สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อในเนื้อไก่พื้นเมือง

A STUDY OF WATER HOLDING CAPACITY AND MUSCLE FIBER DIAMETER IN NATIVE CHICKEN MEAT

โดย

ว่าที่ ร.ต. ฉรงค์ฤทธิ์ เชื่อมาก

ปน.
ส822971
2545
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 49758
วัน, เดือน, ปี 30 มี.ค. 2547
.b.....
.i.....

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร - การผลิตสัตว์
ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

b 11410044

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

ปีการศึกษา 2545

ชื่อเรื่อง (ภาษาไทย) การศึกษาความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อในเนื้อไก่พื้นเมือง

(ภาษาอังกฤษ) A Study of Water Holding Capacity and Muscle Fiber Diameter in Native Chicken Meat

ชื่อ-สกุล ว่าที่ ร.ต. ณรงค์ฤทธิ์ เชื่อมาก

สาขา เทคโนโลยีการเกษตร – การผลิตสัตว์ **ภาควิชา** ครุศาสตร์เกษตร

คณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. กันยา ตันติวิสุทธิกุล

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการศึกษา ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อของเนื้อไก่พื้นเมือง ในส่วนต่างๆ ของเนื้อไก่พื้นเมือง จำนวน 30 ตัว คือ ส่วนของ อก สะโพก และน่อง โดยทำการวิจัย ณ ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตสัตว์ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Random Design, CRD)

จากผลการทดลองเกี่ยวกับความสามารถในการอุ้มน้ำในเนื้อของเนื้อไก่พื้นเมือง พบว่ากล้ามเนื้อส่วนสะโพกและน่องมีความสามารถในการอุ้มน้ำของกล้ามเนื้อแตกต่างจากส่วนของอกอย่างมีนัยสัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกล้ามเนื้อส่วนสะโพกและน่อง มีสัดส่วนของความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ 0.44 และส่วนของกล้ามเนื้ออกมีความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ 0.41

จากผลการทดลองเกี่ยวกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อของไก่พื้นเมือง พบว่ากล้ามเนื้อส่วนน่อง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยของกล้ามเนื้อแตกต่างจากส่วนอกและสะโพกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อของน่อง เท่ากับ 75.28 ไมครอน ส่วนกล้ามเนื้ออก และสะโพกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อเท่ากับ 71.79, 72.08 ไมครอน ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษเล่มนี้สำเร็จลงได้ เพราะได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลหลาย ๆ ฝ่าย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กันยา ตันติวิสุทธิกุล อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำต่าง ๆ ตลอดจนช่วยตรวจทาน แก้ไขปัญหาพิเศษในครั้งนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณอย่างสูงต่อ อาจารย์จันทร์พร เจ้าทรัพย์ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับข้อมูลต่าง ๆ ในการทำปัญหาพิเศษ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องคอมพิวเตอร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่อนุเคราะห์ให้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในการค้นคว้าและพิมพ์เอกสาร สุดท้ายขอขอบคุณผู้ปกครองที่ให้กำลังใจและสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดความสมบูรณ์ของปัญหาพิเศษในเรื่องนี้

ความดีของปัญหาพิเศษเล่มนี้ ขออุทิศส่วนกุศลให้กับบิดาที่ล่วงลับไปแล้ว และขอมอบความดีให้กับมารดา ที่ให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์และกำลังใจ รวมทั้งอาจารย์ และผู้ที่มีพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ ข้อคิดต่าง ๆ ในการดำเนินชีวิตที่ดีในสังคม

ณรงค์ฤทธิ์ เชื่อมาก

มีนาคม 2546

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ..... ก

กิตติกรรมประกาศ..... ข

สารบัญ..... ค

สารบัญตาราง..... จ

สารบัญภาพ..... ฉ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความสำคัญของปัญหา..... 2

1.2 วัตถุประสงค์..... 2

1.3 ขอบเขตของปัญหา..... 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

บทที่ 2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการอุ้มน้ำ..... 5

2.2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับกล้ามเนื้อสัตว์ 9

2.3 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับคุณค่าของเนื้อไก่..... 30

บทที่ 3 อุปกรณ์ และวิธีการ..... 38

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง..... 38

3.2 วิธีการ..... 38

3.2.1 การวางแผนการทดลอง..... 38

3.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ..... 38

3.3 สถานที่ทำการวิจัย..... 43

3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย..... 43

บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล..... 44

4.1 ผลการวิจัย..... 44

4.2 วิจารณ์ผลการวิจัย..... 46

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ..... 48

5.1 สรุปผลการวิจัย..... 48

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 49

5.2.1 ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย..... 49

5.2.2 ข้อเสนอแนะจากผู้วิจัย..... 49

บรรณานุกรม..... 50

ภาคผนวก 52

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณสมบัติเปรียบเทียบระหว่างเซลล์กล้ามเนื้อสีแดงและสีขาว	16
2	สายพันธุ์สัตว์ ที่มีต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของมัสเซิลไฟเบอร์ในระยะแรกเกิดและเมื่อโตเต็มที่	18
3	ชนิดของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องต่อการย่อยโปรตีนและช่วง pH ที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์	27
4	น้ำในเนื้อไก่	30
5	พลังงานในเนื้อไก่	31
6	เปรียบเทียบกรดอะมิโน นม ไข่ และเนื้อสัตว์ชนิดต่าง ๆ ตามเปอร์เซ็นต์ของโปรตีน	31
7	เปรียบเทียบโภชนะในเนื้อไก่กับเนื้อเป็ด	32
8	กรดไขมัน	32
9	คุณภาพซากไก่ที่น้ำหนักต่าง ๆ กัน	35
10	ปัจจัยที่มีผลต่อความนุ่มเนื้อไก่	36
11	วิธีหาพื้นที่โดยการใช้เครื่องมือ เบรานช์ไวเกอร์	41
12	การสัดส่วนของพื้นที่ที่วัดได้โดยใช้ตาราง	42
13	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อไก่พื้นเมือง	44
14	ค่าเฉลี่ยความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อไก่พื้นเมือง	45
15	การวิเคราะห์ความแปรปรวนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อของเนื้อไก่พื้นเมือง	45
16	ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อของเนื้อไก่พื้นเมือง	46
17	ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำในเนื้อของไก่พื้นเมือง	53
18	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อในเนื้อไก่พื้นเมือง	56

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ผลของ pH ที่มีต่อปริมาณน้ำในเนื้อ ทั้งเมื่อมีเกลือและไม่มีเกลือ(NaCl).....	8
2	ส่วนของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในกล้ามเนื้อสัตว์.....	9
3	เซลล์เส้นใยกล้ามเนื้อและส่วนประกอบ.....	10
4	กล้ามเนื้อลายทั้งภาพยาว ตามขวาง และภาพเซลล์กล้ามเนื้อในลักษณะ 3 มิติ.....	12
5	การเขียนพอเป็นเค้าให้เห็นองค์ประกอบของเนื้อ โครงสร้างกล้ามเนื้อและเส้นใยกล้ามเนื้อ.....	13
6	การตัดแต่งซากไก่.....	34
7	แผ่นแม่แบบ (Template) ที่จะใช้วัดหาพื้นที่ ซึ่งเรียกว่า Schablon test.....	41

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ในบรรดาเนื้อสัตว์ที่เป็นอาหารเลี้ยงประชากรโลกนั้น จะพบว่าเนื้อไก่มักพบเห็นได้ทั่วไป ไม่ว่าส่วนใดของโลก ทั้งในเมือง ชนบท หรือแม้แต่ตามหมู่บ้านบนภูเขา ซึ่งเนื้อไก่มีส่วนที่ใช้ในการทำอาหารเลี้ยงทารก เลี้ยงเด็ก ผู้ใหญ่และผู้สูงอายุ เพราะเหตุว่า ผลผลิตที่เป็นเนื้อค่อนข้างสูง การสูญเสียน้ำออกจากเนื้อต่ำเมื่อมีการปรุงอาหาร และข้อดีอีกอย่างก็คือ ราคาถูกกว่าเนื้อสัตว์ ทุกชนิด ฉะนั้นจึงพบในรายการบนโต๊ะอาหารเสมอ (สัญชัย จตุรสิทธา, 2543 : 136)

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่ในประเทศไทยได้เจริญรุดหน้าเทียบเท่าอารยะประเทศ มีการผลิตที่ได้ขนาดมาตรฐาน อีกทั้งยังมีโรงเชือดไก่ตามมาตรฐานสากล ฉะนั้นอุตสาหกรรมการส่งออกเนื้อไก่นับว่ามีความสำคัญทางเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งของไทย ที่ทำรายได้เข้าประเทศเป็นอันมาก โดยไทยได้ส่งออกไก่สดแช่แข็งไปต่างประเทศมีปริมาณ 320,000 ตัน และส่งออกเนื้อไก่แปรรูปปริมาณ 100,000 ตัน สรุปในปี 2545 ไทยได้ส่งออกเนื้อไก่ทั้งหมดประมาณ 420,000 ตัน โดยส่งออกไปยังญี่ปุ่น สหภาพยุโรป จีน สิงคโปร์ และฮ่องกง เป็นต้น และประเทศที่มีการส่งออกเนื้อไก่มากที่สุดของโลกคือ สหรัฐอเมริกา 2.88 ล้านตัน รองลงมาได้แก่ บราซิล 1.36 ล้านตัน สหภาพยุโรป 0.78 ล้านตัน และจีน 0.50 ล้านตัน ส่วนไทยส่งออกเนื้อไก่ได้ประมาณ 0.42 ล้านตัน ซึ่งในอนาคตการเลี้ยงไก่ของไทย มีแนวโน้มที่สดใสเนื่องจากต้นทุนการผลิตต่ำกว่าต่างประเทศมาก เพราะไทยมีความสมบูรณ์ในด้านวัตถุดิบอาหารสัตว์ และรวมทั้งแรงงานที่ค่อนข้างถูก (ธำรง ศักดิ์ พลบำรุง, 2545 : 39)

ไก่พื้นเมืองนั้น มีถิ่นกำเนิดมาจากไก่ป่าในประเทศแถบเอเชีย เป็นไก่ที่เลี้ยงง่าย มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมและโรค การลงทุนการเลี้ยงน้อย มีความเสี่ยงเรื่องตลาดต่ำ ซึ่งไก่พื้นเมืองมีราคาดีทั้งตัวผู้และตัวเมีย ตลาดมีความต้องการสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเทศกาลต่าง ๆ ความนิยมบริโภคไก่พื้นเมืองในปัจจุบันมีความต้องการสูงมากและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ทั้งนี้เพราะว่าเนื้อไก่พื้นเมืองมีรสชาติดี เนื้อหอม ไขมันสะสมน้อย เนื้อแน่น เนื้อไม่ยุ่ยเหมือนเนื้อของไก่กระทงที่เลี้ยงกันทั่วไปโดยเฉพาะไก่หนุ่มสาว จะมีรสชาติดีและอร่อยที่สุด จึงทำให้ผู้บริโภค

มีความนิยมบริโภคไก่พื้นเมืองสูงตลอดทั้งปี ทำให้ไก่พื้นเมืองมีราคาแพง และเกษตรกรมีรายได้จุนเจือครอบครัวจากการเลี้ยงไก่พื้นเมือง (สุพจน์ รอดดำเนิน, 2542 : 5)

ในเนื้อไก่พื้นเมืองจะมีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันอยู่ในกล้ามเนื้อในปริมาณที่ไม่เหมือนกัน จึงทำให้เกิดปัญหาคือ ไก่บางตัวเนื้อจะเหนียวเกินไป เนื้อแน่น เนื่องจากในเนื้อไก่มีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันประเภท คอลลาเจน ซึ่งเป็นสารประกอบโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำ เนื้อเยื่อเกี่ยวพันประเภทนี้พบได้ใน เอ็น หนัง ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นยาว มีขนาดเล็ก หยิกหยอง และอยู่เป็นเส้นเดี่ยว ๆ หรืออยู่รวมกันหลายเส้นเป็นมัด ๆ มีหน้าที่ห่อหุ้มและยึดประสานทำให้กล้ามเนื้อคงรูปร่างได้ในระดับคงที่ เนื้อไก่ที่มีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมาก จะทำให้เนื้อมีความเหนียว คุณภาพของเนื้อต่ำกว่า เนื้อส่วนที่มีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันน้อย ซึ่งเนื้อส่วนนี้จะมีความนุ่ม (ทัศนีย์ วิฑูรธีรศานต์, 2541 : 25)

จากจุดที่ผู้บริโภคมีความนิยมบริโภคเนื้อไก่พื้นเมือง กอร์ปกับในการศึกษาและค้นคว้างานวิจัยเกี่ยวกับไก่พื้นเมืองนั้น พบว่า งานวิจัยที่เกี่ยวข้องไก่พื้นเมือง ส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาทางด้านการเลี้ยงดู การจัดการด้านอาหาร การให้ผลผลิต และการปรับปรุงสายพันธุ์ และแทบไม่ค่อยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพซากและคุณค่าของเนื้อไก่พื้นเมือง ดังนั้นจึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพซากของเนื้อไก่ในด้านความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อและด้านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อของเนื้อไก่พื้นเมือง ที่ว่ากล้ามเนื้อไก่พื้นเมืองส่วนใดที่มีคุณภาพดี มีประโยชน์ เพื่อเป็นส่วนในการกระตุ้นให้ผู้บริโภคได้ตระหนักถึงคุณภาพ คุณค่า และการบริโภคเนื้อไก่ เพื่อจะได้รับประโยชน์และจากการบริโภคเนื้อไก่มากที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการอุ้มน้ำในเนื้อส่วน อก สะโพก น่อง ของเนื้อไก่พื้นเมือง
2. เพื่อศึกษาขนาดผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อจากส่วน อก สะโพก และน่อง จากเนื้อไก่พื้นเมือง

1.3 ขอบเขตของปัญหา

งานวิจัยครั้งนี้ จะทำการศึกษาความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อของเนื้อไก่พื้นเมือง จำนวน 30 ตัว โดยศึกษาจาก 3 ชิ้นส่วนคือ อก สะโพก น่อง และศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะที่ศึกษาทั้ง 2 ลักษณะในกล้ามเนื้อแต่ละชิ้นส่วน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ต้องการทราบว่าเนื้อไก่พื้นเมือง มีความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อไก่อย่างไร ในส่วนของกล้ามเนื้อส่วน อก สะโพก และน่อง มีความเกี่ยวข้องกับกล้ามเนื้อ ความเหนียว ความนุ่ม อย่างไร เพื่อใช้เป็นแหล่งข้อมูลในการปรับปรุงสายพันธุ์ของไก่พื้นเมืองต่อไป

2. เพื่อให้ผู้บริโภคได้คำนึงถึงคุณภาพและประโยชน์ของเนื้อไก่พื้นเมือง และเนื้อไก่น่ารับประทานมากน้อยเพียงใด เพื่อตอบสนองและเป็นทางเลือกต่อผู้บริโภคเนื้อไก่

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อของเนื้อไก่พื้นเมือง ผู้ทำการวิจัยได้ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องในเรื่องดังกล่าว โดยจัดเรียงสาระสำคัญตามลำดับดังต่อไปนี้

2.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อสัตว์

2.1.1 ความสามารถในการอุ้มน้ำเนื้อ

2.1.2 ลักษณะของน้ำในเนื้อสัตว์

2.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำในเนื้อสัตว์

2.2 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับกล้ามเนื้อของสัตว์

2.2.1 เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน

2.2.2 เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ

2.2.3 โครงสร้างของกล้ามเนื้อลาย

2.2.4 ปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเซลล์กล้ามเนื้อ

2.2.5 กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อ

2.2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อความนุ่มของเนื้อสัตว์

2.3 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับคุณค่าของเนื้อไก่

2.3.1 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไก่

2.3.2 คุณลักษณะด้านคุณภาพของเนื้อไก่

2.3.3 คุณสมบัติที่ดีของเนื้อไก่

2.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการอุ้มน้ำ ของเนื้อสัตว์

2.1.1 ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (water holding capacity)

เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำแตกต่างกัน เห็นได้จากการตัดเส้นใยเนื้อ ตามยาว จะพบว่าเนื้อบางชนิดจะมีน้ำคงอยู่ เนื้อบางชนิดแห้งมีน้ำน้อย สิ่งที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อความสามารถของการอุ้มน้ำของเนื้อคือสภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของเนื้อนั่นเอง การเปลี่ยนแปลงของเนื้อ ภายหลังจากสัตว์ตายโดยเกิดกรดแลคติกขึ้นในขบวนการไกลโคไลซิสมีผลโดยตรงต่อการลดกลุ่มต่าง ๆ ที่อยู่ในโมเลกุลของโปรตีน ทำให้การจับน้ำที่มีอยู่ในเซลล์ของเนื้อลดลง นอกจากนี้ยังมีผลทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพธรรมชาติ (denature) และสูญเสียความสามารถในการละลาย (solubility) อีกด้วย เป็นผลให้เนื้อมีความสามารถอุ้มน้ำแตกต่างกันไป พบว่าในเนื้อที่มีคุณภาพปกติ (normal meat) ประมาณหนึ่งในสามของการสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำเป็นผลมาจากการลดค่าต่ำลงของ pH ในเนื้อส่วนที่เหลือเป็นผลมาจากเกิดการหดเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อจะมีค่าไม่เท่ากัน ในระหว่างมัดกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันหรือในสัตว์ต่างชนิดกัน จากการวิจัยของนักวิจัยชาวยุโรปพบว่าเนื้อสุกรมีความสามารถอุ้มน้ำได้สูงที่สุด รองลงมาคือเนื้อโค และเนื้อไก่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำสุด (เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์, 2534 :37) โดยปกติเนื้อจะมีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันแทรกอยู่ในกล้ามเนื้อในปริมาณที่แตกต่างกันการที่เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน มีหน้าที่ห่อหุ้มและยึดประสานทำให้กล้ามเนื้อคงรูปร่างได้ในระดับที่แตกต่างกันนั้น กล้ามเนื้อส่วนที่มีการเคลื่อนไหวหรือทำงานมาก กล้ามเนื้อส่วนนี้จะมีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันจำนวนมาก ในกล้ามเนื้อของเนื้อไก่ที่มีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันอยู่มากที่สุด คือ น่อง ปีก สะโพก และอก จะมีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันลดลงตามลำดับ (ชัยณรงค์ คันธพนิต, 2529 : 55)

ชิ้นส่วนที่มีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมากจะทำให้เนื้อเหนียวมีผลให้คุณภาพเนื้อต่ำลง และน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเนื้อสัตว์ พบว่าเนื้อสัตว์จะมีน้ำอยู่ประมาณ 50-75 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ อายุและชนิดของกล้ามเนื้อ ปริมาณน้ำในเนื้อมีความสัมพันธ์กับความฉ่ำน้ำ ความนุ่มและรสชาติของเนื้อนั้น ๆ นอกจากนั้นยังมีผลต่อคุณภาพเนื้อในระหว่างการเก็บรักษาไม่ว่าจะเป็นลักษณะการแช่แข็ง แช่เย็น หรือทำแห้งก็ตาม ปริมาณน้ำในเนื้อจะเป็นสัดส่วนกลับกับปริมาณไขมันเสมอ นักวิทยาศาสตร์รายงานว่าในเนื้อสดมีปริมาณน้ำอยู่ในในไมโอไฟบริล 70 เปอร์เซ็นต์ ในซาร์โคพลาสซึม 20 เปอร์เซ็นต์ และอยู่ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน 10 เปอร์เซ็นต์ (มาลัยวรรณ อารยะสกุล และ วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร, 2539 : 248-281)

2.1.2 ลักษณะของน้ำในเนื้อสัตว์

น้ำในเนื้อสัตว์มี 3 ลักษณะด้วยกันคือ

1. Bound water คือน้ำซึ่งเกาะแน่นอยู่กับโปรตีนโมเลกุลโดยเกาะอยู่กับส่วนที่มีประจุกลุ่มที่มีขั้ว (Polar group) ของโปรตีนในลักษณะที่เรียงกันเป็นชั้นเดียว (Monolayer) และมีบางส่วนจับกลุ่มไฮโดรฟิลิก เรียงต่อกันออกมาเป็นชั้น ๆ

2. Immobilized water คือน้ำที่ถูกกักอยู่ระหว่างชั้นของโปรตีนเช่นอยู่ในไมโอไฟบริล (Myofibrils)

3. Free water คือน้ำที่อยู่ในในลักษณะของเหลว กล่าวคือไหลได้อย่างอิสระภายในเนื้อเยื่อสัตว์ เช่น น้ำในซาร์โคพลาสซึมหรือน้ำในระหว่างชั้นของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน น้ำพวกนี้คือส่วนที่แยกหรือระเหยได้ง่าย (มาลัยวรรณ อารยะสกุล และ วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร, 2539 : 248-281)

2.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำในเนื้อสัตว์

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำในเนื้อสัตว์ ได้แก่

1. สภาพการหดตัวหรือคลายตัวของกล้ามเนื้อ เมื่อเซลล์เกิดการหดตัว โปรตีนแอกติน และไมโอซินจะเกิดการซ้อนทับกันมากขึ้น ที่ว่างสำหรับน้ำจึงลดลง ทำให้น้ำออกนอกไมโอไฟบริล แต่เมื่อกล้ามเนื้ออยู่ในสภาพคลายตัวที่ว่างสำหรับน้ำภายในไมโอไฟบริลจะมากขึ้น

2. ระดับความเป็นกรด-เบสของเนื้อ (pH) ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water Holding Capacity, WHC) ของเนื้อเกี่ยวข้องโดยตรงกับ pH ของเนื้อเยื่อ แสดงในภาพที่ 1 ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อจะต่ำสุดที่ pH 5.0-5.5 ซึ่งก็คือ Isoeletric Point (pI) ของโปรตีนส่วนใหญ่นั่นเอง ทั้งนี้อธิบายได้ว่าโปรตีนโมเลกุลจะมีประจุรวมเป็นศูนย์เมื่ออยู่ในสภาวะแวดล้อมที่ pI ดังนั้นจึงไม่มีแรงผลักกันระหว่างโปรตีน โมเลกุลทำให้ที่ว่างสำหรับอุ้มน้ำมีน้อย แต่ถ้าโปรตีนอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่สูงกว่า และต่ำกว่า pI จะทำให้มีประจุรวมเป็นลบและบวกตามลำดับ ดังนั้นโอกาสที่ประจุต่างกันเจอกันจะเกิดแรงผลักทำให้มีช่องว่างระหว่างโมเลกุลเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อเพิ่มมากขึ้นด้วย

3. ปริมาณเกลือในเนื้อเยื่อทั้งที่ถูกเติมลงไปและที่มีอยู่เองโดยธรรมชาติ จากภาพที่ 1 จะสังเกตได้ว่าการใส่เกลือในเนื้อจะทำให้เส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง pH ของเนื้อกับความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อเปลี่ยนไปจากเดิมเล็กน้อย กล่าวคือ การอุ้มน้ำจะต่ำสุดที่ pH 4-5 ทั้งนี้เพราะเกลือจะแตกตัวเป็น Na^+ และ Cl^- เข้าจับกับประจุของโปรตีน แต่แรงจับ

กันระหว่าง Na^+ กับประจุลบของโปรตีนน้อยกว่าระหว่าง Cl^- กับประจุบวกในโปรตีนโมเลกุล ดังนั้นที่ pH<pI ซึ่งโปรตีนมีประจุเป็นบวกมาก การอุ้มน้ำจะต่ำ แต่เมื่อ pH สูงขึ้น โปรตีนมีประจุลบมากขึ้น การอุ้มน้ำจึงเพิ่มขึ้น ถ้าใส่เกลือมากเกินไป เกลือส่วนที่เหลือจากการจับกับโปรตีนจะไปเกาะกับน้ำ เกิดการดึงน้ำแย่งกับโปรตีน และเนื่องจากเกลือมีความสามารถในการรวมกับน้ำดีกว่าโปรตีน จึงเป็นเหตุให้โปรตีนเสียน้ำ โปรตีนมีโอกาสรวมตัวตกตะกอนออกมา (ภาพที่ 1)

4. ปริมาณไกลโคเจนในเนื้อเยื่อ มีผลโดยตรงต่อ pH ของเนื้อกล่าวคือ ภายหลังที่สัตว์แล้วเซลล์จะขาดออกซิเจนทำให้การสร้างพลังงานเป็นเมแทบอลิซึมแบบไม่ใช้อากาศ ซึ่งไกลโคเจนจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานและกรดแลคติกถ้ามีไกลโคเจนเหลือมากในเนื้อเยื่อย่อมให้กรดมากทำให้ pH ของเนื้อเยื่อต่ำ

5. ปริมาณ ATP (adenosine triphosphate) ไพโรฟอสเฟต (pyrophosphate) ไตรพอลิฟอสเฟต (Tripolyphosphate) ในเนื้อ จากการทดลองพบว่าสารประกอบของฟอสเฟตดังกล่าวเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่ใช้ในการสร้างและแยกพันธะของแอกโตไมโอซิน (actomyosin bond) ดังนั้นการเติมสารประกอบฟอสเฟตตัวใดตัวหนึ่งร่วมกับอนุมูลของโลหะ ซึ่งมีประจุ +1 หรือ +2 ลงไปในสารละลายของเซลล์เนื้อซึ่งอยู่ในสภาพที่พลังงานภายในเซลล์ถูกใช้หมด จะมีผลทำให้เกิดการแยกพันธะแอกโตไมโอซิน ทำให้มีช่องว่างสำหรับเก็บกักน้ำภายในเซลล์เพิ่มมากขึ้น

6. การหมักเนื้อไว้นาน ๆ จะทำให้เกิดการสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำ ในระหว่างการหมัก ทำให้เส้นใยฝอย (filament) เสียรูปและน้ำถูกปล่อยแยกออกมาจากไมโอไฟบริล (มาลัยวรรณ อารยะสกุล และ วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร, 2539 : 248-281)

7. ความเครียดของสัตว์ก่อนถูกฆ่า สัตว์ที่ไม่ทนต่อความเครียด เมื่อได้รับสภาวะของความเครียดก่อนถูกฆ่าอันเนื่องมาจากการจัดการสัตว์ก่อนฆ่าไม่ถูกต้อง มีผลทำให้กรดแลคติกถูกสร้างขึ้นมาอย่างรวดเร็ว ทำให้ pH ของกล้ามเนื้อลดลงอย่างมากภายในเวลาอันสั้น ซึ่งมีผลต่อความสัมพันธ์อย่างมากต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ

8. สัตว์อ่อนเพลียและไม่มีพลังงานสะสมในกล้ามเนื้อ สัตว์ที่เดินทางไกลประกอบกับได้รับความเครียดมีผลทำให้ร่างกายใช้พลังงานที่ถูกสะสมอยู่ในกล้ามเนื้อ (glycogen) จนเกือบหมด และเมื่อสัตว์ถูกฆ่ากล้ามเนื้อไม่มีพลังงานสะสมที่จะนำมาใช้ในขบวนการสร้างพลังงานมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดภายในเนื้อลดลงเพียงเล็กน้อย

9. องค์ประกอบทางเคมีภายในเนื้อสัตว์ โปรตีนมีส่วนในการดูดเกาะกับน้ำ แต่ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดของกล้ามเนื้อ ค่า pH ความเร็วของการเกิดการเกร็ง

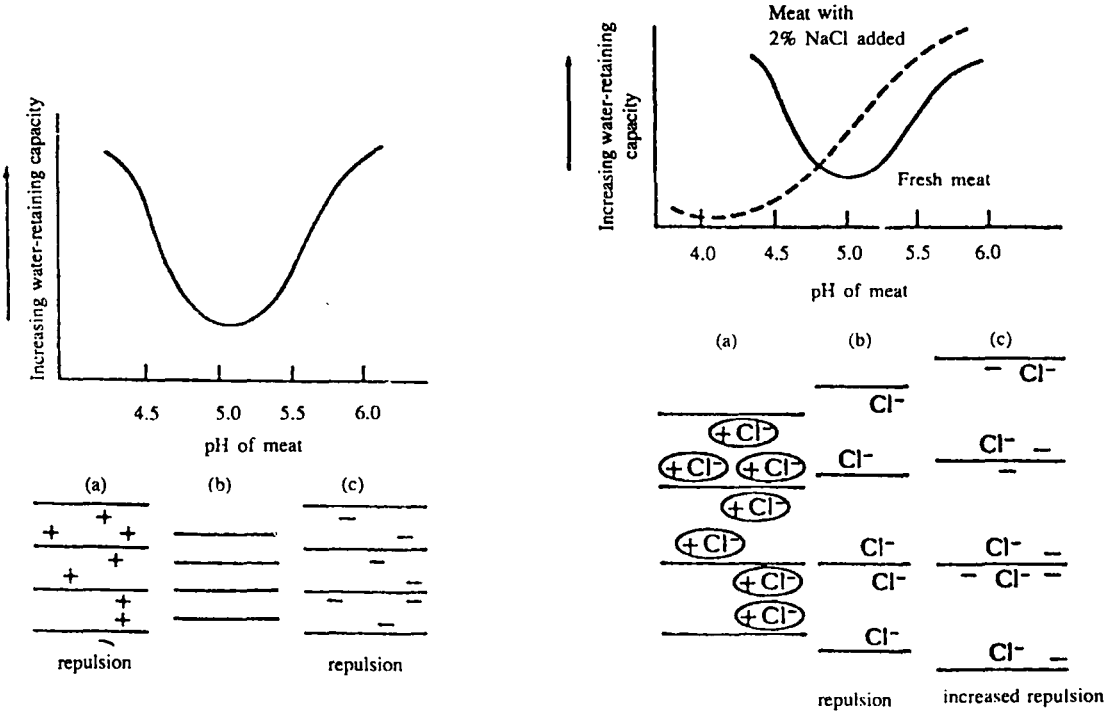
ตัวของเนื้อ และปัจจัยอื่น ๆ ไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ มีความสัมพันธ์ระหว่างไขมันกับความสามารถในการอุ้มน้ำ ปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน พวกคอลลาเจน มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการอุ้มน้ำเฉพาะในแง่ของเนื้อที่ผ่านขบวนการทำให้สุกแล้ว ทั้งนี้เนื่องจาก คอลลาเจน เมื่อถูกความร้อนจะเปลี่ยนเป็น เจลลาติน ซึ่งมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้มากยิ่งขึ้น

10. ปัจจัยเกี่ยวกับตัวสัตว์มีอิทธิพลบ้างเล็กน้อย ได้แก่

10.1 ชนิดของสัตว์ เช่นเนื้อไก่งวง มีความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อต่ำกว่าในเนื้อไก่และเนื้อเป็ด

10.2 อายุ สัตว์ที่มีอายุน้อยกว่า ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนในเนื้อจะสูงกว่าสัตว์ที่มีอายุมากกว่า

10.3 ชนิดของกล้ามเนื้อ พบว่ากล้ามเนื้อสันนอก *M. longissimus dorsi* จะมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่างกัน (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล, 2540 : 50-55)



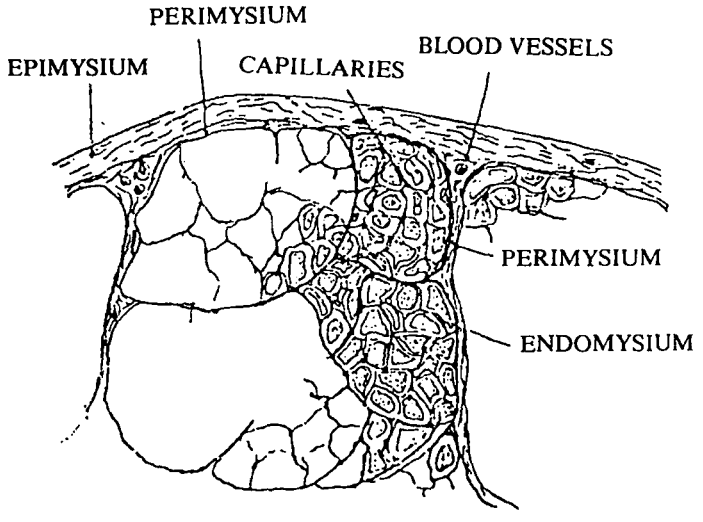
ภาพที่ 1 แสดงผลของ pH ที่มีต่อปริมาณน้ำในเนื้อ ทั้งเมื่อมีเกลือและไม่มีเกลือ (NaCl)
ที่มา : Price and Schweigert, 1971 (อ้างโดย มาลัยวรรณ อารยะสกุล และ วรรณ วิบูลย์ กาญจนกุญชร, 2539 : 248-281)

2.2 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับกล้ามเนื้อของสัตว์ (Muscle)

มนุษย์บริโภคเนื้อสัตว์เป็นอาหารและนำเนื้อมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มากมาย จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาถึงโครงสร้างของเนื้อเยื่อสัตว์เพื่อจะได้เข้าใจถึงกลไกการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ซึ่งนำมาสู่การพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัตว์ต่อไป ในกล้ามเนื้อสัตว์นั้น ไม่ว่าจะเป็น เนื้อโค เนื้อสุกร เนื้อสัตว์ปีก ฯลฯ สามารถจำแนกได้ดังนี้

2.2.1 เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue)

หน้าที่หลักของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันคือ การเชื่อมต่อและยึดให้ติดกันของส่วนต่าง ๆ ในร่างกายสัตว์ เนื้อเยื่อเกี่ยวพันมีกระจายอยู่ในแทบทุกแห่งของตัวสัตว์ ในโครงกระดูกก็พบอยู่โดยตลอด เพราะทำหน้าที่เชื่อมกล้ามเนื้อให้ติดอยู่กับกระดูก ในเส้นเลือดโดยเป็นส่วนประกอบสำคัญของหลอดส่งเลือดต่าง ๆ ในเส้นประสาทก็ห่อหุ้มป้องกันเส้นประสาทในบางส่วน และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกล้ามเนื้อก็ห่อหุ้มตั้งแต่กล้ามเนื้อทั้งก้อนลงไปจนถึงหน่วยเล็กที่สุดของกล้ามเนื้อ คือเส้นกล้ามเนื้อ (muscle fiber) ซึ่งก็จะห่อหุ้มอยู่โดยมีชื่อเรียกว่า endomysium เนื้อเยื่อเกี่ยวพันมีอยู่ในกล้ามเนื้อ 3 ลักษณะ (ภาพที่ 2)



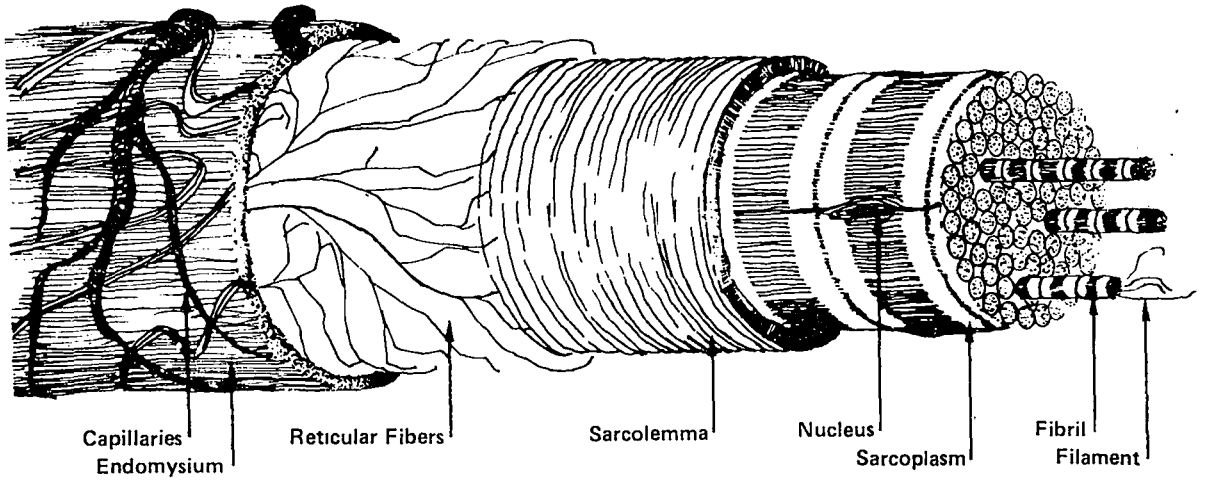
<u>ภาพที่ 2</u> แสดงส่วนของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในกล้ามเนื้อสัตว์

ที่มา : เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์, 2536 : 15

1. เอนโดไมเซียม (endomysium) เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่อยู่รอบและห่อหุ้มเส้นใยกล้ามเนื้อ ในชั้นของเอนโดไมเซียมจะมีเส้นเลือดฝอยเพื่อทำหน้าที่ส่งออกซิเจนสู่เซลล์ของกล้ามเนื้อ โดยมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันบางส่วนทำหน้าที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของหลอดเลือดและมีเส้นใยเรคติคิวลิน (recticular fiber) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันสานตัวกันเป็นร่างแหอยู่รอบ ๆ เซลล์ระบบประสาททำให้เอนโดไมเซียมเชื่อมอยู่ติดกับชั้นของซาร์โคเลมมาของเส้นใยกล้ามเนื้อ (ภาพที่ 3)

2. เพอริไมเซียม (perimysium) เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่อยู่รอบ ๆ มัดกล้ามเนื้อและห่อหุ้มมัดกล้ามเนื้อหลาย ๆ เส้นให้เป็นมัดกล้ามเนื้อ ซึ่งมีไขมันภายในมัดกล้ามเนื้อ (intramuscular fat) ทำให้มองเห็นชั้นของไขมันกระจายหรือไขมันแทรก (marbling)

3. อีพิไมเซียม (epimysuim) หรือพังผืด เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่อยู่รอบ ๆ กล้ามเนื้อโครงร่างและห่อหุ้มมัดกล้ามเนื้อหลาย ๆ มัด ให้อยู่รวมกันเป็นกล้ามเนื้อโครงร่าง ซึ่งมีไขมันระหว่างมัดกล้ามเนื้อ (intermuscular fat) อยู่รอบนอกของมัดกล้ามเนื้อ และสามารถแยกออกได้ชัดเจน (เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์, 2536 : 15-19)

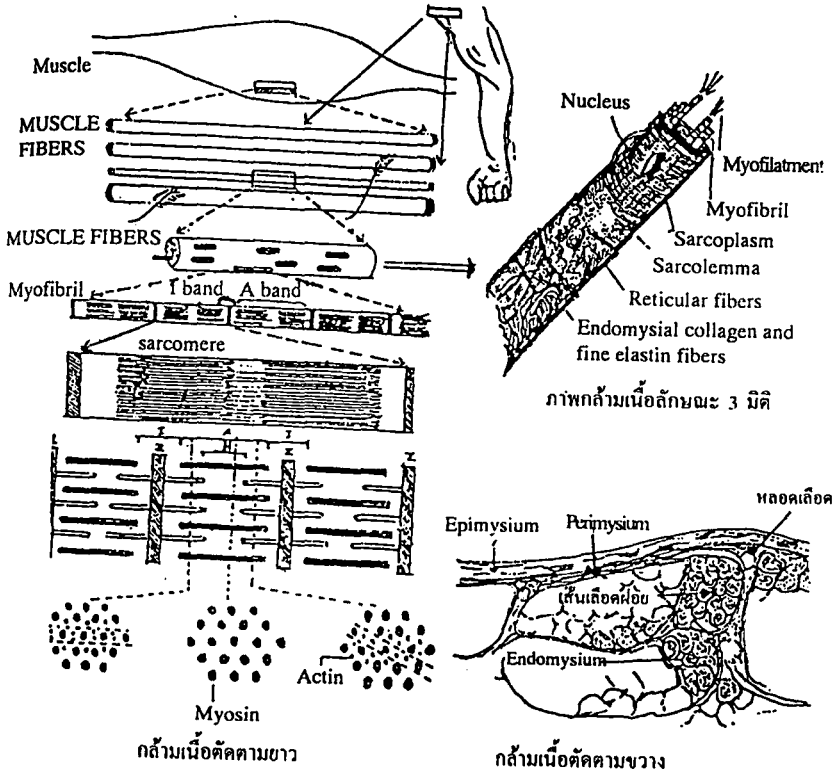


ภาพที่ 3 แสดงเซลล์เส้นใยกล้ามเนื้อและส่วนประกอบ

ที่มา : เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์, 2536 : 15

ไมโอไฟบริล คือส่วนของเส้นใยฝอยที่ประกอบอยู่ในเซลล์กล้ามเนื้อ มีหน้าที่โดยตรงในการคลายและหดตัวของกล้ามเนื้อ หน่วยที่เล็กที่สุดของไมโอไฟบริลเรียกว่า ซาร์โคเมียร์ ซึ่งมีลักษณะเป็นลายอันเกิดจากการเรียงตัวอย่างมีระเบียบของบริเวณทึบแสงและบริเวณโปร่งแสง สลับกันไป เนื่องจากบริเวณทึบแสงและโปร่งแสงคือบริเวณที่เมื่อมองเนื้อเยื่อภายใต้กล้องจุลทรรศน์จะเห็นเป็นส่วนมืดและสว่างตามลำดับจึงเรียกชื่อบริเวณทั้งสองว่า A-band และ I-band แต่ละซาร์โคเมียร์ แบ่งแยกกันโดย Z-lind ซึ่งจะแบ่งครึ่ง I-band บริเวณ A-band จะเป็นส่วนที่สว่างเรียก H-zone ซึ่งในกล้ามเนื้อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมโดยทั่วไปจะพบ M-line เป็นเส้นแบ่งครึ่งบริเวณ H-zone แต่ในสัตว์บางชนิด เช่น กุ้ง กั้ง จะไม่ปรากฏ M-line อยู่ในบริเวณดังกล่าว ลักษณะส่วนประกอบของไมโอไฟบริล ถ้าใช้กล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอนที่กำลังขยายสูง ส่องดูส่วนประกอบต่าง ๆ ของไมโอไฟบริล จะพบลักษณะเป็นเส้นไมโอฟิลาเมนท์ (Myofilament) หลายอันอยู่รวมกันภายใต้ผนังห่อหุ้ม มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโดยเฉลี่ยประมาณ 1-2 ไมครอน

ซาร์โคพลาสมิก เรคติคิวลัม เป็นชั้นที่ประกอบด้วยเนื้อเยื่อและระบบท่อ ห่อหุ้มรอบไมโอไฟบริลมีหน้าที่ส่งต่อสัญญาณที่มาจากประสาทไปยังไมโอไฟบริลเพื่อสั่งงานให้กล้ามเนื้อคลายตัวหรือหดตัวบริเวณเนื้อเยื่อ SR นี้เป็นแหล่งสะสมของแคลเซียมไอออน ซึ่งจะถูกปล่อยออกมาเมื่อมีการกระตุ้นให้กล้ามเนื้อหดตัวเพื่อให้การจัดเรียงตัวของส่วนประกอบต่าง ๆ ในกล้ามเนื้อโครงร่างเป็นที่เข้าใจได้ง่ายขึ้น ขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อที่สังเกตได้ด้วยตาเปล่าสามารถบอกถึงลักษณะสัมผัสของชิ้นเนื้อ (visual texture) คือว่า ถ้าชิ้นเนื้อใดมีขนาดของเซลล์เล็กจะเป็นเนื้อที่ละเอียด แต่ถ้าประกอบด้วยเซลล์ขนาดใหญ่จะให้เนื้อที่หยาบ (ภาพที่ 4) ลักษณะจำเพาะของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันคือ มีเซลล์จำนวน 2 – 3 เซลล์ แต่มี (extracellular substance) อยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง และ (extracellular substance) นี้มีลักษณะตั้งแต่นิ่มเหมือนวุ้นไปจนถึงแข็งเป็น (fibrous mass) ปริมาณและคุณภาพของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันนับว่ามีอิทธิพลสูงต่อความนุ่มและความน่ารับประทานของเนื้อสัตว์ ถ้ากล้ามเนื้อที่ทำงานมาก เช่น ที่ขาและไหล่ ก็จะมีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมากมีความเหนียวสูงกว่า ประกอบกับคุณภาพก็ต่ำกว่าด้วย แต่ถ้าเป็นกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เพียงเสริมโครงร่าง เช่น กล้ามเนื้อออก ก็จะมีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันต่ำและมีคุณภาพดีกว่า ดังนั้นเนื้อจึงมีความนุ่มน่ารับประทานกว่า



ภาพที่ 4 แสดงกล้ามเนื้อลายทั้งภาพตายาว ตามขวาง และภาพเซลล์กล้ามเนื้อในลักษณะ 3 มิติ
ที่มา : มาลัยวรรณ อารยะสกุล และ วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร, 2539 : 248-281

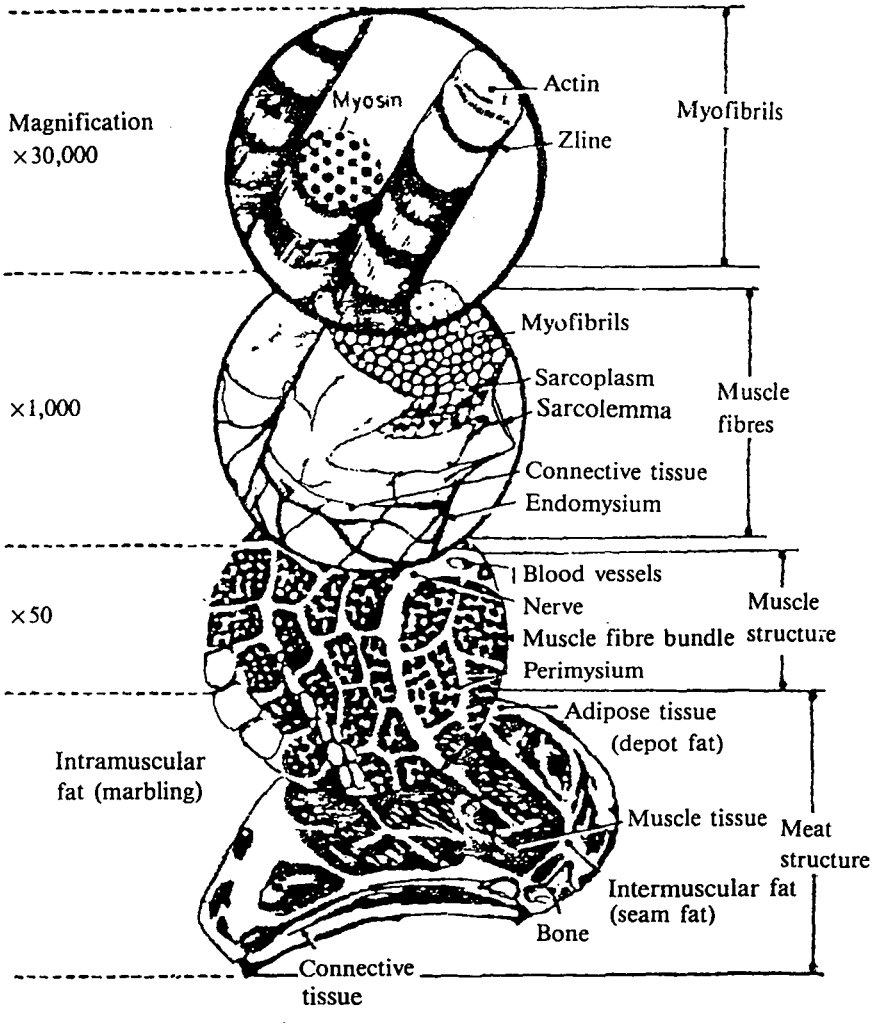
2.2.2 เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ (Muscle tissue)

เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อจำแนกตามลักษณะได้ 3 ลักษณะ กล้ามเนื้อแต่ละลักษณะมีส่วนประกอบและความสำคัญดังนี้คือ

1. กล้ามเนื้อโครงร่างหรือกล้ามเนื้อลาย (Skeletal muscle or Striated voluntary) มีขนาดและความหนาแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับตำแหน่งของกล้ามเนื้อนั้น ๆ และปริมาณมัดกล้ามเนื้อที่ประกอบอยู่

มัดกล้ามเนื้อ (muscle fiber bundle) มีขนาด ความยาว และความหนาแตกต่างกัน ประกอบด้วยเซลล์เส้นใยกล้ามเนื้อมากมาย ซึ่งจะเป็นหน่วยทำงานทางสรีรวิทยาของกล้ามเนื้อ เส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละเส้น (ภาพที่ 5) เป็นเซลล์ยาวที่มีนิวเคลียสมากกว่าหนึ่ง (long multinucleated cell) มีความยาวตั้งแต่ 2-3 เซนติเมตร จนถึงหลาย ๆ เซนติเมตร และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10-100 ไมครอน (micrometer) ซึ่งขึ้นอยู่กับหน้าที่และลักษณะทางสัณฐานวิทยา มีรูปร่างกลม ยาวและมีปลายทั้งสองข้างคล้ายกระสวย มีนิวเคลียสจำนวนมากเรียงอยู่

ตามผิวหน้าของเซลล์เส้นใยกล้ามเนื้อ เซลล์ภายนอกห่อหุ้มด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเอนโดไมเซียม ซึ่งประกอบด้วยโปรตีนพวกคอลลาเจนและโปรตีนเรติคิวลินในชั้นของเส้นใยเรติคิวลา (reticular fiber) ถัดเข้ามาเป็นเยื่อหุ้มเซลล์ที่ยืดหยุ่นได้เรียกว่า ซาร์โคเล็มมา (sarcolemma) เพื่อช่วยยึดให้เส้นใยกล้ามเนื้อฝอยอยู่รวมกัน เนื้อเยื่อนี้จะหนาขึ้นเมื่อกล้ามเนื้อถูกใช้งานหรือเมื่อสัตว์มีอายุมากขึ้น ภายในเซลล์เส้นใยกล้ามเนื้อมีสารที่มีลักษณะหนืด (semifluid) เรียกว่าซาร์โคพลาสซึม (sarcoplasm)



ภาพที่ 5 แสดงโดยการเขียนพอเป็นเค้าให้เห็นองค์ประกอบของเนื้อ โครงสร้างกล้ามเนื้อและเส้นใยกล้ามเนื้อ

ที่มา : เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์, 2536 :14

เซลล์เส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber cell) ถูกจัดเรียงแบบขนานตามความยาวเพื่อรวมตัวกันเป็นมัดกล้ามเนื้อ เส้นใยกล้ามเนื้อประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อฝอย (myofibrils หรือ fibrils) ซึ่งมีอยู่มากถึง 1000-1600 เส้นใยกล้ามเนื้อฝอย ซึ่งเรียงตัวกันอัดแน่นอยู่ภายใน โดยล้อมรอบด้วยของเหลวต่าง ๆ และซาร์โคพลาสซึม (sarcoplasm) หรือน้ำของเนื้อ (meat juice) ซึ่งมีไลโซโซม (lysosome) ไกลโคเจน (glycogen) ไมโอโกลบิน (myoglobin) และเอนไซม์ต่าง ๆ อยู่ภายในเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแต่ละเส้นพบว่ามีแถบทึบแสงและแถบโปร่งแสงเรียงตัวสลับกันไปตลอดความยาวของเส้นใย (ภาพที่ 6) แถบทึบแสงและแถบโปร่งแสงนี้เกิดขึ้นจากการเรียงตัวกันของโปรตีนแอคติน (actin) และโปรตีนมายโอซิน (myosin) ทำให้มองเห็นเป็นลายของกล้ามเนื้อขึ้นเมื่อใช้ส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ กล้ามเนื้อเหล่านี้ เป็นกล้ามเนื้อส่วนใหญ่ในร่างกายสัตว์จึงได้ชื่อว่ากล้ามเนื้อลาย (striated muscle) ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้คือ

1) เป็นกล้ามเนื้อที่ร่างกายบังคับได้ (voluntary muscle) กล่าวคือ การทำงานของกล้ามเนื้อเกิดจากการกระตุ้นของประสาท

2) ภายในกล้ามเนื้อประกอบด้วยนิวเคลียสมากกว่า 1 อัน

2. กล้ามเนื้อเรียบ (Smooth muscle)

1) เป็นกล้ามเนื้อที่ร่างกายบังคับไม่ได้

2) ประกอบด้วยนิวเคลียส 1 อัน อยู่ตรงกลางของเซลล์

3) ไม่มีเส้นใยหรือที่เรียกว่า ไมโอไฟบริล ได้แก่ กล้ามเนื้อของอวัยวะภายในร่างกาย เช่น กล้ามเนื้อของลำไส้ กระเพาะ ไต และปอด เป็นต้น

3. กล้ามเนื้อหัวใจ (Cardiac muscle)

1) การทำงานของกล้ามเนื้อไม่ได้อยู่ภายใต้การควบคุมของสมอง

2) มีนิวเคลียสอยู่ตรงกลาง

3) มีผนังกั้นแบ่งแต่ละเซลล์ของกล้ามเนื้อ มองเห็นเป็นบริเวณทึบแสงภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เรียกบริเวณนี้ว่า อินเทอร์คาเลเต็ดดิส (Intercalated disc)

เนื่องจากกล้ามเนื้อลายคือ กล้ามเนื้อซึ่งใช้ในการบริโภคเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการศึกษาโครงสร้างของกล้ามเนื้อเยื่อต่อไปนี้ จะเน้นถึงส่วนของกล้ามเนื้อลาย (มาลัยวรรณ อารยะสกุล และ วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร, 2539 : 248-281)

2.2.3 โครงสร้างของกล้ามเนื้อลาย (Skeletal muscle or striated voluntary structure)

เนื้อเยื่อสัตว์ประกอบด้วยกล้ามเนื้อเป็นมัด ๆ (bundle) รวมกันอยู่แต่ละมัดกล้ามเนื้อประกอบด้วยเซลล์เนื้อ มีเส้นเลือดสำหรับนำอาหารมาหล่อเลี้ยงและถ่ายเทของเสีย มีเซลล์ไขมัน (fat cell) แทรกอยู่บริเวณเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) ซึ่งทำหน้าที่ห่อหุ้มชั้นของมัดกล้ามเนื้อและเซลล์เนื้อ (ภาพที่ 4) มีระบบประสาทควบคุมสั่งงานแก่กล้ามเนื้อ โดยรับสัญญาณโดยตรงจากสมองและส่งผ่านมาสู่เซลล์เนื้อทางประสาท (nerve cell) โครงสร้างของกล้ามเนื้อลายจากระดับกล้ามเนื้อถึงระดับเซลล์ (มาลัยวรรณ อารยะสกุล และ วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร, 2539 : 248-281)

กล้ามเนื้อส่วนมากในร่างกายสัตว์ปีกจะเป็นกล้ามเนื้อลาย ซึ่งยึดเกาะอยู่ตามโครงร่างของร่างกาย เพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของร่างกายโดยเฉพาะกล้ามเนื้อสัตว์ปีกช่วยทำให้เกิดการบินกระพือปีกและกล้ามเนื้อขาช่วยในการเดินขุ้ยเขี่ยหาอาหารบนพื้นดิน

คุณสมบัติต่าง ๆ ของกล้ามเนื้อทั้งสามชนิดในร่างกายของสัตว์ปีก คือ

1) มีความไวต่อสิ่งเร้า (irritability or excitability) ซึ่งเป็นสิ่งกระตุ้นต่าง ๆ

2) สามารถนำไฟฟ้าได้ (conductivity)

3) เซลล์กล้ามเนื้อสร้างไฟฟ้าได้ (electrogenesis) ซึ่งกลไกคล้ายกับเซลล์ประสาท

4) สามารถหดตัวได้ (contractility)

5) กล้ามเนื้อสามารถหดตัวได้เองโดยอัตโนมัติ (automaticilit) (แต่ต้องเก็บในสภาพแวดล้อมที่ 0.85 – 0.9 % ของสารละลายเกลือแกง) เช่น กล้ามเนื้อหัวใจ และกล้ามเนื้อเรียบ แต่กล้ามเนื้อลายไม่มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1) สามารถหดตัวได้เป็นจังหวะ (rhythmicity) ติดต่อกันตลอดเวลา ซึ่งเป็นคุณสมบัติของกล้ามเนื้อหัวใจและกล้ามเนื้อเรียบ

2) มีความตึงตัวของกล้ามเนื้อ (tonicity) คุณสมบัตินี้จะเห็นได้ชัดเจนในกล้ามเนื้อลายที่เกาะอยู่กับกระดูก โครงร่างในขณะที่สัตว์ปีกมีชีวิตอยู่ ซึ่งจะมีความตึงตัวอยู่ตลอดเวลาโดยเฉพาะสัตว์ปีกอยู่ในท่ายืน มัดกล้ามเนื้อขาจะแข็งกว่าเวลานั่งหรือเกาะขอนนอน

3) สามารถถูกยืดออกได้ (extensibility) และกลับคืนสู่รูปเดิมได้ (elasticity) เช่น กล้ามเนื้อเรียบที่ผนังทางเดินอาหารโดยเฉพาะที่กระเพาะอาหารกระเพาะปัสสาวะและมดลูก

หน้าที่ของกล้ามเนื้อทั้งสามชนิดที่สำคัญของร่างกายสัตว์ปีก เมื่อเกิดการหดตัวและคลายตัวคือ ทำให้เกิดการเดิน วิ่ง กระพือปีก กระโดด การป้องป้าย การกินอาหารและน้ำ การถ่ายปัสสาวะและอุจจาระ การออกไข่ การขันหรือการส่งเสียงร้อง (สมควร ดีรัศมี, 2542 : 8) กล้ามเนื้อลายส่วนมากเกาะอยู่ตามโครงร่างของร่างกาย อยู่ภายใต้อำนาจจิตใจสามารถควบคุมทำให้

เกิดการเคลื่อนไหวของร่างกาย เป็นกล้ามเนื้อที่สำคัญของสัตว์ปีก จะเป็นกลุ่มของกล้ามเนื้อที่ช่วยในการบิน คุ้ยเขี่ยหาอาหาร บดอาหาร วิ่งหรือกระโดด ดังนั้นกล้ามเนื้อเหล่านี้จะพัฒนาดีมาก กล้ามเนื้อลายส่วนมากที่เกาะอยู่ตามโครงร่างจะเป็นสีขาว (white muscle fibers) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ปีกว่ามีการดำรงชีวิตอยู่ในอากาศหรือบนพื้นดิน ถ้าเป็นสัตว์ปีกที่บินเก่งมีชีวิตอยู่ในอากาศเป็นส่วนใหญ่ กล้ามเนื้อทั่วร่างกายจะเป็นกล้ามเนื้อสีแดงทั้งหมด ส่วนไก่เป็นสัตว์ปีกที่หากินอยู่บนพื้นดินและบินเป็นบางเวลา กล้ามเนื้ออกและกล้ามเนื้อขาจะเป็นกล้ามเนื้อลายสีแดงแทรกอยู่ในมัดกล้ามเนื้อส่วนกล้ามเนื้ออกเป็นกล้ามเนื้อสีขาว ชนิดของกล้ามเนื้อเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับลักษณะของกล้ามเนื้อและการเปลี่ยนแปลงในกล้ามเนื้อหลังสัตว์ตายแล้ว ถ้าสามารถควบคุมการเปลี่ยนชนิดของเซลล์กล้ามเนื้อในสัตว์ได้จะเป็นทางหนึ่งที่นำไปสู่การควบคุมคุณภาพเนื้อ ตัวอย่างที่เห็นง่าย ๆ กล้ามเนื้อที่มีเซลล์สีแดงมากจะให้เนื้อละเอียดนุ่มและมีรสชาติดี เนื่องจากขนาดของเซลล์สีแดงเล็กกว่าเซลล์สีขาว ทั้งยังมีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันน้อยกว่าและปริมาณไขมันมากกว่า เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของเซลล์สีแดงและสีขาวจะพบความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด (ตารางที่1)

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติเปรียบเทียบระหว่างเซลล์กล้ามเนื้อสีแดงและสีขาว

เซลล์สีแดง	เซลล์สีขาว
1. มีปริมาณเม็ดสีในเนื้อมาก	1. มีปริมาณเม็ดสีในเนื้อน้อย
2. มีปริมาณไขมันมาก	2. มีปริมาณไขมันน้อย
3. ในไขมันจะพบพวกกรดไขมันอิ่มตัวน้อยกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว	3. ในไขมันจะพบพวกกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว
4. ไม่พบ M-line	4. พบ M-line
5. มีไมโตรคอนเดรียมาก	5. มีไมโตรคอนเดรียน้อยกว่า
6. ขนาดของเซลล์เล็กกว่าและพบ Z-line ซึ่งกว้าง (ประมาณ 600-1200° A) และมีลักษณะไม่เรียบ	6. ขนาดของเซลล์ใหญ่กว่า และพบ Z-line ซึ่งแคบ (ประมาณ 300-600° A) และมีลักษณะเรียบ
7. มักจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มล้อมรอบด้วยเซลล์สีขาว	7. จะอยู่บริเวณขอบของมัดกล้ามเนื้อ
8. มีเส้นเลือดฝอยมาหล่อเลี้ยงมาก	8. มีเส้นเลือดฝอยมาหล่อเลี้ยงน้อยกว่า

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 1 (ต่อ) แสดงคุณสมบัติเปรียบเทียบระหว่างเซลล์กล้ามเนื้อสีแดงและสีขาว

เซลล์สีแดง	เซลล์สีขาว
9. มีซาร์โคพลาสซึมมาก	9. มีซาร์โคพลาสซึมน้อย
10. มีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันน้อย	10. มีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเยอะ
11. เมแทบอลิซึมภายในเซลล์จะเป็นแบบใช้อากาศ (Aerobic metabolism)	11. เมแทบอลิซึมภายในเซลล์จะเป็นไม่ใช้อากาศ (Anaerobic metabolism)
12. มีปฏิกิริยาของเอนไซม์ออกซิเดทีฟสูง (high oxidative enzyme activity)	12. มีปฏิกิริยาของเอนไซม์ไกลโคไลติคสูง (high glycolytic enzyme activity)
13. มีไกลโคเจน (glycogen) และโปรตีนที่ละลายน้ำน้อย	13. มีไกลโคเจน และโปรตีนที่ละลายน้ำมาก
14. ทำหน้าที่เกี่ยวกับการหดตัวอย่างช้า ๆ	14. ทำหน้าที่เกี่ยวกับการกระตุกหรือหดตัวโดยเร็ว
15. ตัวอย่างของกล้ามเนื้อแดงคือ *Psoas major*	15. ตัวอย่างของกล้ามเนื้อขาวคือ *Longissimus dorsi* และ *Gastrocnemius*

ที่มา : มาลัยวรรณ อารยะสกุล และ วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร, 2539 : 248-281

2.2.4 ปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเซลล์กล้ามเนื้อ

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเซลล์กล้ามเนื้อ จำแนกได้ดังนี้

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

2. ชนิดของกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อต่างชนิดกันจะมีขนาดของเซลล์ต่างกล้ามเนื้อต่างกัน (ตารางที่ 1)

49758

3. อายุของสัตว์ เมื่อเป็นตัวอ่อนจะมีขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อเล็กกว่าสัตว์ซึ่งโตเต็มที่ (ตารางที่ 2) ในสัตว์ที่เป็นตัวอ่อนปริมาณไมโอไฟบริลจะเพิ่มขึ้นตามอายุทำให้ขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อสัตว์โตเต็มที่ปริมาณไมโอไฟบริลจะคงที่

4. อาหาร ส่วนประกอบของอาหารที่บริโภคเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้เซลล์กล้ามเนื้อมีขนาดต่างกัน อาหารประเภทโปรตีนเป็นส่วนสำคัญในการสร้างเนื้อเยื่อ ถ้าสัตว์ขาดโปรตีนโดยเฉพาะในช่วงของการเจริญของตัวอ่อน จะมีผลทำให้ปริมาณของไมโอไฟบริลลดลงจากปริมาณปกติ

5. สายพันธุ์ สัตว์ต่างสายพันธุ์กันจะมีขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อต่างกันออกไป เช่นแกะเมื่อแรกเกิดจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางเซลล์กล้ามเนื้อโดยเฉลี่ยประมาณ 11.3 ไมครอน ส่วนหมูมีขนาดโดยเฉลี่ยเพียง 5.3 ไมครอนเท่านั้น (ตารางที่ 2)

6. การออกกำลังกาย เป็นวิธีหนึ่งซึ่งทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น เซลล์กล้ามเนื้อจะมีขนาดใหญ่ขึ้น โดยที่จำนวนไมโอไฟบริลในเซลล์ยังคงเดิม

7. สภาวะของการหดตัวของกล้ามเนื้อ การคลายและหดตัวมีผลต่อขนาดของไมโอไฟบริล ดังนั้นจึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อด้วย

ตารางที่ 2 แสดงผลสายพันธุ์สัตว์ ที่มีต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของมัสเซิลไฟเบอร์ ในระยะแรกเกิดและเมื่อโตเต็มที่

สายพันธุ์	เส้นผ่านศูนย์กลางของเซลล์ (ไมครอน)	
	แรกเกิด	โตเต็มที่
แกะ	11.3	50.4
วัวควาย	14.3	73.3
หมู	5.3	90.9

ที่มา : มาลัยวรรณ อารยะสกุล และ วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร, 2539 : 248-281

2.2.5 กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อ (mechanism of contraction muscle)

การหดตัวของกล้ามเนื้อต้องอาศัยเส้นใยกล้ามเนื้อ แอคตินและไมโอซินเมื่อเกิดการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อทั้งสองชนิดจะเกิดการคาบเกี่ยวกัน มีลักษณะคล้ายตะขอ (cross-bridges) ของเส้นใยกล้ามเนื้อ โดยแอคตินจะถูกดึงให้เลื่อนผ่านไมโอซิน เข้าไปทางด้านในและจะทำให้ซาร์โคเมียร์หดตัวสั้นจนเกิดเป็นแรงดึง (tension) ขึ้น ปุ่มหรือตะขอที่ยื่นออกมาจากด้าน

ข้างของไมโอซิน ทำให้เกิดการคาบเกี่ยวกันของตะขอ จะทำงานเป็นจังหวะ ๆ คือมีการเกี่ยวสลับกันกับการปล่อยจากตะขอรับ (hook) บนแอคตินตลอดเวลาที่ถูกเร้า บริเวณที่มีการคาบเกี่ยวกันจะเรียกว่า (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 ในภาวะวิถีออกซิเดทีฟฟอสฟอริเลชั่น (oxidative phosphorelation pathway) ดำเนินไปอย่างปกติ กล้ามเนื้อจะใช้ ATP เป็นแหล่งพลังงานในการหดและคลายตัว แต่ถ้าหากวิถีออกซิเดทีฟฟอสฟอริเลชั่นเกิดขัดข้องกล้ามเนื้อจะดึงพลังงานออกมาจากครีเอทีนฟอสเฟต (creatine phosphate) หรือ CP ครีเอทีนฟอสเฟตจะทำงานโดยเป็นที่สะสมหมู่ฟอสเฟตที่มีพลังงานสูงไว้สำรองใช้ แต่ในขณะที่ปริมาณออกซิเจนที่ได้รับไม่เพียงพอกับความต้องการของกล้ามเนื้อขณะทำงานหนัก (oxygen debt) เมื่อถึงระยะพัก ออกซิเจนที่มาเลี้ยงกล้ามเนื้อจะมีพอที่จะให้วิถีออกซิเดทีฟฟอสฟอริเลชั่น ดำเนินไปอย่างปกติใหม่อีกครั้ง จะทำให้ ATP ถูกสังเคราะห์และมีการเก็บสะสมไว้สำหรับการหดตัวและคลายตัวในครั้งต่อ ๆ ไป และในขณะเดียวกัน ATP ส่วนหนึ่ง จะถูกนำไปเปลี่ยนแปลงให้เกิดการเปลี่ยนกลับ (rephosphorelate creatine) ให้กลายเป็นครีเอทินฟอสเฟตสะสมไว้เช่นกัน นอกจากกล้ามเนื้อใช้ ATP และครีเอทินฟอสเฟตแล้วยังสามารถใช้ระบบไกลโคไลซีสสำหรับให้พลังงานในภาวะที่ขาดออกซิเจนจะได้ผลผลิตสุดท้ายนอกจากจะได้ ATP ในปริมาณน้อยแล้วยังจะได้กรดแลคติกอันเนื่องจากการแตกตัวของกูลโคสให้กลายเป็นกรดไพรูวิค โดยไม่ต้องใช้ออกซิเจน ซึ่งจะผ่านเข้าระบบไหลเวียนโลหิตไปยังตับและตับจะทำการเปลี่ยนกรดแลคติกให้เป็นไกลโคเจนได้อีกครั้ง (โสภา ดอนดี, 2538 : 80)

2. การเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตาย

ภายหลังจากที่สัตว์ถูกฆ่าตายแล้ว กล้ามเนื้อของสัตว์ซึ่งมิได้หยุดดำเนินกิจกรรมในการคงสภาพของกล้ามเนื้อและเปลี่ยนเป็นเนื้อสัตว์ในทันทีทันใด แต่ตรงกันข้าม การเปลี่ยนแปลงทั้งทางเคมีและกายภาพหลายๆ อย่างได้เกิดขึ้น และดำเนินอยู่ในช่วงระยะเวลาหนึ่งจนกระทั่งเมื่อกล้ามเนื้ออยู่ในสภาพที่เกิดการเกร็งตัวอย่างถาวรหรือที่เรียกว่า เกร็ง (rigor mortis)

ปฏิกิริยาและการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นนี้ เป็นผลมาจากความพยายามที่จะคงสภาพของกล้ามเนื้อไว้ของสัตว์ เมื่อเกิดการเกร็งตัวภายหลังสัตว์ตายโดยสมบูรณ์แล้ว ถือได้ว่ากล้ามเนื้อนั้นได้กลายเป็นเนื้อสัตว์ (วรวิทย์ พันธ์เมธิศร์, 2543 : 21)

3. ปฏิกิริยาและการเปลี่ยนแปลงต่างที่เกิดขึ้นภายหลังสัตว์ตาย

การเกิดขบวนการไกลโคไลซีสในกล้ามเนื้อภายหลังจากสัตว์ตาย (post-mortem glycolysis) การพยายามคงสภาพของกล้ามเนื้อ จะดำเนินขึ้นทันทีหลังจากขจัดเอาเลือดออก เพื่อที่จะพยายามดำรงสภาพต่าง ๆ เช่นเดียวกับในขณะที่ยังมีชีวิตอยู่ ให้เหมือนเดิมซึ่งต้องอาศัยพลังงานอย่างมาก พลังงานเหล่านี้จะได้จากการย่อยสารประกอบ ATP โดยเอนไซม์ ATPase ที่อยู่ในไซโตพลาสซึม (cytoplasm) ดังสมการที่ 1

$$ATP \underset{\text{ATPase}}{\rightleftharpoons} ADP + Pi + energy$$

(สมการที่1)

เมื่อสัตว์ตายแล้วขบวนการสร้าง ATP ในสภาพปกติได้หยุดชะงักไป ดังนั้นปริมาณ ATP ที่สะสมไว้เมื่อถูกใช้ไปจึงหมดลงอย่างรวดเร็ว จึงต้องพลังงานจากขบวนการอื่น ๆ มาทดแทนพลังงานที่จะถูกใช้เป็นแหล่งแรกคือการแลกเปลี่ยนกลุ่มฟอสเฟตระหว่าง ครีเอทินฟอสเฟต กับ ADP ดังสมการที่ 2

$$\text{creatine phosphate} + ADP \underset{\text{creatine kinase}}{\rightleftharpoons} ATP + \text{creatine}$$

(สมการที่ 2)

ขบวนการนี้เกิดขึ้นในระยะเวลาสั้น ๆ เพราะครีเอทีนฟอสเฟต ที่มีปริมาณในจำกัดจะถูกใช้หมดไปอย่างรวดเร็ว แต่ไกลโคเจนซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรท ที่ถูกสะสมไว้ในกล้ามเนื้อจะถูกนำมาย่อยสลายโดยขบวนการที่มีเอนไซม์มาเกี่ยวข้องหลายขั้นตอน เพื่อให้เกิดพลังงานขึ้นในรูปแบบของ ATP ออกมาเพื่อทดแทนส่วนที่ถูกใช้ ขบวนการนี้เรียกว่าขบวนการไกลโคไลซีส หากยังมีออกซิเจนในกล้ามเนื้อเพียงพอ ขบวนการนี้ก็จะเกิดขึ้น ดังสมการที่ 3

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

(สมการที่ 3)

แต่เนื่องจากมีการขจัดเลือดออกจากกระบวนการฆ่าสัตว์ ดังนั้น ปริมาณของออกซิเจนที่เข้าไปหล่อเลี้ยงกล้ามเนื้อ โดยมีเลือดเป็นตัวกลางในการขนส่งจะลดปริมาณลงอย่างรวดเร็วขบวนการไกลโคไลซีส ซึ่งมีออกซิเจนเข้ามาเกี่ยวข้องนี้จึงเกิดขึ้นไม่ได้อีกต่อไป 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) (อาทิตย์ เชื้อทอง, 2545 : 8) 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 เช่นถ้าสัตว์ได้รับยาระบายประเภทแมกนีเซียมซัลเฟตก่อนถูกฆ่า ขบวนการไกลโคไลซีสภายหลังสัตว์ตายเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ

แต่ถ้าได้รับสารประกอบของเกลือแคลเซียมหรือได้รับแอดรีนาลีน (adrenalin) จะทำให้ขบวนการไกลโคไลซีสภายหลังสัตว์ตายเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เป็นต้น รวมทั้งอุณหภูมิหรือสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ก็จะมีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างสุดท้าย โดยอุณหภูมิที่สูงจะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในขบวนการไกลโคไลซีส ระยะเวลาของขบวนการไกลโคไลซีสจะมีผลต่อเวลาในการบ่มซากรวมทั้งอิทธิพลต่อขบวนการสลายตัวเองโดยเอนไซม์ต่าง ๆ ดังนั้นในการปรับปรุงความนุ่มควรมีการคำนึงถึงขบวนการไกลโคไลซีสภายหลังสัตว์ตาย

4. การเกิดภาวะการเกร็งตัว

ภาวะการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ มีความสัมพันธ์กับการลดลงของปริมาณ ATP ในกล้ามเนื้อในขณะที่สัตว์ถูกฆ่าตายในระยะแรก เส้นใยแอคตินและเส้นใยไมโอซินที่อยู่ในซาร์โคเมียร์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดต่างๆ จะถูกดันไม่ให้เข้ามาจับกันได้ เพราะปริมาณ ATP ที่อยู่ในไซโตพลาสซึมยังคงมีปริมาณสูง

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

5. การเปลี่ยนแปลงหลังเกิดภาวะการเกร็งตัว

เนื้อสัตว์ที่อยู่ในขณะเกิดภาวะการเกร็งตัว จะมีความเหนียวมาก แต่ในเมื่อผ่านภาวะการเกร็งตัวอย่างสมบรูณ์แล้ว เนื้อนั้นจะนุ่มขึ้น เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงในคุณสมบัติของเซลล์ ซึ่งสารประกอบแอคโตไมโอซินจะค่อย ๆ แยกออกจากกันบริเวณ Z-line จะเกิดการเสื่อมสลาย (disintegration) ซึ่งเชื่อว่าเป็นสาเหตุหนึ่งซึ่งทำให้กล้ามเนื้อค่อย ๆ อ่อนตัวลง นอกจากนี้ในเส้นใยของกล้ามเนื้อขณะมีชีวิต จะมีสารที่ใช้สลายโปรตีนชนิดหนึ่งเก็บไว้ภายในเซลล์ไลโซโซม เรียกว่า เอนไซม์คาเธพซินส์ (cathepsins) เมื่อสัตว์ตายลงและระดับ pH ของเนื้อสัตว์จะลดลงถึง pH 5.3-5.7 เหมาะสมของการทำงานของคาเธพซินส์ เอนไซม์นี้จะรั่วออกมาจากผนังเซลล์ไลโซโซมและจะทำการสลายโปรตีน และนื้อเยื่อเกี่ยวพันของเส้นใยกล้ามเนื้อได้บางส่วนจึงเป็นสาเหตุทำให้เนื้อสัตว์นุ่มขึ้น

2.2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อความนุ่มของเนื้อสัตว์

ปัจจัยที่มีผลต่อความนุ่มของเนื้อสัตว์ มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องก่อนสัตว์ตาย (Ante-mortem factors) เป็นปัจจัยที่เกิดขึ้นภายในตัวของสัตว์เอง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.1 ชนิดของสัตว์

สัตว์ที่มีขนาดใหญ่เช่น โค-กระบือ จะมีความหยาบของกล้ามเนื้อและความเหนียวของเนื้อมากกว่าสัตว์ที่มีขนาดเล็กเช่น สุกร และไก่

1.2 พันธุ์ของสัตว์

ยกตัวอย่างสายพันธุ์ของโคจะให้เนื้อโคที่มีความนุ่มหรือความเหนียวที่ต่างกัน เนื้อโคที่เหนียวจะมีค่าแรงตัดผ่านสูงกว่าเนื้อโคที่นุ่มและพบว่าเปอร์เซ็นต์ของสายเลือดโคอินเดีย (*Bos indicus*) ที่สูงขึ้น จะมีผลทำให้ค่าแรงตัดผ่านสูง (อาทิตย์ เชื้อทอง, 2545 : 8)

1.3 สารเร่งเนื้อแดง

การใช้สารอาหารกลุ่ม (beta-agronist) ผสมในอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์จะทำให้เนื้อมีความเหนียวขึ้น ทั้งนี้พบว่ามีผลทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อมีพื้นที่หน้าตัดใหญ่ขึ้นกว่าปกติ (วรวิทย์ พันธ์เมธิศร์, 2543 : 21) รวมทั้งเอนไซม์ calpastatin ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ calpain จะทำงานได้ดียิ่งขึ้น

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และคณะ (2545 : 65) ได้สรุปรายงานผลการวิจัยการเปรียบเทียบสุกรที่ได้รับและไม่ได้รับสารซัลบูตามอล ซึ่งเป็นหนึ่งในสารเร่งเนื้อแดง พบว่าในสุกรมีชีวิตที่ไม่ได้รับสาร สะโพกจะใหญ่ตามสายพันธุ์ กล้ามเนื้อบริเวณสะโพกไม่เด่นชัด สุกรมีชีวิตที่ได้รับสาร สะโพกใหญ่ดูเต่งตึงเห็นมัดกล้ามเนื้อชัดเจน เมื่อชำแหละซากพบว่า สุกรที่ไม่ได้รับสาร ซากสุกรมีไขมันสันหลังหนาและพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกจะมีขนาดเล็ก มีไขมันหุ้มที่หนามาก ลักษณะสามชั้นมีชั้นเนื้อแดงน้อยชั้นมันมาก ส่วนสุกรที่ได้รับสาร ซากสุกรมีไขมันสันหลังบางมีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกจะมีขนาดใหญ่ มีไขมันหุ้มที่บาง และมีลักษณะสามชั้นเนื้อแดงมากกว่าชั้นมัน

1.4 อายุ

อายุของสัตว์มีความเกี่ยวข้องต่อความนุ่มของเนื้อสัตว์แต่เนื่องจากการคำนึงถึงอายุเพียงอย่างเดียวไม่สามารถสรุปได้อย่างแท้จริง เนื่องจากหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความนุ่ม แต่อย่างไรก็ดีสัตว์ที่มีอายุน้อยโดยปกติจะมีความนุ่มมากกว่าสัตว์ที่มีอายุมาก (วรวิทย์ พันธ์เมธิศร์, 2543 : 21)

1.5 เพศ

สัตว์เพศผู้ ส่วนมากเนื้อจะมีความเหนียวมากกว่าเนื้อของสัตว์เพศเมีย และเนื้อของสัตว์เพศผู้ที่ถูกตอนแล้ว เช่น โคเพศผู้ตอนจะมีความนุ่มมากกว่าโคเพศผู้ไม่ตอน (วรวิทย์ พันธ์เมธิศร์, 2543 : 21)

1.6 ชนิดของกล้ามเนื้อ

ชนิดของกล้ามเนื้อของสัตว์ในแต่ละส่วนจะมีความนุ่มที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างเช่น ถ้ากล้ามเนื้อบริเวณปลายกระดูกเชิงกรานจะมีความนุ่มมากกว่ากล้ามเนื้อบริเวณกลางลำตัว (วรวิทย์ พันธ์เมธิศร์, 2543 : 22)

1.7 ปริมาณไขมันที่แทรกอยู่ภายในเส้นใยกล้ามเนื้อ

กล้ามเนื้อสัตว์ส่วนที่มีไขมันแทรกอยู่ภายในเซลล์ของกล้ามเนื้อ จะทำให้เนื้อมีความนุ่มขึ้นเนื่องจากไขมันที่แทรกอยู่ในระหว่างเซลล์นั้น ทำให้แรงยึดระหว่างเซลล์ของกล้ามเนื้อน้อยลงและไขมันเหล่านี้จะทำหน้าที่หล่อลื่น ในขณะที่เคี้ยวเนื้อ ทำให้เกิดความชุ่มฉ่ำภายในปากและรู้สึกว่านุ่มขึ้นปริมาณไขมันแทรกในเนื้อจากสัตว์ที่มีอายุมากขึ้นอาจจะมีความสัมพันธ์กับความนุ่มของเนื้อ แต่ในสัตว์ที่มีอายุน้อยจะมีไขมันแทรกน้อย (ชัยณรงค์ คันธพนิต, 2529 : 56)

1.8 ความเครียดของสัตว์ก่อนถูกฆ่า

การที่สัตว์เครียดก่อนถูกฆ่าทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายหลังสัตว์ตายและมีผลต่อคุณภาพของเนื้อ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปริมาณของไกลโคเจนที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อว่ามีปริมาณมากเพียงใด ถ้าหากมีปริมาณมาก การลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่างสุดท้ายของกล้ามเนื้อ จะลดลงต่ำเนื่องจากมีการผลิตกรดแลคติกออกมามาก จะพบว่าปัจจัยในการสะสมไกลโคเจนในเนื้อสัตว์จะเป็นปัจจัยที่สำคัญของค่าความเป็นกรด-ด่างสุดท้ายของกล้ามเนื้อ การลดต่ำลงของค่าความเป็นกรด-ด่างของกล้ามเนื้อ เป็นผลเนื่องมาจากความเครียดพบว่าสัตว์ที่มีความเครียดง่ายมักจะขี้ตื่นและมีรูปร่างค่อนข้างอุดมไปด้วยกล้ามเนื้อ เช่น สุกร ซึ่งสัตว์พวกนี้เมื่ออยู่ภายใต้สภาวะที่ทำให้เกิดความเครียดต่าง ๆ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของกล้ามเนื้อ จะถูกลดลงอย่างรวดเร็วภายใน 1 ชั่วโมง ภายหลังจากสัตว์ตาย ประกอบกับในขณะที่ซากมีอุณหภูมิสูงอยู่แล้ว เนื่องจากมีเมตาบอลิซึม (metabolism) สูง จึงเป็นเหตุให้โปรตีนของกล้ามเนื้อเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอย่างรุนแรง ทำให้โปรตีนสูญเสียความสามารถในการละลาย ทั้งนี้โปรตีนจะจับตัวกันและเกิดการตกตะกอน ทำให้สูญเสียความสามารถในการจับน้ำ สูญเสียความเข้มของรงควัตถุ ทำให้เนื้อมีสีซีด และมีน้ำไหลซึมออกมานอกกล้ามเนื้อรวมทั้งกล้ามเนื้อจะอ่อนตัวจนเป็นลักษณะเหลวหรือที่เราเรียกว่า PSE (pale soft and exudative) ซึ่งเป็นเนื้อที่ไม่พึงปรารถนาของผู้

บริโภค มักจะเกิดขึ้นในสุกร แต่กับกรณีของสัตว์ทนเครียด เช่น โค กระบือ เมื่ออยู่ภายใต้สภาวะความเครียดต่าง ๆ ร่างกายสามารถปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี จึงทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของกล้ามเนื้อมีค่าสูง โปรตีนของกล้ามเนื้อก็จะสามารถจับน้ำได้มากกว่าปกติ เมื่อนำไปเก็บแช่เย็นไว้ น้ำในเนื้อจะไม่ไหลออกมาภายนอกเนื้อได้ เมื่อนำเนื้อไปทำให้สุกเนื้อจะไม่ลดขนาดลง และเนื้อมีความนุ่ม

2. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องภายหลังสัตว์ตาย มีปัจจัยที่สำคัญดังนี้

1. ความเป็นกรด-ด่าง

ขบวนการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตายจะพบว่าความเป็นกรด-ด่างของกล้ามเนื้อเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อคุณภาพความนุ่มของเนื้อ ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดความนุ่มของเนื้อภายหลังสัตว์ตายคือ ความเป็นกรด-ด่างในกล้ามเนื้อซึ่งจะเป็นผลทำให้เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับความนุ่มของเนื้อภายหลังสัตว์ตายทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (อาทิตย์ เชื้อทอง, 2545 : 9) โดยค่าปกติความเป็นกรด-ด่างสุดท้ายของกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตายจะมีความผันแปรระหว่าง 5.4-7.2 ตามเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น การที่เนื้อสัตว์มีค่าความเป็นกรด-ด่างสุดท้ายของกล้ามเนื้อ จะมีผลเสียต่อคุณภาพเนื้อเช่น มีสีคล้ำ ถูกแบคทีเรียทำลายได้ง่าย รวมทั้งการสูญเสียความน่ากิน

2. อุณหภูมิในการเก็บรักษาเนื้อ

อุณหภูมิในการเก็บรักษาเนื้อเป็นปัจจัยสำคัญต่อความนุ่มของเนื้อไก่ การเก็บรักษาเนื้อไว้ที่อุณหภูมิต่ำในห้องเย็นที่มีอุณหภูมิ 0-15 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาตั้งแต่ 1 สัปดาห์ขึ้นไป จะทำให้ได้เนื้อที่นุ่มขึ้น เนื่องจากโปรตีนบริเวณ Z-line ในซาร์โคเมียร์ถูกย่อยสลายจึงทำให้เนื้อนุ่มขึ้น แต่ในขณะเดียวกันอาจทำให้เกิดปัญหาการหดตัวอย่างรวดเร็วของกล้ามเนื้อเนื่องจากการลดลงของอุณหภูมิของซากหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการฆ่าแล้ว (cold shortening) หากเก็บในอุณหภูมิและระยะเวลาในการลดอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม (อาทิตย์ เชื้อทอง, 2545 : 9) โดยทั่วไปพบว่า อุณหภูมิที่มีแนวโน้มให้เกิดปัญหาดังกล่าว จะอยู่ที่อุณหภูมิประมาณ 10 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส อาจทำให้กล้ามเนื้อเกิดการแข็งและเกร็งตัวอย่างถาวรหลังจากสัตว์ตาย (rigor shortening) ได้ ซึ่งปรากฏการณ์นี้สามารถเริ่มต้นการเกิดที่ค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 6.0-6.3 และมี ATP อยู่ที่ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกันกับในขณะมีชีวิตอยู่ซึ่งจะตรงข้ามกับปรากฏการณ์ (cold shortening) ซึ่งจะเริ่มต้นที่ประมาณค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.0 และมี ATP ใกล้เคียงกันกับขณะมีชีวิตเนื้อสัตว์เมื่อถูกเก็บไว้ในห้องเย็นภายหลังถูกฆ่า พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างจะลดลงอย่างช้า แต่ถ้าเก็บเนื้อสัตว์ภายหลังถูกฆ่าที่อุณหภูมิสูงจะพบว่า (membrane-bond lysosomal) เอนไซม์จะถูกปล่อยออก

มา ซึ่งเอนไซม์เหล่านี้จะทำงานได้ดียิ่งขึ้นเพราะเนื่องจากค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่ลดลงอย่างรวดเร็วและอุณหภูมิที่สูงพอเหมาะ กระบวนการเกิดภายหลังการเกิดการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อที่อุณหภูมิสูงเนื้อจะมีความนุ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นผลจากการทำงานของ (μ-glucoronidase และ cathepsin) ซึ่งเป็นเอนไซม์ประเภท (lysosomal) ทั้งสองชนิดที่ทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น ความนุ่มของเนื้อจะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิในช่วงเวลา 2-4 ชั่วโมงแรกภายหลังสัตว์ตาย

3. การทำให้เนื้อสุก

การทำให้เนื้อสุกโดยการให้ความร้อนจะมีผลต่อการลดขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อคล้ายกับการเกิด (cold shortening) แต่จุดที่ต่างกันคือการให้ความร้อนจะทำให้ขนาดเส้นใยมีความหนาลดลง แต่การเกิด (cold shortening) จะทำให้ความยาวของเส้นใยลดลง การใช้ความร้อน อาจจะทำให้ความนุ่มของเนื้อเพิ่มขึ้นหรือลดลง ซึ่งขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและเส้นใยของกล้ามเนื้อ อันเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเนื้อสัตว์ (อาทิตย์ เชื้อทอง, 2545 : 9) เนื้อสัตว์ที่มีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันค่อนข้างมาก เช่นเนื้อสัตว์บริเวณส่วนขาหลัง การทำให้สุกนั้นต้องคำนึงว่าทำอย่างไร จึงจะทำให้เนื้อเยื่อเกี่ยวพันนั้นคลายความเหนียวลงให้มาก ควรใช้วิธีให้ความร้อนชื้น (moist heat) เป็นระยะเวลานานพอสมควรเพราะน้ำเป็นสื่อในการนำความร้อนที่ดี เนื่องจากโปรตีนคอลลาเจนในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันจะถูกทำให้เกิดการแปลงสภาพและถูกไฮโดรไลซ์ให้กลายเป็นเจลาติน(gelatin) ซึ่งเป็นสารประกอบตัวใหม่ที่มีลักษณะกึ่งเหลวกึ่งแข็ง ทำให้ความเหนียวลดลง สำหรับเนื้อสัตว์ที่มีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันค่อนข้างน้อย เช่น เนื้อบริเวณสันหลัง การทำให้สุกควรคำนึงเสมอว่าจะต้องให้ความเหนียวของเส้นใยกล้ามเนื้อเกิดขึ้นน้อยที่สุด ดังนั้นการทำให้เนื้อสุกควรใช้ความร้อนไม่สูงมากนัก และใช้ระยะเวลาสั้นๆ จึงเหมาะกับการใช้ความร้อนแห้ง (dry heat) เช่นการย่าง ปิ้ง หรืออบ เพราะอากาศเป็นสื่อในการนำความร้อนที่ไม่ดี ความร้อนจะผ่านทะลุเข้าไปในก้อนเนื้อได้ช้า เพื่อช่วยลดการเปลี่ยนแปลงสภาพโปรตีน ในเส้นใยกล้ามเนื้อให้น้อยลง เนื้อที่ได้จึงนุ่ม (อาทิตย์ เชื้อทอง, 2545 : 10)

4. เอนไซม์

ความเป็นกรด-ด่างสุดท้ายของกล้ามเนื้อจะอยู่ที่ค่าประมาณ 5.5 ภายในเวลา 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย การสูญเสียพลังงาน ATP ในการที่จะดำเนินขบวนการขนถ่ายอิเล็กตรอน ทำให้ lipoprotein membrane จะถูกเปลี่ยนสภาพไปในระหว่างขบวนการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตาย รวมทั้งโปรตีนกลุ่มหลักได้แก่ เดสมิน โทรโปนินที และเป็นส่วนน้อยที่เป็นโปรตีนจำพวกไททิน โทรโปนินไอ โทรโปนิน ซี จะปรากฏหลักฐานที่ส่วนปลายของ แอคตินที่อยู่ใน Z-disk จะเกิดรอยแตกในระหว่างมีการเปลี่ยนแปลงภายหลังสัตว์ตาย ลักษณะรอยเหล่านี้เป็นส่วนที่อธิบายได้ว่าภายหลังสัตว์ตาย การถูกทำลายของโมเลกุลแอคติน

รวมทั้งบริเวณรอย Z-disk การเลือนหายไปของเดสมิน ซึ่งอยู่บริเวณรอบ ๆ Z-disk จะพบว่าแยกตัวออกตามแนวยาวได้ง่ายขึ้นโดยพบได้ง่ายมากขึ้นเมื่อกล้ามเนื้อได้ผ่านขบวนการบ่มซาก อัตราการสูญเสียของโทรโปนิน ที จะไม่มีความสัมพันธ์กันกับการเปลี่ยนแปลงบริเวณ Z-disk แต่จะพบความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของค่า pH (ตารางที่ 3) ในกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะในการลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง สุดท้ายที่ลดลงอย่างรวดเร็ว เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยโปรตีนแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่ม non-lyzosomal และ lyzosomal (วรวิทย์ พันธ์เมธิศร์, 2543 : 22)

ตารางที่ 3 ชนิดของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องต่อการย่อยโปรตีนและช่วง pH ที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์

เอนไซม์ที่ย่อยโปรตีน	ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ทำให้เอ็นไซม์ทำงาน
Non-lyzosomal	
Calcium activated 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 อาทิตย์ เชื้อทอง, 2545 :14)

3. กรรมวิธีในการตรวจสอบความนุ่มของเนื้อสัตว์ สามารถตรวจสอบได้ดังนี้

1. การวัดความยาวซาร์โคเมียร์ กล้ามเนื้อที่เหนียวซาร์โคเมียร์จะมีการหดตัวสั้นกว่ากล้ามเนื้อที่นุ่ม กรรมวิธีนี้มีข้อจำกัดคือการวัดความยาวซาร์โคเมียร์ ควรจะทำภายใน 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย ค่าความยาวซาร์โคเมียร์นั้นสามารถคลาดเคลื่อนได้ เนื่องจากการเกิด (cold shortening) โดยจะพบความยาวของซาร์โคเมียร์ที่ลดลงผิดปกติเพราะการเกยซ้อนกันของ (M-line, I-band และ thick filament) รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงของกายภาพและสัณฐานของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและร่างแหเรติคูลัม (อาทิตย์ เชื้อทอง, 2545 : 16)

2. การวัดปริมาณของคอลลาเจนทั้งหมด ถ้ากล้ามเนื้อมีปริมาณของคอลลาเจนสูงจะมีผลทำให้เนื้อสัตว์เหนียว ปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดในกล้ามเนื้อจะผันแปร ตามชนิดของกล้ามเนื้อปัจจุบันได้มีการปรับปรุงกรรมวิธีในการวัดปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดเป็นดัชนีในการวัดความนุ่ม โดยเปลี่ยนเป็นการวัดปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้แทนการวัดปริมาณคอลลาเจนทั้งหมด ซึ่งจะให้ความแม่นยำมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสัตว์ที่มีอายุน้อยจะมีคอลลาเจนที่ละลายได้ในปริมาณสูงกว่าสัตว์ที่มีอายุมาก ซึ่งเนื้อที่มีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้สูงจะเหนียวน้อยกว่า ปริมาณคอลลาเจนจะไม่ขึ้นอยู่กับอายุของสัตว์ ในทางกลับกันชนิดของคอลลาเจนจะขึ้นอยู่กับอายุของสัตว์ โดยระดับคอลลาเจนที่ละลายได้จะลดลงเมื่อสัตว์อายุมากขึ้น ดังนั้นเนื้อสัตว์อายุมากจึงเหนียว จากรายงานของ Crouseและคณะ, 1978; วรวิทย์, 2543 (อ้างโดย อาทิตย์ เชื้อทอง,2545 : 17) ได้กล่าวว่า ปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้จะมีความสัมพันธ์กับความนุ่มของกล้ามเนื้อ ดังนั้นหากการตรวจสอบความนุ่มของเนื้อสัตว์โดยใช้องค์ประกอบทางชีวเคมี ควรใช้ปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ในการตรวจสอบเพื่อจัดระดับความนุ่มของเนื้อสัตว์

3. การใช้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ เป็นการวัดความนุ่มทางฟิสิกส์โดยการอาศัยแรงกดของใบมีดที่กระทำต่อเนื้อที่สุกแล้ว โดยใบมีดจะตัดผ่านตามแนวขวางของเส้นใยกล้ามเนื้อ ถ้าหากค่าแรงตัดผ่านยิ่งสูง ก็แสดงว่ามีความเหนียวมากขึ้นตามการใช้แรงในการตัดเนื้อให้ขาดออกจากกัน

4. การวัดการสลายตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ (myofibril fragmentation index, MFI)) เป็นการวัดความนุ่มอีกวิธีหนึ่ง การใช้ความยาวของคลื่นแสงที่ 540 mM กับเส้นใยของกล้ามเนื้อที่ยังคงเหลือจากการสลายตัวแล้วนำค่าที่ได้มา เปรียบเทียบกับมาตรฐานที่ตั้งไว้โดยกำหนดไว้ดังนี้

MFI	60	หรือมากกว่า	=	นุ่มมาก
MFI	50-59		=	ปานกลาง
MFI	ต่ำกว่า 50		=	เหนียว

การวัดค่า MFI เป็นการวัดความนุ่มที่ได้ผลใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดวิธีหนึ่ง และสามารถลดปัจจัยที่อาจทำให้คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้ เช่น การวัดความยาวซาร์โคเมียร์ ซึ่งอาจให้ผลคลาดเคลื่อนเนื่องจากปัจจัยก่อนสัตว์ตาย เช่น กรรมวิธีในการฆ่า หรือ การหดตัวของกล้ามเนื้อเนื่องจากการลดอุณหภูมิของเนื้ออย่างรวดเร็ว (cold shortening) หรือปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดและปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ (อาทิตย์ เชื้อทอง, 2545 : 16)

2.3 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับคุณค่าของเนื้อไก่

เนื้อไก่มีคุณค่าทางอาหารมาก หรือโภชนะสำคัญต่าง ๆ มาก แต่มีค่าแคลอรีต่ำมีกรดไขมันทั้งชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว ไขมันในเนื้อไก่ประกอบด้วยกรดไขมันที่สำคัญต่าง ๆ ที่จำเป็น (Essential fatty acids) และโปรตีนที่มีกรดอะมิโนสำคัญ ๆ อย่างบริบูรณ์ โดยทั่วไปเนื้อไก่ไม่เหนียว จะเคี้ยวหรือบดง่าย ย่อยง่าย รสชาติ กลิ่นกลมกลืนเข้ากันได้กับเครื่องปรุงหรืออาหารต่าง ๆ ได้ดี

สุวรรณ เกษตรสุวรรณ (2529 : 68) ได้วิเคราะห์โภชนะในเนื้อสัตว์ปีก 5 ชนิด ปรากฏว่า เนื้อไก่มีโปรตีนระดับเดียวกันกับเนื้อไก่งวงและนกกระทา นับได้ว่าเนื้อไก่เป็นอาหารที่ความสำคัญ ทางเศรษฐกิจ ปรุงแต่งเป็นอาหารได้ง่าย สะดวก และเป็นแหล่งรวมโภชนะต่าง ๆ ไว้โดยครบครัน ผู้บริโภคให้ความสำคัญด้านปริมาณโปรตีน ไขมัน ความนุ่ม รสชาติ ดังหัวข้อที่จะศึกษาต่อไปนี้

2.3.1 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไก่

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไก่สามารถจำแนกได้ 6 ประเภทดังนี้ คือ

1. น้ำ เนื้อไก่ที่อายุมากมีน้ำน้อยกว่าเนื้อไก่ที่มีอายุอ่อนกว่า เนื้อไก่จะมีน้ำมากน้อยต่างกัน ขึ้นอยู่กับอายุและชนิดของไก่ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 แสดงน้ำในเนื้อไก่

ชนิดของสัตว์	น้ำในเนื้อไก่ (%)
ไก่กระทง	71
ไก่หนุ่ม (อายุ3-5 เดือน)	66
แม่ไก่ (อายุ 10 เดือนขึ้นไป)	56
ไก่งวง (อ้วนปานกลาง)	58

ที่มา : สุวรรณ เกษตรสุวรรณ, 2529 : 68

2. พลังงาน เปรียบเทียบเนื้อไก่กับเนื้อสัตว์ชนิดอื่นแล้ว เนื้อไก่มีพลังงานความร้อนต่ำกว่า ฉะนั้นจึงเหมาะที่จะใช้เป็นอาหารของผู้ที่ต้องการรักษาน้ำหนักของร่างกาย (Weigh control diets) และยังเหมาะสำหรับผู้ฟื้นไข้ ผู้สูงอายุ และผู้มีร่างกายไม่สมบูรณ์ การรับประทานเนื้อไก่ จะได้โปรตีนที่ดีครบถ้วน และมีแคลอรีต่ำไปบำรุงร่างกายอีกด้วย (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 แสดงพลังงานในเนื้อไก่

ชนิดของสัตว์	จำนวนกิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม
ไก่กระทง	150
ไก่หนุ่ม	200
แม่ไก่	302
ไก่งวง	268

ที่มา : สุวรรณ เกษตรสุวรรณ, 2529 :69

3. โปรตีนต่าง ๆ เนื้อไก่มีโปรตีนชั้นดี เช่นเดียวกับเนื้อสัตว์ชนิดอื่น เนื้อไก่เป็นเนื้อที่ย่อยง่าย และมีกรดอะมิโนสำคัญต่าง ๆ อย่างสมบูรณ์สูงกว่าของเนื้อสัตว์อย่างอื่น (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบกรดอะมิโน นม ไข่ และเนื้อชนิดต่าง ๆ ตามเปอร์เซ็นต์ของโปรตีน

กรดอะมิโน	ไก่งวง (%)	ไก่ (%)	โค (%)	สุกร (%)	นม (%)	ไข่ (%)
Arginine	6.5	6.7	6.4	6.7	4.3	6.4
Cystine	1.0	1.8	1.3	1.9	1.0	2.4
Histidine	3.0	2.0	3.3	2.1	2.6	2.1
Isoleucine	5.0	4.1	5.2	3.8	8.5	8.0
Leucine	7.6	6.6	7.8	6.8	11.5	8.0
Lysine	9.0	7.5	8.6	8.0	7.5	9.2
Methionine	2.6	1.8	2.7	1.7	3.4	4.1
Phenylalanine	3.7	4.0	3.9	3.6	5.7	6.3
Threonine	4.0	4.0	4.5	3.6	4.5	4.9
Thyptophan	0.9	0.8	1.0	0.7	1.6	1.5
Tyrosine	1.5	2.5	3.0	2.5	5.3	4.5
Valine	5.1	6.7	5.1	4.5	8.4	7.3

ที่มา : สุวรรณ เกษตรสุวรรณ, 2529 : 70

เปรียบเทียบโปรตีนของเนื้อไก่กับของเนื้อสัตว์อื่น จะเห็นได้ว่าเนื้อไก่มีโปรตีนและกรดอะมิโนสูงกว่า หรือทัดเทียมกัน คือโปรตีนของเนื้อไก่มี 25-35 เปอร์เซ็นต์ เนื้อสุกร 23-24 เปอร์เซ็นต์ เนื้อแกะ 21-24 เปอร์เซ็นต์

สุวรรณ เกษตรสุวรรณ (2529 : 71) ได้รายงานผลไว้ในตารางที่ 7 จะเห็นได้ว่าระหว่างเนื้อไก่กับเนื้อเป็ด เนื้อไก่มีโปรตีนสูงกว่า มีไขมันต่ำกว่าอีกด้วย

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบโภชนะในเนื้อไก่กับเนื้อเป็ด

โภชนะ	เนื้อเป็ด (%)	เนื้อไก่ (%)
น้ำ	54.3	68.8
โปรตีน	16.0	21.4
ไขมัน	28.6	8.2
คาร์โบไฮเดรต	0.0	0.0
เถ้า	1.0	1.2
กิโลแคลอรี/100 กรัม	326.0	165.0

ที่มา : สุวรรณ เกษตรสุวรรณ, 2529 : 71

4. ไขมัน เนื้อไก่มีค่าไอโอดีนต่ำกว่าพวกเป็ดและห่าน การมีค่าไอโอดีนต่ำกว่าแสดงว่ามีกรดไขมันชนิดอิ่มตัวน้อยกว่า เนื้อไก่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูงกว่าของพวกเนื้อสัตว์ชนิดอื่นที่มีสีแดงกว่า แต่จะน้อยกว่าของไขมันจากพืช (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 แสดงกรดไขมัน

ชนิดสัตว์ปีก	ไอโอดีน	กรดไขมันชนิดอิ่มตัว	กรดโอลิอิค Oleic	ลินโนลิอิค Linoleic	ลินโนลินิค Linolenic	อาราชิโดนิค Arachidonic
ไก่	68-80	28-31	51-57	14-18	0.7-1.0	0.3-0.5
ไก่งวง	73-79	28-33	39-51	13-21	0.8-13	0.2-0.7
เป็ด	87	27	42	24	1.4	1.2
ห่าน	67	30	57	8	0.4	0.05
นกพิราบ	82	23	56	17	0.7	0.04

ที่มา : สุวรรณ เกษตรสุวรรณ, 2529 : 71

ไขมันสัตว์ปีกต่าง ๆ มีมากน้อยต่างกันตาม อายุ เพศ และชนิดของสัตว์ปีกนั้น ๆ เช่น ที่หนังไก่งวงสุก มีไขมัน 33.8 เปอร์เซ็นต์ แต่ที่เนื้อหน้าอกไก่งวงมีไขมันเพียง 6.2-8.3 เปอร์เซ็นต์ เนื้อหน้าอกไก่สุกมีไขมันเพียง 1.3 เปอร์เซ็นต์ เนื้อลูกวัวมีไขมัน 11 เปอร์เซ็นต์ เนื้อวัวตัวใหญ่มีไขมัน 13-30 เปอร์เซ็นต์ ไก่มีไขมันใต้ผิวหนังต่างกับเนื้อสัตว์ชนิดอื่น ซึ่งเนื้อสัตว์ชนิดอื่นจะมีไขมันกระจายปะปนกับเนื้อเยื่อต่าง ๆ ทำให้มีเอ็นและผังผืดมาก

5. ไวตามินต่าง ๆ เนื้อไก่มีไนอาซีนสูงมาก และมีไรโบฟลาวิน ไทอามีน กับกรดแอสคอบิค มากพอใช้ ตับไก่ดิบมีไวตามินเอ 32,500 หน่วยสากล ไทอามีน 0.20 มิลลิกรัม ไรโบฟลาวิน 2.46 มิลลิกรัม ไนอาซีน 11.8 มิลลิกรัม กรดแอสคอบิค 20 มิลลิกรัม ที่ส่วนอื่น ๆ ของตัวไก่ก็มีไวตามินเหล่านี้ แต่มีไวตามินน้อยกว่าเนื้อไก่

6. เกลือแร่ต่าง ๆ ในเนื้อไก่มีเกลือแร่ต่าง ๆ พวกโซเดียม โปแตสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส กำมะถัน คลอรีน และไอโอดีน

2.3.2 คุณลักษณะด้านคุณภาพของเนื้อไก่ (Poultry meat Quality)

คุณลักษณะด้านคุณภาพของเนื้อไก่แบ่งได้ 3 ประเภทดังนี้

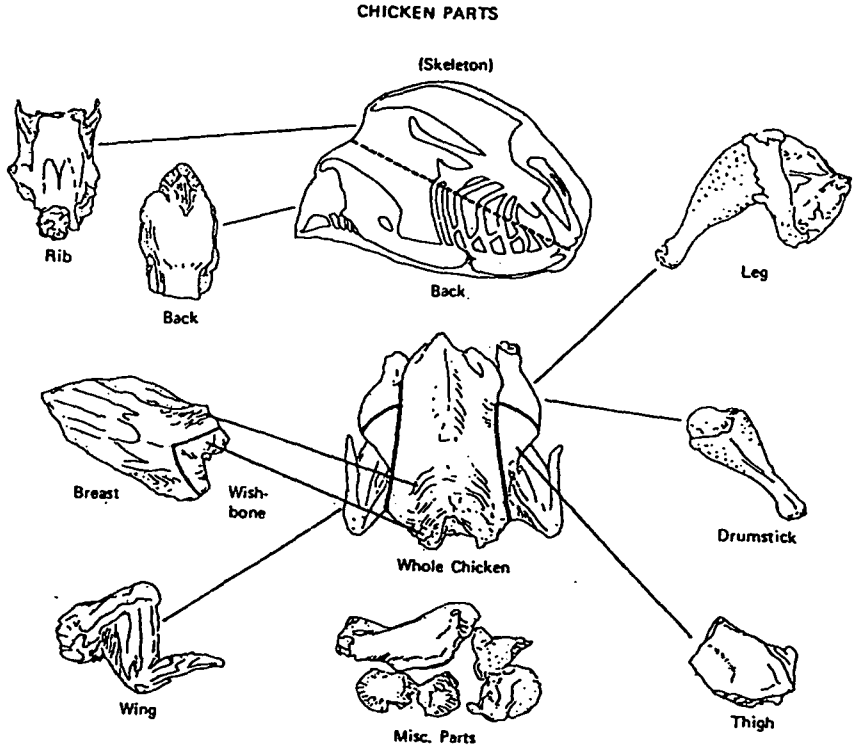
1. การตัดแต่งซากไก่ (Poultry carcass cutting) การตัดแต่งซากไก่มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 ขาและสะโพก (leg and thighs) ทำได้โดยใช้มีคม ๆ ตัดแยกส่วนของสะโพกออกจากลำตัวไก่ตามแนวกระดูก จากนั้นแบ่งส่วนของขาและสะโพกออกจากการกันตามแนวต่อของกระดูก

1.2 ปีก (wing) ใช้มีดเซาะรอยต่อกระดูก เมื่อเอาปีกออกจากลำตัว

1.3 ลำตัว (body) แบ่งส่วนลำตัวเป็น 2 ส่วนตามแนวขวางได้ลำตัวส่วนบน (upper body) และลำตัวส่วนล่าง (lower body)

1.4 อก (breast) แบ่งลำตัวส่วนบน (upper body) เป็นอก 2 ส่วน ตามกึ่งกลางของอก ซึ่งการตัดแต่งตามหลักสากลก็จะได้ชิ้นส่วน ขา (leg or drum stick) 2 ชิ้น สะโพก (thigh) 2 ชิ้น ปีก (wing) 2 ชิ้น อก (breast) 2 ชิ้น และลำตัวส่วนท้าย (lower body) 1 ชิ้น (สัญชัย จตุรสิทธา, 2543 :143-146) (ภาพที่ 6)



<u>ภาพที่ 6</u> แสดงการตัดแต่งซากไก่

ที่มา : สัญชัย จตุรสิทธา, 2543 : 144

2. คุณลักษณะความเป็นกล้ามเนื้อ (Muscling) เป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ เนื่องจากสามารถเปรียบเทียบราคา และคุณค่าของปริมาณเนื้อ ดังนั้นความเป็นกล้ามเนื้อมีปัจจัยหลายอย่างเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น พันธุ์ อายุ เพศ อาหารที่ได้รับ เป็นต้น นอกจากนี้ชิ้นส่วนที่ให้ปริมาณเนื้อมากก็ย่อมเป็นที่สนใจของผู้บริโภค ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างเนื้อต่อกระดูกจึงต้องพิจารณาให้ดี ตัวบ่งชี้ที่สำคัญคือน้ำหนักซาก และมีข้อเสนอแนะให้ซื้อไก่ที่มีน้ำหนักมาก เนื่องจากความได้เปรียบด้านปริมาณเนื้อสูง กระดูกต่ำ นอกจากนี้ คุณภาพการบริโภคโดยเฉพาะรสชาติที่ดี (สัญชัย จตุรสิทธา, 2543 :143-146) (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 คุณภาพซากไก่ที่น้ำหนักซากต่าง ๆ กัน

	น้ำหนัก				
น้ำหนักเฉลี่ย (g)	435	657	939	1260	1502
ชิ้นส่วนที่บริโภค (%)	70.4	74.5	75.5	77.5	77.9
เนื้อแดง (%)	51.8	55.9	57.2	58.5	58.8
กระดูก (%)	29.6	25.5	23.5	22.5	22.1
เนื้อแดง : กระดูก	1.75	2.19	2.43	2.60	2.66

ที่มา : สัญชัย จตุรสิทธา, 2543 : 145

3. คุณลักษณะด้านคุณภาพในการบริโภค (Eating quality) สิ่งแรกที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญต่อคุณภาพเนื้อไก่ในระหว่างการปรุงอาหารคือการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงอาหารพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียน้ำคือ

- อายุและการเลี้ยงดู สัตว์ที่มีอายุมากและอ้วน การสูญเสียน้ำก็มากขึ้นด้วย

-โครงสร้างกายภาพของเนื้อไก่ปัจจัยนี้เริ่มตั้งแต่การขนย้ายสัตว์จากฟาร์มสู่โรงฆ่าจนกระทั่งฆ่าและตัดแต่ง ซึ่งปัญหาที่พบคือ ความเครียดของสัตว์ และวิธีการฆ่าสัตว์ ซึ่งถ้าควบคุมให้ได้มาตรฐาน ปัญหาดังกล่าวจะหมดไป

- การตัดแต่งซาก รวมไปถึงการทำความสะอาดและวิธีการแช่เย็น ซึ่งจำเป็นต้องรักษาความสะอาดให้ปราศจากการปนเปื้อนให้มากที่สุด

- การตรวจชิม เป็นการวัดคุณภาพโดยรวมของความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ สี กลิ่น และการยอมรับโดยรวม ซึ่งผู้ตรวจชิมเป็นผู้ที่ผ่านการฝึกฝนการชิมเป็นอย่างดี ความนุ่มนอกจากจะวัดได้จากการชิมแล้ว ยังสามารถวัดความนุ่มของเนื้อได้ด้วยเครื่อง Warner Blatzler shear หรือ Instron เพื่อวัดแรงตัดผ่านเนื้อ ผลที่ได้สอดคล้องกับการตรวจชิมเสมอ ปัจจัยที่มีผลต่อความนุ่มของเนื้อไก่คือ อายุ รูปร่าง การเลี้ยงดู การทำให้สลบ การลวก การถอนขน การเก็บรักษา (ตารางที่ 10) (สัญชัย จตุรสิทธา, 2543 :143-146)

ตารางที่ 10 ปัจจัยที่มีผลต่อความนุ่มเนื้อไก่ (Kallweit et al.,1988)

ปัจจัย	ความนุ่ม(จำนวนคน)		ความเหนียว (จำนวนคน)
อายุ	- มาก		3
รูปร่าง	- ไขมันมาก	3	
	- เนื้อมาก		3
การเลี้ยงดู	- ไก่ตื่นเครียด		3
การทำให้สลบ	- ไม่มี	3	
	- มี		3
การลวก	- อุณหภูมิสูง		3
การถอนขน	- เครื่อง		3
	- มือ	3	
เก็บรักษา	- อุณหภูมิต่ำ	3	
	- อุณหภูมิสูง		3

ที่มา : สัญชัย จตุรสิทธา, 2543 :148

2.3.3 คุณสมบัติที่ดีของเนื้อไก่

คุณสมบัติที่ดีของเนื้อไก่ สามารถจำแนกได้ 4 ประเภท คือ

1. เนื้อไก่เป็นอาหารอย่างดีสำหรับคนทุกประเภท ตั้งแต่เด็กอ่อน คนสูงอายุ คนไข้ และคนที่ต้องการรักษาน้ำหนักของร่างกายไม่ให้อ้วนเกินไป

2. ไก่มีส่วนของเนื้อที่ใช้ทำอาหารได้มาก เวลาหุงต้มมีส่วนหดหายน้อย ง่ายต่อการปรุงและรับประทาน เพราะเส้นกล้ามเนื้อของไก่มีขนาดสั้นและย่อยง่าย เหมาะอย่างยิ่งกับผู้ป่วยที่เกี่ยวกับระบบการย่อยอาหาร

3. เนื้อไก่จะแยกกระดูกออกจากเนื้อง่ายกว่าเนื้อสัตว์อย่างอื่น คนไข้สามารถรับประทานได้ เพราะเนื้อยุ่ย รสหวาน

4. เทียบกับราคาระหว่างสัดส่วนที่กินได้ และจำนวนโภชนะต่าง ๆ กับสัดส่วนของเนื้ออย่างอื่นแล้วอาจนับได้ว่า การซื้อไก่มาเป็นอาหารนั้นคุ้มค่าและดีกว่าเนื้อสัตว์อย่างอื่น เพราะได้โภชนะที่สำคัญครบถ้วน (สุวรรณ เกษตรสุวรรณ, 2529 : 77)

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อในเนื้อไก่พื้นเมือง ได้ข้อสรุปดังต่อไปนี้

ความสามารถในการอุ้มน้ำในเนื้อมีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ ขนาดของสัตว์ อายุ น้ำหนักของสัตว์ ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำในเนื้อนั้นมาจาก สภาพการหดตัวหรือคลายตัวของกล้ามเนื้อ ความเครียดของสัตว์ก่อนถูกฆ่า สัตว์มีอาการอ่อนเพลียไม่มีพลังงานสะสมในกล้ามเนื้อ ในกล้ามเนื้อสัตว์นั้นส่วนที่มนุษย์นำมาบริโภคคือส่วนของกล้ามเนื้อลาย ภายในกล้ามเนื้อลายประกอบด้วย เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน หน้าที่ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันคือ เชื่อมต่อและยึดประสานกล้ามเนื้อกับกระดูก ภายในกล้ามเนื้อประกอบด้วย ชั้นของเอนโดไมเซียม ห่อหุ้มเส้นใยกล้ามเนื้อ ถัดออกไปเป็นชั้นของเพอริไมเซียม อยู่รอบ ๆ มัดกล้ามเนื้อ ชั้นสุดท้ายคือชั้นอีพิไมเซียม อยู่รอบ ๆ กล้ามเนื้อโครงร่าง ซึ่งมีไขมันแทรกระหว่างกล้ามเนื้อ ภายในกล้ามเนื้อ หน่วยที่เล็กที่สุดของไมโอไฟบริล เรียกว่า ซาร์โคเมียร์ โครงสร้างของกล้ามเนื้อลาย อยู่รวมกันเป็นมัด ๆ และกล้ามเนื้อลายจะมีสีแดงแทรกอยู่ในมัดกล้ามเนื้อ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ นั่นก็คือหน้าที่ของกล้ามเนื้อ ที่ใช้ในการเคลื่อนไหว อย่างสม่ำเสมอ ทำให้เซลล์มีขนาดใหญ่ ซึ่งทำให้มองเห็นเนื้อค่อนข้างหยาบ เช่น กล้ามเนื้อขา เป็นต้น อายุของสัตว์ ถ้าเป็นสัตว์ที่อายุน้อย เนื้อจะนุ่มกว่าสัตว์ที่โตเต็มที่แล้ว อาหาร สายพันธุ์ การออกกำลังกาย มีผลต่อขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อทั้งสิ้น

ในเนื้อไก่มีคุณค่าทางอาหารมาก หรือโภชนะสำคัญต่าง ๆ มากมาย นับได้ว่าเนื้อไก่เป็นอาหารที่มีความสำคัญ ต่อผู้บริโภคเนื้อสัตว์ ในเนื้อไก่ที่อายุน้อย จะมีน้ำในเนื้อมากกว่าไก่โตเต็มที่ ในเนื้อไก่มีโปรตีนชั้นดีกว่าเนื้อสัตว์ชนิดอื่น ๆ ในการตัดแต่งซากไก่ จะมีการตัดแต่งตามลักษณะของมาตรฐานสากล ขาและสะโพก ปีก ลำตัว อก ในความเป็นกล้ามเนื้อ เป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ เนื่องจากสามารถเปรียบเทียบราคา และคุณค่าของปริมาณเนื้อ ในการเลือกซื้อไก่ควรเลือกซื้อไก่ที่มีน้ำหนักมาก ๆ เนื่องจากมีเนื้อสูงและกระดูกต่ำ ในด้านโครงสร้างทางกายภาพของเนื้อไก่เริ่มตั้งแต่ขนย้ายสัตว์จากฟาร์มสู่โรงเชือด จะต้องมีการควบคุมให้ได้มาตรฐาน ปัญหาก็จะหมดไป การตรวจชิมเนื้อไก่ สามารถวัดความนุ่มของเนื้อได้พอกับเครื่อง Warner blatzler shear หรือ Instron เมื่อวัดแรงตัดผ่าน ผลที่ได้สอดคล้องกับการตรวจชิมเสมอ คุณสมบัติที่ดีของเนื้อไก่ เนื้อเป็นอาหารอย่างดีสำหรับคนทุกประเภท ทุกศาสนา เส้นกล้ามเนื้อไก่มีขนาดสั้นและย่อยง่าย เหมาะกับผู้ป่วยที่เกี่ยวกับการย่อยอาหาร และเมื่อเทียบกับราคาแล้วที่ซื้อเนื้อไก่มาทำอาหารแล้วนั้น ถือว่าคุ้มค่าและดีกว่าเนื้อสัตว์อย่างอื่น เพราะได้โภชนะที่ครบถ้วน

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดความสามารถในการอุ้มน้ำโดยวิธีของ Press Method ประกอบด้วย ชุดเครื่องมือเบรานช์ไวเกอร์ กระดาษกรองเบอร์ 1117 ของบริษัท Scheicher & Schuell ประเทศเยอรมนี ขนาด 60 X 60 มิลลิเมตร แผ่นแม่แบบและตารางมาตรฐาน ดินสอ กรรไกร คีมคีบ กระดาษบันทึก และนาฬิกาจับเวลา

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการชำแหละและตัดแต่งได้แก่ มีดชำแหละ เขียงพลาสติก และถาดใส่ตัวอย่าง ชิ้นส่วนของเนื้อไก่

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ ได้แก่ คีมคีบ กล้องจุลทรรศน์ กระจกสไลด์ เครื่องปั่น ตู้เย็น และมีดผ่าตัด

3.1.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

1. สารละลายฟอร์มาลีน (formaline) ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์

2. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ความเข้มข้น 0.9 เปอร์เซ็นต์

3.2 วิธีการวิจัย

การศึกษาความสามารถในการอุ้มน้ำในเนื้อและการศึกษาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อของเนื้อไก่พื้นเมือง มีวิธีการวิจัยดังนี้

3.2.1 การวางแผนการวิจัยและวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

การวางแผนการทดลองในการศึกษาเปรียบเทียบ ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ชิ้นส่วนของไก่พื้นเมือง 3 ปัจจัย จากกล้ามเนื้อสันนอก ของส่วนอก สะโพก และน่อง จากเนื้อไก่พื้นเมือง จำนวน 30 ตัว การวิเคราะห์ข้อมูลผลการศึกษาเปรียบเทียบในชิ้นส่วนต่าง ๆ ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Random Design, CRD) โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มทดลอง คือ เนื้ออก สะโพก น่อง วางแผนการทดลองและวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อและ

วิเคราะห์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ ด้วยรูปแบบ One factor analysis โดยปัจจัยที่ต้องการศึกษามี 3 ระดับ คือ ส่วนอก สะโพก และน่อง ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) (สุรพล อุปดิสสกุล, 2521 : 36) โดยมีโมเดลดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + M_i + e_{ij}$$

โดยที่ Y_{ij} = ค่าสังเกตที่ต้องการศึกษาจากชิ้นส่วนที่ i สัตว์ตัวที่ j

μ = ค่าเฉลี่ยรวมที่เกิดขึ้นกับทุก ๆ ค่าสังเกต

M_i = อิทธิพลของชิ้นส่วนที่ i (i = 1,2,3)

e_{ij} = ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าสังเกต ชิ้นส่วนที่ i สัตว์ตัวที่ j

3.2.2 ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อไก่พื้นเมืองส่วน อก สะโพก น่อง ที่ได้จากการตัดแต่งซาก จำนวน 30 ตัว

3.2.3 การเตรียมการวิจัย

1. ฆ่าไก่เอาเลือดออก ลวกน้ำร้อน ถอนขน ทำความสะอาดซากไก่ให้สะอาด

2. ชำแหละซากและตัดแต่งซากไก่ แยกส่วน อก สะโพก และน่อง ไว้ในถาดใส่ตัวอย่างชิ้นส่วนของเนื้อไก่

3.2.4 การเตรียมสารเคมี

1. เตรียม neutral formaline ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์

1.1 เตรียมน้ำกลั่น 960 มิลลิลิตร เพื่อใส่ลงใน Volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร

1.2 เตรียม neutral formaline ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ โดยการตวง neutral formaline ปริมาตร 40 มิลลิลิตร แล้วค่อย ๆ เทลงไปใน Volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นพร้อมเขย่าให้เข้ากัน

1.3 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1,000 มิลลิลิตรและเก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง

2. เตรียมโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ความเข้มข้น 0.9 เปอร์เซ็นต์

2.1 ชั่งโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ประมาณ 9 กรัม แล้วเทลงใน Volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร

2.2 ละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร พร้อมเขย่าให้เข้ากัน แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร เก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง เพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

3.2.5 วิธีดำเนินการทดลองมีดังนี้

1. การวัดค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อไก่พื้นเมือง

การวัดค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อไก่พื้นเมือง กระทำตามวิธีของ Roemmele และคณะ,1961 (อ้างโดย กันยา ตันติวิสุทธิกุล, 2540) ซึ่งมีวิธีการศึกษาดังนี้ ทำการสุ่มชิ้นเนื้อจากกล้ามเนื้อสันนอก ประมาณ 0.3 - 1.0 กรัม วางบนกระดาษกรองเบอร์ 1117 ขนาด 60 X 60 มิลลิเมตร ซึ่งวางอยู่บนแผ่นพลาสติกซิลิกอน ที่มีกรอบโลหะล้อมรอบปิดทับด้วยแผ่นพลาสติกอีกแผ่นหนึ่ง แล้วกดปุ่มที่อยู่บนกรอบโลหะเพื่อให้แผ่นพลาสติกที่สองกดทับลงบนตัวอย่าง จับเวลาประมาณ 5 นาที เมื่อครบกำหนดเวลา คลายแรงกดทับออกโดยการยกปุ่มโลหะขึ้น ดึงแผ่นพลาสติกที่สองออกจะมีตัวอย่าง ของเนื้อที่ถูกแรงกดทับพร้อมกระดาษกรองติดมาด้วย วาดเส้นรอบวงของส่วนที่เป็นเนื้อ คือ (f) พื้นที่ของส่วนที่เป็นเนื้อรวมกับส่วนที่เป็นน้ำ คือ (F) จากนั้นจึงดึงกระดาษกรองออกจากแผ่นพลาสติก แล้วนำกระดาษกรองไปวัดเส้นรอบวงของทั้งสองส่วน (f /F) หาค่าทั้งหมดต่อพื้นที่ของเนื้อที่ถูกกดทับ
ดังสูตรต่อไปนี้

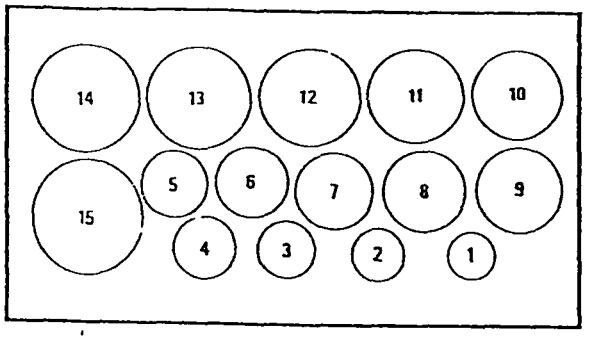
ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ $Q = f/F$

การประมาณพื้นที่โดยอาศัยแผ่นแม่แบบขนาดของแผ่นแม่แบบมีทั้งหมด 15 ขนาด (ภาพที่ 7) โดยแต่ละขนาดมีขนาดพื้นที่แตกต่างกัน แผ่นแม่แบบจะเป็นแผ่นโปร่งใส สามารถทราบพื้นที่ได้เร็ว การประมาณพื้นที่แบบนี้ ทำได้โดยนำแผ่นกระดาษกรองที่ได้จากขั้นตอนข้างต้นนั้นมาทาบกับแผ่นแม่แบบ โดยจะต้องทาบ ส่วนที่เป็นเส้นรอบวงของเนื้อ เห็นได้จากรอยดินสอวาด (f) และส่วนที่เป็นเส้นรอบวงของพื้นที่ทั้งหมด (F) เห็นได้จากรอยน้ำจากเนื้อ จดบันทึกข้อมูลตัวเลขขนาดแม่แบบไว้ แล้วนำไปเทียบกับตารางมาตรฐาน (ตารางที่ 11) ก็จะสามารถบอกได้ว่าแต่ละหมายเลขพื้นที่เท่าใด หรืออาจจะนำไปเทียบกับตารางที่ 12 ก็สามารถที่จะทราบค่าของอัตราส่วน (Q) ค่า $Q = f/F$ ของพื้นที่ของเนื้อและพื้นที่ทั้งหมดได้ ซึ่งมีความสะดวกกว่าการใช้เครื่องมือวัดขนาดพื้นที่พลานิมิเตอร์ (กันยา ตันติวิสุทธิกุล, 2540 : 45) (ตารางที่ 11 และตารางที่ 12)

ตารางที่ 11 วิธีหาพื้นที่โดยการใช้เครื่องมือ เบรานช์ไวเกอร์ (ดัดแปลงจาก Reuter, 1982)

หมายเลขแม่แบบ	รัศมี (มม.)	เส้นผ่าศูนย์กลาง (มม.)	พื้นที่ (ตร.ซม.)
1	10	20	3.14
2	11	22	3.80
3	12	24	4.52
4	13	26	5.30
5	14	28	6.15
6	15	30	7.06
7	16	32	8.03
8	17	34	9.07
9	18	36	10.17
10	19	38	11.33
11	20	40	12.56
12	21	42	13.85
13	22	44	15.21
14	23	46	16.63
15	24	48	18.20

ที่มา : กันยา ตันติวิสุทธิกุล, 2540 : 45



ภาพที่ 7 แผ่นแม่แบบ (Template) ที่จะใช้วัดหาพื้นที่ซึ่งเรียกว่า Schablon test
ที่มา : กันยา ตันติวิสุทธิกุล, 2540 : 45

ตารางที่ 12 การหาสัดส่วนของพื้นที่ที่วัดได้โดยการใช้ตาราง (ดัดแปลงจาก Reuter, 1982)

f F	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1														
2	0.83	1													
3	0.70	0.84	1												
4	0.59	0.72	0.84	1											
5	0.51	0.62	0.73	0.86	1										
6	0.44	0.54	0.64	0.75	0.87	1									
7	0.39	0.46	0.56	0.66	0.77	0.87	1								
8	0.35	0.42	0.50	0.58	0.68	0.78	0.89	1							
9	0.31	0.37	0.44	0.52	0.60	0.69	0.79	0.89	1						
10	0.28	0.34	0.40	0.47	0.54	0.62	0.71	0.80	0.89	1					
11	0.25	0.30	0.36	0.42	0.49	0.56	0.64	0.72	0.81	0.90	1				
12	0.23	0.27	0.33	0.38	0.44	0.51	0.58	0.65	0.73	0.82	0.91	1			
13	0.21	0.25	0.30	0.35	0.40	0.46	0.53	0.60	0.67	0.74	0.83	0.91	1		
14	0.19	0.23	0.27	0.32	0.37	0.42	0.48	0.55	0.61	0.68	0.76	0.84	0.92	1	
15	0.17	0.21	0.25	0.29	0.34	0.39	0.44	0.50	0.56	0.62	0.69	0.76	0.84	0.91	1

ที่มา : กันยา ตันติวิสุทธิกุล, 2540 : 46

2. การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อ

สุวรรณ เกษตรสุวรรณ (2529 : 71) รายงานถึงการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ โดยนำตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอก ออกจากซากไก่ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย แช่ไว้ในสารละลายฟอร์มาลีน ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงนำตัวอย่างมาทำการทดลองดังนี้

1. หั่นตัวอย่างเนื้อหนาประมาณ 1/8 นิ้ว ใส่ลงในเครื่องปั่น เติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.9 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงไปในเครื่องปั่นเหวี่ยง แล้วปั่นด้วยความเร็วต่ำ เป็นเวลา 30 วินาที

2. นำกล้ามเนื้อที่ปั่นเสร็จแล้ว หยดลงบนแผ่นสไลด์ จากนั้นปิดทับด้วยกระจกปิดแผ่นสไลด์ แล้วนำไปวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อ ด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่ติดด้วย Ocular micrometer ด้วยกำลังขยายเลนส์ใกล้ตา 10X กำลังขยายเลนส์ใกล้วัตถุ 15X

3. คำนวณเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อ โดยใช้สูตร

D = CF X (ความยาว 1 ช่องของ Stage micrometer) = L X 1,000

เมื่อ D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อ มีหน่วยเป็นไมครอน

CF = Conversion factor

$$= \frac{\text{จำนวนช่องของ Stage micrometer}}{\text{จำนวนช่องของ Ocular micrometer}}$$

L = ค่าความยาวของ Stage micrometer มีหน่วยวัดเป็น เซนติเมตร

3.2.6 ทำการบันทึกผลดังนี้

1. บันทึกขนาดพื้นที่ของส่วนที่เป็นเนื้อและส่วนที่น้ำซึมออกจากเนื้อจากกล้ามเนื้อสันนอก ส่วนของ อก สะโพก น่อง ของไก่พื้นเมือง

2. บันทึกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อจากกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ส่วน อก สะโพก น่อง

3.3 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร - การผลิตสัตว์ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

เดือนพฤษภาคม 2545 ถึง เดือนมีนาคม 2546

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

4.1 ผลการวิจัย

จากการศึกษาทดลองความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อและการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อของเนื้อไก่พื้นเมือง จำนวน 30 ตัว จากชิ้นส่วนกล้ามเนื้อ 3 ชิ้นส่วน คือ อก สะโพก น่อง เมื่อทำการทดลองพบว่า กล้ามเนื้อแต่ละชิ้นส่วนมีความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (ตารางที่ 13 – 14) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ (ตารางที่ 15-16) ดังนี้

จากตารางที่ 13 แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการอุ้มน้ำในเนื้อไก่พื้นเมือง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 13 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อไก่พื้นเมือง

(n = 30)

Source of Variation	df.	SS	MS	F-value	F-table
Treatments	2	0.1195926	0.00597963	3.49*	3.18
Error	51	0.8749474	0.001715583		
Total	53	0.0994537			

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จากตารางที่ 14 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อไก่พื้นเมือง จำนวน 30 ตัว ที่ได้ศึกษาจากชิ้นส่วนเนื้อไก่ 3 ชิ้นส่วน คือ อก สะโพก และน่อง พบว่าเนื้อส่วนของสะโพกกับน่อง มีความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อเท่ากับ 0.44 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) และเนื้ออกมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีกว่าเนื้อส่วนสะโพกและน่อง โดยเนื้อส่วนอกมีความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อเท่ากับ 0.41 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 14 แสดงค่าเฉลี่ยความสามารถในการอุ้มน้ำในเนื้อของเนื้อไก่พื้นเมือง (n = 30)

ชิ้นส่วนของไก่	สัดส่วนระหว่างน้ำกับเนื้อ
อก (breast)	0.41[ก]
สะโพก (thigh)	0.44[ข]
น่อง (leg)	0.44[ข]

กข อักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

จากตารางที่ 15 แสดงให้เห็นว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อของเนื้อไก่พื้นเมือง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางที่ 15 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อของเนื้อไก่พื้นเมือง (n=30)

Source of Variation	df.	SS	MS	F-value	F-table
Treatments	2	225.2942222	112.6471111	3.71*	3.11
Error	87	2639.770667	30.34219157		
Total	89	2865.064889			

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

จากตารางที่ 16 แสดงค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละชิ้นส่วนของไก่พื้นเมือง คือ อก สะโพก และน่อง พบว่าส่วนของน่องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อเท่ากับ 75.28 ไมครอน ซึ่งน่องมีความแตกต่างกันกับส่วนอกและสะโพก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ส่วนอกกับสะโพก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกล้ามเนื้อ เท่ากับ 71.79, 72.08 ไมครอน ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 16 แสดงค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อของเนื้อไก่พื้นเมือง (n=30)

ชิ้นส่วนของไก่	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ (ไมครอน)
อก (breast)	71.79[ก]
สะโพก (thigh)	72.08[ก]
น่อง (leg)	75.28[ข]

กข อักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4.2 วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อไก่พื้นเมือง 30 ตัว จากชิ้นส่วนกล้ามเนื้อ 3 ชิ้นส่วน คือ อก สะโพก และน่อง ที่แสดงในตารางที่ 13-14 พบว่าชิ้นส่วนกล้ามเนื้อ 3 ชิ้นส่วน คือ อก สะโพก และน่อง มีความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยพบว่าส่วนของสะโพกกับน่อง มีความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อคือ 0.44 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ต่ำกว่าในส่วนของอก ซึ่งเนื้ออกมีความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อเท่ากับ 0.41 ตามลำดับ

วราภรณ์ เหลืองวันทา และคณะ (2545 : 52-63) รายงานว่าเนื้ออกมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นในเนื้ออกสูงเท่ากับ 69.40 และเนื้อสะโพกเท่ากับ 71.30 ซึ่งค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำของกล้ามเนื้ออกเท่ากับ 2.77 ส่วนเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำของกล้ามเนื้อสะโพกมีค่าเท่ากับ 2.89 ซึ่งค่าที่ได้ไม่แตกต่างกัน (P<0.05) ทั้งนี้เนื้อส่วนสะโพกกับน่องต้องรองรับการทำงานของร่างกาย ทำให้เซลล์กล้ามเนื้อมีการจับตัวกันแน่นเป็นเส้นใยเล็ก ๆ มากมาย จึงทำให้เนื้อไก่มีสีเข้ม และมีความชุ่มฉ่ำน้อยกว่าพวกเนื้อสีขาว อีกทั้งเนื้อส่วนของสะโพกกับน่องมีความเหนียวกว่า โดยเฉพาะในเนื้อสีเข้มจะมีไมโอโกลบินและธาตุเหล็กมาก ซึ่งไมโอโกลบินไม่มีในเนื้อส่วนอก (สุวรรณ เกษตรสุวรรณ , 2529 : 71)

ในการศึกษาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ แต่ละชิ้นส่วนของไก่พื้นเมือง คือ ส่วนอก สะโพก และน่อง ที่แสดงไว้ในตารางที่ 15-16 พบว่าเนื้อส่วนน่อง มีความแตกต่างจากเนื้อส่วนสะโพกกับอก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยพบว่าเนื้อส่วนของน่อง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อคือ 75.28 ไมครอน ในส่วนของ สะโพก และ อก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ เท่ากับ 72.08 และ 71.79 ไมครอน ตามลำดับ สะโพกกับ อก มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ((P<0.05)) จากการศึกษาทำให้ทราบว่าส่วนของน่อง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกล้ามเนื้อใหญ่สุด เนื่องจาก กล้ามเนื้อน่องต้องใช้ทำงานติดต่อกันนาน ๆ เพื่อรองรับการทำงาน ทำให้กล้ามเนื้อน่องมีความชุ่มฉ่ำน้อย และมีความเหนียวกว่าพวกกล้าม

เนื้อส่วนอก (สุวรรณ เกษตรสุวรรณ , 2529 : 71) เนื่องจากการเตรียมการทดลองครั้งนี้มีหลายปัจจัยที่อาจทำให้ผลการทดลองมีความแตกต่างกัน คือ ไม่ได้คัดขนาดของไก่ อายุของไก่ การเดินทางของไก่มาสู่ห้องเชือดซึ่งอาจทำให้ไก่เกิดอาการเครียดได้ รวมไปถึงกระบวนการฆ่าไก่เอาเลือดออก มีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำในเนื้อและขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ (สัญชัย จตุรสิทธา, 2543 : 145-146)

ผลการทดลองพบว่า กล้ามเนื้อไก่พื้นเมืองแต่ละชิ้นส่วนมีปริมาณความสามารถในการอุ้มจับน้ำและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อมีความแตกต่างกัน เมื่อนำเนื้อส่วนต่าง ๆ ที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ ไปประกอบอาหารจะทำให้ได้เนื้อในปริมาณที่น้อยขณะปรุงสุก และเนื้อที่มีขนาดเส้นใยหนาและใหญ่ จะทำให้เนื้อเหนียว ไม่นุ่ม ไม่เหมาะในการนำไปประกอบอาหารและไม่เป็นที่นิยมบริโภค เช่นกล้ามเนื้อส่วนอกนิยมนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ลักษณะเส้นใยกล้ามเนื้อไก่ที่ทำให้เกิดการอ่อนยุ่ยของเนื้อไก่นั้น เนื่องมาจากหลายปัจจัยเกี่ยวข้องกัน แม้ในไก่ ขนาดเดียวกันทำให้สุกเหมือนๆ กัน อาจมีบางตัวยุ่ย และบางตัวเหนียวผิดกัน สาเหตุที่ทำให้เนื้อยุ่ย หรือเนื้อเหนียวนั้น มีหลายปัจจัย เช่น อายุ การเจริญเติบโต อาหารที่ให้ไก่กิน ไก่ดิ้นเวลาถูกฆ่า ความร้อนของน้ำที่ลวกไก่ อุณหภูมิ การผึ่งซาก การเก็บแช่ซากและการทำให้สุก ฯลฯ ไก่เนื้อ ไก่กระทง หรือไก่รุ่น จะมีเนื้อยุ่ยกว่าแม่ไก่หรือไก่ที่โตเต็มที่ แม้ตรงที่เนื้อขาว หรือ เนื้อสีเข้มก็ยุ่ยกว่าจากผลการทดลองของ ปรากฏว่าต้นเหตุที่เกี่ยวข้องกับความเหนียวของเนื้อไก่คือ อายุ และประเภทของไก่ที่เลี้ยง ไก่ที่เลี้ยงโตเร็วมีไกลโคเจนในกล้ามเนื้อมากกว่าไก่ที่เลี้ยงด้วยน้ำตาลผสมอาหารไก่กระทง กล้ามเนื้อของไก่ที่มีไกลโคเจนสูง มีค่าทางการหั่นหรือตัดให้ขาดออกจากกัน (Shear value) ต่ำกว่าของเนื้อไก่ที่มีไกลโคเจนต่ำ อีกนัยหนึ่งก็คือ เนื้อของไก่ที่โตเร็วจะหั่นง่ายกว่า เนื้อสีเข้ม เป็นกล้ามเนื้อชนิดที่ใช้งานมากตรากตรำหรือติดต่อกันนานๆ และมีความชุ่มฉ่ำ น้อยกว่าพวกเนื้อสีขาวและเหนียวกว่า ในเนื้อไก่ที่มีความเหนียวหรือนุ่มนั้นมีผลที่เกี่ยวข้องกันคือเนื้อเยื่อเกี่ยวพันซึ่งมีหน้าที่ในการห่อหุ้มและยึดประสานทำให้กล้ามเนื้อคงรูปในระดับที่ต่างกันนั้น กล้ามเนื้อส่วนที่มีการเคลื่อนไหวหรือทำงานมาก ๆ เช่น กล้ามเนื้อส่วน ขา น่องและไหล่ จะมีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในปริมาณมาก ที่มีมากก็เพื่อให้กล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ สามารถรองรับการทำงานหนักได้ ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่ากล้ามเนื้อของไก่พื้นเมือง ส่วนน่องกับสะโพกมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ต่ำกว่าเนื้อส่วนอก และน่องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อใหญ่สุด ขณะที่ส่วนของ สะโพกและอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อลดลงตามลำดับ

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อและการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อของเนื้อไก่พื้นเมือง จำนวน 30 ตัว จากชิ้นส่วนของกล้ามเนื้อ 3 ชิ้นส่วน คือ อก สะโพก น่อง เมื่อทำการศึกษาพบว่า ส่วนสะโพกกับน่อง มีความสามารถในการอุ้มน้ำไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) และมีความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ 0.44 ส่วนเนื้ออกมีความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ 0.41 ตามลำดับ โดยชิ้นส่วนของเนื้ออก มีความแตกต่างกันกับเนื้อสะโพกกับน่องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สำหรับกล้ามเนื้อส่วนอกซึ่งมีความเหมาะสมในการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เพราะว่า กล้ามเนื้ออกมีสีขาว เมื่อนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จะทำให้มีสีสวยไม่คล้ำเหมือนกล้ามเนื้อส่วนสะโพกกับน่องและไม่น่ารับประทาน

ในการศึกษาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ แต่ละชิ้นส่วนของไก่พื้นเมือง คือ ส่วนอก สะโพก และน่อง พบว่ากล้ามเนื้อส่วนน่อง มีความแตกต่างจากเนื้อสะโพกกับอก อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยพบว่าเนื้อส่วนน่อง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อใหญ่สุดคือ 75.28 ไมครอน ส่วนสะโพกและอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อเท่ากับ 72.08 และ 71.79 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

จากการศึกษาความสามารถในการอุ้มน้ำและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อของเนื้อไก่พื้นเมือง จำนวน 30 ตัว จากชิ้นส่วนกล้ามเนื้อ 3 ชิ้นส่วน คือ อก สะโพก และน่อง พบว่ากล้ามเนื้อส่วนสะโพกกับน่องมีความสามารถอุ้มน้ำได้ต่ำกว่าเนื้ออก เพราะกล้ามเนื้อส่วนสะโพกกับน่องเป็นส่วนที่ต้องรองรับการทำงานของร่างกาย การเคลื่อนไหวต่าง ๆ ทำให้เซลล์ในกล้ามเนื้อมีการจับตัวกันแน่นเป็นเส้นใยเล็ก ๆ จึงทำให้เนื้อไก่มีสีเข้ม และเป็นกล้ามเนื้อชนิดที่ใช้งานมากตรากตรำหรือติดต่อกันนาน ๆ และมีความชุ่มฉ่ำน้อยกว่าพวกเนื้อสีขาวคือเนื้ออก อีกทั้งเนื้อส่วนของสะโพกกับน่องมีความเหนียวกว่า โดยเฉพาะในเนื้อสะโพกกับน่องจะมีไมโอโกลบินและธาตุเหล็กมาก ซึ่งไมโอโกลบินไม่มีในเนื้อสีขาวได้แก่เนื้อส่วนอก

สำหรับกล้ามเนื้อส่วนอกมีความสามารถในอุ้มน้ำได้ดีกว่า มีปัจจัยมาจากที่เนื้อส่วนอกไม่ได้ทำหน้าที่ในการรองรับน้ำหนักและการทำงานของร่างกาย มีไขมัน เป็นจำนวนมากกว่าและมีความชื้นในปริมาณสูงกว่ากล้ามเนื้อส่วนของสะโพกและน่อง

โดยปกติในกล้ามเนื้ออาจจะมีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่แทรกในชั้นกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ แตกต่างกัน กล้ามเนื้อไก่พื้นเมืองแต่ละชิ้นส่วนมีปริมาณความสามารถในการอุ้มจับน้ำและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อมีความแตกต่างกัน เมื่อนำเนื้อส่วนต่าง ๆ ที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ ไปประกอบอาหารจะทำให้ได้เนื้อในปริมาณที่น้อยขณะปรุงสุก และเนื้อที่มีขนาดเส้นใยหนาและใหญ่ จะทำให้เนื้อเหนียว ไม่นุ่ม

ลักษณะเส้นใยกล้ามเนื้อไก่ที่ทำให้เกิดการเหนียวของเนื้อไก่นั้น เนื่องมาจากหลายปัจจัยเกี่ยวข้องกัน และบางตัวเหนียวผิดกัน สาเหตุที่ทำให้เนื้อเหนียวนั้น มีหลายปัจจัย เช่น อายุ การเจริญเติบโต อาหารที่ให้ไก่กิน ไก่ดิ้นเวลาถูกฆ่า ความร้อนของน้ำที่ลวกไก่ อุณหภูมิ การผึ่งซาก การเก็บแช่ซากและการทำให้สุก ฯลฯ

5.2.2 ข้อเสนอแนะจากผู้วิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการอุ้มน้ำและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อของเนื้อไก่พื้นเมือง ซึ่งเป็นการศึกษาเพียงสองปัจจัยที่ใช้แสดงถึงคุณภาพของเนื้อไก่พื้นเมืองว่าเป็นอย่างไร ซึ่งในการวิจัยครั้งต่อไปควรจะทำการศึกษาเพิ่มขึ้นในรายละเอียดส่วนอื่นๆ เช่น การศึกษาคุณภาพของสีของเนื้อ การวัดความนุ่มของเนื้อ การวิเคราะห์หาไขมัน โปรตีน ความชื้น และเถ้าในเนื้อไก่ อาหารที่ให้ไก่กิน อายุของไก่ เพื่อที่จะได้ศึกษาถึงคุณภาพของเนื้อไก่เพื่อให้ผลการทดลองมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

กันยา ตันติวิสุทธิกุล. 2540. "การวัดความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อสุกรในภาคสนาม" สุกรสาส์น. 94(23). นครปฐม : ศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ กำแพงแสน.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2540. การจัดการโรงฆ่าสัตว์. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และคณะ. 2545. โครงการ การพัฒนาการจัดระดับเกรดซากสุกรของประเทศไทย. กรุงเทพฯ : รายงานวิจัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. กรุงเทพ ฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

ทัศนีย์ วิฑูรธีรศานต์. 2541. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. เลย : ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏเลย.

ธำรงศักดิ์ พลบำรุง. 2532. การเลี้ยงไก่พื้นเมือง พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

_____. 2545. "เปิดโลกสัตว์ปีก" สาส์นไก่และการเกษตร 5(50). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ศาลาแดง.

มาลัยวรรณ อารยะสกุล และ วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร. 2539. "เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์" วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. น. 248-281 คณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2534. บทปฏิบัติการแปรรูปเนื้อสัตว์. กรุงเทพ ฯ : ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

_____. 2536. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. กรุงเทพ ฯ : ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วรวิทย์ พันธ์เมธิศร์. 2543. การใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในการปรับความนุ่มของเนื้อโค. วิทยานิพนธ์. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วราภรณ์ เหลืองวันทา และคณะ. 2545. คุณภาพเนื้อและไขมันของไก่พื้นเมือง ไก่ลูกผสมสองสายและสามสายพันธุ์. กรุงเทพฯ : การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 41.

บรรณานุกรม (ต่อ)

สมควร ดีรัศมี. 2542. การเลี้ยงไก่พื้นเมืองการเลี้ยงไก่ลูกผสมพื้นเมือง. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์เลิฟแอนด์ลิพเพรส.

สุพจน์ รอดดำเนิน. 2542. การเลี้ยงไก่พื้นเมือง. กรุงเทพฯ : อักษรสยามการพิมพ์.

สุรพล อุปดิสสกุล. 2521. สถิติการวางแผนการทดลองขั้นต้น. กรุงเทพฯ. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวรรณ เกษตรสุวรรณ. 2529. ไข่และเนื้อไก่. กรุงเทพฯ : ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สัญชัย จตุรสิทธา. 2543. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. เชียงใหม่ : ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

โสภา ดอนดี. 2538. เอกสารประกอบคำสอน. สรีรวิทยาทางสัตวแพทย์. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.

อมรา มลิลา และคณะ. 2532. สรีรวิทยาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์อักษรเจริญทัศน์.

อาทิตย์ เชื้อทอง. 2545. ผลการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่มีต่อลักษณะทางคุณภาพของเนื้อโคโตเต็มวัย. ปัญหาพิเศษ. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ภาคผนวก

วิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD)

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์ โดย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 17 แสดงค่าความสามารถในการอุ้มน้ำในเนื้อไก่พื้นเมือง 3 ชิ้นส่วน

ค่าสังเกต	ชิ้นส่วนไก่		
ไก่ตัวที่	อก	สะโพก	น่อง
1	0.42	0.47	0.44
2	0.43	0.4	0.47
3	0.4	0.45	0.42
4	0.47	0.42	0.42
5	0.43	0.36	0.37
6	0.39	0.4	0.43
7	0.42	0.44	0.48
8	0.42	0.51	0.49
9	0.42	0.44	0.48
10	0.41	0.48	0.59
11	0.41	0.45	0.42
12	0.44	0.51	0.42
13	0.39	0.45	0.35
14	0.38	0.44	0.48
15	0.4	0.4	0.45
16	0.34	0.45	0.41
17	0.41	0.41	0.39
18	0.4	0.43	0.47
ผลรวม	7.38	7.91	7.98
ค่าเฉลี่ย	0.41	0.44	0.44
S.D.	0.034	0.04	0.056

ค่า S.D. $= \sqrt{MSE/r}$

$= \sqrt{0.00171558/18}$

$= 0.0098$

คำนวณค่า C.F.

$$C.F. = \frac{X^2...}{tr}$$

$$= \frac{(23.27)^2}{(3)(18)}$$

$$= 10.0276463$$

คำนวณค่าผลบวกกำลังสอง

$$SST = \sum_{i=1}^{t} \sum_{j=1}^{r} X^2_{ij} - C.F.$$

$$= (0.42)^2 + \ldots\ldots + (0.47)^2 - 10.0276463$$

$$= 0.099453704$$

$$SSTr = \sum \frac{X^2 i}{r} - C.F.$$

$$= \frac{(7.38)^2 + (7.91)^2 + (7.98)^2}{18} - C.F.$$

$$= 0.011959259$$

$$SSE = SST - SSTr$$

$$= 0.099453704 - 0.011959259$$

$$= 0.087494444$$

สัมประสิทธิ์ความแปรผัน

$$C.V. = \frac{\sqrt{MSE}}{\overline{X}} \times 100\ \%$$

$$= \frac{\sqrt{0.00175583}}{0.43} \times 100\ \%$$

$$= 9.63\ \%$$

<u>วิธีการตรวจสอบความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์</u>

จัดเรียงค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์จากน้อยไปหามาก

(1)	(2)	(3)
(T_1) อก	(T_2) สะโพก	(T_3) น่อง
0.41	0.44	0.44

คำนวณค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบ

$$LSR_\alpha = r_\alpha(p,f)\sqrt{MSE/r}$$

เมื่อ $\sqrt{MSE/r} = \sqrt{0.00171558/18}$

$$= 0.0098$$

โดยใช้ตารางค่าวิกฤตของพิสัยเชิงพหุของดันแคนที่ $\alpha = 0.05$ อ่านค่าตั้งแต่ p = 2 ถึง p = 3

ที่ d.f. = 54

P	2	3
$R_{0.05}$ (p, 54)	2.86	3.01
$LSR_{0.05}$	0.0279	0.0294

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์

$T_3 - T_1 = 0.44 - 0.41 = 0.03 > 0.0294^*$ S

$T_3 - T_2 = 0.44 - 0.44 = 0 < 0.0279$ NS

ดังนั้น เนื้ออกกับเนื้อน่อง มีความสามารถในการอุ้มน้ำในเนื้อไก่พื้นเมือง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) โดย เนื้ออกมีความสามารถในการอุ้มน้ำดีกว่า และมีผลทำให้เนื้อนุ่มและไม่เหนียว ส่วนน่องกับเนื้อส่วนสะโพก มีความสามารถในการอุ้มน้ำในเนื้อต่ำกว่า และมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

การตรวจสอบความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ

ตารางที่ 18 แสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อในเนื้อไก่พื้นเมือง 3 ชิ้นส่วน

ตัวสังเกต ไก่ตัวที่	ชิ้นส่วนของไก่		
	อก	สะโพก	น่อง
1	57.6	73.8	76.2
2	71.6	71.8	69.6
3	73.6	75	73.8
4	71.2	68.4	75
5	70.6	82	67.2
6	66.2	61.4	69.4
7	71.4	67	79.4
8	71.8	73.6	84
9	70.2	80	80
10	68.4	76.8	80.6
11	55.2	60	64.6
12	71.2	74	75.2
13	77	70	74
14	74.8	75.6	73

ตารางที่ 18 (ต่อ) แสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อในเนื้อไก่พื้นเมือง 3 ชิ้นส่วน

ตัวสังเกต ไก่ตัวที่	ชิ้นส่วนของไก่		
	อก	สะโพก	น่อง
15	83.6	68.8	80
16	72.6	75.2	66.4
17	72.8	71.4	69.4
18	69.8	80.4	84
19	78.6	76.6	85.8
20	77.2	71.2	80.4
21	77.4	69.6	73.6
22	78.2	72.8	75.4
23	71	74.2	77.6
24	69.2	71.6	69
25	73	69.6	80.2
26	77.2	75.8	73.2
27	75.2	75.2	71.2
28	67	61.6	76.4
29	71.2	75	77
30	68.8	64	76.8
ผลรวม	2153.6	2162.4	2258.4
ค่าเฉลี่ย	71.79	72.08	75.28
S.D.	5.83	5.51	5.86

ค่า S.D. $= \sqrt{MSE/r}$

$= \sqrt{30.34219157/30}$

$= 1.01$

คำนวณค่า C.F.

$$C.F. = \frac{X^2...}{tr}$$

$$= \frac{(6574.4)^2}{(3)(30)}$$

$$= 48,0252.6151$$

คำนวณค่าผลบวกกำลังสอง

$$SST = \sum_{i=1}^{t} \sum_{j=1}^{r} X^2_{ij} - C.F.$$

$$= (57.6)^2 + \ldots\ldots + (76.8)^2 - 48,0252.6151$$

$$= 2865.064889$$

$$SSTr = \sum_{}^{t} \frac{X^2 i}{r} - C.F.$$

$$= \frac{(2153.6)^2 + (2162.4)^2 + (2258.4)^2}{90} - C.F.$$

$$= 225.2942222$$

$$SSE = SST - SSTr$$

$$= 2865.064889 - 225.2942222$$

$$= 2639.770667$$

สัมประสิทธิ์ความแปรผัน

$$C.V. = \sqrt{\frac{MSE}{\overline{X}}} \times 100\ \%$$

$$= \sqrt{\frac{30.34219157}{73.05}} \times 100\ \%$$

$$= 7.54\ \%$$

วิธีตรวจสอบความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์

จัดเรียงค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์จากน้อยไปหามาก

(1)	(2)	(3)
(T_1) อก	(T_2) สะโพก	(T_3) น่อง
71.79	72.08	75.28

คำนวณค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบ

$$LSR_{\alpha} = r_{\alpha}(p,f)\sqrt{MSE/r}$$

เมื่อ $\sqrt{MSE/r} = \sqrt{30.34219157./90}$

$= 0.58$

โดยใช้ตารางค่าวิกฤตของพิสัยเชิงพหุของดันแคนที่ $\alpha = 0.05$ อ่านค่าตั้งแต่ $p = 2$ ถึง $p = 3$

ที่ d.f. $= 90$

P	2	3
$R_{0.05}(p, 90)$	2.83	2.98
$LSR_{0.05}$	1.64	1.73

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์

$T_3 - T_1$	=	75.28 - 71.79	=	3.49	>	1.73*	S
$T_3 - T_2$	=	75.28 - 72.08	=	3.2	>	1.64*	S
$T_2 - T_1$	=	72.08 - 71.79	=	0.29	<	1.64	NS

ดังนั้น เนื้ออกกับเนื้อสะโพกของเนื้อไก่พื้นเมือง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดย เนื้อส่วนน่อง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อใหญ่กว่า เนื่องจากต้องใช้ในการรองรับการทำงานของร่างกาย และเนื้อน่อง จึงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)