ; Ishioroshi , M. and Samejima , K. 1982. Effect of actomyosin on heat — induced **gelation of myosin. Agric. Biol Chem. 46 : 1049-1059.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ค่าสูญเสียเมื่อได้รับความร้อนและเปอร์เซ็นต์ผลผลิตภายหลังผ่านความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. วิธีวิเคราะห์ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity, WHC) (Wierbicki et. al. 1962)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 20 กรัม ปั่นรวมกับน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร ด้วยเครื่อง Homogenizer เป็นเวลา 2 นาที

2. นำส่วนผสมที่เป็นเนื้อเดียวกันมา 10 กรัม ใส่ในหลอด Centrifuge แล้วนำไปเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที (rpm) เป็นเวลา 5 นาที

3. เทน้ำส่วนบนทิ้งแล้วชั่งน้ำหนักที่เหลือ

$$\text{ร้อยละ WHC} = \frac{\text{น้ำหนักโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำ}}{\text{น้ำหนักก่อนเหวี่ยง}} \times 100$$

2. วิธีวิเคราะห์ค่าสูญเสียเมื่อได้รับความร้อน (Cooking loss , CL) (Bernthel et. al. 1991)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างก่อนให้ความร้อนภายในภาชนะบรรจุ โดยบันทึกน้ำหนักภาชนะบรรจุเรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นนำไปให้ความร้อนตามวิธีการทดลอง

2. น้ำหนักตัวอย่างภายหลังการให้ความร้อนและทำให้เย็นแล้ว โดยนำตัวอย่างที่ได้มาซับด้วยกระดาษ Whatman เบอร์1

$$\text{ร้อยละ CL} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนให้ความร้อน - น้ำหนักตัวอย่างหลังให้ความร้อน}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนให้ความร้อน}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วิธีวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้

วิธีวิเคราะห์

1. **ชั่งน้ำหนักตัวอย่างก่อนทำการผสมน้ำหมัก หลังจากนั้นนำไปผสมกับน้ำหมักและนำไปผ่านความร้อนตามวิธีการทดลอง**
2. **ชั่งน้ำหนักตัวอย่างภายหลังผ่านความร้อนและทำให้เย็นแล้ว โดยตัวอย่างจะต้องซับน้ำให้แห้ง**

$$\text{เปอร์เซนต์ ผลผลิต (Yield)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังให้ความร้อน}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างสด}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

วิธีทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยวิธีวัดค่า Hardness และ Shear Force

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวัดค่าความแข็งแรงของเจล (Lan *et. al.* 1995a)

สำหรับการเตรียมผลิตภัณฑ์เพื่อทดสอบความแข็งแรงของเจล (gel strength) โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส ทำได้โดย การนำผลิตภัณฑ์มาตัดเป็นท่อนยาว 3 เซนติเมตร

วิธีทดสอบ

1. ทำการ Calibrate Force ที่เครื่อง Texture analysis รุ่น TA-XT2 โดยใช้ลูกตุ้ม 5 กิโลกรัม ขณะทำการ Calibrate Force ต้องแน่ใจว่าไม่มีหัววัดอยู่ โดยเลือกที่ TA - Calibrate Force
2. ทำการ Calibrate Probe โดยการติดตั้งหัววัดลูกตุ้ม (Spherical probe) เข้ากับตัวเครื่องให้เรียบร้อยและตั้งระยะห่างระหว่าง Probe กับฐานแท่นที่วัด 40 มิลลิเมตร จากนั้นจึงทำการ Calibrate Probe โดยการเลือกที่ TA - Calibrate Probe
3. นำตัวอย่างมาวางบนฐานของเครื่องวัดและทำการตั้งค่าการทดสอบ กำหนดค่าในการทดสอบดังนี้

Setting Mode	:	Measure Force in Compression
Option	:	Return to Start
Pre-Test Speed	:	1.0 mm/s
Test Speed	:	1.1 mm/s
Post-Test Speed	:	10.0 mm/s
Distance	:	15 mm
Trigger Force	:	Auto - 10 g
Data Acquisition Rate	:	200 pps

4. ทำการวัดค่าแรงเฉือน โดยการเลือก TA - Run a test

วิธีการคำนวณ

ค่าความแข็งแรงของเจล (Gel strength) คำนวณได้จากสูตร

Gel strength = Force (g) x Distance (cm)

เมื่อ Force คือ แรงกดที่มากที่สุด มีหน่วยเป็นกรัม

Distance คือ ระยะทางที่ถูกกดจนเป็นรอยแตก มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวัดค่าแรงเฉือน (Shear Force)

สำหรับการเตรียมผลิตภัณฑ์เพื่อทดสอบแรงเฉือน (shear force) โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส ทำได้โดย การนำผลิตภัณฑ์เนื้อมาตัดให้ได้ขนาด 2x3x1 เซนติเมตร หมักเข้ากับน้ำหมักและให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 90 องซาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

วิธีการทดสอบ

ทำการตั้งค่าเครื่องวัดเนื้อสัมผัสเหมือนการวัดค่าความแข็งของเนื้อ โดยใช้หัวตัด (Blade set with Guillotine) โดยค่าแรงเฉือนของตัวอย่างที่อ่านได้จากกราฟ คือ แรงที่ใช้ในการตัดชิ้นตัวอย่าง มีหน่วยเป็นกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัส

"Hedonic scale scoring test"

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....วันที่ทดสอบ.....

ชื่อผลิตภัณฑ์ หมูบดขึ้นรูป

คำชี้แจง โปรดทดสอบตัวอย่างต่อไปนี้ และให้ระดับความชอบและไม่ชอบต่อผลิตภัณฑ์หมูบดขึ้นรูป ใช้สเกลที่เหมาะสมเพื่อแสดงให้เห็นว่า ท่านได้อธิบายความรู้สึกชอบและไม่ชอบในระดับใด โปรดใช้เหตุผลในการอธิบายความรู้สึกของท่านด้วย การแสดงความรู้สึกของท่านอย่างแท้จริงจะเป็นประโยชน์มากต่อการทดลองครั้งนี้

กำหนดการให้คะแนน

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

ระดับความชอบ					
ลักษณะปรากฏ					
กลิ่น					
รสชาติ					
เนื้อสัมผัส					
ความชอบรวม					

เหตุผลของความชอบหรือไม่ชอบผลิตภัณฑ์หมูบดขึ้นรูป (โดยเน้นที่รสชาติและเนื้อสัมผัส)

.....

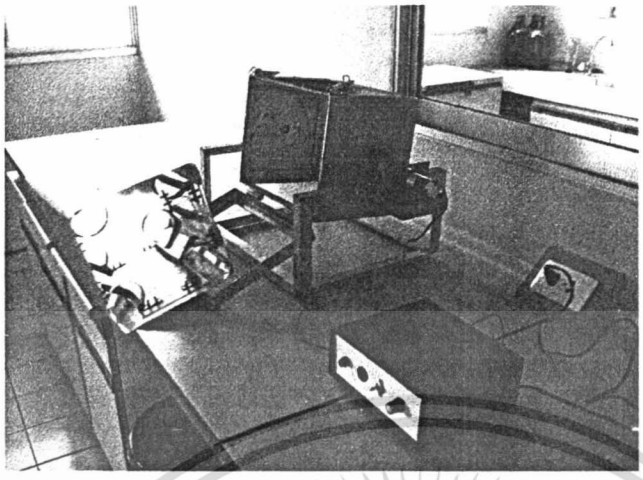
.....

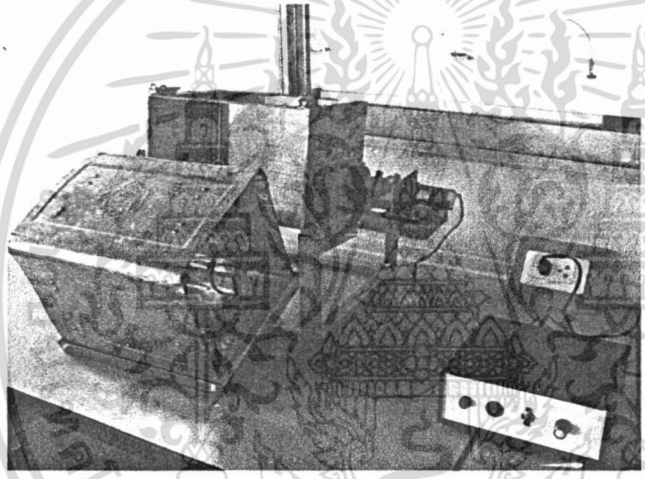
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

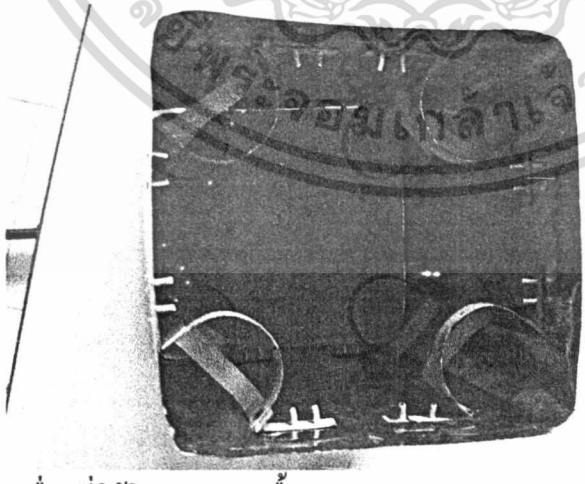
ภาคผนวก ง

รูปเครื่องนวดเนื้อและลักษณะเนื้อที่ได้จากการเติมปริมาณโซเดียมไบคาร์บอเนตระดับต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

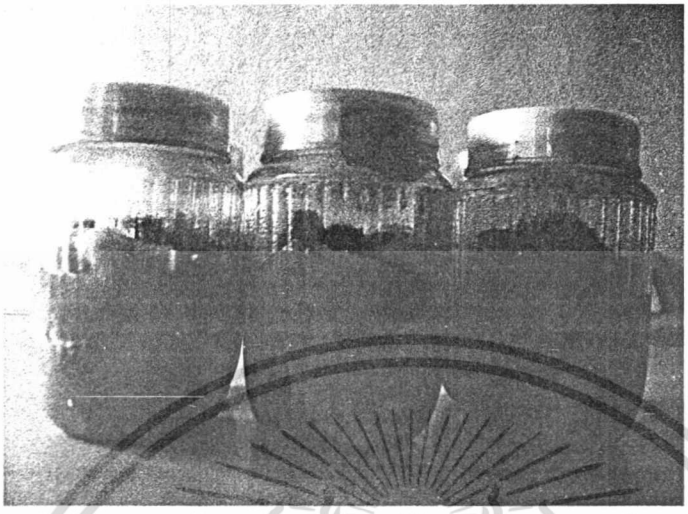






ภาพที่ ง1 แสดงเครื่องที่ใช้ในการนวดเนื้อ

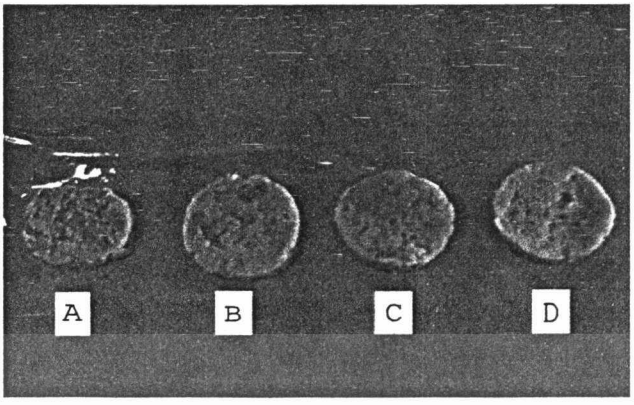
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



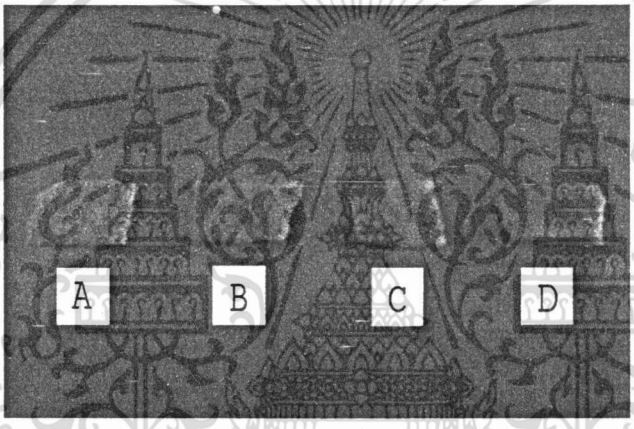
ภาพที่ ง2 แสดงบรรจุภัณฑ์ที่ใส่เนื้อสำหรับใส่ในเครื่องนวด และมีการใช้ลูกแก้วในการช่วยนวดเนื้อ เพื่อให้เนื้อ ดูดน้ำหมักได้มากขึ้น

ภาพที่ ง3 แสดงเครื่อง Centrifuge ที่ใช้ในการหาค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เนื้อหมูบด



เนื้อหมูชิ้น

A คือ เนื้อที่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต 0 เปอร์เซนต์ (Control)

B คือ เนื้อที่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต 1 เปอร์เซนต์

C คือ เนื้อที่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต 1.5 เปอร์เซนต์

D คือ เนื้อที่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต 2 เปอร์เซนต์

ภาพที่ ง4 แสดงลักษณะเนื้อบดและเนื้อที่หั่นเป็นชิ้นที่มีการเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตระดับต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้