สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาคุณภาพเนื้อสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป

MEAT QUALITY STUDY OF EUROPEAN CROSSBRED PIGS

โดย

นายณัฐพงษ์ พงษ์สาลี

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร – การผลิตสัตว์
ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ
ปีการศึกษา 2547

ลน.
ล6339 ก
2547

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....58822
วัน,เดือน,ปี.....10 กย 2549

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b.....
i.....

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

ปีการศึกษา 2547

เรื่อง การศึกษาคุณภาพเนื้อสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป

Meat Quality Study of European Crossbred Pigs

ชื่อ-สกุล นายณัฐพงษ์ พงษ์สาลี

สาขาวิชา สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร – การผลิตสัตว์ **ภาควิชา** ครุศาสตร์เกษตร

คณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์จันทร์พร เจ้าทรัพย์

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อที่จะศึกษาคุณภาพเนื้อสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป โดยใช้กล้ามเนื้อสันนอกและกล้ามเนื้อสะโพกจากสุกร จำนวน 10 ตัว ผลปรากฏว่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อสุกร สันนอกและสะโพกเท่ากับ 0.53 และ 0.46 ตามลำดับ ค่า SD เท่ากับ 0.07 และ 0.05 ตามลำดับ การศึกษาการวัดขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อมีค่าคือ 90.44 ไมครอน และ 91.44 ไมครอน ตามลำดับ ค่า SD เท่ากับ 6.61 และ 5.66 ตามลำดับ การศึกษาสีของกล้ามเนื้อสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป 10 ตัว สีของสันนอกมีค่า L* , a* , b* เท่ากับ 37.42 7.36 -1.03 ตามลำดับ และสะโพกมีค่าเท่ากับ 36.42 10.84 -0.23 ตามลำดับ การศึกษาค่าเฉลี่ยความยาวซาร์โคเมียร์ ของสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป 10 ตัว สันนอกและสะโพกมีค่าเท่ากับ 1.90 ไมครอน และ 1.94 ไมครอน ตามลำดับ ค่า SD มีค่าเท่ากับ 0.05 และ 0.05 ตามลำดับ การศึกษาค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงของกล้ามเนื้อสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป 10 ตัว ผลที่ได้สันนอก และสะโพกมีค่า 32.45 เปอร์เซ็นต์ และ 30.66 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ค่า SD มีค่าเท่ากับ 2.84 และ 2.41 ตามลำดับ การศึกษาค่าแรงตัดผ่านของกล้ามเนื้อสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป 10 ตัว สันนอกมีค่าเท่ากับ 7.75 กก. และสะโพกมีค่า 9.08 กก. และค่า SD ของสันนอกและสะโพกมีค่าเท่ากับ 1.30 และ 0.95 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงด้วยความช่วยเหลือจากหลายฝ่ายด้วยกัน โดยเฉพาะผู้ช่วยศาสตราจารย์จันทร์พร เจ้าทรัพย์ ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษา แนะนำ แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยดีตลอดระยะเวลาการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ และความช่วยเหลือของเพื่อนๆ ในการทดลอง ซึ่งเป็นผลให้เกิดความสมบูรณ์ของปัญหาพิเศษเรื่องนี้ จึงขอขอบพระคุณทุกท่านที่กล่าวมา ณ โอกาสนี้

ความดีของปัญหาพิเศษเล่มนี้ขอมอบให้กับ บิดา มารดา ซึ่งให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์และกำลังใจ รวมทั้งครูอาจารย์ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชา และผู้มีพระคุณทุกท่าน

ณัฐพงษ์ พงษ์สาลี

มีนาคม 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของปัญหา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 เนื้อสัตว์	3
2.2 โครงสร้างกล้ามเนื้อ (Muscle structure)	3
2.3 กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อ (mechanism of contraction muscle)	10
2.4 คุณสมบัติของเนื้อสัตว์	14
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	22
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	22
3.2 วิธีการ	24
3.2.1 วิธีดำเนินการ	24
3.2.1 ขั้นตอนการทดลอง	26
3.3 สถานที่ทำการวิจัย	27
3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	28
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	35
5.1 สรุปผล	35
5.2 ข้อเสนอแนะ	35
บรรณานุกรม	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สมรรถภาพของการผลิตสุกรในระบบอุตสาหกรรม	2
2	คุณภาพซากของสุกรลูกผสมสามสายพันธุ์	2
3	เปรียบเทียบความยาวซาร์โคเมียร์ ของกล้ามเนื้อชนิดต่างๆ ของสุกรเพศผู้ตอนน้ำหนักเฉลี่ย 66 กก.	17
4	ชนิดของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องต่อการย่อยโปรตีนและช่วง pH ที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์	21
5	แสดงค่าเฉลี่ยของความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ สุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป 10 ตัว	28
6	แสดงค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ สุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป 10 ตัว	29
7	แสดงค่าเฉลี่ยของสีในกล้ามเนื้อของสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป 10 ตัว	30
8	ค่าเฉลี่ย Sarcomere length ของสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป 10 ตัว	31
9	ค่าเฉลี่ยค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงของกล้ามเนื้อสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป 10 ตัว	32
10	แสดงค่าเฉลี่ยค่าแรงตัดผ่านของกล้ามเนื้อสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป 10 ตัว	33
11	Muscle fiber diameter ของกล้ามเนื้อสันนอก	38
12	Muscle fiber diameter ของกล้ามเนื้อสะโพก	40
13	Sarcomere length กล้ามเนื้อสะโพก	42
14	Sarcomere length กล้ามเนื้อสันนอก	44
15	Water Holding Capacity ของกล้ามเนื้อสันนอกและกล้ามเนื้อสะโพก	46
16	สีเนื้อของกล้ามเนื้อสันนอกและกล้ามเนื้อสะโพก	47
17	Cooking Loss ของกล้ามเนื้อสันนอกและกล้ามเนื้อสะโพก	48
18	ShearForce ของกล้ามเนื้อสันนอก	49
19	ShearForce ของกล้ามเนื้อสะโพก	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างและส่วนประกอบของกล้ามเนื้อ	4
2	แสดงภาพเส้นใยกล้ามเนื้อ	4
3	แสดงภาพหน้าตัดของเส้นใยกล้ามเนื้อสุกรและนิวเคลียสที่อยู่บริเวณผิวของเส้นใย	5
4	แสดงซาร์โคพลาสมิกเรติคิวลัมและท่อที่ใน 1 ซาร์โคเมียร์	6
5	แสดงกล้ามเนื้อโครงร่างจากระดับกล้ามเนื้อถึงระดับโมเลกุล	8
6	แสดงเส้นใยย่อย (myofibril) และซาร์โคเมียร์ (sarcomere)	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

สุกร เป็นสัตว์ที่มีผู้นิยมนำเนื้อมาบริโภคกันทั่วโลก ในประเทศไทยนั้น มีรายงานว่า เนื้อสุกรนั้นเป็นที่นิยมบริโภคเป็นอันดับ 2 รองจากเนื้อไก่ โดยพบว่าในช่วงปี 1990 เป็นต้นมา ค่าเฉลี่ยของการบริโภคเนื้อสุกรอยู่ที่ 4.7 กิโลกรัมต่อคนต่อปี จึงมีการเลี้ยงสุกรกันมากจนกลายเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ประเภทหนึ่ง สุกรที่เลี้ยงส่วนใหญ่เป็นสายพันธุ์จากยุโรปและอเมริกา ที่นำมาผสมพันธุ์ ซึ่งเป็นที่นิยมบริโภคของผู้ที่อาศัยอยู่ในเขตเมือง

ลักษณะของสุกร คือ สุกรเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เลือดอุ่น สี่เท้า มีขนปกคลุมทั่วร่างกายพอประมาณซึ่งไม่ได้ช่วยให้ร่างกายอบอุ่นแต่ความอบอุ่นของร่างกายเกิดจากไขมันซึ่งสะสมไว้ค่อนข้างหนา สีผิวและขนมีตั้งแต่สีขาว สีเหลือง สีน้ำตาลเกือบสีดำ ไปจนถึงสีดำ น้ำหนักเมื่อโตเต็มที่ประมาณ 400-500 กิโลกรัม อุณหภูมิร่างกายอยู่ระหว่าง 102-103 องศาฟาเรนไฮต์ สุกรมีเต้านม 8-14 เต้า ขึ้นอยู่กับพันธุ์และประเภท อายุเป็นหนุ่มเป็นสาว 4-5 เดือน มีอายุวงรอบการเป็นสัด 21 วันระยะเวลาในการอุ้มท้อง 114 วัน คลอดลูกเป็นคอกๆละ 1-20 ตัว นิสัยชอบอยู่เป็นฝูงกินพืชและเมล็ดธัญพืชเป็นอาหารหลัก อายุขัย 15-20 ปี มีโครโมโซม 38 คู่ เป็นสัตว์ที่มีอยู่ทั่วไปแทบทุกส่วนของโลก (รณพีย์ สงขัย, 2547)

สุกรที่เลี้ยงเพื่อการค้าในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นสุกรสายพันธุ์จากประเทศต่างๆในทวีปยุโรปที่สำคัญ ได้แก่ ประเทศ เดนมาร์ก อังกฤษ เบลเยี่ยม และเยอรมนี สุกรจากต่างประเทศเหล่านี้ถูกนำเข้ามาเพื่อใช้เป็นพ่อ-แม่พันธุ์ในการผลิตลูกเพื่อจำหน่ายเป็นสุกรแม่พันธุ์ลูกผสมสองสาย เพื่อใช้ในการผสมกับพ่อพันธุ์ที่สามในการผลิตสุกรขุนลูกผสมสามพันธุ์ที่นำมาเลี้ยงเพื่อการบริโภคเนื้อและเป็นกลุ่มสุกรที่งานวิจัยครั้งนี้ให้ความสนใจในการจัดเป็นกลุ่มควบคุมเพื่อเปรียบเทียบกับเนื้อสุกรพื้นเมืองและเนื้อสุกรป่าสำหรับสมรรถภาพของการผลิตสุกรในระบบอุตสาหกรรมได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 ส่วนคุณภาพซากของสุกรลูกผสมสามสายพันธุ์นั้น ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 สมรรถภาพของการผลิตสุกรในระบบอุตสาหกรรม

สุกรลูกผสมสามสายพันธุ์			
อัตราการเจริญเติบโต(กรัม/วัน)	650-700	จำนวนครอกต่อปี	2-2.2
อัตราการแลกเปลี่ยนอาหาร	2.6-3.0	จำนวนลูกต่อแม่ต่อปี	18
ปริมาณเนื้อแดง(เปอร์เซ็นต์)	45-50	จำนวนลูกที่คลอด	6-7

ที่มา Kanto (1991)

ตารางที่2 คุณภาพซากของสุกรลูกผสมสามสายพันธุ์

ลักษณะที่ศึกษา	ค่าเฉลี่ย
น้ำหนักซากอุ่น(กก.ต่อตัว)	84.99±5.51
ความยาวซาก(ซม.)	100.02±3.59
ความหนาของไขมันสันหลัง(ซม .)	3.00±0.38
LSQ	0.33±0.07
พื้นที่หน้าตัดไขมันสันหลัง(ตร.ซม.)	21.52±4.88
พื้นที่หน้าตัดกล้ามเนื้อสันนอก (ตร.ซม.)	46.88±4.88
เนื้อแดงรวม(เปอร์เซ็นต์)	44.40±2.44

ที่มา:ดัดแปลงจากรณชัยและคณะ (2545)

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาคุณภาพเนื้อของสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรปที่เลี้ยงในประเทศไทย

1.3 ขอบเขตของปัญหา

ศึกษาคุณภาพเนื้อของสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป โดยศึกษาถึง สีของเนื้อ ความนุ่มของเนื้อความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง ขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ และความยาวซาร์โคเมียร์ของเนื้อสันนอกและเนื้อสะโพก

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.ช่วยให้ทราบถึงคุณภาพของเนื้อสุกรลูกผสมพันธุ์ยุโรปในด้านต่างๆ

2.สามารถนำไปเป็นองค์ประกอบในการศึกษาวิจัยในการเปรียบเทียบคุณภาพเนื้อสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรปกับเนื้อสุกรชนิดอื่นๆ เช่น เนื้อสุกรป่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 เนื้อสัตว์

เนื้อสัตว์ หมายถึง เนื้อเยื่อจากสัตว์ซึ่งสามารถใช้บริโภคเป็นอาหารได้ ส่วนใหญ่จะเป็นกล้ามเนื้อลาย (Striated muscle) แต่อาจมีเนื้อเยื่ออื่นๆ ที่สามารถบริโภคได้ติดมาด้วย เช่น ไขมัน เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เลือด เนื้อสัตว์แบ่งออกได้ 4 ประเภทใหญ่ๆ ตามแหล่งที่มาดังนี้

1. เนื้อแดง (red meat) หมายถึง เนื้อเยื่อที่ได้จาก โค กระบือ สุกร แพะ แกะ และบางประเทศอาจได้จาก แพะ ม้า ลา อูฐ กวาง และกระต่าย

2. เนื้อสัตว์ปีก (poultry meat) หมายถึง เนื้อจากสัตว์ปีกที่นำมาเลี้ยงเพื่อบริโภคได้แก่ เป็ด ห่าน ไก่งวง และไก่ตๅก เป็นต้น

3. เนื้อสัตว์น้ำ หมายถึง เนื้อจากสัตว์ที่อาศัยในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็มส่วนใหญ่เช่น ปลา กุ้ง หอย ปู

4. เนื้อสัตว์ป่า (game meat) หมายถึง เนื้อจากสัตว์ป่าทุกชนิดที่มนุษย์ล่ามาเพื่อบริโภคหลังจากเพื่อเป็นการกีฬา

2.2 โครงสร้างกล้ามเนื้อ (Muscle structure)

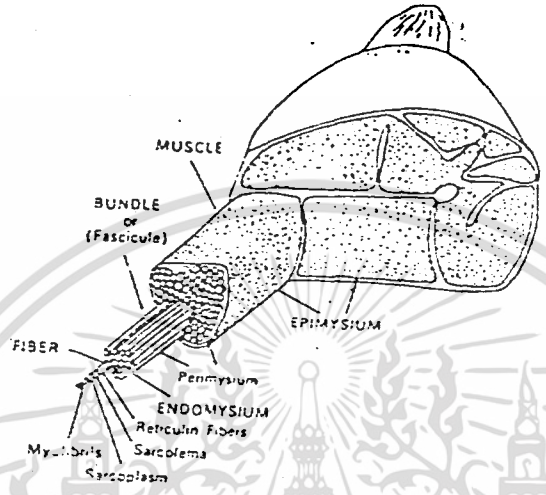
กล้ามเนื้อลายคือ กล้ามเนื้อซึ่งใช้ในการบริโภคเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการศึกษาโครงสร้างของกล้ามเนื้อต่อไปนี้ จะเน้นถึงส่วนของกล้ามเนื้อลายหรือกล้ามเนื้อโครงร่าง

กล้ามเนื้อโครงร่างจะห่อหุ้มด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่เรียกว่า Epimysium ดังภาพที่ 1 เนื้อเยื่อเกี่ยวพันนี้ ส่วนใหญ่ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันประเภทคอลลาเจน (Callagen) และอิลาสติน (Elastin) กล้ามเนื้อจะประกอบด้วย Muscle bundle มากมายซึ่งเส้นใยกล้ามเนื้อนี้จะมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน Perimysium หุ้ม ใน Muscle bundle จะประกอบด้วย เส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fiber) จำนวนมากมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่เรียก (Endomysium) หุ้มอยู่

เส้นใยกล้ามเนื้อ คือ เซลล์ของกล้ามเนื้อนั่นเอง มีนิวเคลียสเป็นประเภทมัลทรินิวเคลียส (Multinucleus) รูปร่างเป็นเส้นยาวคล้ายเส้นด้าย ปลายทั้งสองข้างสอบแหลมและมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 10-100 ไมครอน ความยาวแปรปรวนมากแต่ส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง

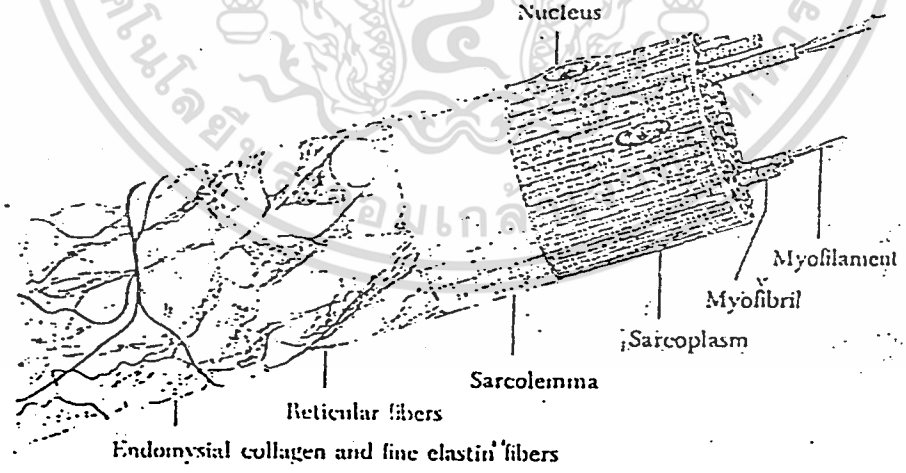
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 เซนติเมตร เส้นใยกล้ามเนื้อนี้จะถูกห่อหุ้มอยู่ภายในแผ่นเยื่อบางของซาร์โคเล็มมา (Sarcolemma) ซึ่งเป็นเยื่อที่ละเอียดซับซ้อนอยู่ใต้เอนโดไมเซียม ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 โครงสร้างและส่วนประกอบของกล้ามเนื้อ

ที่มา : จันทร์พร เจ้าทรัพย์, 2544 : 19



ภาพที่2 แสดงภาพเส้นใยกล้ามเนื้อ

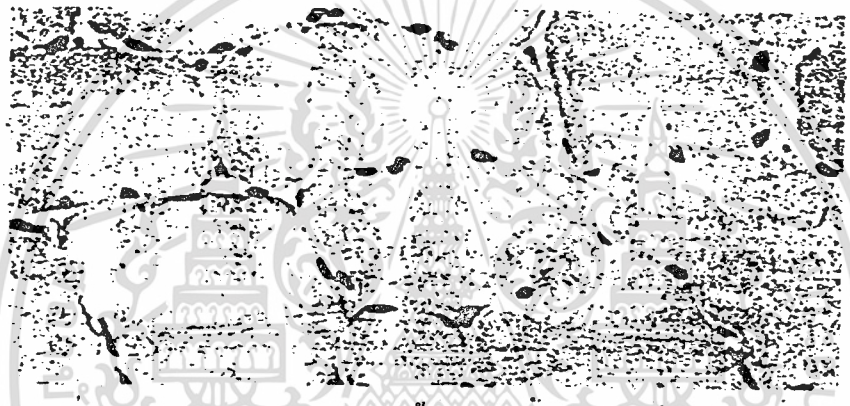
ที่มา : จันทร์พร เจ้าทรัพย์, 2544 : 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในกล้ามเนื้อมีส่วนประกอบเรียก ซาร์โคพลาสซึม (Sarcoplasm)

1. ซาร์โคพลาสซึม (Sarcoplasm) เป็นสารกึ่งเหลว (Colloid) อยู่ภายในเส้นใยกล้ามเนื้อและหล่อเลี้ยงโครงสร้างต่างๆที่อยู่ภายใน เช่น Glycotic enzymes , ไมโอโกลบิน (Myoglobin) , ไลโซโซม , ไกลโคเจน และกรดไขมันต่างๆ เป็นต้น

2. นิวเคลียส (Nucleus) เส้นใยกล้ามเนื้อเป็นประเภทมัลทรินิวเคลียส โดยจะพบอยู่ใกล้ผิวนอกของเส้นใยติดกับเยื่อหุ้มเส้นใย รูปร่างเป็นเม็ดรูปวงรี เรียงตัวตามแนวยาวของเส้นใยกล้ามเนื้อ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงภาพหน้าตัดของเส้นใยกล้ามเนื้อสุกรและนิวเคลียสที่อยู่บริเวณผิวของเส้นใย
ที่มา : จันทร์พร เจ้าทรัพย์, 2544 : 20

3. กอลจิคอมเพลกซ์ (Golgi complex) เป็นโครงสร้างที่มีรูปร่างเป็นถุงบาง ๆ ส่วนมากมักพบอยู่ภายในซาร์โคพลาสซึมใกล้นิวเคลียสหน้าที่ของมันคือ รวบรวมผลิตผลจาก Metabolism ของเส้นใยกล้ามเนื้อให้เป็นกลุ่มก้อนเพื่อเก็บรักษาเอาไว้ใช้ประโยชน์ต่อไป

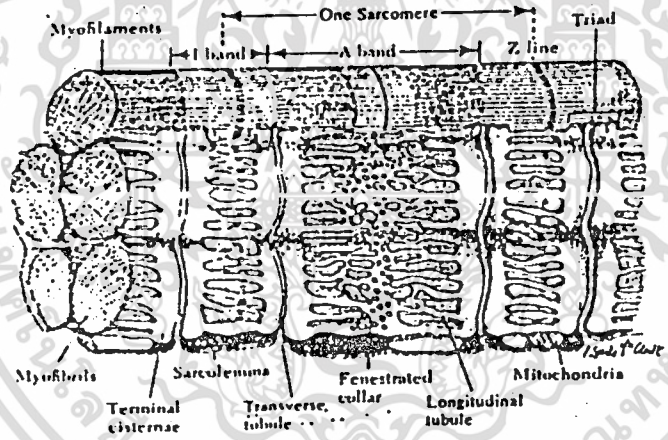
4. ไมโตคอนเดรีย (mitochondria) หมายถึง โครงสร้างที่มีรูปร่างเป็นแท่งรูปวงรี พบในที่ว่างระหว่างเส้นใยย่อยใต้เยื่อหุ้มเส้นใยและมักอยู่ตามบริเวณใกล้เส้น Z-line ไมโตคอนเดรีย ทำหน้าที่ในการเก็บรักษาพลังงานจากอาหารโดยผ่านทาง Kreb's cycle แล้วจึงแปรสภาพไปเป็นพลังงานรูป ATP โดยกระบวนการ phosphorylation ภายในไมโตคอนเดรียจะมีสารย่อย (enzyme) ชนิดต่างๆ ที่ใช้ในขบวนการย่อยสลายหลายชนิดด้วยกัน

5. ซาร์โคพลาสซึม (Sarcoplasm) ซาร์โคพลาสซึม คือ สารกึ่งของเหลวอยู่ภายในเส้นใยกล้ามเนื้อและหล่อเลี้ยงโครงสร้างย่อยต่าง ๆ ภายในนั้น เช่น สารย่อยไกลโคเจน (Glycolytic enzyme) ไมโอโกลบิน (myoglobin) ไลโซโซม ไกลโคเจนและเม็ดไขมันต่าง ๆ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ไลโซโซม (Lysosome) มีรูปร่างเหมือนถุงเล็กๆที่มีสารย่อยหลายชนิดอยู่ภายในนั้น รวมทั้งกลุ่มสารย่อยคาเทปซิน (cathepsins) ซึ่งมีความสามารถในการย่อยโปรตีนของเส้นใยกล้ามเนื้อ ในกรณีที่เก็บเนื้อหรือแช่ซากไว้ในห้องเย็นเป็นเวลานานนั้น เนื้อจะนุ่มได้เพราะสารย่อยกลุ่มนี้ได้ย่อยโปรตีนบางอย่างในเส้นใยกล้ามเนื้อ จนเป็นผลให้เนื้อนุ่มขึ้น

7. ซาร์โคพลาสมิกเรติคิวลัม (Sarcoplamic reticulum) คือ เอนโพลาสมิกเรติคิวลัมในเซลล์อื่นๆ และหมายถึงระบบท่อในผนังหุ้มและซิสเตอนี (cisternae ทำหน้าที่สะสม Ca^{2+}) ซึ่งสานรูปร่างเป็นโครงข่ายหุ้มโดยรอบเส้นใยย่อย (Myofibril) แต่ละเส้น ดังภาพที่ 4 มีหน้าที่สะสม Ca^{2+} เมื่อเส้นใยกล้ามเนื้ออยู่ในภาวะพักตัว (relax)



ภาพที่ 4 แสดงซาร์โคพลาสมิกเรติคิวลัมและท่อที่ใน 1 ซาร์โคเมียร์
ที่มา : จันทร์พร เจ้าทรัพย์, 2544 : 21

8. เส้นใยย่อย (Myofibril) หมายถึง โครงร่างที่ทำหน้าที่ยืดหดตัวภายในเส้นใยกล้ามเนื้อ รูปร่างเป็นเส้นยาวกลมเมื่อมองด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูงจะปรากฏลาย ซึ่งก็คือแถบพื้นที่ทึบแสงอยู่สลับกับแถบโปร่งแสง การสลับกันที่ทำให้เกิดหน่วยย่อยที่สุดของกล้ามเนื้อขึ้นเรียก ซาร์โคเมียร์ (Sarcomere)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นใยย่อยประกอบด้วยแถบทึบแสงและแถบสว่างซึ่งเกิดจากการเรียงตัวของเส้นในฝอย (Myofilaments) 2ชนิด คือ

1. เส้นใยย่อยชนิดหนา หรือ ไมโอซิน

2. เส้นใยย่อยชนิดบาง หรือ แอคติน

เส้นเขตพื้นที่ของซาร์โคเมียร์ เรียก Z line ภายในแต่ละซาร์โคเมียร์จะพบว่ามีแถบทึบแสงอยู่ส่วนกลาง เรียก A band ซึ่งมาจาก Anisotropic ส่วนแถบโปร่งแสงจะอยู่ข้างละครึ่งของ Z line เรียก I band (Isotropic band) ภายใต้พื้นที่ของ A band มีพื้นที่สีจางปรากฏอยู่เรียก H zone ดังภาพที่ 5,6

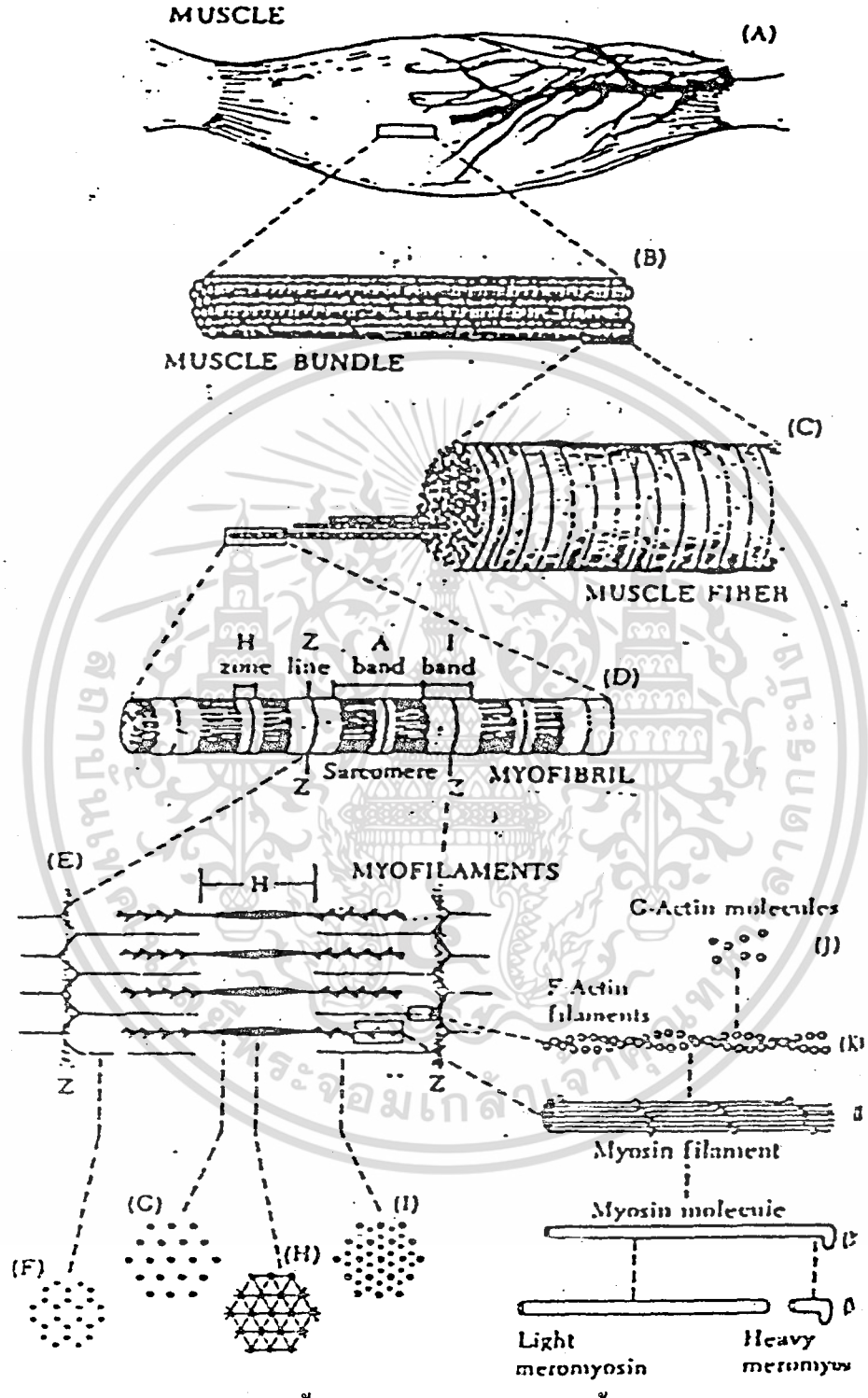
บริเวณของ I band จะเป็นเส้นใยฝอยชนิดบาง คือ Actin

Z line เกิดจากส่วนปลายของ Actin

A band จะพบทั้งเส้นใยฝอยชนิดบางและชนิดหนาซ้อนทับกันอยู่

H zone คือ พื้นที่สีจางอยู่ตรงกลาง A band เกิดเพราะว่า ไมโอซิน นั้นจะเป็นเส้นยาวตลอด A band แต่ แอคตินจะยาวไม่ต่อเนื่องจะสิ้นสุดที่ขอบนอกของ H zone เท่านั้น

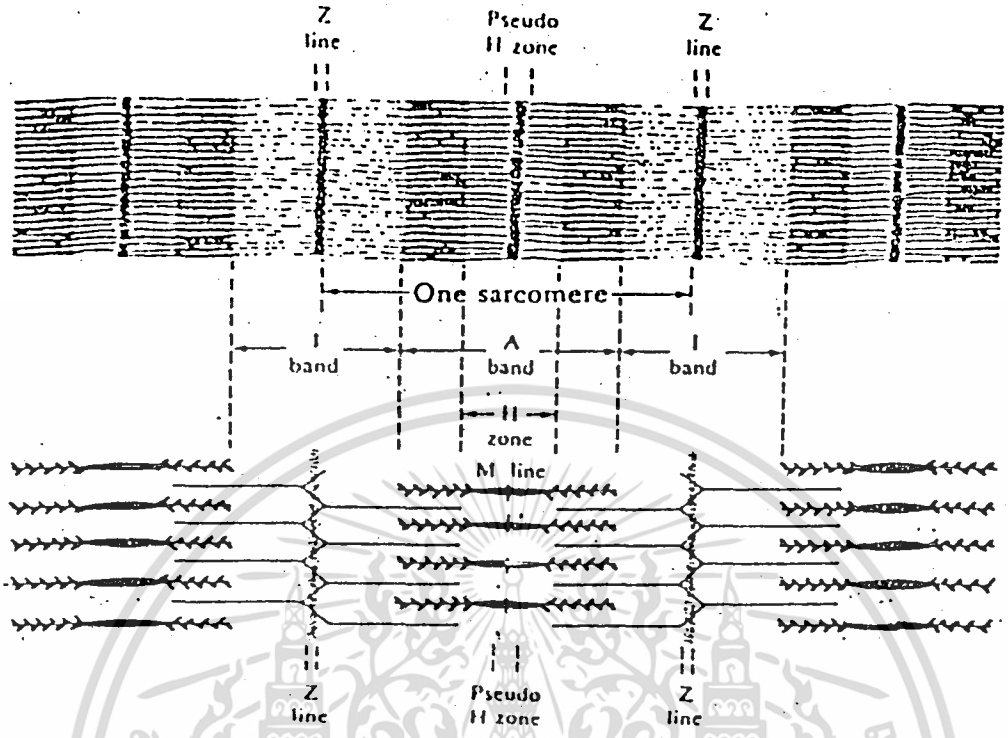
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5 แสดงกล้ามเนื้อโครงร่างจากระดับกล้ามเนื้อถึงระดับโมเลกุล

ที่มา : จันทร์พร เจ้าทรัพย์, 2544 : 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6 แสดงเส้นใยย่อย (myofibril) และซาร์โคเมียร์ (sarcomere)

ที่มา : จันทร์พร เจ้าทรัพย์, 2544 : 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อ (mechanism of contraction muscle)

การหดตัวของกล้ามเนื้อต้องอาศัยเส้นใยกล้ามเนื้อ แอคตินและไมโอซินเมื่อเกิดการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อทั้งสองชนิดจะเกิดการคาบเกี่ยวกัน มีลักษณะคล้ายตะขอ (crossbridges) ของเส้นใยกล้ามเนื้อ โดยแอคตินจะถูกดึงให้เลื่อนผ่านไมโอซิน เข้าไปในทางด้านในและจะทำให้ซาร์โคเมียร์หดตัวสั้นจนเกิดเป็นแรงดึงขึ้น (tension) ปุ่มหรือตะขอที่ยื่นออกมาจากด้านข้างของไมโอซิน ทำให้เกิดการคาบเกี่ยวกันของตะขอจะทำงานเป็นจังหวะ ๆ คือมีการเกี่ยวสลับกันกับการปล่อยจากตะขอรับ (hook) บนแอคตินตลอดเวลาที่ถูกเร้า บริเวณที่มีคาบเกี่ยวกันจะเรียกว่า (binding site) แรงที่เกิดจากการคาบเกี่ยวกันนี้เองทำให้แอคตินถูกดึงให้เลื่อนเข้าสู่กึ่งกลางของแถบมืด เมื่อการหดตัวเต็มที่ Z-line จะเข้าไปแตะกับปลายของไมโอซินทั้งสองข้าง ทำให้ความยาวของแถบมืดมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาของช่วงการหดตัว แต่แถบสว่างจะค่อย ๆ หายไป และจะไม่พบเมื่อมีการหดตัวเต็มที่ (อมรา มนิลา และคณะ, 2532 : 67)

กลไกที่ทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ สามารถจำแนกได้ดังนี้

1. แหล่งพลังงานสำหรับหดตัว

กล้ามเนื้อมีเอนไซม์ครีเอทีนไคเนส (creatine kinase) ซึ่งเร่งปฏิกิริยารีฟอสโฟรีเลชั่น (rephosphorelation) ของ ADP ในภาวะวิถีออกซิเดทีฟฟอสฟอริลชั่น (oxidative phosphorelation pathway) ดำเนินไปอย่างปกติ กล้ามเนื้อจะใช้ ATP เป็นแหล่งพลังงานในการหดตัวและคลายตัว แต่ถ้าหากวิถีออกซิเดทีฟฟอสริเลชั่นเกิดขัดข้องกล้ามเนื้อจะดึงพลังงานออกมาจากครีเอทีนฟอสเฟต (creatine phosphate) หรือ CP ครีเอทีนฟอสเฟตจะทำงานโดยเป็นที่สะสมหมู่ฟอสเฟตที่มีพลังงานสูงไว้สำรองใช้ แต่ในขณะที่ปริมาณออกซิเจนที่ได้รับไม่เพียงพอกับความต้องการของกล้ามเนื้อขณะทำงานหนัก (oxygen debt) เมื่อถึงระยะพัก ออกซิเจนที่มาเลี้ยงกล้ามเนื้อจะมีพอที่จะให้วิถีออกซิเดทีฟฟอสฟอริเลชั่น ดำเนินไปอย่างปกติใหม่อีกครั้ง จะทำให้ ATP ถูกสังเคราะห์และมีการเก็บสะสมไว้สำหรับการหดตัวและคลายตัวในครั้งต่อ ๆ ไป และในขณะเดียวกัน ATP ส่วนหนึ่ง จะถูกนำไปเปลี่ยนให้เกิดการเปลี่ยนกลับ (rephosphorelate creatine) ให้กลายเป็นครีเอทินฟอสเฟตสะสมไว้เช่นกัน นอกจากกล้ามเนื้อใช้ ATP และครีเอทินฟอสเฟตแล้วยังสามารถใช้ระบบไกลโคซีสสำหรับให้พลังงานในภาวะที่ขาดออกซิเจนจะได้ผลผลิตสุดท้ายนอกจากจะได้ ATP ในปริมาณน้อยแล้วยังจะได้กรดแลคติก อันเนื่องจากการแตกตัวของกลูโคสให้กลายเป็นกรดไพรูวิค โดยไม่ต้องใช้ออกซิเจน ซึ่งจะผ่านเข้าระบบไหลเวียนโลหิตไปยังตับจะทำการเปลี่ยนกรดแลคติกให้เป็นไกลโคเจนได้อีกครั้ง (โสภี ดอนดี, 2538 : 80)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตาย

ภายหลังจากที่สัตว์ถูกฆ่าตายแล้ว กล้ามเนื้อของสัตว์ซึ่งมิได้หยุดดำเนินกิจกรรมในการคงสภาพของกล้ามเนื้อและเปลี่ยนเป็นเนื้อสัตว์ในทันทีทันใด แต่ตรงกันข้าม การเปลี่ยนแปลงทั้งทางเคมีและกายภาพหลาย ๆ อย่างได้เกิดขึ้น และดำเนินอยู่ในช่วงระยะเวลาหนึ่งจนกระทั่งกล้ามเนื้ออยู่ในสภาพที่เกิดการเกร็งตัวอย่างถาวรหรือเรียกว่า เกร็ง (rigor mortis) ปฏิกิริยาและการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น เป็นผลมาจากความพยายามที่จะคงสภาพของกล้ามเนื้อไว้ของสัตว์ เมื่อเกิดการเกร็งตัวภายหลังสัตว์ตายโดยสมบูรณ์แล้ว ถือได้ว่ากล้ามเนื้อนั้นได้กลายเป็นเนื้อสัตว์ (วรวิทย์ พันธ์เมธิศร์, 2543 : 21)

3. ปฏิกิริยาและการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายหลังสัตว์ตาย

การเกิดกระบวนการไกลโคไลซีสในกล้ามเนื้อภายหลังจากสัตว์ตาย (postmortem glycolysis) การพยายามคงสภาพของกล้ามเนื้อ จะดำเนินขึ้นทันทีหลังจากขจัดเอาเลือดออก เพื่อที่จะพยายามดำรงสภาพต่าง ๆ เช่นเดียวกับในขณะที่ยังมีชีวิตอยู่ ให้เหมือนเดิมซึ่งต้องอาศัยพลังงานอย่างมาก พลังงานเหล่านี้จะได้จากการย่อยสารประกอบ ATP โดยเอนไซม์ ATPase ที่อยู่ในไซโตพลาสซึม (cytoplasm) ดังสมการที่ 1

$$ATP \xrightleftharpoons[\text{ATPase}]{} ADP + Pi + energy$$

(สมการที่ 1)

เมื่อสัตว์ตายแล้วขบวนการสร้าง ATP ในสภาพปกติได้หยุดชะงักไป ดังนั้น ปริมาณ ATP ที่สะสมไว้เมื่อถูกใช้ไปจึงหมดลงอย่างรวดเร็ว จึงต้องใช้พลังงานจากขบวนการอื่น ๆ มาทดแทน พลังงานที่จะถูกใช้เป็นแหล่งแรกคือการแลกเปลี่ยนกลุ่มฟอสเฟตระหว่าง ครีเอทีนฟอสเฟต กับ ADP ดังสมการที่ 2

$$\text{creatine phosphate} + ADP \xrightleftharpoons[\text{creatine kinase}]{} ATP + \text{creatine}$$

(สมการที่ 2)

ขบวนการนี้เกิดขึ้นในระยะเวลาสั้น ๆ เพราะครีเอทีนฟอสเฟต ที่มีในปริมาณจำกัดจะถูกใช้หมดไปอย่างรวดเร็ว แต่ไกลโคเจนซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรท ที่ถูกสะสมไว้ในกล้ามเนื้อจะถูกนำมาย่อยสลายโดยขบวนการที่มีเอนไซม์มาเกี่ยวข้องหลายขั้นตอน เพื่อให้เกิดพลังงานขึ้นในรูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ ATP ออกมาเพื่อทดแทนส่วนที่ถูกใช้ ขบวนการนี้เรียกว่าขบวนการไกลโคไลซีส หากยังมีออกซิเจนในกล้ามเนื้อเพียงพอ ขบวนการนี้ก็จะเกิดขึ้น ดังสมการที่ 3

$$O_2 + \text{glycogen} \xrightarrow[\text{glycolysis}]{\text{aerobic}} CO_2 + H_2O + 37\ ATP$$

(สมการที่ 3)

แต่เนื่องจากมีการขจัดเลือดออกมาจากกระบวนการฆ่าสัตว์ ดังนั้น ปริมาณของออกซิเจนที่เข้าไปหล่อเลี้ยงกล้ามเนื้อ โดยมีเลือดเป็นตัวกลางในการขนส่งจะลดปริมาณลงอย่างรวดเร็ว ขบวนการไกลโคไลซีส ซึ่งมีออกซิเจนเข้ามาเกี่ยวข้องกระบวนการนี้จึงเกิดขึ้นไม่ได้อีกต่อไป จึงเป็นผลให้เกิดขบวนการไกลโคไลซีส ซึ่งไม่มีออกซิเจนมาเกี่ยวข้องเกิดขึ้นมาแทนที่ในทันที เพื่อการสร้าง ATP ดังสมการที่ 4

$$\text{glycogen} \xrightarrow[\text{glycolysis}]{\text{aerobic}} 3\ ATP + \text{lactic acid}$$

(สมการที่ 4)

ขบวนการสุดท้ายนี้เองที่เรียกว่า ขบวนการไกลโคไลซีสภายหลังสัตว์ตาย (post-mortem glycolysis) จากสมการดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการสลายไกลโคเจนมากขึ้นก็จะได้พลังงานคือ ATP และกรดแลคติก การสะสมของกรดแลคติกโดยขบวนการนี้ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง หรือค่า pH ของกล้ามเนื้อค่อย ๆ ลดลงจาก pH ประมาณ 7 ในสภาพปกติก่อนถูกฆ่าเป็น pH ประมาณ 5.6-5.7 ภายใน 6-8 ชั่วโมง ภายหลังถูกฆ่าตายและเป็น 5.3-5.7 ภายใน 24 ชั่วโมง ภายหลังถูกฆ่าตาย เราเรียกค่าความเป็นกรด-ด่างนี้ว่าเป็นค่าความเป็นกรด-ด่างสุดท้ายของกล้ามเนื้อ (ultimate pH) ค่าความเป็นกรด-ด่างสุดท้ายนี้จะมีค่าเท่าใด ขึ้นอยู่กับปริมาณไกลโคเจนที่สัตว์สะสมไว้ ถ้าปริมาณของไกลโคเจนมีน้อย เนื้อสัตว์ที่ได้จะมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงเนื่องจากมีการผลิตกรดแลคติกออกมาน้อย เนื่องจากเอนไซม์ต่าง ๆ ที่ใช้ในขบวนการไกลโคไลซีสจะไม่ทำงานเมื่อ pH ต่ำกว่า 5.4 ดังนั้น การสะสมของกรดแลคติกจึงหยุดเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 5.3-5.7 อัตราความเร็วในการลดลงของความเป็นกรด-ด่างสุดท้ายจะเป็นค่าใด มีหลายปัจจัย เช่น ชนิดของสัตว์และประเภทของมัดกล้ามเนื้อ นอกจากนี้อาจมีปัจจัยอื่นเช่นการได้รับยาหรือสารเคมีใด ๆ ก่อนที่สัตว์จะถูกฆ่า เช่น ถ้าสัตว์ได้รับยาระบายประเภทแมกนีเซียมซัลเฟตก่อนถูกฆ่า ขบวนการไกลโคไลซีสภายหลังสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตายเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ แต่ถ้าได้รับสารประกอบของเกลือแคลเซียมหรือได้รับแอดรีนาลีน (adrenalin) จะทำให้กระบวนการไกลโคซีสภายหลังสัตว์ตายเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เป็นต้น รวมทั้งอุณหภูมิหรือสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ก็จะมีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างสุดท้าย โดยอุณหภูมิที่สูงจะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในขบวนการไกลโคไลซีส ระยะเวลาของกระบวนการไกลโคไลซีสจะมีผลต่อเวลาในการบ่มซากรวมทั้งอิทธิพลต่อขบวนการสลายตัวเองโดยเอนไซม์ต่าง ๆ ดังนั้นในการปรับปรุงความนุ่มควรมีการคำนึงถึงขบวนการไกลโคไลซีสภายหลังสัตว์ตาย

4. การเกิดภาวะการเกร็งตัว

ภาวะการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ มีความสัมพันธ์กับการลดลงของปริมาณ ATP ในกล้ามเนื้อ ในขณะที่สัตว์ถูกฆ่าตายในระยะแรก เส้นใยไมโอซินที่อยู่ในซาร์โคเมียร์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดต่าง ๆ จะถูกดันไม่ให้เข้ามาจับกันได้ เพราะปริมาณ ATP ที่อยู่ในไซโตพลาสซึมยังคงมีปริมาณสูง

เมื่อสัตว์ตายปริมาณของ ATP จะค่อย ๆ ลดลง และเมื่อปริมาณของ ATP ลดลงจนถึงระดับหนึ่งเส้นใยแอคตินและเส้นใยไมโอซิน ก็จะเข้ามาจับกันอย่างถาวร เพราะปริมาณของ ATP ที่มีอยู่ไม่เพียงพอที่จะแยกเส้นใยทั้งสองออกจากกันได้ จึงเกิดเป็นสารประกอบแอคโตไมโอซินที่ไม่สามารถจะดึงให้ยืดตัวออกมาได้ ปรากฏการณ์นี้จะเป็นจุดเริ่มต้นของขบวนการที่เรียกว่า การเกิดภาวะเกร็งตัว ดังนั้น เนื้อของสัตว์ที่ได้ในช่วงนี้ถ้านำไปบริโภคจะรู้สึกว่าเหนียวมาก การเกิดภาวะการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ จะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วเพียงใดขึ้นอยู่กับอัตราความเร็วของการลดลงของค่า pH ในกล้ามเนื้อและจะเกิดได้รวดเร็วขึ้นเมื่ออุณหภูมิยิ่งสูง ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิยิ่งสูงขึ้น การเกร็งตัวของกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตายก็จะเกิดเร็วขึ้นด้วย

5. การเปลี่ยนแปลงหลังเกิดภาวะการเกร็งตัว

เนื้อสัตว์ที่อยู่ในขณะเกิดภาวะการเกร็งตัว จะมีความเหนียวมาก แต่ในเมื่อผ่านภาวะการเกร็งตัวอย่างสมบูรณ์แล้ว เนื้อนั้นจะนุ่มขึ้น เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงในคุณสมบัติของเซลล์ ซึ่งสารประกอบแอคโตไมโอซินจะค่อย ๆ แยกออกจากกันบริเวณ Z-line จะเกิดการเสื่อมสลาย (disintegration) ซึ่งเชื่อว่าเป็นสาเหตุหนึ่งซึ่งทำให้กล้ามเนื้อค่อย ๆ อ่อนตัวลง นอกจากนี้เส้นใยของกล้ามเนื้อขณะมีชีวิต จะมีสารที่ใช้สลายโปรตีนชนิดหนึ่งเก็บไว้ภายในเซลล์ไลโซโซม เรียกว่า เอนไซม์คาเธพซินส์ (cathepsins) เมื่อสัตว์ตายลงและระดับ pH ของกล้ามเนื้อสัตว์จะลดลงถึง pH 5.3-5.7 เหมาะสมของการทำงานของคาเธพซินส์ เอนไซม์นี้จะรั่วออกมาจากผนังเซลล์ไลโซโซม และจะทำการสลายโปรตีน และเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของเส้นใยกล้ามเนื้อได้บางส่วนจึงเป็นสาเหตุทำให้เนื้อสัตว์นุ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 คุณสมบัติของเนื้อสัตว์

คุณสมบัติต่างๆ ที่เป็นส่วนประกอบของเนื้อสัตว์ที่ผู้บริโภคพึงประสงค์ มีดังนี้

1. สี (color)

สีของเนื้อเป็นความรู้สึกแรกที่ผู้บริโภคจะรับรู้ได้ ไมโอโกลบิน (myoglobin) เป็นสารสีของเนื้อโดยเฉพาะ โมเลกุลของไมโอโกลบินจะประกอบด้วยอณูของธาตุเหล็กซึ่งการเปลี่ยนแปลงของอณูธาตุเหล็กนี้เองจะทำให้สีเนื้อเปลี่ยนไป ขณะสัตว์มีชีวิตไมโอโกลบิน เป็นที่เก็บออกซิเจนกล้ามเนื้อที่ทำงานหนักจะมีปริมาณไมโอโกลบินมากเพราะต้องการใช้ออกซิเจนมากทำให้เนื้อสีเข้มด้วย ปฏิกิริยาทางเคมีของสารสีนั้นเป็นสาเหตุที่ทำให้สีเนื้อเปลี่ยน โดยถ้าอณูธาตุเหล็กของ heme ring อยู่ในรูปออกซิไดซ์คือ เฟอริก (Fe^{3+}) จะไม่สามารถทำปฏิกิริยากับสารใดๆได้แต่ถ้าอยู่ในสภาพรีดิวซ์ คือเฟอรัส(Fe^{2+}) สามารถรวมกับโมเลกุลของน้ำในเนื้อที่ยังไม่ได้ตัด เมื่อตัดผิวเนื้อสัมผัสกับอากาศจะรวมกับออกซิเจน สภาวะรีดิวซ์เกิดตามธรรมชาติอยู่แล้วเพราะว่าต้องเป็นตัวนำออกซิเจนเข้าสู่เซลล์ เมื่อตายแล้วไม่มีออกซิเจนก็จะรวมกับน้ำมีสีม่วง เมื่อตัดเนื้อผิวที่สัมผัสอากาศจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้เป็นออกซี่ไมโอโกลบินมีสีแดงสดจะเกิดหลังจากตัดเนื้อ 30-45 นาทีและไม่เปลี่ยนแปลง แต่ถ้าตัดเนื้อเก็บไว้ในที่อับอากาศ อณูธาตุเหล็กจะเกิดการออกซิไดซ์ไปเป็นเมทไมโอโกลบินทำให้เนื้อเป็นสีน้ำตาลแต่ถ้าสัมผัสกับออกซิเจนอีกก็สามารถเปลี่ยนกลับเป็นออกซี่ไมโอโกลบิน ได้มีสีแดงสดเหมือนเดิม ดังนั้นการใช้วัสดุห่อเนื้อควรเป็นวัสดุที่ออกซิเจนมีการผ่านเข้าออกได้เช่น เซลโลเฟน โพลีไวนิลคลอไรด์หรือโพลีเอทิลีน

ภัทราภรณ์ เชื้อนันตา (2540 : 57) งานทดลองเปรียบเทียบค่าสีของกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรที่เวลา 18 ชั่วโมงหลัง การฆ่า ระหว่างการชำแหละซากอุ่นและการชำแหละซากเย็น ของเนื้อสุกรวัดสีของเนื้อได้ค่า L* เท่ากับ 48.81 และ 48.21 ค่า a* เท่ากับ 2.81 และ 2.48 ค่า b* เท่ากับ 1.94 และ 1.73 สำหรับการชำแหละซากอุ่นและซากเย็น ตามลำดับ(* ซากที่ใช้ในการทดลองนำมาจากโรงฆ่าต้องใช้เวลาในการขนส่งซากมายังห้องปฏิบัติการตัดแต่งเนื้อสัตว์ ประมาณ 3 ชั่วโมง)

2. ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (water holding capacity)

ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ คือ ความสามารถของเนื้อที่จะคงไว้ซึ่งจำนวนน้ำให้เกือบเท่าเดิมแม้จะมีแรงนอกมากระทำ ความสามารถจับน้ำของกล้ามเนื้อมีผลต่อการลดน้ำหนักของเนื้อในระหว่างการเก็บรักษา การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัตว์หลังสัตว์ตายทำให้กรดแลคติกเพิ่มขึ้นมีผลทำให้จำนวนกลุ่มโปรตีนที่ทำหน้าที่จับน้ำลดลงจึงทำให้เกิดการสูญเสียน้ำของเนื้อหลังสัตว์ตาย น้ำในเนื้อสัตว์แบ่งได้ 3กลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำที่ถูกตรึง (bound water) หมายถึง โมเลกุลของน้ำที่ถูกดึงดูดไว้ด้วยขั้วไฟฟ้าที่ต่างกันระหว่างโปรตีนกับน้ำ มีประมาณ 4-5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำในเนื้อถูกขับออกจากกล้ามเนื้อยากมาก

น้ำที่ถูกจำกัดการเคลื่อนย้าย (immobilized water) จะอยู่ถัดจากชนิดแรกและอยู่ห่างแรงดึงดูดของโปรตีนถูกขับออกได้ง่ายกว่ากลุ่มแรกขึ้นอยู่กับแรงที่มากระทำ

น้ำที่ถูกดึงดูดไว้ด้วยแรงตึงผิว (surface force) อยู่ไกลจากประจุโปรตีนที่สุดมีแรงดึงดูดต่ำที่สุดถูกขับออกได้ง่ายที่สุด

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล (2539) กล่าวว่า เนื้อที่มีคุณภาพดี คือ เนื้อที่มีคุณสมบัติในด้านการอุ้มน้ำของเนื้อสูง ซึ่งมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับความเป็นกรด – ด่าง ในเนื้อสัตว์ เนื้อที่มีค่า pH ต่ำ จะมีค่าในการอุ้มน้ำต่ำและในทางกลับกันเนื้อที่มีค่า pH สูงจะมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำสูง ซึ่งเนื้อสัตว์ที่มีคุณสมบัติของการอุ้มน้ำไม่ดี จะมีการสูญเสียน้ำออกจากเนื้อในระหว่างการเก็บรักษาทำให้สูญเสียน้ำหนักของเนื้อและเมื่อทำให้สุก จะมีการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสูงทำให้เนื้อมีลักษณะแห้งและหยาบ

ภัทราภรณ์ เชื้อนันตา (2540 : 57) งานทดลองเปรียบเทียบความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (water holding capacity) หลังฆ่า 18 ชั่วโมง โดยเปรียบเทียบระหว่างเนื้อสันนอกที่ผ่านการชำแหละซากอุ่นกับชำแหละซากเย็น ของเนื้อสุกร โดยค่าความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ 0.52 และ 0.50 ตามลำดับ (* ซากที่ใช้ในการทดลองนำมาจากโรงฆ่า ต้องใช้เวลาในการขนส่งซากมายังห้องปฏิบัติการตัดแต่งเนื้อสัตว์ ประมาณ 3 ชั่วโมง)

กิตติมา เมืองมุสิทธิ์ (2545 : 59) พบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง (cooking loss) ของกล้ามเนื้อสันนอกในสุกรขุนมีค่าเท่ากับ 33.29 ± 0.46 เปอร์เซ็นต์

3. ความแน่นลักษณะโครงสร้าง ความหยาบละเอียด (firm and Texture)

เนื้อที่มีคุณภาพจะมีลักษณะโครงร่างของกล้ามเนื้อค่อนข้างแน่นและคงรูปร่างไม่เหลว

3.1 ความแน่น เป็นผลมาจากความสามารถในการจับน้ำของเนื้อ ถ้าความสามารถในการจับน้ำต่ำเนื้อจะเหลว

3.2 ไขมันแทรก คือไขมันที่พบภายในมัดกล้ามเนื้อ ปริมาณไขมันแทรกมีผลต่อความแน่นของกล้ามเนื้อโดยหลังจากฆ่าสัตว์แล้วนำซากไปแช่แข็งที่ 3 องศาเซลเซียส จนครบ 24 ชั่วโมง ไขมันแทรกจะแข็งตัวทำให้เนื้อมีลักษณะค่อนข้างแน่น

3.3 เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมีอิทธิพลต่อลักษณะโครงสร้างของเนื้อสัตว์ถ้ามีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมากเส้นใยกล้ามเนื้อจะมีขนาดใหญ่และมีความหยาบมากกว่ากล้ามเนื้อที่มีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ความนุ่ม (Tenderness)

ความนุ่มเป็นลักษณะสำคัญที่แสดงถึงคุณภาพของเนื้อ และลักษณะที่ผู้บริโภคต้องการมากกว่าลักษณะอื่น ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความนุ่มของเนื้อมีดังนี้

4.1 เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) ซึ่งประกอบด้วยคอลลาเจนเป็นส่วนใหญ่เนื้อที่มีปริมาณคอลลาเจนมากเนื้อจะเหนียว ปริมาณคอลลาเจนในกล้ามเนื้อแต่ละชนิดมีไม่เท่ากัน และปริมาณคอลลาเจนจะเพิ่มขึ้นตามอายุของสัตว์

4.2 ขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber size) เส้นใยกล้ามเนื้อที่มีขนาดใหญ่จะมีความเหนียวมากกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อขนาดเล็กและปัจจัยอื่นๆ ดังนี้

4.2.1 ปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเซลล์กล้ามเนื้อ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเซลล์กล้ามเนื้อ จำแนกได้ดังนี้

1. หน้าที่ของกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อซึ่งมีหน้าที่ในการเคลื่อนไหวอย่างสม่ำเสมอเพียงเล็กน้อย เช่น กล้ามเนื้อตาจะประกอบด้วยเซลล์กล้ามเนื้อขนาดเล็ก กล้ามเนื้อจากส่วนนี้จึงมองดูละเอียด แต่ถ้าเป็นกล้ามเนื้อที่ใช้ในการทำงานหนักเคลื่อนไหวมากจะประกอบด้วยเซลล์ขนาดใหญ่ ซึ่งทำให้มองเห็นเนื้อเยื่อค่อนข้างหยาบ ตัวอย่างเช่น กล้ามเนื้อขา เป็นต้น

2. ชนิดของกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อต่างชนิดกันจะมีขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อต่างกัน

3. อายุของสัตว์ เมื่อเป็นตัวอ่อนจะมีขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อเล็กกว่าสัตว์ซึ่งโตเต็มที่ในสัตว์ที่เป็นตัวอ่อนปริมาณไมโอไฟบริลจะเพิ่มขึ้นตามอายุทำให้ขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อสัตว์โตเต็มที่ปริมาณไมโอไฟบริลจะคงที่

4. อาหาร ส่วนประกอบของอาหารที่บริโภคเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้เซลล์กล้ามเนื้อมีขนาดต่างกัน อาหารประเภทโปรตีนเป็นส่วนสำคัญในการสร้างเนื้อเยื่อ ถ้าสัตว์ขาดโปรตีนโดยเฉพาะในช่วงของการเจริญของตัวอ่อน จะมีผลทำให้ปริมาณของไมโอไฟบริลลดลงจากปริมาณปกติ

5. สายพันธุ์ สัตว์ต่างสายพันธุ์กันจะมีขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อต่างกันออกไป เช่น แกะ เมื่อแรกเกิดจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางเซลล์กล้ามเนื้อโดยเฉลี่ยประมาณ 11.3 ไมครอน ส่วนหมูมีขนาดโดยเฉลี่ยเพียง 5.3 ไมครอนเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

6. การออกกำลังกาย เป็นวิธีหนึ่งซึ่งทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น เซลล์กล้ามเนื้อจะมีขนาดใหญ่ขึ้น โดยที่จำนวนไมโอไฟบริลในเซลล์ยังคงเดิม

7. สภาวะของการหดตัวของกล้ามเนื้อ การคลายและหดตัวมีผลต่อขนาดของไมโอไฟบริล ดังนั้น จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อด้วย

มาลัยวรรรณ อารยะสกุล และ วรรณวิบูลย์ กาญจน-กุญชร (2539) แสดงผลสายพันธุ์ที่มีต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของมัสเซิลไฟเบอร์ของสุกร ในระยะแรกเกิดและเมื่อโตเต็มที่ได้ผลดังนี้ ระยะแรกเกิดเท่ากับ 5.3 ไมครอนและเมื่อโตเต็มที่ได้เท่ากับ 90.9 ไมครอน

กิตติมา เมืองมุสิทธิ์ (2545 : 59) พบว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber) ของกล้ามเนื้อสันนอกในสุกรขุน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อได้เท่ากับ 104.02 ± 1.57 ไมครอน

4.3 ไขมันแทรก (marbing) หมายถึง ไขมันที่พบในกล้ามเนื้อ (intra muscular fat) มีลักษณะเป็นเส้นสีขาวแทรกอยู่ในมัดกล้ามเนื้อ ไขมันแทรกจะเป็นตัวหล่อลื่นขณะเคี้ยวทำให้รู้สึกว่าเนื้อนุ่ม

4.4 โครงสร้างระดับจุลภาคของกล้ามเนื้อ (ultrastructure) คือหน่วย (unit) ที่เล็กที่สุดของกล้ามเนื้อ เรียกว่า ซาร์โคเมียร์ ความยาวของซาร์โคเมียร์มีผลต่อความนุ่มของเนื้อ โดยถ้าเนื้ออยู่ในสภาวะคลายตัวความยาวของซาร์โคเมียร์จะมากกว่าเนื้อที่หดตัวและเนื้อจะนุ่มกว่า

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบความยาวซาร์โคเมียร์ ของกล้ามเนื้อชนิดต่างๆ ของสุกรเพศผู้ตอนน้ำหนักเฉลี่ย 66 กก.

Muscle	mean(µm)	SD	Minimum	Maximum
Semitendinosus	2.45[a]	.14	2.1	2.8
Triceps brachii	2.44[a]	.17	2.0	2.7
Longissimus	1.78[bc]	.10	1.5	2.0
Semimembranosus	1.83[b]	.06	1.6	2.0
Biceps femoris	1.74[c]	.10	1.5	1.9

ที่มา : Wheeler , et al.(2000 : 962)

[abc] ตัวอักษรที่ต่างกันในคอสัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
58822

จากตารางที่ 3 *Semitendinosus* และ *Triceps brachii* มีความยาวมากที่สุด (P < 0.05) ในขณะที่ *Longissimus* กับ *Semimembranosus* มีความยาวไม่แตกต่างกัน ส่วนกล้ามเนื้อ *Biceps femoris* มีความยาวน้อยที่สุด (P < 0.05)

5. รสชาติและกลิ่น (Taste and Smell)

การรับรู้รสชาติและกลิ่นนั้นในทางสรีระวิทยาแล้ว การรับรู้รสชาติเกิดจากลิ้น ซึ่งมาจากความรู้สึกพื้นฐาน 4 ชนิด คือ รสเค็ม หวาน เปรี้ยว และขม ส่วนกลิ่นเกิดจากการรับรู้ของปลายประสาทในโพรงจมูกซึ่งถูกกระตุ้นด้วยสารระเหยในเนื้อ ส่วนประกอบของเนื้อที่ทำให้เกิดรสชาติคือสารประกอบในเนื้อเมื่อถูกความร้อนจะแปรสภาพเป็นสารประกอบ รส กลิ่น ได้แก่ อินโนซินโมโนฟอสเฟตและไฮโปซานติน

ปัจจัยที่มีผลต่อความนุ่มของเนื้อสัตว์

1. ความเป็นกรด-ด่าง

ขบวนการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตายจะพบว่าความเป็นกรด-ด่างของกล้ามเนื้อเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อคุณภาพความนุ่มของเนื้อ ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดความนุ่มของเนื้อภายหลังสัตว์ตายคือ ความเป็นกรด-ด่างในกล้ามเนื้อซึ่งจะเป็นผลทำให้เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับความนุ่มของเนื้อภายหลังสัตว์ตายทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยค่าปกติความเป็นกรด-ด่างสุดท้ายของกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตายจะมีความผันแปรระหว่าง 5.4-7.2 ตามเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น การที่ค่า pH สุดท้ายของเนื้อสัตว์จะเป็น กรด-ด่าง จะมีผลเสียต่อคุณภาพเนื้อ เช่น มีสีคล้ำ ถูกแบคทีเรียทำลายได้ง่าย รวมทั้งการสูญเสียความน่ากิน

1.1 ค่าความเป็น กรด-ด่าง (pH) กับการทำงานของเอนไซม์ที่มีอิทธิพลต่อความนุ่มของเนื้อ

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล (2539) กล่าวว่า เอนไซด์ทำหน้าที่ในการย่อยสลายโปรตีนที่มีอยู่ในสัตว์ โดยจะทำหน้าที่ภายหลังสภาวะเกร็งตัว ซึ่งมีผลทำให้เนื้อนุ่มขึ้นและมีกลิ่นที่ต้องการภายใต้ช่วงระยะเวลาการบ่มเนื้อที่เหมาะสม ปัจจัยสำคัญที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์ ได้แก่ อุณหภูมิและความเป็นกรด-ด่างภายในเนื้อ ทั้งนี้พบว่าเอนไซม์จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และการทำงานของเอ็นไซม์ยังขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-ด่างในเนื้อ โดยแบ่งระดับความเหมาะสมในการทำงานเป็น 3 กลุ่ม คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) Alkaline proteinase ระดับความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 8.5-9.0

2) Neutral proteinase ระดับความเป็นกรด-ด่าง ที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 7.0-7.5 เอนไซม์ชนิดนี้จะถูกกระตุ้นให้ทำงานโดย Ca^{++} ที่ถูกปลดปล่อยออกจากเซลล์ ได้แก่ Calpain I (ทำงานที่ระดับความเข้มข้นของ Ca^{++} ต่ำ) และเอนไซม์ Calpain II (ทำงานที่ระดับความเข้มข้นของ Ca^{++} สูง)

3) Acid proteinase ระดับความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมจะเป็นกรดอยู่ระหว่าง 5.0-5.4 ได้แก่ เอนไซม์ ซึ่งทำงานได้ดีที่อุณหภูมิสูงประมาณ 37 องศาเซลเซียส

2. อุณหภูมิในการเก็บรักษาเนื้อ

อุณหภูมิในการเก็บรักษาเนื้อเป็นปัจจัยสำคัญต่อความนุ่มของเนื้อไก่ การเก็บรักษาเนื้อไว้ที่อุณหภูมิต่ำในห้องเย็นที่มีอุณหภูมิ 0-15 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาตั้งแต่ 1 สัปดาห์ขึ้นไป จะทำให้ได้เนื้อที่นุ่มขึ้น เนื่องจากโปรตีนบริเวณ Z-line ในซาร์โคเมียร์ถูกย่อยสลายจึงทำให้เนื้อนุ่มขึ้น แต่ในขณะเดียวกันอาจทำให้เกิดปัญหาการหดตัวอย่างรวดเร็วของกล้ามเนื้อเนื่องจากการลดลงของอุณหภูมิของซากหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการฆ่าแล้ว (cold shortening) หากเก็บในอุณหภูมิและระยะเวลาในการลดอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม โดยทั่วไปพบว่า อุณหภูมิที่มีแนวโน้มให้เกิดปัญหาดังกล่าว จะอยู่ที่อุณหภูมิประมาณ 10 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อาจทำให้กล้ามเนื้อเกิดการแข็งเกร็งตัวอย่างยิ่งหลังจากสัตว์ตาย (rigor shortening) ได้ ซึ่งปรากฏการณ์นี้สามารถเริ่มต้นการเกิดที่ค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 6.0-6.3 และมี ATP อยู่ที่ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกันกับในขณะมีชีวิตอยู่ซึ่งจะตรงข้ามกับปรากฏการณ์ cold shortening ซึ่งจะเริ่มต้นที่ประมาณค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.0 และมี ATP ใกล้เคียงกันกับขณะมีชีวิตเนื้อสัตว์ถูกเก็บไว้ในห้องเย็นภายหลังถูกฆ่า พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างจะลดลงอย่างช้า แต่ถ้าเก็บเนื้อสัตว์ภายหลังถูกฆ่าที่อุณหภูมิสูงจะพบว่า membrane-bond lysosoma เอนไซม์จะถูกปล่อยออกมา ซึ่งเอนไซม์เหล่านี้จะทำงานได้ดียิ่งขึ้นเพราะเนื่องจากค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่ลดลงอย่างรวดเร็วและอุณหภูมิที่สูงพอเหมาะ กระบวนการเกิดภายหลังการเกิดการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อที่อุณหภูมิสูงเนื้อจะมีความนุ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นผลจากการทำงานของ giucoronidase และ cathepsin ซึ่งเป็นเอนไซม์ประเภท lysosomal ทั้งสองชนิดที่ทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น ความนุ่มของเนื้อจะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิในช่วงเวลา 2-4 ชั่วโมงแรกภายหลังสัตว์ตาย

3. การทำให้เนื้อสุก

การทำให้เนื้อสุกโดยการให้ความร้อนจะมีผลต่อการลดขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อคล้ายกับการเกิด cold shortening แต่จุดที่ต่างกันคือการให้ความร้อนจะทำให้ขนาดเส้นใยมีความหนาลดลง แต่การเกิด cold shortening จะทำให้ความยาวของเส้นใยลดลง การใช้ความร้อน อาจจะทำให้ความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นุ่มของเนื้อเพิ่มขึ้นหรือลดลง ซึ่งขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและเส้นใยของกล้ามเนื้อ อันเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเนื้อสัตว์ (Purchas , 1993) เนื้อสัตว์ที่มีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันค่อนข้างมาก เช่นเนื้อสัตว์บริเวณส่วนขาหลัง การทำให้สุกนั้นต้องคำนึงว่าทำอย่างไร จึงจะทำให้เนื้อเยื่อเกี่ยวพันนั้นคลายความเหนียวลงให้มาก ควรใช้วิธีให้ความร้อนชื้น (moist heat) เป็นระยะเวลานานพอสมควรเพราะน้ำเป็นสื่อในการนำความร้อนที่ดี เนื่องจากโปรตีนคอลลาเจนในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันจะถูกทำให้เกิดการแปลงสภาพและถูกไฮโดรไลซ์ให้กลายเป็นเจลาติน (gelatin) ซึ่งเป็นสารประกอบตัวใหม่ที่มีลักษณะกึ่งเหลวกึ่งแข็ง ทำให้ความเหนียวลดลง (Bouton , 1982)

สำหรับเนื้อสัตว์ที่มีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันค่อนข้างน้อย เช่น เนื้อบริเวณสันหลัง การทำให้สุกควรคำนึงเสมอว่าจะต้องให้ความเหนียวของเส้นใยกล้ามเนื้อเกิดขึ้นน้อยที่สุด ดังนั้นการทำให้เนื้อสุกควรใช้ความร้อนไม่สูงมากนัก และใช้ระยะเวลาสั้น ๆ จึงเหมาะกับการใช้ความร้อนแห้ง (dry heat) เช่น การย่าง ปิ้ง หรืออบ เพราะอากาศเป็นสื่อในการนำความร้อนที่ไม่ดี ความร้อนจะผ่านทะลุเข้าไปในก้อนเนื้อได้อย่างช้า เพื่อช่วยลดการเปลี่ยนแปลงสภาพโปรตีน ในเส้นใยกล้ามเนื้อให้น้อยลง เนื้อที่ได้จึงนุ่ม

4. เอนไซม์

ความเป็นกรด-ด่างสุดท้ายของกล้ามเนื้อจะอยู่ที่ค่าประมาณ 5.5 ภายในเวลา 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย การสูญเสียพลังงาน ATP ในการที่จะดำเนินขบวนการขนถ่ายอิเล็กตรอน ทำให้ lipoprotein membrane จะถูกเปลี่ยนสภาพไปในระหว่างขบวนการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตาย รวมทั้งโปรตีนกลุ่มหลักได้แก่ เดสมิน โทรโปนินที และเป็นส่วนน้อยที่เป็นโปรตีนจำพวกไททิน โทรโปนินไอ โทรโปนิน ซี จะปรากฏหลักฐานที่ส่วนปลายของแอคตินที่อยู่ใน Z-disk จะเกิดรอยแตกในระหว่างมีการเปลี่ยนแปลงภายหลังสัตว์ตาย ลักษณะรอยเหล่านี้เป็นส่วนที่อธิบายได้ว่าภายหลังสัตว์ตาย การถูกทำลายของโมเลกุลแอคติน รวมทั้งบริเวณรอย Z-disk การเลือนหายไปของเดสมิน ซึ่งอยู่บริเวณรอบ ๆ Z-disk จะพบว่าแยกตัวออกตามแนวยาวได้ง่ายขึ้น โดยพบได้ง่ายมากขึ้นเมื่อกล้ามเนื้อได้ผ่านขบวนการบ่มซาก อัตราการสูญเสียของโทรโปนิน ที จะไม่มีความสัมพันธ์กันกับการเปลี่ยนแปลงบริเวณ Z-disk แต่จะพบความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของค่า pH (ตารางที่ 4) ในกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะในการลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่างสุดท้ายที่ลดลงอย่างรวดเร็ว เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยโปรตีน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่ม non-lyzosomal และ lyzosomal (วรวิทย์ พันธ์เมธิศร์ , 2543 : 22)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ชนิดของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องต่อการย่อยโปรตีนและช่วง pH ที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์

เอนไซม์ที่ย่อยโปรตีน	ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ทำให้เอนไซม์ทำงาน
Non-lyzosomal	
Calcium adtivated neutral proteinases (CANP)	6.5-8.0
Trypsin-like (serine) proteinase	6.5-6.8
Neutral (thiol) proteinase	6.5-6.8
Alkaline serine proteinase Lyzosomal	7.5-10.5
lyzosomal	
Cathepsin B	3.0-6.0
Cathepsin D	2.5-4.5
Cathepsin H	5.0-7.0
Cathepsin L	3.0-6.0

ที่มา : Koohmaraie, 1990 (อ้างโดย วรวิทย์ พันธ์เมธิศร์ , 2543 : 22)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (Water holding capacity)

วัสดุอุปกรณ์

1. เนื้อสันนอก สะโพก ของสุกรจำนวน 10 ตัว
2. เครื่องมือเบราน์ชไวเกอร์ (Braun schweiger Geret)
3. นาฬิกา
4. ดินสอ
5. แผ่นแม่แบบ(Template)
6. คีมคีบขนาดเล็ก
7. มีดตัดตัวอย่าง
8. กระดาษกรอง

3.1.2 การวัดขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. เนื้อสันนอก สะโพก ของสุกรจำนวน 10 ตัว
2. Compound microscope 1 เครื่อง
3. Stage micrometer
4. Ocular micrometer
5. เครื่องปั่นเนื้อ
6. ขวดแช่เนื้อ
7. formalin 4%
8. NaCl 0.9%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 สีของเนื้อ

วัสดุอุปกรณ์

1. เนื้อสันนอก สะโพก ของสุกรจำนวน 10 ตัว
2. เครื่องวัดสี (Minolta CR-300)
3. มีด
4. ถาด
5. ถาดพลาสติก

3.1.4 Sarcomere length

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. เนื้อสันนอก สะโพก ของสุกรจำนวน 10 ตัว
2. Compound microscope 1 เครื่อง
3. Stage micrometer
4. Ocular micrometer
5. ขวดแช่เนื้อ
6. Solution A
7. Solution B
8. น้ำกลั่น
9. ด่าง 1N NaOH
10. กรด HCl
11. คีมคีบ
12. เครื่อง Helium neon laser 10 mW

3.1.5 การวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อและค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง

วัสดุอุปกรณ์

1.เนื้อสันนอก สะโพก ของสุกรจำนวน 10 ตัว
2. เครื่อง Hounsfield S-Series
3. มีด
4. เขียง
5. water bath
6. เทอร์โมมิเตอร์
7. เครื่องชั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีการ

3.2.1 วิธีดำเนินการ

3.2.1.1 ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (Water holding capacity)

วิธีการ

วางกระดาษกรอง (ที่เขียนหมายเลขตัวอย่างไว้ด้วยดินสอที่มุม) บนแผ่นพลาสติก แล้วใส่เนื้อประมาณ 0.3 กรมบนแผ่นกระดาษกรองจากนั้นนำแผ่นพลาสติกมาวางปิดทับโดยให้จุดสีเดียวกนอยู่ด้านเดียวกัน กดล็อคแล้วทำการจับเวลา 5 นาที แล้วปลดล็อค ดึงแผ่นพลาสติกแผ่นบนที่มีเนื้อและกระดาษกรองติดอยู่ขึ้นมาระวังอย่าให้กระดาษหลุด ทำการวาดวงของเนื้อไว้ นำมาเปรียบเทียบกับแผ่นมาตรฐานเพื่อหาอัตราส่วนระหว่างพื้นที่เนื้อ/พื้นที่น้ำ ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ การนำเสนอผลจะนำเสนอในรูปของอัตราส่วน (Q)

โดยค่า $Q = \frac{\text{พื้นที่ของเนื้อ}}{\text{พื้นที่ทั้งหมด}}$

3.2.1.2 การวัดขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ

วิธีการ

1. เก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อสะโพกและกล้ามเนื้อสันนอกที่ระยะเวลาก่อน 1 ชั่วโมง หลังจากสัตว์ตาย โดยตัดเนื้อขนาด 1×1 เซนติเมตร แช่เนื้อใน formalin 4% อย่างน้อย 48 ชั่วโมง ในตู้เย็นอุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส

2. นำเนื้อลงใส่ในเครื่องปั่น เติม NaCl 0.9% ลงในเครื่องปั่น ประมาณ 50 ml จากนั้นปั่นเนื้อประมาณ 30 วินาที จากนั้นนำสารละลายที่ปั่นได้หยดลงบนแผ่นสไลด์ นำไปวัดขนาดภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10x×15x

3.วัดความกว้างของขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อทั้งหมด 50 เส้นต่อ 1 ตัวอย่าง นำมาหาค่าเฉลี่ย

วิธีทำ

1. ใส่ Ocular micrometer ในกระบอกของเลนส์ตา

2. วาง Stage micrometer บนแผ่นวางสไลด์

3. ดูภายใต้กล้องว่าที่แต่ละกำลังขยายจำนวนช่องของ Ocular micrometer เท่ากับกี่ช่องของ Stage micrometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. หาค่า Conversion factor โดย

1 mm	=	1000 micron
ใช้กำลังขยายเลนส์ตา	=	10x
เลนวัตถุ	=	15x

5. นำค่าที่วัดได้มาทำการคำนวณหาความยาวในหน่วยของไมครอน

= CF × ความยาวของ 1 ช่องของ stage micrometer ×1000

3.2.1.3 การวัดสีเนื้อ

วิธีการ

1. ทำการ calibrate เครื่อง Minolta CR-300 ก่อนด้วยแผ่นสีมาตรฐาน

2.ทำการวัดสีเนื้อโดยตัดผิวหน้าแล้วทิ้งไว้ให้ถูกอากาศประมาณ 45 นาที่ ก่อนวัด

3.วัดสี จดบันทึกค่า L* a* และ b* ที่ได้ ซึ่งค่า L* นี้จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงความเข้มของแสงจะมีค่า 100 หมายถึงสว่างสุด ถึงค่า 0 หมายถึง ค่ามืดที่สุด ส่วนค่า a* และb* นั้นหมายถึงกลุ่มสี ค่า a* จะบ่งบอกถึงสีเขียวและสีแดง โดยสีเขียวที่สุดจะมีค่า a* เท่ากับ -60 และ +60 จะบ่งบอกถึงแดงที่สุด ในขณะที่ค่า b* จะแสดงถึงสีเหลืองและสีน้ำเงิน โดยค่า -60 หมายถึง สีน้ำเงิน และ +60 หมายถึงสีเหลือง

3.2.1.4 Sarcomere length

วิธีการ

1. เตรียม Solution A โดยเติม KCl 7.46 กรัม Boric acid 2.49 กรัม EDTA 1.85 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 700 มิลลิลิตร เติม Glutardialdehyde 25% 100 มิลลิลิตร ทำการปรับค่า pH ให้ค่า pH = 7.1 หลังจากนั้นทำการปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1 ลิตร

2. เตรียม Solution B โดยเติม KCl 1.86 กรัม Boric acid 2.49 กรัม EDTA 1.85 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 700 มิลลิลิตร เติม Glutardialdehyde 25% 100 มิลลิลิตร ทำการปรับค่า pH ให้ค่า pH = 7.1 หลังจากนั้นทำการปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1 ลิตร

3. ตัดชิ้นเนื้อ 3 ชิ้นชิ้นละประมาณ 0.5 กรัม แช่ใน Solution A 25 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง

4. ย้ายชิ้นเนื้อจาก Solution A มาแช่ใน Solution B 25 มิลลิลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ใช้คีมคีบชิ้นเนื้อมาเล็กน้อยมาวางบนแผ่นกระจกสไลด์ ใช้คีมคีบบดชิ้นเนื้อให้แตก

6. นำแผ่นกระจกสไลด์ที่เตรียมเสร็จแล้วไปทำการวัดความยาวซาร์โคเมียร์ด้วยเครื่อง Helium neon laser 10 mW โดยใช้ไม้บรรทัดวัดความกว้างของแสงเลเซอร์ที่ทะลุผ่านตัวอย่างบนแผ่นสไลด์ลงมายังพื้นรองรับภาพในหน่วยวัดเซนติเมตร ทำการวัดตัวอย่างละ 30 ซ้ำ แล้วนำผลที่ได้สมการในการหาค่าความยาวซาร์โคเมียร์ในหน่วยวัด μm

สมการ

$$\mu = 0.6328\sqrt{[\frac{D}{T}]^2+1}$$

เมื่อ μ = ความยาวซาร์โคเมียร์เป็นไมครอน

D = ระยะระหว่างวัตถุกับภาพที่เกิดขึ้น

T = ความกว้างระหว่างแถบสว่างที่เกิดขึ้น หารด้วย 2

3.2.1.5 การวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อและค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง

วิธีการ

1.ตัดชิ้นเนื้อรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดประมาณ 2×3 นิ้ว หนา 1 นิ้ว ชั่งน้ำหนักแต่ละชิ้นบันทึกน้ำหนักเริ่มต้น (w1)

2. นำก้อนเนื้อไปใส่ถุงพลาสติก Polyethylene แล้วนำไปต้มด้วย Water bath ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที

3. จากนั้นนำถุงไปทำให้เย็นจนเท่ากับอุณหภูมิห้องโดยให้น้ำไหลผ่านอย่างน้อย 15 นาที ทำการชั่งน้ำหนัก (w2)

4. นำก้อนเนื้อมาเจาะด้วยตัวเจาะรูปทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.27 เซนติเมตร

5.นำไปวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อด้วยเครื่อง Hounsfield S-Series

6. การคำนวณหาค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง

$$\% \text{ cooking loss} = \frac{W1-W2}{W1} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ขั้นตอนการทดลอง

3.2.2.1 การวางแผนการวิจัย

เนื้อสุกรที่นำมาทดลองมี 2 อย่าง คือ เนื้อสันนอก จำนวน10 กิโลกรัม เนื้อสะโพก จำนวน 10 กิโลกรัม จากสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรปจำนวน 10 ตัว จากโรงฆ่าหนองจอก

3.2.2.2 การเตรียมการทดลอง

ทำการเลาะหนัง เอ็น พังผืดออกให้หมด แล้วนำเนื้อที่ได้ไปทำการทดลองตามข้อ 3.2.1

3.2.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาทำการหาค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด – ต่ำสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยโปรแกรม Excel

3.3 สถานที่ทำการวิจัย

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

เดือนสิงหาคม 2547 ถึงมีนาคม 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

4.1 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1.1 การศึกษาความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป 10 ตัว เมื่อทำการวิเคราะห์พบว่ากล้ามเนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำ ตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยของความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ สุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป 10 ตัว

ตัวที่	สันนอก	สะโพก
1	0.52	0.45
2	0.58	0.50
3	0.64	0.46
4	0.58	0.49
5	0.58	0.44
6	0.55	0.51
7	0.54	0.50
8	0.44	0.37
9	0.46	0.52
10	0.44	0.40
min	0.44	0.37
max	0.64	0.52
ค่าเฉลี่ย	0.53	0.46
SD	0.07	0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 5 พบว่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ ในกล้ามเนื้อสันนอกมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำเฉลี่ย คือ 0.53 ส่วนกล้ามเนื้อสะโพกทีความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อเฉลี่ย 0.46 ส่วนค่า SD เฉลี่ยได้เท่ากับ 0.07 และ 0.05

ซึ่งสอดคล้องกับ ภัทราภรณ์ เชื้อนันตา (2540 : 57)รายงานค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อที่เวลา 18 ชั่วโมงหลังการฆ่า ในกล้ามเนื้อสันนอกโดยซากอุ่นค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.52 (*เนื่องจากวิธีการทดลองสอดกับค่าของซากอุ่นจึงนำมาใช้ในการเปรียบเทียบ) ค่าที่ได้ในกล้ามเนื้อสันนอกมีแนวโน้มของการเกิดลักษณะเนื้อ DFD Kauffman , et al. (1986) รายงานการวัดค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อโดยใช้แผ่นแม่แบบ (อัตราส่วนของ พ.ท. ของเนื้อ / พ.ท. ทั้งหมด) พบว่าเนื้อ PSE มีค่า 0.26 ± 0.04 เนื้อปกติมีค่า 0.38 ± 0.04 และเนื้อที่มีค่ามากกว่า 0.48 ± 0.07 เป็นเนื้อ DFD

4.1.2 การศึกษาขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ ของสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป 10 ตัว ได้มีขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ สุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป 10 ตัว

ตัวที่	สันนอก(ไมครอน)	สะโพก(ไมครอน)
1	83.4	81.8
2	90.6	96.4
3	93.2	84.6
4	88.2	87.4
5	84.4	90.8
6	84.4	100.2
7	103.2	91.2
8	95.8	94.6
9	93.6	91.4
10	80.8	96
Min	80.8	81.8
Max	103.2	100.2
ค่าเฉลี่ย	90.44	91.44
SD	6.61	5.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 6 พบว่าค่าขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อเนื้อสันนอก และเนื้อสะโพก มีค่าเท่ากับ 90.44 ไมครอน และ 91.44 ไมครอน ตามลำดับ

ซึ่งสอดคล้องกับ มาลัยวรรรณ อารยะสกุล และ วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร(2539) แสดงผลเส้นผ่านศูนย์กลางของมัสเซิลไฟเบอร์ของสุกร ในระยะแรกเกิดและเมื่อโตเต็มที่ได้ผลดังนี้ ระยะแรกเกิดเท่ากับ 5.3 ไมครอนและเมื่อโตเต็มที่ได้เท่ากับ 90.9 ไมครอน

4.1.3 การศึกษาสีของกล้ามเนื้อสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป 10 ตัว ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยของสีในกล้ามเนื้อของสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป 10 ตัว

ตัวที่	สันนอก			สะโพก		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	43.60	8.57	0.74	37.08	11.00	0.28
2	32.11	7.95	-1.58	34.89	11.40	-0.24
3	36.32	6.12	-1.295	34.83	10.81	-0.67
4	38.25	10.90	0.91	40.82	6.22	0.18
5	38.65	6.50	-1.46	37.01	10.69	-0.38
6	38.77	6.63	-0.71	39.85	9.64	0.18
7	39.68	5.94	-1.88	33.33	13.68	-0.38
8	34.69	7.00	-1.71	34.10	12.81	-0.25
9	33.03	8.63	-1.465	36.49	11.30	-0.32
10	39.07	5.36	-1.90	35.86	10.90	-0.73
min	32.11	5.36	-1.90	33.33	6.22	-0.73
max	43.60	10.9	0.91	40.82	13.68	0.28
ค่าเฉลี่ย	37.42	7.36	-1.03	36.42	10.84	-0.23
SD	3.43	1.66	1.04	2.40	1.98	0.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 7 เป็นผลการทดลองของกล้ามเนื้อของสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป 10 ตัว โดยได้ผลดังนี้คือ สันนอกมีค่า L* เท่ากับ 37.42 และ กล้ามเนื้อสะโพกมีค่า L* เท่ากับ 36.42 แสดงว่าสีของกล้ามเนื้อสันนอกมีความสว่างมากกว่ากล้ามเนื้อสะโพก ส่วนค่า a* สะโพกมีค่ามากกว่าโดยมีค่าเท่ากับ 10.84 ส่วนเนื้อสันนอกมีค่าเท่ากับ 7.36 ค่า b* เนื้อสันนอกและสะโพกมีค่าเท่ากับ -1.03 และ -0.23 ตามลำดับ ภัทราภรณ์ เชื้อนันตา (2540 : 57) ทดลองวัดสีของกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรที่ผ่านการตัดแต่งซากอุ่นนั้นได้ค่า L* เท่ากับ 48.81 ค่า a*เท่ากับ 2.81 และ ค่า b* เท่ากับ 1.94

จากผลการทดลองที่ได้มีความแตกต่างกันซึ่งค่า L* ที่ได้มีค่าน้อยกว่า 50 มีโอกาสเป็น DFD ซึ่งสอดคล้องกับความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อสูง น้ำจะไม่ซึมออกมาที่ผิวเนื้อทำให้การสะท้อนของแสงน้อย ค่า L* ต่ำ Uttaro et al. (1993) รายงานว่าค่า a* เป็นค่าที่แสดงถึงความเป็นสีแดงของเนื้อโดยค่าที่ได้มีค่าสูงกว่าค่าปกติทำให้เนื้อมีสีแดงเข้ม

4.1.4 การศึกษาค่าเฉลี่ย Sarcomere length ของสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป 10 ตัว ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ย Sarcomere length ของสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป 10 ตัว

ตัวที่	Sarcomere length (ไมครอน)	
	สันนอก	สะโพก
1	1.89	2.01
2	1.96	1.91
3	1.99	1.94
4	1.87	1.88
5	1.95	1.85
6	1.87	1.91
7	1.84	1.97
8	1.90	1.95
9	1.93	2.01
10	1.84	1.98
Min	1.84	1.85
Max	1.99	2.01
ค่าเฉลี่ย	1.90	1.94
SD	0.05	0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 8 พบว่าความยาว Sarcomere length ของกล้ามเนื้อสะโพกและกล้ามเนื้อสันนอกมีค่าไม่แตกต่างกันโดยมีค่าเท่ากับ 1.94 ไมครอน และ 1.90 ไมครอน ตามลำดับ

ซึ่งมีค่าสูงค่อนข้างสูงกว่าเมื่อเทียบกับ (Wheeler et al. , 2000 : 962) ที่ทดลองวัดความยาวซาร์โคเมียร์ ในสุกรเพศผู้ตอนน้ำหนักเฉลี่ย 66 กก. ซึ่งพบว่าความยาวซาร์โคเมียร์ ของกล้ามเนื้อสะโพกเท่ากับ 1.74 ไมครอน และกล้ามเนื้อสันนอกมีค่าเท่ากับ 1.78 ไมครอน

4.1.5 การศึกษาค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง (Cooking Loss) ของสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรปสายพันธุ์ 10 ตัวเมื่อวิเคราะห์ พบว่า ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง ดังตารางที่ 9

ตารางที่9 ค่าเฉลี่ยค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงของกล้ามเนื้อสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป 10 ตัว

ตัวที่	ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง (%)	
	สันนอก	สะโพก
1	35.78	34.29
2	32.68	32.32
3	33.80	30.05
4	32.74	28.64
5	32.29	29.14
6	34.29	32.62
7	28.05	26.57
8	33.27	29.41
9	26.89	30.14
10	34.76	33.39
Min	26.89	26.57
Max	35.78	34.29
ค่าเฉลี่ย	32.45	30.66
SD	2.84	2.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 9 ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงของกล้ามเนื้อสันนอกและสะโพกโดย กล้ามเนื้อสันนอกมีค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงมากกว่าสะโพกมีค่าเท่ากับ 32.45 เปอร์เซ็นต์ และ 30.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ผลการทดลองใกล้เคียงกับ กิตติมา เมืองมุสิทธิ์ (2545) การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง (cooking loss) ของกล้ามเนื้อสันนอกในสุกรขุน ค่าที่ได้เท่ากับ 33.29 ± 0.46 เปอร์เซ็นต์

4.1.6 การศึกษาค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Shear Force) ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป 10 ตัว

ตัวที่	ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (กก.)	
	สันนอก	สะโพก
1	6.68	10.11
2	8.59	8.40
3	6.97	10.42
4	9.10	8.440
5	9.06	7.88
6	6.25	10.11
7	5.91	8.49
8	7.21	8.04
9	8.20	9.79
10	9.52	9.08
Min	5.91	7.88
Max	9.52	10.42
ค่าเฉลี่ย	7.75	9.08
SD	1.30	0.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 10 ปรากฏว่า กล้ามเนื้อสะโพกมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อมากกว่ากล้ามเนื้อสันนอก โดยมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อเป็น 9.08 กก. และ 7.75 กก. ตามลำดับ โดยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเป็น 0.95 และ 1.30 พัฒนศักดิ์ พรหมสิงห์ (2546) ทดลองวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อสันนอก ของสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป่ พบว่ามีค่าแรงตัดผ่านเนื้อเท่ากับ 6.28 กก.ในขณะที่ กิตติมา เมืองมุสิทธิ (2545 : 60) พบว่า ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุนมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อเท่ากับ 5.80 ± 0.08 กก.

จากผลการทดลองค่าแรงตัดผ่านเนื้อที่ได้มีค่าสูงสุด – ต่ำสุดแตกต่างกันค่อนข้างมาก ทำให้ค่า SD ที่ได้ค่อนข้างสูงอาจเนื่องจาก อุปกรณ์ที่ใช้ตัดมีความคมไม่พอ ดังนั้นขณะตัดต้องใช้แรงในการกดเพื่อตัดมาก (ขณะเจาะต้องหมุนบิดไปมา) อาจส่งผลให้เส้นใยกล้ามเนื้อเกิดการแตกกระจาย และยังทำให้ขนาดของชิ้นเนื้อมีขนาดที่ไม่เท่ากันอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

การศึกษาคุณภาพเนื้อสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป 10 ตัว ผลการทดลองปรากฏว่า ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อสุกร กล้ามเนื้อสันนอกและสะโพกมีค่าเท่ากับ 0.53 และ 0.46 ตามลำดับ ค่า SD เท่ากับ 0.07 0.05 ตามลำดับการศึกษาขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ ได้ผลดังนี้ กล้ามเนื้อเนื้อสันนอกมีค่าคือ 90.44 ไมครอน และกล้ามเนื้อเนื้อสะโพกมีค่า 91.44 ไมครอน ค่า SD ของกล้ามเนื้อเนื้อสันนอกและกล้ามเนื้อสะโพกเท่ากับ 6.61 และ 5.66 การศึกษาสีของกล้ามเนื้อสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป 10 ตัว สีของกล้ามเนื้อสันนอกมีค่า L* , a* , b* เท่ากับ 37.42 7.36 -1.03 ตามลำดับ และกล้ามเนื้อสะโพกมีค่าเท่ากับ 36.42 10.84 -0.23 ตามลำดับ การศึกษาค่าเฉลี่ยความยาวซาร์โคเมียร์ของสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป 10 ตัว กล้ามเนื้อสันนอกและกล้ามเนื้อสะโพกมีค่าเท่ากับ 1.90 ไมครอน และ 1.94 ไมครอน ตามลำดับ ค่า SD มีค่าเท่ากับ 0.05 0.05 ตามลำดับ การศึกษาค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงของกล้ามเนื้อสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป 10 ตัว ผลที่ได้กล้ามเนื้อสันนอก และกล้ามเนื้อสะโพกมีค่า 32.45 เปอร์เซ็นต์ และ 30.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่า SD มีค่าเท่ากับ 2.84 2.41 ตามลำดับ ภารศึกษาค่าแรงตัดผ่านของกล้ามเนื้อสุกรลูกผสมสายพันธุ์ยุโรป 10 ตัว กล้ามเนื้อสันนอกมีค่าเท่ากับ 7.75 กก. และกล้ามเนื้อสะโพกมีค่า 9.08 กก. และค่า SD ของกล้ามเนื้อสันนอกและกล้ามเนื้อสะโพกมีค่าเท่ากับ 1.30 0.95 ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการทดลองใช้เนื้อชนิดอื่นๆ แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกัน เพื่อดูความแตกต่างของคุณภาพเนื้อของสัตว์แต่ละชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กิตติมา เมืองมุสิทธิ์. 2545. ผลของสารเบต้า-อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ซาลบูทานอล. วิทยานิพนธ์. กรุงเทพฯ : สภาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 67 น.

จันทร์พร เจ้าทรัพย์. 2544. เอกสารประกอบการสอนการจัดการเนื้อสัตว์. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 23 น.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539. เอกสารประกอบการสอนวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ชั้นสูง. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

พัฒนศักดิ์ พรหมสิงห์. 2545. การเปรียบเทียบค่าแรงตัดผ่านเนื้อระหว่างชิ้นเนื้อกลมและสี่เหลี่ยม. กรุงเทพฯ : สภาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 17 น.

ภัทราภรณ์ เชื้อนันตา. 2540. ผลของการชำแหละซากอุ่นและซากเย็นที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพเนื้อสุกร. วิทยานิพนธ์. กรุงเทพฯ : สภาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 20 น.

มาลัยวรรณ อารยะกุล และคณะ. 2539. "เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์" วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. น.248-281 คณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารกรุงเทพฯ. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รณชัย สิทธิไกรพงษ์ และคณะ. 2545. ผลของสารซัลบูตามอลต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากสุกรขุน. ว.วิทย.กษ. 33:6 (พิเศษ) น.358-362.

รณพีย์ สงขัย. 2547. เอกสารประกอบการสอนการผลิตสุกร. สุพรรณบุรี : วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีสุพรรณบุรี. 12 น.

วรวิทย์ พันธ์เมธิศร์. 2543. การใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในการปรับความนุ่มของเนื้อโค. วิทยานิพนธ์. กรุงเทพฯ : สภาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 134 น.

โสภี ดอนดี. 2538. สรีระวิทยาทางสัตวแพทย์. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 382 น.

อมรา มลิลาและคณะ. 2532. สรีรวิทยาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์อักษรเจริญทัศน์. 247 น.

Bouton, P . E . 1982."The Effect of Temperature and Ultimate pH on the Increase in Meat Toughness Resulting form During cooking ." Meat Sci. 6.pp. 235-241

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wheeler, T. L. 2000. "Variation in proteolysis , sarcomere length , collagen content , and tenderness among major pork muscles." **J Anim.Sci**. 78 : 958-965.

Kanto (1991) อ้างโดย { http : // www.fao.org }

Kauffman, R. G. et al., " A comparison of methods to estimate water holding capacity in Post-Rigor Porcine muscle ". Meat Sci. 19 : 307-322

Koohmaraie, M. S., A. S. BabiKer, A. L. Schroeder, R. A. Merkel and T. R. Dutson 1988b. "Acceleration of Posmortem tenderization in Ovine Carcass Through Activation of Ca++ Dependent Proteases." J. Food Sci. 53. pp. 1638-1641.

Purchas, R. W. and Aungsupakorn , R. 1993. "Further Investigations into the Relationship Between Ultimate pH and Tenderness for Beef Samples from Bulls and Steer." Meat Sci. 34. pp. 163-178

Uttaro, B.E. et al. 1993. "Effect of Ractopamine and Sex on Growth, Carcass Characteristics, Processing Yeaild, and Meat Quality Characteristics of Crossbred Swine. " **J Anim.Sci**. 71 : 2439-2449.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 Muscle fiber diameter ของกล้ามเนื้อสันนอก

ซ้ำที่	ตัวที่1	ตัวที่2	ตัวที่3	ตัวที่4	ตัวที่5	ตัวที่6	ตัวที่7	ตัวที่8	ตัวที่9	ตัวที่10
1	10	8	8	6	8	8	8	8	10	11
2	10	7	11	8	6	10	12	10	7	6
3	7	8	10	7	8	7	9	10	10	8
4	8	6	12	10	10	8	12	14	12	5
5	6	9	11	8	7	9	13	11	8	4
6	9	8	9	11	7	9	14	11	12	8
7	10	11	8	7	9	6	12	8	11	6
8	11	10	6	8	5	6	15	9	10	7
9	10	9	5	9	12	8	11	6	11	10
10	10	11	11	10	6	6	7	9	8	9
11	13	7	6	10	9	7	10	11	9	10
12	12	14	7	5	11	7	12	7	8	8
13	8	10	12	12	8	8	8	11	7	6
14	9	10	9	9	6	12	12	12	12	10
15	7	9	11	7	5	8	16	8	8	6
16	10	15	13	11	10	8	9	9	5	6
17	5	11	10	10	9	12	8	10	6	11
18	6	9	11	12	10	12	12	13	14	7
19	9	10	12	7	4	6	14	11	7	5
20	9	8	15	9	7	8	9	9	12	13
21	7	5	12	7	10	9	9	8	9	11
22	10	11	5	9	7	7	8	10	13	10
23	9	9	14	9	14	13	7	9	7	7
24	9	6	12	13	12	8	6	11	12	7
25	4	8	7	7	5	9	14	13	9	11
26	11	7	9	10	10	8	10	7	11	7
27	5	7	7	9	9	6	7	8	8	12
28	12	5	10	8	11	8	10	12	6	10
29	5	10	15	9	10	11	12	11	13	6
30	7	7	8	8	10	10	14	8	10	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 (ต่อ) Muscle fiber diameter ของกล้ามเนื้อสันนอก

ซ้ำที่	ตัวที่1	ตัวที่2	ตัวที่3	ตัวที่4	ตัวที่5	ตัวที่6	ตัวที่7	ตัวที่8	ตัวที่9	ตัวที่10
31	8	10	10	9	8	13	9	13	8	8
32	7	13	7	12	9	6	7	5	8	9
33	4	7	5	8	6	9	11	10	10	5
34	6	14	7	7	7	12	8	7	9	5
35	9	8	6	9	8	9	12	9	7	6
36	9	8	8	12	8	10	13	10	11	7
37	8	12	11	7	6	7	13	11	8	12
38	6	6	11	7	7	11	7	7	9	11
39	8	8	6	10	8	10	7	7	8	7
40	7	9	8	8	12	11	8	12	10	7
41	6	12	7	11	10	8	12	5	8	5
42	10	7	10	9	5	11	10	10	6	6
43	11	7	11	8	12	10	13	12	9	8
44	8	9	9	9	8	11	10	8	10	8
45	10	7	6	6	7	9	8	9	11	7
46	7	12	13	5	9	12	10	10	14	9
47	7	8	7	13	6	12	9	10	7	8
48	11	10	8	8	13	10	8	8	12	10
49	8	9	8	8	7	13	7	12	9	12
50	9	12	12	10	11	8	14	10	9	7
min	4	5	5	5	4	6	6	5	5	4
max	13	15	15	13	14	13	16	14	14	13
ค่าเฉลี่ย	8.34	9.06	9.32	8.82	8.44	9.12	10.32	9.58	9.36	8.08
SD	2.11	2.32	2.64	1.92	2.32	2.08	2.58	2.08	2.18	2.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 Muscle fiber diameter ของกล้ามเนื้อสะโพก

ซ้ำที่	ตัวที่1	ตัวที่2	ตัวที่3	ตัวที่4	ตัวที่5	ตัวที่6	ตัวที่7	ตัวที่8	ตัวที่9	ตัวที่10
1	11	8	7	10	12	12	8	6	10	10
2	10	9	8	11	7	10	12	11	9	13
3	6	13	7	7	11	12	13	8	11	10
4	7	11	7	12	8	9	7	11	8	11
5	5	10	10	8	13	8	10	10	9	8
6	9	9	9	9	10	11	7	7	8	11
7	7	7	8	14	11	11	6	8	12	11
8	9	11	11	11	12	12	12	8	7	7
9	10	13	10	6	7	9	7	9	9	5
10	5	10	8	6	8	8	10	7	12	8
11	7	12	5	7	4	10	9	12	8	12
12	6	13	6	15	5	8	8	11	9	9
13	7	6	9	10	10	6	13	13	9	9
14	5	12	10	9	9	7	8	7	11	11
15	8	8	10	4	10	7	12	11	7	10
16	9	10	11	7	11	9	8	8	9	8
17	9	5	6	8	9	12	10	5	10	11
18	6	5	12	7	12	8	7	9	8	10
19	7	5	5	12	7	15	7	12	9	9
20	8	13	6	6	13	11	6	8	10	8
21	12	12	8	9	7	12	9	7	10	13
22	10	8	6	11	8	15	6	10	11	12
23	5	8	10	5	7	8	9	9	9	8
24	9	10	9	12	13	10	10	8	9	8
25	11	7	12	7	10	13	7	13	11	5
26	14	9	10	7	10	6	8	7	5	11
27	8	14	11	6	7	11	10	8	10	9
28	13	8	13	4	9	13	10	10	12	6
29	5	7	6	6	5	5	12	7	9	12
30	7	10	9	9	14	11	8	8	9	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 (ต่อ) Muscle fiber diameter ของกล้ามเนื้อสะโพก

ซ้ำที่	ตัวที่1	ตัวที่2	ตัวที่3	ตัวที่4	ตัวที่5	ตัวที่6	ตัวที่7	ตัวที่8	ตัวที่9	ตัวที่10
31	6	8	8	9	9	10	10	10	8	9
32	5	6	10	10	10	11	10	13	6	10
33	6	10	9	11	13	7	12	13	7	11
34	8	8	6	9	8	10	8	7	8	9
35	12	7	11	8	7	10	12	8	13	6
36	6	12	5	10	8	8	9	11	8	13
37	7	12	7	14	6	10	11	8	9	8
38	10	7	9	10	8	11	9	11	8	13
39	10	13	10	10	11	8	8	12	10	9
40	7	13	10	6	8	12	8	7	10	7
41	5	14	8	6	7	10	11	11	11	13
42	8	6	7	8	13	11	9	9	10	13
43	7	8	6	13	8	11	6	14	8	8
44	7	10	9	11	12	13	10	10	9	10
45	6	14	8	9	11	9	15	14	8	7
46	15	6	7	8	6	10	8	12	10	6
47	10	14	7	10	6	8	7	10	9	11
48	9	12	10	7	9	11	9	8	12	10
49	10	9	6	6	8	10	8	8	6	14
50	10	8	11	7	7	12	7	9	7	9
min	5	5	5	4	4	5	6	5	5	5
max	15	14	13	15	14	15	15	14	13	14
ค่าเฉลี่ย	8.18	9.64	8.46	8.74	9.08	10.02	9.12	9.46	9.14	9.6
SD	2.46	2.64	2.04	2.58	2.45	2.18	2.10	2.22	1.69	2.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 Sarcomere length กล้ามเนื้อ สะโพก

ซ้ำที่	ตัวที่1	ตัวที่2	ตัวที่3	ตัวที่4	ตัวที่5	ตัวที่6	ตัวที่7	ตัวที่8	ตัวที่9	ตัวที่10
1	11.5	11.5	10.9	11.5	12	11.3	11	11	11	12
2	11.5	10	10.7	11.6	11.7	11	11.5	11.3	10.5	10.5
3	11.3	11	10.6	11.7	12.2	11.5	10.4	11.5	11	11.1
4	10.2	11.3	11.5	11	11.8	11	11	10.2	11.5	11.5
5	10	12	11.1	11.4	12.5	11.7	10.5	11.5	11	11
6	10.4	11	10.7	11.1	11.7	11	10.7	10.5	11.5	11.5
7	11.6	11.5	11.1	12.5	11	11.3	11	11	9.2	10.5
8	12	11.5	10.8	10.8	11.5	13	10.5	9.5	8.8	11
9	11.2	10	11	12	12	10.5	11.5	11	10	10.8
10	11.3	12	11.5	11.5	11	10.3	11	10.5	11.5	10.7
11	9	10	11.6	10	11	11.3	11.5	11	11	9
12	11.7	10.5	11.5	12	11.5	10.5	11	11.2	9.8	11.3
13	11.4	11.5	10.5	11.5	11.3	11	11	11.5	11.2	9.7
14	9	10.5	11.4	11	11.5	10.7	10.8	11.5	11.5	9.6
15	8.5	11	10.6	12.5	12	11.5	11.2	11.3	11	10
16	12	10	11.2	12	11.5	12	10.5	12	10.3	11.5
17	11.5	12	11	13	11.8	11.7	9.5	11.5	10.5	9.5
18	11.	11.5	11.3	11.5	11.8	10.5	11.2	10.5	9.5	11.5
19	8.8	11	11	11.7	11.2	12	11	12.5	11	10.5
20	9.5	12	11.4	12	11.5	11	11.3	11	11	11.7
21	12	11.3	10.8	12.5	11.5	11.5	11.5	11	11.2	12
22	11.5	11	11.4	9	11	11	11.8	10.8	10	12.5
23	10	11.5	11.2	12	12	11.5	11.4	11.4	11	12
24	11	12.5	11	11.5	11.2	12	11.5	10	11.3	9
25	9	10.7	11	10	11	11	10.2	11	9.5	8.5
26	10.5	12	11.1	11.5	12	11.5	9	9.5	11.3	10
27	12	12.2	11.2	11	12.5	11	12	10.7	10.9	12
28	13	11	10.8	11.5	11.7	11	11	11.5	11	11.5
29	8.5	11.5	10.5	12	12.2	11.5	9.5	10.3	10.5	11
30	12	11.5	10.7	11.7	11.5	11	10.5	11.5	10.5	12
ค่าเฉลี่ย	10.76	11.23	11.03	11.5	11.63	11.26	10.88	10.99	10.66	10.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่13 (ต่อ) Sarcomere length กล้ามเนื้อ สะโพก

ซ้ำที่	ตัวที่1	ตัวที่2	ตัวที่3	ตัวที่4	ตัวที่5	ตัวที่6	ตัวที่7	ตัวที่8	ตัวที่9	ตัวที่10
SD	1.23	0.69	0.32	0.81	0.43	0.55	0.68	0.66	0.72	1.04
min	8.5	10	10.๖	9	11	10.3	9	9.5	8.8	8.5
max	13	12.5	11.6	13	12.5	13	12	12.5	11.5	12.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 Sarcomere length กล้ามเนื้อ สันนอก

ซ้ำที่	ตัวที่1	ตัวที่2	ตัวที่3	ตัวที่4	ตัวที่5	ตัวที่6	ตัวที่7	ตัวที่8	ตัวที่9	ตัวที่10
1	10	10.5	10.5	11.5	11.3	12.8	12	11.7	11	12
2	12	10	12	11	11	11.4	11.5	11.5	11.5	12.5
3	11	12	11.7	11.5	12	11.5	11.7	11.5	10.5	12
4	11.5	11.2	11.6	10.5	12.5	12.5	11.5	12	12	11.5
5	12	11.5	11.8	11.5	11.2	12.3	11.7	9.5	11.5	12
6	11.8	11	11.2	12.5	11	12	11	11.5	11	12.3
7	11.5	10.7	11.5	11.5	11.2	12.2	12	12.2	11.5	11.5
8	12	11.5	11	11.3	11.5	12	12.5	11.2	11.2	11.5
9	13	11	8.8	10.7	11.2	11.5	12	11.5	12.5	11.7
10	12.3	9	11.3	10.8	12.5	12.5	11.8	11	9	12.5
11	12	12	11.7	10.5	11.7	11	11.2	10.7	12	11.5
12	10.5	11.5	12.2	11	7.8	11	13.5	11	11	12
13	12	12.5	11	11.3	10.7	11.5	11.3	10.8	11.5	11.7
14	10.5	11.5	10.5	11	10.5	10	11.5	11.5	12	11
15	11	11	11.6	11.2	11	12	11.7	10.2	11	11.5
16	10.5	11.2	10.7	11.2	11.7	11	11.5	11	9.2	11.5
17	11.5	10.5	12.2	12	10.5	11	12	10.5	12	11.7
18	12.5	10.5	9.4	11.5	10	10.5	11.7	11.2	9	12
19	10.5	9	11.8	11.7	11.5	11.3	11.2	10.2	11.6	10.5
20	13	11.5	11	12	11	11.5	10.7	11	12	11.5
21	11.5	10.4	10.7	12.2	8	12	11.5	11.5	11.5	11.5
22	11.7	10.2	9.5	11.7	10.5	11	12	11.5	11.5	12
23	10.7	11.5	11.3	12.5	12	12	12.2	11.6	11	12.3
24	10.8	11.3	10	12.3	11.5	11.5	12	11.3	11.7	12
25	9.5	11.4	9.5	12	11.5	11.8	11.5	11.2	11.3	11.5
26	10.5	12	10	11.5	12	10.7	12	11.5	10.5	11.5
27	13	10.7	8.9	12	11.2	11	12.5	11.7	11	12
28	10.5	10.6	11.7	11.5	10.5	11.5	12	12.1	11.5	11.7
29	11.5	10.5	8.5	12	11	12	11	12	11.5	11.5
30	11	10.8	10.3	11.8	11.3	11	11.5	12.5	10.5	11.5
ค่าเฉลี่ย	11.39	10.96	10.79	11.52	11.04	11.53	11.74	11.28	11.16	11.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 (ต่อ) Sarcomere length กล้ามเนื้อ สันนอก

ซ้ำที่	ตัวที่1	ตัวที่2	ตัวที่3	ตัวที่4	ตัวที่5	ตัวที่6	ตัวที่7	ตัวที่8	ตัวที่9	ตัวที่10
SD	0.90	0.79	1.05	0.54	1.03	0.64	0.53	0.640	0.85	0.41
min	9.5	9	8.5	10.5	7.8	10	10.7	9.5	9	10.5
max	13	12.5	12.2	12.5	12.5	12.8	13.5	12.5	12.5	12.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 Water Holding Capacity ของกล้ามเนื้อสันนอกและกล้ามเนื้อสะโพก

สันนอก **สะโพก**

ตัวที่	ซ้ำที่	พื้นที่เนื้อ	พ.ท.ทั้งหมด	Q	ตัวที่	ซ้ำที่	พื้นที่เนื้อ	พ.ท.ทั้งหมด	Q
1	1	8.03	16.63	0.48	1	1	5.30	10.17	0.52
1	2	7.06	12.56	0.56	1	2	5.30	13.85	0.38
2	1	8.03	13.85	0.57	2	1	8.03	16.63	0.48
2	2	6.15	10.17	0.60	2	2	5.30	10.17	0.52
3	1	7.06	11.33	0.62	3	1	8.03	18.20	0.44
3	2	6.15	9.07	0.67	3	2	6.15	12.56	0.48
4	1	5.30	9.07	0.58	4	1	8.03	15.21	0.52
4	2	5.30	9.07	0.58	4	2	7.06	15.21	0.46
5	1	9.07	16.63	0.54	5	1	6.15	13.85	0.44
5	2	8.03	12.56	0.63	5	2	4.52	10.17	0.44
6	1	7.06	12.56	0.56	6	1	7.06	12.56	0.56
6	2	9.07	16.63	0.54	6	2	7.06	15.21	0.46
7	1	7.06	12.56	0.56	7	1	5.30	11.33	0.46
7	2	5.30	10.17	0.52	7	2	6.15	11.33	0.54
8	1	8.03	18.20	0.44	8	1	5.30	13.85	0.38
8	2	6.15	13.85	0.44	8	2	6.15	16.63	0.36
9	1	6.15	12.56	0.48	9	1	4.52	8.03	0.56
9	2	6.15	13.85	0.44	9	2	6.15	12.56	0.48
10	1	8.03	18.20	0.44	10	1	7.06	16.63	0.42
10	2	8.03	18.20	0.44	10	2	7.06	18.20	0.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 สีเนื้อของกล้ามเนื้อสันนอกและกล้ามเนื้อสะโพก

สันนอก					สะโพก				
ตัวที่	ซ้ำที่	L	a	b	ตัวที่	ซ้ำที่	L	a	b
1	1	44.12	+7.88	+0.19	1	1	36.53	+11.76	+0.60
1	2	43.08	+9.27	+1.30	1	2	37.64	+10.25	-0.03
2	1	32.82	+8.11	-1.38	2	1	33.97	+12.66	-0.13
2	2	31.40	+7.80	-1.78	2	2	35.82	+10.15	-0.35
3	1	35.84	+5.96	-1.24	3	1	34.46	+10.08	-1.17
3	2	36.80	+6.28	-1.35	3	2	35.21	+11.55	-0.17
4	1	37.14	+11.68	+0.44	4	1	40.81	+5.54	+0.13
4	2	39.36	+10.12	+1.38	4	2	40.83	+6.91	+0.24
5	1	38.11	+5.84	-1.87	5	1	36.90	+11.25	-0.42
5	2	39.20	+7.17	-1.06	5	2	37.12	+10.14	-0.35
6	1	38.54	+6.80	-0.29	6	1	41.06	+9.25	+0.22
6	2	39.01	+6.46	-1.14	6	2	38.64	+10.03	+0.14
7	1	38.41	+6.11	-1.72	7	1	33.12	+13.24	-0.37
7	2	40.96	+5.77	-2.05	7	2	33.54	+14.12	-0.40
8	1	34.26	+7.01	-2.02	8	1	33.03	+13.17	-0.59
8	2	35.12	+7.00	-1.40	8	2	35.17	+12.45	+0.09*
9	1	32.19	+8.47	-2.20	9	1	35.12	+12.25	-0.43
9	2	33.88	+8.79	-0.73	9	2	37.86	+10.35	-0.22
10	1	40.40	+4.94	-1.49	10	1	36.88	+11.10	-0.67
10	2	37.75	+5.78	-2.32	10	2	34.85	+10.70	-0.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 18 ShearForce ของกล้ามเนื้อสันนอก

ซ้ำที่	ตัวที่1	ตัวที่2	ตัวที่3	ตัวที่4	ตัวที่5	ตัวที่6	ตัวที่7	ตัวที่8	ตัวที่9	ตัวที่10
1	7.627	9.099	5.945	7.220	9.113	5.833	6.965	9.004	6.040	11.557
2	6.020	7.981	8.909	8.260	10.557	5.731	5.928	6.207	7.709	7.576
3	5.731	8.368	6.203	8.161	8.923	4.568	6.050	6.985	8.504	8.629
4	6.128	7.995	6.078	11.132	7.995	5.139	7.532	5.476	8.943	9.412
5	6.931	8.882	5.418	8.630	8.804	5.622	5.286	7.587	7.362	12.896
6	9.211	7.984	7.695	12.136	9.167	7.712	4.334	8.702	10.683	8.025
7	6.903	9.871	7.822	8.222	8.916	6.666	5.292	6.530		8.600
8	6.414		8.110			5.516				
9	5.228		7.155			9.494				
10	-		6.448							
ค่าเฉลี่ย	6.6881	8.5971	6.9783	9.1087	9.0678	6.2534	5.9124	7.213	8.2068	9.5278

ตารางที่ 19 ShearForce ของกล้ามเนื้อสะโพก

ซ้ำที่	ตัวที่1	ตัวที่2	ตัวที่3	ตัวที่4	ตัวที่5	ตัวที่6	ตัวที่7	ตัวที่8	ตัวที่9	ตัวที่ 10
1	8.593	7.981	9.657	7.267	9.647	9.918	8.654	8.827	11.407	8.202
2	10.248	10.761	11.370	9.647	8.640	10.292	8.542	9.752	9.687	9.286
3	8.906	10.020	9.480	7.427	7.621	11.475	8.440	7.067	9.701	8.868
4	11.819	6.264	11.030	10.398	7.974	9.208	9.154	7.638	9.449	9.803
5	9.290	7.458	9.769	7.876	7.267	9.918	7.784	7.641	9.463	8.334
6	8.654	9.072	10.224	7.797	8.134	10.605	8.402	7.322	8.872	9.099
7	10.979	8.858	11.061	8.481	6.485	10.384			9.993	10.031
8	10.829	6.839	10.262	8.634	6.706	9.109				
9	11.703		9.932		7.899					
10			11.499		8.501					
ค่าเฉลี่ย	10.1134	8.4066	10.4284	8.4408	7.8874	10.1136	8.496	8.0411	9.796	9.089

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 17 Cooking Loss ของกล้ามเนื้อสันนอกและกล้ามเนื้อสะโพก

สันนอก สะโพก

ตัวที่	ซ้ำที่	นน.ก่อนต้ม	นน.หลังต้ม	%CL	ตัวที่	ซ้ำที่	นน.ก่อนต้ม	นน.หลังต้ม	%CL
1	1	160.35	101.05	36.16	1	1	175.91	115.85	34.14
1	2	190.03	124.31	34.40	1	2	201.76	132.24	34.45
2	1	205.90	138.33	32.81	2	1	192.68	128.51	33.30
2	2	199.61	134.65	32.54	2	2	170.19	116.84	31.34
3	1	219.64	144.56	34.18	3	1	222.15	157.06	29.30
3	2	219.69	146.25	33.42	3	2	250.09	173.06	30.80
4	1	216.36	147.09	32.01	4	1	235.51	165.16	29.87
4	2	228.95	152.32	33.47	4	2	168.38	122.22	27.41
5	1	196.49	133.59	32.01	5	1	223.32	159.26	28.68
5	2	197.88	133.43	32.57	5	2	215.42	151.65	29.60
6	1	126.92	84.22	33.64	6	1	167.93	112.88	32.78
6	2	221.27	143.93	34.95	6	2	193.46	130.65	32.46
7	1	220.79	156.85	28.95	7	1	181.92	131.65	27.63
7	2	242.44	176.60	27.15	7	2	158.06	117.72	25.52
8	1	180.13	118.67	34.11	8	1	187.59	131.23	30.04
8	2	179.91	121.57	32.42	8	2	176.65	125.80	28.78
9	1	233.17	169.48	27.31	9	1	142.41	101.60	28.65
9	2	174.80	128.53	26.47	9	2	122.23	83.57	31.62
10	1	163.61	109.91	32.82	10	1	160.22	105.94	33.87
10	2	155.21	98.24	36.70	10	2	202.30	135.73	32.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้