บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

2.1 กระบือ (buffalo)

กระบือเป็นสัตว์ที่เลี้ยงมากในเขตร้อน ใช้ในการทำงาน ขนส่ง ออมทรัพย์เป็นมรดกและเป็นแหล่งอาหารโปรตีน มีพฤติกรรมในการแช่ปลัก (wallowing) หรือแช่ในแม่น้ำ

กระบือสามารถแบ่งตามสปีชีย์ซึ่งมีถิ่นฐานการเลี้ยงในเขตต่าง ๆ ดังนี้ (เมธา, 2547)

Bos (Bubalus) bubalis เลี้ยงมากในเขตร้อนของเอเชีย

Bos mindorensis หรือ Tamaraw เป็นกระบือพื้นเมืองของเกาะมินโดโร

Bos depressicornis หรือ Anoa or Dwarf มีขนาดเล็กเลี้ยงในแถบเกาะ Celebes

Bos caffer กระบือในแถบแอฟริกา

กระบือในสปีชีย์ *Bos (Bubalus) bubalis* แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

2.1.1 กระบือปลัก (Swamp buffalo) มีลักษณะเฉพาะคือ ตัวสีเทาคล้ายหินกระดาน หนังคอย่น เขาโค้งกวาดไปทางด้านหลัง ชอบนอนในบ่อน้ำหรือบ่อโคลน (Figure 1) กระบือปลักมีจำนวนโครโมโซม 48 แท่ง (2n = 48) เป็นกระบือที่เลี้ยงมากในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยเฉพาะประเทศไทย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ เวียตนาม ลาว และจีน (เมธา, 2547) โดยขนาดและน้ำหนักของกระบือไทยเพศผู้ตอนมีน้ำหนัก 514 – 711 กิโลกรัม เฉลี่ย 614.09 กิโลกรัม ความยาวจากหัวไหล่ (shoulder) ถึงโคนหาง (pin point) 146 – 165 เซนติเมตร เฉลี่ย 156.5 เซนติเมตร ส่วนกระบือเพศเมียที่โตเต็มที่และเคยให้ลูกมาแล้ว 5 ตัว มีน้ำหนัก 387 – 508 กิโลกรัม เฉลี่ย 426.00 กิโลกรัม ส่วนสูง 117 – 134 เซนติเมตร เฉลี่ย 125.42 เซนติเมตร (ประสบ, 2531)

2.1.2 กระบือแม่น้ำ (River buffalo) มีลักษณะเฉพาะคือ ตัวสีดำ หรือเทาเข้ม เขาโค้งเป็นวง ชอบนอนแช่ในแหล่งน้ำที่สะอาด มีโครโมโซม 50 แท่ง (2n = 50) กระบือแม่น้ำได้แก่ กระบือพันธุ์มูร่าห์ (Murrah) เลี้ยงมากในเขตอินเดีย ปากีสถาน และอียิปต์ (Figure 2) กระบือพันธุ์นีลี (Nili) พันธุ์ราวี (Ravi) พันธุ์เซอร์ตี (Surti) พันธุ์เมซานา (Mehsana) พันธุ์นัจปูรี (Nagpuri) พันธุ์ยาฟฟาราบาดี (Jaffarabadi) พันธุ์กุนดี (Kundi) พันธุ์เมวาที (Mawati) พันธุ์เดคคานี (Deccani) พันธุ์สุรัต (Surat) และพันธุ์เยาวอารี (Jawari) เป็นต้น (เมธา, 2547)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Figure 1 Swamp buffalo

Figure 2 River buffalo

(ศูนย์สนเทศทางกระบือนานาชาติ, 2549)

2.2 อาหารและการให้อาหารกระบือ (buffalo feed and feeding)

อาหารกระบือแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ อาหารหยาบ (roughage) และอาหารข้น (concentrate) โดยอาหารหยาบ คือ อาหารที่มีเยื่อใยสูงกว่า 18 เปอร์เซ็นต์และมีพลังงานต่ำ ได้แก่ หญ้า ฟางข้าว ซังข้าวโพด ฟางหมัก เป็นต้น (ศรเทพ, 2548) โดยปกติแล้วอาหารหยาบเป็นอาหารหลักที่สำคัญของสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจากมีราคาถูกหาได้ง่าย จึงมีการให้อาหารหยาบกับสัตว์เคี้ยวเอื้องในปริมาณที่มากกว่าอาหารชนิดอื่น ๆ หรืออาจให้สัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับอาหารหยาบอย่างเดียว สัตว์เคี้ยวเอื้องก็จะได้รับโภชนะครบถ้วน และเพียงพอกับความต้องการของร่างกายถ้าอาหารหยาบนั้นมีคุณค่าทางอาหารสูงพอสมควร ดังนั้นอาหารหยาบจึงมีความสำคัญต่อสัตว์เคี้ยวเอื้องมากกว่าอาหารชนิดอื่น (เทอดชัย, 2548) อาหารข้นเป็นอาหารที่มีความเข้มข้นของสารอาหารอยู่สูง และมีส่วนของเยื่อใยน้อยกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ โดยอาหารข้นมีความสำคัญต่อโคมาก ถ้าโคกินเฉพาะหญ้าอย่างเดียวอาจโตช้าหรือให้นมน้อย แต่ถ้าผู้เลี้ยงเสริมด้วยอาหารข้นแล้วโคจะโตเร็วให้นมมากและอาจผสมติดเร็วด้วย ส่วนอาหารข้นที่ดีมีคุณค่าทางอาหารสูงจะต้องผสมให้ได้สัดส่วน (เมธา, 2547) ซึ่งสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นที่ผสมไม่ได้สัดส่วนอาจทำให้เกิดผลเสียต่อคุณภาพของผลผลิต เช่น การให้อาหารข้นมากเกินไปจะทำให้ไขมันในน้ำนมลดต่ำลง (low milk fat syndrome) หรือทำให้สุขภาพของสัตว์เสียไป เช่น ทำให้เกิดโรคหรืออาการผิดปกติต่าง ๆ ที่เกิดจากการเมแทบอลิซึมของอาหาร หรือการทำงานของทางเดินอาหารบางส่วนผิดปกติไป (เทอดชัย, 2548) สัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นขึ้นอยู่กับราคาต่อหน่วยโภชนะ คุณค่าทางโภชนาการที่ได้รับ และคุณภาพของเนื้อที่ต้องการ โดยราคาต่อหน่วยโภชนะต้องเปรียบเทียบราคาต่อหน่วยของโปรตีนและพลังงานในรูปของน้ำหนักแห้ง คุณค่าทางโภชนาการที่ได้รับ ซึ่งโคและกระบือแต่ละขนาดต้องการโภชนะไม่เท่ากัน ถึงแม้จะมีขนาดเท่ากันแต่ถ้าต้องการให้การเจริญเติบโตต่างกันต้องให้โคกระบือได้รับโภชนะในปริมาณที่ต่างกันด้วย ซึ่งระดับพลังงานของอาหารมีอิทธิพลต่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สมรรถภาพในการขุนโคเป็นอย่างมาก เมื่อเพิ่มระดับพลังงานให้สูงขึ้นโดยการเพิ่มอาหารข้นจะทำให้อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงขึ้น และระยะเวลาขุนสั้นลงเมื่อเปรียบเทียบกับพวกที่ได้รับอาหารพลังงานต่ำหรือพวกที่ได้รับอาหารหยาบสูง และคุณภาพของเนื้อที่ต้องการในตลาดโคขุนคุณภาพสูงต้องการเนื้อที่มีไขมันแทรกในเนื้อ (กลุ่มวิจัยและพัฒนาโคเนื้อ, 2546 และ ปรารถนา, 2533) การเพิ่มอาหารข้นจะทำให้มีการสะสมไขมันมากขึ้น นอกจากนี้ผลของปฏิกิริยาร่วมของอาหารกับพันธุ์ยังมีผลอีกด้วย โคที่มีแนวโน้มของการเจริญเติบโตสูงโตเต็มวัยช้า (late maturing breeds) เช่น Brown Swiss, Charolais และ Holstein จะให้ซากดี ถ้าให้อาหารหยาบในระดับสูงในระยะแรก ๆ สำหรับพวกพันธุ์ที่โตเต็มวัยเร็ว (early maturing breeds) เช่น Angus และ Shorthorn อาจจะให้ซากที่มีไขมันมาก ถ้าให้อาหารข้นในระดับสูงหลังหย่านม เป็นต้น (เมธา, 2547) จากการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเจริญเติบโตระหว่างโคพันธุ์ Italian Simmental และกระบือพันธุ์ Italian Mediterranean พบว่า กระบือมีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันช้ากว่าโค (930 vs 1040 กรัมต่อวัน) โดยกระบือและโคมีน้ำหนักสุดท้ายเท่ากับ 312 และ 329 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาในการเลี้ยง 268 และ 254 วัน ตามลำดับ (Spanghero *et al.*, 2004) สำหรับ Singh *et al.* (2000) ศึกษาผลของสัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นในอาหารอัดเม็ดต่อประสิทธิภาพการผลิตของกระบือ โดยใช้กระบืออายุ 4 เดือน จำนวน 32 ตัว ให้อาหารแบ่งเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม (C) กลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบต่ออาหารข้น 30 : 70 (T1), 40 : 60 (T 2) และ 50 : 50 (T3) พบว่า อัตราการเจริญเติบโตต่อวันของกระบือกลุ่ม T1 สูงกว่า T2, T3 และ C ตามลำดับ แต่ประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกัน

สัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้น (roughage : concentrate ; R : C) ในการใช้ประโยชน์โดยกระบือนั้นเกี่ยวข้องกับปริมาณการกินได้ และสมรรถภาพการเจริญเติบโต การใช้ประโยชน์ของอาหารคือ ฟางข้าว หรือฟางหมักยูเรียนั้น กลุ่มที่มีอัตราการเจริญเติบโตดี คือกลุ่มที่ได้รับฟางหมักยูเรีย การใช้ประโยชน์ของฟางข้าวและอาหารข้น สัดส่วนของ R : C ไม่สูงเกินกว่า 65 : 35 การให้อาหารข้นในระดับสูงทำให้ pH ลดต่ำลง ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ของโภชนะโดยเฉพาะความสามารถในการย่อยได้ของเยื่อใยในรูเมน ในส่วนขององค์ประกอบซาก ซากกระบือมีสัดส่วนของกล้ามเนื้อสูง (68.6 เปอร์เซ็นต์) สัดส่วนของกระดูกต่ำ (17.3 เปอร์เซ็นต์) และสัดส่วนของไขมันต่ำ (10.6 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ซากของโคขุนที่มีสัดส่วนของเนื้อแดงมาก จากการวิเคราะห์กำไรสุทธิ โดยให้กระบือเป็นต้นทุนคงที่ พบว่าการใช้ฟางหมักยูเรียให้กำไรสุทธิสูงขึ้น โดยเฉพาะกลุ่มที่มี R : C เท่ากับ 80 : 20 และ 50 : 50 ถ้ากระบือขายตามน้ำหนักซากจะมีผลกำไรสุทธิสูงขึ้น แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในระบบการขุนกระบือขาย ในการทดลองเปรียบเทียบการขุนกระบือและโค พบว่าเปอร์เซ็นต์ซากไม่แตกต่างกันในโคเนื้อและ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กระบือ และมีลักษณะซากดี ดังนั้นระบบการผลิตกระบือขุนจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจภายใต้สภาพทั่วไป (เมธา, 2547)

2.3 คุณภาพซาก (carcass quality)

คุณภาพซาก หมายถึง ลักษณะร่วมกันของคุณสมบัติทางกายภาพ ซึ่งได้แก่ ปริมาณของเนื้อแดง ไขมัน และกระดูก เป็นคุณสมบัติที่บ่งบอกในเชิงปริมาณที่มีผลต่อคุณค่าทางเศรษฐกิจ ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ส่งผลให้ได้รับความนิยมจากผู้ผลิตและผู้บริโภค โดยปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อคุณภาพซากมีดังนี้ (สัญชัย, 2550)

1. ตัวของสัตว์ ซึ่งหมายถึง สภาพทั่ว ๆ ไปของสัตว์ก่อนนำมาฆ่าเพื่อใช้เป็นอาหาร เช่น ลักษณะทางพันธุกรรม ลักษณะเฉพาะตัวของสัตว์เอง และการจัดการเลี้ยงดู

2. ส่วนประกอบของซากที่บริโภคได้ (edible meat) หมายถึง ส่วนประกอบของซากที่นำไปใช้เพื่อการบริโภค โดยเฉพาะเนื้อแดงซึ่งชิ้นส่วนซากที่ให้ปริมาณเนื้อแดงสูง ได้แก่ ส่วนของขาสะโพก สันหลัง สันนอก และไหล่ เป็นต้น ซากที่ให้ส่วนประกอบเหล่านี้สูงจัดเป็นซากที่มีคุณภาพสูงด้วย

3. ความน่ารับประทาน (palatability) หมายถึง การยอมรับของผู้บริโภคต่อเนื้อสัตว์นั้น ๆ โดยพิจารณาจากลักษณะภายนอกของซาก เช่น สีตรงกับชนิดสัตว์นั้น ๆ เช่น เนื้อสุกรสีชมพูอมเทา เนื้อโคสีแดงสด เนื้อไก่สีเทา เป็นต้น ลักษณะรูปทรงของกล้ามเนื้อคงรูปดี ไม่เละ ผิวหน้าตัดของเนื้อแห้งและไม่เยิ้ม เป็นต้น

4. ความรู้สึกจากการบริโภค (eatability) ความรู้สึกนี้จะเกิดขึ้นหลังจากได้เคี้ยวเนื้อ โดยพิจารณาจาก ความนุ่ม รสชาติ กลิ่น ความชุ่มฉ่ำ และความพอใจของผู้บริโภค

Spanghero *et al.* (2004) เปรียบเทียบคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อโคพันธุ์ Italian Simmental และกระบือพันธุ์ Italian Mediterranean ที่มีน้ำหนักฆ่าเฉลี่ย 320 กิโลกรัม พบว่าเปอร์เซ็นต์ซากของโคและกระบือไม่มีความแตกต่างกัน โดยเปอร์เซ็นต์ซากอุ่นและซากเย็นของโคมีค่าเท่ากับ 53.2 และ 52.3 เปอร์เซ็นต์ ของกระบือมีค่า เท่ากับ 52.6 และ 51.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดย Koch *et al.* (1995) ศึกษาลักษณะซากและเนื้อของโคพันธุ์ *Bison bison* (BIS), *Bos Taurus* (BOS) และ *Bos x Bison* (BHY) พบว่าโคพันธุ์ BIS และ BHY มีเปอร์เซ็นต์ซากสูงกว่า BOS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยมีค่าเท่ากับ 62.6, 64.3 และ 60.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การตัดแต่งชิ้นส่วนต่าง ๆ โดยเปอร์เซ็นต์ส่วน Chuck ของโคพันธุ์ BIS และ BHY สูงกว่า BOS ($P < 0.01$) มีค่าเท่ากับ 30.5, 29.0 และ 27.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ส่วน Rib ของโคพันธุ์ BIS สูงกว่า BHY และ BOS ($P < 0.01$) มีค่าเท่ากับ 9.7, 8.0 และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

8.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ส่วน Loin และ Round ของโคพันธุ์ BOS มีค่าสูงกว่า BHY และ BIS โดยเปอร์เซ็นต์ Loin มีค่าเท่ากับ 14.8, 14.3 และ 13.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P < 0.05$) เปอร์เซ็นต์ Round มีค่าเท่ากับ 25.2, 23.9 และ 24.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P < 0.01$)

Wanapat and Wachirapakorn (1990) ศึกษาการใช้อาหารหยาบและอาหารข้นขุนกระบือ โดยให้กระบือได้รับอาหารหยาบคือ ฟางข้าว และฟางหมักยูเรีย ให้ได้รับสัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้น 50 : 50 และ 20 : 80 พบว่าเปอร์เซ็นต์ซากไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละกลุ่ม โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 48.2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับอาหารข้นสูงขึ้นโดยเพิ่มขึ้นจาก 46.0 เป็น 53.6 ตารางเซนติเมตร ในกลุ่มที่ได้รับฟางข้าว และจาก 50.0 เป็น 54.0 ตารางเซนติเมตรในกลุ่มที่ได้รับฟางหมักยูเรีย จากรายงานของ Tiwari *et al.* (2001) พบว่า การเสริมแหล่งโปรตีนในอาหารต่างกันไม่มีผลต่อ น้ำหนักซาก ความยาวซาก และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันของกระบือพันธุ์มูร่าห์ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 285.83 กิโลกรัม 55.33 เปอร์เซ็นต์ และ 66.58 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Anjaneyulu *et al.* (1985) ที่รายงานว่า ระดับโปรตีนในอาหารต่างกันไม่มีผลต่อ ส่วนประกอบของซาก และเปอร์เซ็นต์ซากของกระบือ โดยกระบือมีเปอร์เซ็นต์ซาก เนื้อแดง ไขมัน และกระดูก เฉลี่ยเท่ากับ 62.87, 66.72, 12.91 และ 19.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Marino *et al*. (2006) ศึกษาผลของสัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของโคพันธุ์ Podolian โดยแบ่งโคเป็น 2 กลุ่ม ให้ได้รับอาหารหยาบต่ออาหารข้น 60 : 40 (high concentrate group : HC) และ 70 : 30 (low concentrate group : LC) พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันของน้ำหนักฆ่า น้ำหนักซาก และเปอร์เซ็นต์ซาก โดยมีค่าเท่ากับ 377.25, 197.87 และ 52.29 ในกลุ่ม HC และ 352.50, 181.50 และ 51.35 ในกลุ่ม LC นอกจากนี้ยังพบว่าทั้งสองกลุ่มมีน้ำหนักซากส่วนหน้าหนักกว่าส่วนหลัง และมีเปอร์เซ็นต์ primary cut สูงกว่า secondary cut (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับ Dannenberger *et al*. (2006) ที่รายงานว่า อาหารไม่มีผลต่อน้ำหนักซากอุ่น และน้ำหนักซากเย็นของโคพันธุ์ German Holstein (GH) และ German Simmental (GS) แต่มีผลต่อน้ำหนักอวัยวะภายในของโคทั้งสองพันธุ์ โดยพบว่า โคที่ได้รับหญ้าเป็นอาหารมีน้ำหนักตับ ไต และหัวใจ สูงกว่าโคที่ได้รับอาหารข้น ($P < 0.05$) และจากการตัดแต่งซากพบว่า โคที่ได้รับหญ้าเป็นอาหารมีน้ำหนักของ Flank, Flat ribs และ Brisket น้อยกว่าโคที่ได้รับอาหารข้น ($P < 0.05$) แต่อาหารไม่มีผลต่อน้ำหนักของ Hind shank, Fore rib, Chuck และ Shoulder

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 1 Slaughter data of Podolian young bulls receiving a different forage to concentrate ratio during the finishing period. (Marino *et al*., 2006)

	HC	LC	SE	Effect, P
Slaughter weight (kg)	377.25	352.50	15.16	NS
Carcass weight (kg)	197.87	181.50	9.55	NS
Dressing percentage (%)	52.29	51.35	0.78	NS
Forequarter				
Chuck (%)	11.49	11.19	0.26	NS
Shoulder clod (%)	6.78	6.59	0.11	NS
Brisket and flank (%)	15.18	15.11	0.25	NS
Blade filet (%)	1.09	1.14	0.03	NS
Fore shank (%)	2.53	2.54	0.16	NS
Steak (%)	6.69	7.13	0.20	NS
Throat (%)	1.88	1.78	0.17	NS
Hindquarter				
Flank (%)	5.56	5.57	0.23	NS
Thick flank (%)	5.39	5.41	0.11	NS
Rump (%)	4.89a	4.64b	0.07	*
Top beef (%)	5.94	5.87	0.12	NS
Top side (%)	6.86	6.70	0.12	NS
Strip loin (%)	7.19	7.46	0.18	NS
Hind shank (%)	1.81	1.79	0.03	NS
Eye round (%)	1.99	1.86	0.06	NS
Forequarter (%)	53.89	54.01	0.37	NS
Hindquarter (%)	46.11	46.01	0.48	NS
Primary cuts (%)	46.84	46.80	3.02	NS
Secondary cut (%)	38.46	37.98	1.97	NS

NS, not significant. Means followed by different letters are significantly different at $P < 0.05$. Primary cuts : shoulder clod, blade filet, steak, top side, top beef, thick flank, strip loin, eye round and rump. Secondary cut : chuck, brisket and flank, fore shank, throat, fiank and hind shank. * $P < 0.05$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.1 การพิจารณาคุณภาพซาก (carcass identification)

สัตว์แต่ละชนิดมีคุณภาพซากแตกต่างกันออกไป ดังนั้นกลไกทางการตลาดจึงต้องมีการจัดจำแนกชั้นซากขึ้นเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดราคาและคุณภาพของสินค้าโดยพิจารณาเกณฑ์ทั่ว ๆ ไป ได้แก่ ผลผลิต (yield) เช่น เปอร์เซ็นต์ซาก ชิ้นส่วนตัดแต่งต่าง ๆ เป็นต้น ปัจจัยต่อมาคือลักษณะที่ปรากฏ (appearance) เช่น สี ไขมันแทรก ความคงรูป เป็นต้น ส่วนประกอบซากที่บริโภคได้ (edible portion) นอกจากนี้ยังใช้คุณสมบัติทางกายภาพอื่น ๆ (physical properties) เข้ามาช่วยในการพิจารณาจัดชั้นคุณภาพซากอีกด้วย (สัญชัย, 2550)

2.4 คุณภาพเนื้อ (meat quality)

คุณภาพเนื้อเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ ส่วนประกอบของซากที่มีปริมาณเนื้อมากย่อมเป็นที่สนใจต่อผู้บริโภค นอกจากนี้ความสำคัญในด้านปริมาณโปรตีน ไขมัน ความนุ่ม และรสชาติก็เป็นสิ่งที่สำคัญในเนื้อสัตว์ ซึ่งปริมาณของเนื้อและไขมันในซากแสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะทางพันธุกรรม การคัดเลือกพันธุกรรม และการปรับปรุงพันธุ์ ช่วยเพิ่มปริมาณเนื้อและลดปริมาณไขมันในซาก ปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพเนื้อเกิดจากหลายปัจจัย เริ่มจากการผลิตซึ่งมีปัจจัยที่สำคัญ เช่น อาหาร การจัดการเลี้ยงดู การให้ยา การขนส่งมายังโรงฆ่า การจัดการก่อนฆ่าจนถึงกระบวนการในการฆ่า การเอาเครื่องในออก การเก็บรักษาซาก การตัดแต่ง และการจัดจำหน่าย (จุฑารัตน์, 2538)

2.4.1 ความเป็นกรด - ด่างของเนื้อ (pH)

โดยปกติกล้ามเนื้อสัตว์ขณะมีชีวิตมีค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ประมาณ 7.2 หลังจากที่สัตว์ตายกล้ามเนื้อจะมีค่า pH ลดลงเหลือ 6.0 (สัญชัย, 2550) การเปลี่ยนแปลงของค่า pH ของเนื้อขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

1. ปริมาณไกลโคเจน (glycogen)

เมื่อสัตว์ยังมีชีวิตอยู่มีการหายใจแบบใช้ออกซิเจน (aerobic respiration) และลำเลียงออกซิเจนผ่านกระแสโลหิตไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย กล้ามเนื้อจึงได้รับพลังงานอย่างเพียงพอ หลังจากที่สัตว์ตายจะไม่มีการส่งออกซิเจนผ่านกระแสโลหิตไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ดังนั้นกล้ามเนื้อจึงขาดออกซิเจน ร่างกายสัตว์ยังคงมีการผลิตพลังงานต่อไปแต่จะผลิตพลังงานโดยการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) เหมือนกับกรณีที่กล้ามเนื้อทำงานหนักเกินไปในขณะยังมีชีวิตอยู่ ซึ่งเป็นกลไกการจัดหาพลังงานให้กับกล้ามเนื้อเพื่อพยายามคงการมีชีวิตไว้ โดยเหตุการณ์นี้จะเป็นไปชั่วระยะหนึ่งเท่านั้นแล้วก็จะหมดไป ในสัตว์มีชีวิตนั้นกรดแลคติคซึ่งเป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลิตผลที่ได้จากการผลิตพลังงานจากการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อและทำให้กล้ามเนื้อเมื่อยล้านั้น ต่อมาจะถูกส่งไปยังตับและตับก็จะสังเคราะห์ให้กลายเป็นกลูโคสและไกลโคเจนก่อนที่จะถูกนำมาใช้อีกครั้งหนึ่ง แต่ในสัตว์ที่ตายแล้วกรดแลคติคจะสะสมอยู่ในกล้ามเนื้อเป็นสาเหตุให้ค่า pH ของกล้ามเนื้อลดต่ำลง ส่วนค่า pH สุดท้ายจะเป็นเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของไกลโคเจนที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อขณะกำลังฆ่า (อุมาพร, 2546)

สัญชัย (2550) รายงานว่า กระบวนการฆ่ามีผลต่อการลดลงของปริมาณไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ โดยส่งผลให้ค่า pH สุดท้ายลดลง กล้ามเนื้อมีค่าความเป็นกรดมากขึ้น ส่งผลกระทบต่อค่าสีและค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ

2. ความคงทนต่อสภาพความเครียดของสัตว์

สัตว์ที่เครียดง่าย (stress susceptibility) สัตว์พวกนี้หากมีอาการเครียดหรือตื่นตกใจปริมาณไกลโคเจนในกล้ามเนื้อและตับจะถูกนำมาใช้เพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานในการดิ้นรนต่อสู้ กล้ามเนื้อจะเกิดอาการยืดหดตัวอย่างรวดเร็วและทำงานหนักมากทำให้มีการใช้ไกลโคเจนในสภาวะขาดออกซิเจนทำให้เกิดกรดแลคติคขึ้น เมื่อสัตว์ถูกฆ่าเซลล์กล้ามเนื้อจะขาดออกซิเจนต่อไปทำให้เกิดการสะสมกรดแลคติคมากขึ้น จึงทำให้ค่า pH ของกล้ามเนื้อลดลงอย่างรวดเร็ว ภายใน 1 ชั่วโมง pH อาจลดลงจาก 7.0 เป็น 5.4 – 5.5 และหลังจากนั้นจะคงที่ เนื้อสัตว์ที่มีค่า pH ลดต่ำลงอย่างรวดเร็วเช่นนี้จะมีลักษณะซีด มีความสามารถในการยึดน้ำ (water binding) ต่ำมาก จึงทำให้มีน้ำเยิ้มออกมาบนผิวเนื้อ เนื้อที่มีลักษณะแบบนี้เรียกว่าเนื้อ PSE (pale soft exudative) (อุมาพร, 2546)

สัตว์ที่ทนเครียด (stress resistance) สัตว์ประเภทนี้มีความทนความเครียดได้สูง ไม่ตื่นตกใจง่าย ร่างกายสามารถรักษาอุณหภูมิได้ปกติ และสามารถรักษาสภาวะความสมดุลในระบบต่าง ๆ ได้ดีโดยที่สัตว์จะสูญเสียปริมาณไกลโคเจนที่สะสมไว้ในกล้ามเนื้อส่วนใหญ่ไปเพื่อการนี้ ดังนั้นเมื่อสัตว์ถูกนำไปฆ่าเพื่อการชำแหละ ร่างกายจะมีอัตราการเกิดไกลโคไลซิสเกิดขึ้นน้อยทำให้ค่า pH ของเนื้อหลังฆ่าลดต่ำลงเล็กน้อย โดยทั่วไปจะมีค่า pH ประมาณ 6.5 - 6.8 เนื้อประเภทนี้จะสามารถจับน้ำไว้ได้มากกว่าปกติ สีจึงเข้มจัดเพราะไมโอโกลบิน (myoglobin) ไม่ได้ถูกปล่อยออกไปมาก ในขณะเดียวกันผิวเนื้อก็จะแห้ง เรียกเนื้อที่มีลักษณะนี้ว่าเนื้อ DFD (dark firm dry) (สัญชัย, 2551)

3. ตำแหน่งของกล้ามเนื้อ

ค่า pH ของกล้ามเนื้อจะแตกต่างกันตามตำแหน่งของกล้ามเนื้อ โดยกล้ามเนื้อบริเวณคอขาหน้า หรือขาหลัง ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ต้องเคลื่อนไหวหรือเคลื่อนที่มาก กล้ามเนื้อเหล่านี้จะมีปริมาณไมโอโกลบินในเซลล์กล้ามเนื้อปริมาณมากจึงทำให้ปริมาณออกซิเจนเหลืออยู่ในกล้ามเนื้อในปริมาณมากพอภายหลังจากสัตว์ตายแล้วและเป็นผลทำให้ค่า pH ของเนื้อลดลงช้ากว่ากล้ามเนื้อบริเวณสันหลัง สะโพก หรือเนื้อพื้นท้อง (เยาวลักษณ์, 2536) จากการศึกษาของ Torrescano *et al.*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(2003) พบว่า กล้ามเนื้อ *Infraspinatus* (IF) มีค่า pH ที่ 24 ชั่วโมง สูงกว่ากล้ามเนื้อ *Biceps femoris* (BF) และกล้ามเนื้อ *Semitendinosus* (ST) โดยมีค่าเท่ากับ 5.63, 5.52 และ 5.52 ตามลำดับ จากการศึกษาของ von Seggern *et al.* (2005) พบว่า กล้ามเนื้อต่างชนิดกันมีค่า pH ต่างกัน โดยกล้ามเนื้อ IF มีค่า pH สูงกว่ากล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* (LD), BF และ ST ($P < 0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.97, 5.76, 5.48 และ 5.45 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Sekhon and Bawa (1996) ที่รายงานว่า เนื้อกระบือต่างกล้ามเนื้อกัน มีค่า pH ต่างกัน โดยกล้ามเนื้อ LD มีค่าสูงสุด คือ 6.79 และกล้ามเนื้อ ST มีค่าต่ำสุด คือ 6.73 แต่กล้ามเนื้อ BF และ *Triceps brachii* (TB) ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 6.76 และ 6.75 สำหรับกล้ามเนื้อ *Semimembranosus* (SM) ของกระบือมีค่า pH เท่ากับ 6.21 (Vasanthi *et al.*, 2007) นอกจากนี้ยังพบว่า ค่า pH ของกล้ามเนื้อ SM ของกระบือ และโคพันธุ์บรามันห์ไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 5.4 – 5.6 (Robertson *et al*., 1984) ซึ่งตรงข้ามกับ Neath *et al*. (2007) ที่รายงานว่า ค่า pH ที่ 40 นาที ของกล้ามเนื้อ *Longissimus thoracis* (LT) ของกระบือมีค่าสูงกว่าโคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยมีค่าเท่ากับ 6.7 และ 6.4 ตามลำดับ และกระบือยังมีค่า pH ที่ 24 ชั่วโมง สูงกว่า ($P < 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 5.7 และ 5.5 ตามลำดับ

4. อัตราการทำให้ซากมีอุณหภูมิลดลง

สัตว์ภายหลังจากการฆ่าต้องทำการชำแหละซากให้เสร็จและแช่เย็นอย่างรวดเร็วเพื่อให้เนื้อมีคุณภาพดี การแช่เย็นที่ดีควรทำให้เนื้อมีอุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส ภายในเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อทำให้อัตราการเกิดไกลโคไลซิสในกล้ามเนื้อเป็นไปตามปกติ สภาพ pH ของเนื้อจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ และลดลงถึง 5.3 – 5.7 ในขั้นสุดท้าย แต่สำหรับเนื้อที่ได้จากสัตว์ที่ตื่นตกใจได้ง่ายหรือสัตว์ที่เครียดง่ายถึงแม้จะทำการแช่เย็นซากดีก็ไม่สามารถทำให้เนื้อมีคุณภาพปกติ เพราะเนื้อจะมี pH ต่ำลงอย่างรวดเร็วในขณะที่อุณหภูมิซากยังอุ่นอยู่ เนื้อจะแสดงลักษณะ PSE เช่นเดิม (สัญชัย, 2551)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.2 สีเนื้อ (meat color)

สีของเนื้อขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ อายุ ลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อ ปริมาณเม็ดสีในกล้ามเนื้อ (myoglobin) ปริมาณเม็ดสีในเลือด (haemoglobin) การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายในกล้ามเนื้อภายหลังจากการฆ่า (จุฑารัตน์, 2540)

สารสี (pigment) ในเนื้อประกอบไปด้วยโปรตีน 2 ชนิด คือ ฮีโมโกลบินอยู่ในเลือด และไมโอโกลบินอยู่ในกล้ามเนื้อ ซึ่งมีอยู่ประมาณร้อยละ 80 - 90 ของเม็ดสีในกล้ามเนื้อ และมีปริมาณมากกว่าฮีโมโกลบิน ทั้งฮีโมโกลบินและไมโอโกลบินมีโครงสร้างคล้ายกัน แต่ไมโอโกลบินจะมี

ขนาดเล็กกว่าฮีโมโกลบินประมาณ 1/4 เท่า ไมโอโกลบินประกอบด้วยส่วนที่เป็นโปรตีน เรียกว่า โกลบิน และส่วนที่ไม่ใช่โปรตีน เรียกว่า ฮีม (heme) โดยคุณสมบัติของไมโอโกลบินต่างกันที่ชนิดของสัตว์ อายุ เพศ ลักษณะกล้ามเนื้อ และการออกกำลังกาย สัตว์ต่างชนิดกันมีสีของเนื้อต่างกัน เช่น เนื้อหมูมีสีอ่อนกว่าเนื้อวัว และสัตว์อายุน้อยมีปริมาณไมโอโกลบินน้อยทำให้มีสีเนื้ออ่อนกว่าสัตว์อายุมาก (เข็มทอง, 2538) สีของเนื้อสัตว์ชนิดต่าง ๆ มีดังนี้ (สัญชัย, 2550)

เนื้อโค	สีแดงสดเหมือนผลเชอรี่ (cherry red)
เนื้อลูกโค	สีชมพูอมน้ำตาล (brownish pink)
เนื้อม้า	สีแดงเข้ม (dark red)
เนื้อสุกร	สีชมพูอมเทา (grayish pink)
เนื้อแพะ - แกะ	สีแดงอ่อนถึงแดงอิฐ (light red to brick red)
เนื้อสัตว์ปีก	สีเทาขาวถึงแดงหม่น (gray white to dull red)
เนื้อปลา	สีเทาขาวถึงแดงเข้ม (gray white to dark red)

โดยสัตว์ต่างชนิดกันมีปริมาณไมโอโกลบินในเนื้อแตกต่างกันคือ เนื้อหมูมี 0.06 เปอร์เซ็นต์ เนื้อแกะมี 0.25 เปอร์เซ็นต์ เนื้อวัวมี 0.60 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้เนื้อวัวมีสีเข้มกว่าเนื้อแกะ และเนื้อแกะมีสีเข้มกว่าเนื้อหมู ตามลำดับ (Lowrie *et al*., 1998) และสัตว์ชนิดเดียวกันถ้ามีอายุต่างกันปริมาณไมโอโกลบินที่มีในเนื้อจะแตกต่างกันคือ ในเนื้อลูกวัวอายุ 3 - 6 เดือน มีไมโอโกลบินในเนื้อ 1 - 3 มิลลิกรัมต่อเนื้อสดหนึ่งกรัม ขณะที่เนื้อวัวอายุ 8 - 12 เดือน มี 4 - 10 มิลลิกรัมต่อเนื้อสดหนึ่งกรัม เนื้อที่ได้จากสัตว์อายุมากจึงมีสีเข้มกว่าเนื้อสัตว์อายุน้อย (Dryden and Birdsall, 1980) ซึ่งสอดคล้องกับ Tateo *et al.* (2007) ที่รายงานว่า ค่าสีของเนื้อกระบือแตกต่างกันตามอายุ โดยเนื้อกระบือที่มีอายุ 4, 8 และ 12 เดือน มีค่า L* (ค่าความสว่างของสีเนื้อ) เท่ากับ 43.24, 44.89 และ 39.54 ค่า b* (ค่าแกนของสีน้ำเงินไปถึงสีเหลือง) เท่ากับ 14.19, 12.16 และ 18.16 ค่า a* (ค่าแกนของสีเขียวไปถึงสีแดง) เท่ากับ 4.18, 3.77 และ 5.49 ตามลำดับ นอกจากนี้กล้ามเนื้อแต่ละชนิดยังมีสีของเนื้อแตกต่างกันเนื่องจากแต่ละกล้ามเนื้อมีองค์ประกอบ และเมแทบอลิซึมต่างกัน โดยพบว่ากล้ามเนื้อ ST มีค่า L* สูงกว่ากล้ามเนื้อ IF และ BF และมีค่า a* ต่ำกว่ากล้ามเนื้อ IF แต่สูงกว่ากล้ามเนื้อ BF (Torrescano *et al*., 2003) ซึ่งสอดคล้องกับ Spanghero *et al.* (2004) ที่รายงานว่า เนื้อกระบือมีสีเข้มกว่าเนื้อโค ($P < 0.01$) โดยมีค่า a* เท่ากับ 23.7 และ 18.8 ตามลำดับ และกล้ามเนื้อ LD มีสีเข้มและแดงกว่ากล้ามเนื้อ ST โดยมีค่า L* เท่ากับ 43.4 และ 48.5 ค่า a* เท่ากับ 22.4 และ 20.1 ตามลำดับ

ชัยณรงค์ และจันทร์พร (2539) ศึกษาการขุนกระบืออายุน้อยด้วยอาหารข้น 3 ระดับ คือ 0, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าระดับอาหารข้นไม่มีผลทำให้ค่า L*, a* และ b* แตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยค่า L* เป็น 34.88, 34.19, 32.65 ค่า a* เป็น 13.57, 16.31, 16.58 ค่า b* เป็น 7.93, 7.69 และ 7.03 ตามลำดับ จากการศึกษาของ French *et al.* (2000) และ French *et al.* (2001) รายงานว่า สัดส่วนอาหารหยาบและอาหารข้นไม่มีผลต่อค่าสีของกล้ามเนื้อ LD ของโคขุน โดยมีค่าเฉลี่ยของค่า L*, a* และ b* เท่ากับ 36.4, 17.44 และ 9.75 ตามลำดับ ในทางตรงข้ามจากการศึกษาของ Nuernberg *et al.* (2005) พบว่า สีของเนื้อโคที่ได้รับหญ้าเข้มกว่าเนื้อโคที่ได้รับอาหารข้น ($P < 0.05$) โดยมีค่า L* เท่ากับ 29.25 และ 33.08 ในโคพันธุ์ German Holstein (GH) และ 32.20 และ 35.78 ในโคพันธุ์ German Semmental (GS) ซึ่งสอดคล้องกับ Dannenberger *et al.* (2006) ที่รายงานว่า โคที่ได้รับหญ้าเป็นอาหารมีสีเนื้อเข้มกว่าโคที่ได้รับอาหารข้น และสีของกล้ามเนื้อ LD เข้มกว่ากล้ามเนื้อ ST ($P < 0.05$) โดยค่า L* ของโคพันธุ์ GH และพันธุ์ GS ที่ได้รับหญ้าและอาหารข้น มีค่าเท่ากับ 29.2, 33.1 และ 35.2, 35.8 ในกล้ามเนื้อ LD และ 34.3, 37.8 และ 36.4, 38.6 ในกล้ามเนื้อ ST ตามลำดับ

2.4.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (water holding capacity ; WHC)

กล้ามเนื้อแต่ละชนิดมีความสามารถในการอุ้มน้ำแตกต่างกัน โดยปกติในกล้ามเนื้อมีน้ำอยู่ประมาณ 65 - 80 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักกล้ามเนื้อทั้งหมด น้ำเหล่านี้ทำหน้าที่สำคัญต่าง ๆ ในเซลล์มีชีวิต ได้แก่ การทำละลายและเคลื่อนย้ายสารภายในเซลล์ ทำหน้าที่หล่อลื่น รักษารูปร่างของเซลล์และเป็นปัจจัยสำคัญในปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่จำเป็น น้ำเหล่านี้ส่วนใหญ่จะถูกจับไว้ภายในเส้นใยกล้ามเนื้อโดยเกาะตัวอยู่กับโปรตีน ถ้าหากโปรตีนเหล่านี้ไม่เสื่อมสภาพก็จะจับน้ำได้เกือบทั้งหมด แต่ในกรณีที่โปรตีนเกิดการเสื่อมสภาพน้ำเหล่านี้จะถูกปลดปล่อยออกมา (ชัยณรงค์, 2529)

ปัจจัยที่สำคัญต่อค่า WHC คือ สภาพความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของเนื้อ ซึ่งเนื้อในสภาพปกติ (pH 6.8–7.0) โมเลกุลของโปรตีนในเนื้อจะมีความเป็นประจุสูง เนื่องจากมีกลุ่มของ carboxyl, amino, carbonyl, hydroxyl, sulhydryl, imidazole อยู่ภายใน ซึ่งกลุ่มเหล่านี้จะจับน้ำที่อยู่ในเซลล์ของเนื้อได้ด้วยแรงดึงดูดไฮโดรเจน (hydrogen bond) ทำให้เนื้อมีค่า WHC สูง น้ำไม่ไหลซึมออกจากเนื้อ (เยาวลักษณ์, 2536) เมื่อ pH ของเนื้อลดต่ำลงอย่างรวดเร็วใน 1 ชั่วโมงหลังฆ่าจะทำให้น้ำไหลซึมออกนอกกล้ามเนื้อ ค่า WHC ลดต่ำลง ในทางตรงข้ามถ้าค่า pH ของเนื้อมีค่าสูง น้ำจะถูกจับไว้โดยโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ ค่า WHC จึงสูง (ชัยณรงค์, 2529)

Anjaneyulu *et al.* (1985) รายงานว่า ระดับโปรตีนในอาหารไม่มีผลต่อค่าการสูญเสียน้ำจากการประกอบอาหาร (cooking loss) ของกล้ามเนื้อ LD ของกระบือ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.61 เปอร์เซ็นต์ สำหรับค่าการสูญเสียน้ำจากการประกอบอาหารของกล้ามเนื้อ SM ของกระบือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 43.09 เปอร์เซ็นต์ (Vasanthi *et al*., 2007) จากรายงานของ Tateo *et al*. (2007) พบว่าค่าการสูญเสียน้ำจากการทำละลาย (thawing loss) ลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้น โดยเนื้อกระบือที่มีอายุ 4,

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

8 และ 12 เดือน มีค่าการสูญเสียน้ำจากการทำละลายเท่ากับ 1.00, 0.80 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ French *et al.* (2000) รายงานว่า สัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำของเนื้อ (drip loss) และการสูญเสียน้ำจากการประกอบอาหารของกล้ามเนื้อ LD ของโคขุน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.1 และ 32.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ French *et al.* (2001) ที่รายงานว่าค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อ และการสูญเสียน้ำจากการประกอบอาหารไม่มีความแตกต่างกันตามอาหารที่โคได้รับ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.41 และ 29.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และจากรายงานของ Kerth *et al.* (2007) พบว่า ค่าการสูญเสียน้ำของกล้ามเนื้อ LD ของโคที่ได้รับอาหารต่างกันไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) โดยโคที่ได้รับอาหารข้นอย่างเดียวมีค่าการสูญเสียน้ำเท่ากับ 20.81 เปอร์เซ็นต์ โคที่ได้รับอาหารหยาบและอาหารข้นมีค่าเท่ากับ 19.59 เปอร์เซ็นต์ และโคที่ได้รับอาหารหยาบอย่างเดียวมีค่าเท่ากับ 21.60 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้จากรายงานของ Sami *et al.* (2004) พบว่า โคที่ได้รับอาหารที่มีความเข้มข้นต่างกันมีค่าการสูญเสียน้ำขณะปิ้งย่าง (grilling loss) ของกล้ามเนื้อ LD ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.5 เปอร์เซ็นต์

2.4.4 การประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส (sensory evaluation)

การตรวจชิมเป็นวิธีการประเมินคุณภาพ โดยใช้ผู้ตรวจชิมตัดสินคุณภาพเนื้อสัตว์ (determine of meat quality) ด้านความเหนียวนุ่ม กลิ่น รสชาติ ความชุ่มฉ่ำและความพอใจโดยรวม และให้คะแนนตามลักษณะที่พิจารณาได้ ทั้งนี้พบว่า สายพันธุ์มีผลต่อคุณภาพเนื้อด้านการตรวจชิมหรือ organoleptic traits (Buss, 1990 อ้างโดย สัญชัย, 2550)

2.4.4.1 ความนุ่มของเนื้อ (tenderness)

ความนุ่มของเนื้อเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อความน่ารับประทาน (palatability) (เยาวลักษณ์, 2536) โดยเนื้อที่ความนุ่มย่อมง่ายต่อการกัดหรือเคี้ยวให้ความรู้สึกอ่อนนุ่มเมื่อสัมผัสกับเนื้อเยื่อบริเวณแก้มและลิ้น และเนื้อจะยุ่ยละเอียดเมื่อเคี้ยวไประยะหนึ่งแล้ว เนื้อที่มีความนุ่มจะทำให้ผู้บริโภคเกิดความพอใจและสามารถบริโภคเนื้อได้มาก ตรงกันข้ามกับเนื้อที่มีความเหนียว (อุมาพร, 2546) ความนุ่มของเนื้อขึ้นอยู่กับ ชนิดของสัตว์ พันธุ์สัตว์ อายุ ชนิดของกล้ามเนื้อ ปริมาณไขมันที่แทรกอยู่ในกล้ามเนื้อ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในกล้ามเนื้อหลังฆ่าและระยะเวลาในการบ่มเนื้อ (จุฑารัตน์, 2540) จากรายงานของ Spanghero *et al.* (2004) พบว่า ความแตกต่างของสปีชีย์มีผลต่อความนุ่มของเนื้อ โดยเนื้อกระบือมีความนุ่มมากกว่าเนื้อโค เนื่องจากมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อน้อยกว่า (46.3 และ 68.8 นิวตัน, $P < 0.01$) นอกจากนี้ ยังมีแนวโน้มว่าเนื้อกระบือมีปริมาณไขมันแทรกและปริมาณคอลลาเจนสูงกว่า และจากการประเมินด้านการตรวจชิมพบว่าเนื้อดิบมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กลิ่นรส และความพอใจโดยรวม ไม่แตกต่างกันระหว่างสปีชีย์ แต่เนื้อโคดิบมีความนุ่มกว่าเนื้อกระบืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) สำหรับเนื้อสุกพบว่าเนื้อกระบือมีกลิ่นรส ความนุ่ม และความพอใจโดยรวมสูงกว่าเนื้อโค นอกจากนี้ยังพบว่ากล้ามเนื้อต่างกันมีความนุ่มต่างกันด้วย โดยกล้ามเนื้อ LD นุ่มกว่ากล้ามเนื้อ ST เนื่องจากมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อน้อยกว่า (47.8 และ 67.3 นิวตัน, $P < 0.01$) ซึ่งสอดคล้องกับ Neath *et al.* (2007) ที่ศึกษาความแตกต่างของความนุ่มของเนื้อกระบือและเนื้อโคที่ระยะเวลาในการบ่มต่างกัน พบว่า ระยะเวลาในการบ่มไม่มีผลต่อความนุ่มของเนื้อ และเนื้อกระบือมีความนุ่มมากกว่าเนื้อโค เนื่องจากเนื้อกระบือมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อ LT และ SM ต่ำกว่าเนื้อโค ($P < 0.05$) และ ค่าแรงตัดผ่านของกล้ามเนื้อ SM ของเนื้อกระบือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.05 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จากการศึกษาของ Koch *et al.* (1995) พบว่าเนื้อสัตว์ต่างสปีชีย์กันมีความนุ่มต่างกันโดยเนื้อจากโคพันธุ์ *Bison bison* นุ่มกว่าเนื้อจากโคพันธุ์ *Bos Taurus* และพันธุ์ *Bos x Bison* เนื่องจากมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อน้อยกว่า (4.7, 5.1 และ 5.5 กิโลกรัม ตามลำดับ) มีค่าคะแนนความนุ่มสูงกว่า (5.7, 4.6 และ 5.1 ตามลำดับ) และมีค่าความชุ่มฉ่ำของเนื้อสูงกว่าด้วย (5.4, 5.1 และ 5.0 ตามลำดับ)

Sekhon and Bawa (1996) รายงานว่า อาหารมีผลต่อความนุ่มของเนื้อกระบือ โดยเนื้อกระบือที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนและพลังงานสูง มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อสูงกว่า ($P < 0.05$) กระบือที่ได้รับอาหารโปรตีนและพลังงานต่ำ โดยมีค่าเท่ากับ 35.08, 36.04 และ 37.15 นิวตัน ในกระบือที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนและพลังงาน 100, 115 และ 130 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และยังพบว่ากล้ามเนื้อต่างชนิดกันมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่างกัน โดยกล้ามเนื้อ ST, BF, TB และ LD มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อเท่ากับ 36.58, 36.13, 35.88 และ 35.72 นิวตัน ตามลำดับ ซึ่งตรงข้ามกับ Tiwari *et al.* (2001) ที่รายงานว่า ความแตกต่างของแหล่งโปรตีนในอาหารไม่มีผลต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อ LD ของกระบือพันธุ์มูร่าห์ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.96 กิโลกรัม ซึ่งสอดคล้องกับ Anjaneyulu *et al.* (1985) ที่รายงานว่า ระดับของโปรตีนในอาหารไม่มีผลต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อ LD ของกระบือ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.03 กิโลกรัม และจากการศึกษาของ Nuernberg *et al.* (2005) พบว่า เนื้อโคที่ได้รับหญ้าเป็นอาหารเหนียวกว่าเนื้อโคที่ได้รับอาหารข้น ($P < 0.05$) เนื่องจากมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อ LD สูงกว่า โดยมีค่าเท่ากับ 14.34 และ 11.06 กิโลกรัม ในโคพันธุ์ German Holstein (GH) และมีค่าเท่ากับ 15.87 และ 13.17 กิโลกรัม ในโคพันธุ์ German Simmental (GS) ซึ่งสอดคล้องกับ Dannenberger *et al.* (2006) ที่รายงานว่า เนื้อโคที่ได้รับหญ้าเป็นอาหารเหนียวกว่าเนื้อโคที่ได้รับอาหารข้น ($P < 0.05$) เนื่องจากมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อ LD สูงกว่า โดยมีค่าเท่ากับ 14.3 และ 11.1 กิโลกรัม ในโคพันธุ์ GH และมีค่าเท่ากับ 15.9 และ 13.2 กิโลกรัม ในโคพันธุ์ GS

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนประกอบสำคัญที่มีอิทธิพลต่อความนุ่มเนื้อแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เส้นใยกล้ามเนื้อ และไขมันแทรก

1. เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue)

ความนุ่มของเนื้อสัตว์เป็นผลมาจากปริมาณและโครงสร้างของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ซึ่งถ้ากล้ามเนื้อมัดใดมีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมากพบว่ากล้ามเนื้อมัดนั้นจะมีความนุ่มต่ำ มีความเหนียวมากเพราะดัชนีของความนุ่มก็คือปริมาณโปรตีนคอลลาเจน (เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน) แต่อีลาสตินและเรติคิวลินในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมีผลต่อความนุ่มน้อยกว่าคอลลาเจน (สัญชัย, 2550) โดยชนิดและปริมาณของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันจะแตกต่างกันตามชนิดของสัตว์ เพศ และอายุ เช่น เนื้อสุกรจะนุ่มกว่าเนื้อโค สัตว์เพศผู้จะมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมากกว่าเพศเมียเนื้อจึงเหนียวกว่า สัตว์อายุมากเนื้อเหนียวกว่าสัตว์อายุน้อย สัตว์ที่ออกกำลังมากจะมีพังผืดมากและอีลาสตินมากด้วยทำให้เนื้อเหนียว (เข็มทอง, 2538)

2. ลักษณะเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber characteristic)

ความนุ่มของเนื้อสัตว์เป็นผลมาจากสภาพภายหลังการเกร็งตัว (post rigor) ของกล้ามเนื้อ ซึ่งพบว่าในกล้ามเนื้อเดียวกัน ความนุ่มเหนียวมีความแตกต่างกัน เช่น กล้ามเนื้อสันนอกพบว่าส่วนต้นและส่วนปลายของกล้ามเนื้อจะมีความนุ่มดีกว่าส่วนกลางของกล้ามเนื้อ ซึ่งเกิดจากแรงตึงผิว ณ แต่ละจุดไม่เท่ากัน (สัญชัย, 2550) ความแตกต่างในความเหนียวนุ่มดังกล่าวเป็นผลมาจากสถานะของการยึดหดตัวของกล้ามเนื้อ กล่าวคือ ถ้าบริเวณใดมีการเกิด crossbridge มากกว่าก็จะเหนียวกว่า และในทางตรงกันข้ามถ้ามี crossbridge ต่ำกว่าก็จะนุ่มกว่า สถานะที่กล่าวถึงนี้จะเกิดขึ้นหลังสัตว์ตายประมาณ 2 - 3 ชั่วโมง เรียกว่า actomyosin toughening ซึ่งการแช่เย็นซากเป็นเวลานานหลังจากนี้จะทำให้เนื้อนุ่มขึ้น actomyosin complex จะสลายตัวคลายออกจากกันไปพร้อม ๆ กันกับที่สารย่อยเข้าทำปฏิกิริยา ณ Z line จึงทำให้เนื้อนุ่มกว่าเดิม การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นผลให้ความยาวซาร์โคเมียร์ยาวขึ้นกว่าเดิม และค่าแรงตัดผ่านเนื้อลดต่ำลง (ชัยณรงค์, 2529)

3. ไขมันแทรก (intramuscular fat)

ไขมันแทรกภายในมัดกล้ามเนื้อทำให้เนื้อนุ่มขึ้น เนื่องจากไขมันแทรกระหว่างเซลล์ทำให้แรงยึดระหว่างเซลล์ของกล้ามเนื้อน้อยลง และไขมันเหล่านี้จะทำหน้าที่เป็นตัวหล่อลื่นขณะเคี้ยวเนื้อ ทำให้เกิดความชุ่มฉ่ำภายในปากและรู้สึกว่าเนื้อนุ่มขึ้น เกิดรสชาติ และเพิ่มความน่ารับประทาน เมื่อมองที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อจะเห็นเป็นจุด ยาว รี ขนาดประมาณไส้ดินสอ ปรากฏกระจัดกระจายทั่วหน้าตัด โดยเนื้อที่มีคุณภาพสูงจะมีปริมาณไขมันแทรกสูงด้วย (สัญชัย, 2550)

Dannenberger *et al*. (2006) รายงานว่า อาหารมีผลต่อปริมาณไขมันแทรกในเนื้อโคพันธุ์ German Simmental โดยโคที่ได้รับหญ้าเป็นอาหารมีปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ LD และ ST ต่ำกว่าโคที่ได้รับอาหารข้น ($P < 0.05$) โดยในกล้ามเนื้อ LD มีค่าเท่ากับ 1.5 และ 2.6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปอร์เซ็นต์ กล้ามเนื้อ ST มีค่าเท่ากับ 1.11 และ 1.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ ST ต่ำกว่าในกล้ามเนื้อ LD ทั้งสองกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับ Nuernberg *et al.* (2005) ที่รายงานว่า โคที่ได้รับอาหารข้นมีปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ LD สูงกว่าโคที่ได้รับหญ้า ($P < 0.05$)

2.4.4.2 ความชุ่มฉ่ำ (juiciness)

ความชุ่มฉ่ำของเนื้อเป็นผลมาจากการที่กล้ามเนื้อมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ เพราะน้ำในเนื้อช่วยหล่อลื่นขณะทำการเคี้ยวก่อนที่จะกลืน นอกจากนี้ยังช่วยกระตุ้นต่อมน้ำลายให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เกิดความรู้สึกชุ่มลำคอ ซึ่งความชุ่มฉ่ำของเนื้อสามารถประเมินได้จากการตรวจชิมตัวอย่างขณะที่บดเคี้ยวอยู่ในปากทำให้รู้สึกว่าเนื้อไม่แห้ง และร่วน นอกจากนี้ไขมันที่แทรกอยู่ในเนื้อทำให้เนื้อชุ่มฉ่ำ และยังส่งผลให้เนื้อนุ่มขึ้น ส่วนมากได้จากเนื้อสัตว์อายุน้อยถือว่าเป็นเนื้อที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง จะมีระดับคะแนนการตรวจชิมสูงด้วย (สัญชัย, 2550)

2.4.4.3 กลิ่นและรสชาติ (flavor)

ความรู้สึกของรสชาติและกลิ่นของเนื้อสัตว์ที่บริโภคนั้นนับเป็นความรู้สึกที่ยากในการแยกแยะออกจากกัน แต่ในทางสรีรวิทยาแล้วความรู้สึกในรสชาติเป็นผลสืบเนื่องมาจากความรู้สึกรับรู้พื้นฐาน 4 ชนิด คือ รสเค็ม หวาน เปรี้ยว และขมโดยเส้นประสาทที่ผิวของลิ้น ส่วนกลิ่นนั้นรับรู้ได้โดยการถูกกระตุ้นของปลายประสาทในโพรงจมูกด้วยสารระเหยได้จากเนื้อ ความรู้สึกรวมจึงกลายเป็นการรับรู้รส (taste) และกลิ่น (smell) นั่นเอง ส่วนประกอบของเนื้อที่ทำให้เกิดรสชาติได้แก่ สารประกอบในเนื้อ ซึ่งเมื่อถูกความร้อนจะแปรสภาพไปเป็นสารประกอบรส กลิ่น ได้แก่ พวกอินโนซินโมโนฟอสเฟต (Inosine monophosphate, IMP) และไฮโปซานติน (hyposantine) และเนื่องจากสารประกอบทั้ง 2 ชนิดนี้ เป็นผลิตผลจากการแปรสภาพของพลังงาน ATP ดังนั้นจึงน่าจะเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้กล้ามเนื้อที่ทำงานหนักของร่างกาย เช่น ขาหลัง ขาหน้า และเนื้อจากสัตว์ป่า มีกลิ่นรสแรงกว่าเนื้อจากส่วนอื่นหรือสัตว์เลี้ยงโดยทั่ว ๆ ไป (ชัยณรงค์, 2529) ส่วนรสชาติของเนื้อนั้นเกิดจากสารให้รสของโปรตีนในเนื้อ ซึ่งเกิดจากกรดอะมิโนและสารเปบไทด์ในเนื้อ (สัญชัย, 2550)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.4.4 ความพอใจโดยรวม (overall acceptability)

เป็นการประเมินความพอใจและการยอมรับรวมกันทั้งสามอย่างจากการตรวจชิมเนื้อ คือ ความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ และรสชาติ ผู้ตรวจชิมให้คะแนนประเมินความพึงพอใจจากการตรวจชิม

ตัวอย่างเนื้อ และตัดสินคุณภาพการบริโภคและลักษณะของเนื้อ ซึ่งเนื้อสัตว์แต่ละชนิดจะมีลักษณะเฉพาะและมีความแตกต่างกันไป (สัญชัย, 2550)

2.4.5 องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการ (chemical composition and nutritive value)

โดยทั่วไปเนื้อสัตว์จะมีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ น้ำ 60 - 75 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 15 - 20 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 5 - 25 เปอร์เซ็นต์ เถ้า ประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ และคาร์โบไฮเดรตประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ (อุมาพร, 2546) ซึ่งปริมาณขององค์ประกอบเหล่านี้จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับ สายพันธุ์ ชนิดของสัตว์ อายุ ชนิดของกล้ามเนื้อ เพศ และปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม (สัญชัย, 2550) จากการศึกษาลักษณะทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของเนื้อกระบือแก่ (อายุประมาณ 12 ปี) และเนื้อกระบือรุ่น (อายุ 1-2 ปี) พบว่า กล้ามเนื้อ LD ของกระบือรุ่นและกระบือแก่ มีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 77.75 และ 79.69 ค่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนเฉลี่ย เท่ากับ 19.11 และ 17.81 ค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันเฉลี่ยเท่ากับ 0.45 และ 0.44 และค่าเปอร์เซ็นต์เถ้าเฉลี่ย เท่ากับ 0.99 และ 0.98 ตามลำดับ (Ziauddin *et al.*, 1994) ซึ่งสอดคล้องกับ Sekhon *et al.* (1996) ที่ว่าองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อกระบือมีความแตกต่างกันตามอายุ โดยปริมาณโปรตีนและไขมันในเนื้อจะเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณความชื้นจะลดลงตามอายุกระบือที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเปอร์เซ็นต์โปรตีนมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 18.52, 20.94 และ 21.70 เปอร์เซ็นต์ไขมันมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.77, 1.58 และ 1.80 และเปอร์เซ็นต์ความชื้นมีค่าเท่ากับ 78.59, 77.75 และ 76.00 ในกระบืออายุ 8, 12 และ 16 เดือน ตามลำดับ จากรายงานของ Agnihotri *et al.* (1995) พบว่า เนื้อกระบือพันธุ์มูร่าห์มีปริมาณความชื้นเท่ากับ 79.14 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่า กล้ามเนื้อต่างชนิดกันมีปริมาณไขมัน และความชื้นต่างกัน โดยปริมาณไขมันในกล้ามเนื้อ IF มากกว่า LD, BF และ ST ($P < 0.05$) คือเท่ากับ 9.18, 7.74, 6.86 และ 4.08 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ส่วนปริมาณความชื้นในกล้ามเนื้อ ST มีมากกว่ากล้ามเนื้อ BF, IF และ LD ($P < 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 73.27, 71.61 70.81 และ 70.52 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ (von Seggern *et al.*, 2005)

Marino *et al.* (2006) รายงานว่า สัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ ซึ่งสอดคล้องกับ French *et al.* (2000) ที่รายงานว่าการให้อาหารที่มีพลังงานสูงไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ แต่ปริมาณโปรตีน เถ้า และไขมัน มีความแตกต่างกันระหว่างกล้ามเนื้อ โดยปริมาณโปรตีนของกล้ามเนื้อ ST และ LD สูงกว่ากล้ามเนื้อ SM ($P < 0.001$) ปริมาณไขมันของกล้ามเนื้อ LD สูงที่สุดและกล้ามเนื้อ ST ต่ำที่สุด ($P < 0.01$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชัยณรงค์ และจันทร์พร (2539) ศึกษาการขุนกระบืออายุน้อยด้วยอาหารข้น 3 ระดับ คือ 0, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่า กล้ามเนื้อ LD ของกระบือมีปริมาณโปรตีน 20.03, 22.25 และ 22.05 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณไขมัน 0.78, 1.73 และ 1.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยที่ระดับอาหารข้น 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์มีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงกว่าที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) สำหรับค่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ระดับอาหารข้น 0 เปอร์เซ็นต์ ถึงแม้จะมีค่าต่ำกว่าระดับอื่นแต่ก็ไม่แตกต่างกันทางสถิติ จากการศึกษาของ Di Luccia *et al*. (2003) พบว่า ปริมาณความชื้นของเนื้อกระบือที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานสูงมีค่าลดลง แต่เนื้อกระบือที่ได้รับอาหารพลังงานต่ำมีค่าความชื้นสูงขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น และเนื้อกระบือที่ได้รับอาหารพลังงานสูงมีปริมาณโปรตีน ไขมัน และพลังงานสูงกว่ากระบือที่ได้รับอาหารพลังงานต่ำ โดยมีค่าเท่ากับ 22, 1.7 และ 1.05 เปอร์เซ็นต์ ในกระบือที่ได้รับอาหารพลังงานสูง และ 21, 1.5 และ 0.98 เปอร์เซ็นต์ ในกระบือที่ได้รับอาหารพลังงานต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่า การเสริมแหล่งโปรตีนในอาหารต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณความชื้น และไขมัน ของกล้ามเนื้อ LD ของกระบือพันธุ์มูร่าห์ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 75.06 และ 1.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Tiwari *et al*., 2001) ซึ่งสอดคล้องกับ Anjaneyulu *et al*. (1985) ที่รายงานว่า ระดับของโปรตีนในอาหารไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อกระบือ โดยมีปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมัน เฉลี่ยเท่ากับ 76.36, 20.44 และ 1.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2.4.6 คอลลาเจน (collagen)

คอลลาเจนเป็นโปรตีนเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีอยู่ในตัวสัตว์ปริมาณมากที่สุด พบมากในเอ็น หนัง กระดูก คอลลาเจนมีลักษณะเป็นเส้นยาว มีขนาดเล็ก และหยิกหยอง (wavy) อยู่เป็นเส้นเดี่ยว หรืออยู่รวมกันหลายเส้นเป็นมัด เช่น เอ็น (tendon) ทำหน้าที่เชื่อมกล้ามเนื้อเข้าด้วยกันกับกระดูก คอลลาเจนเป็นไกลโคโปรตีน (glycoprotein) ซึ่งมีปริมาณน้ำตาลกาเลคโตสและกลูโคสปนอยู่ด้วยเล็กน้อย และมีปริมาณกรดอะมิโนพวกไกลซีน (glycine) อยู่สูงเกือบเป็น 1/3 ส่วนของกรดอะมิโนทั้งหมดที่มีอยู่ คอลลาเจนมีสีขาวเนื่องจากมีปริมาณของกรดอะมิโน พวกไฮดรอกซีโพรลีน (hydroxyproline) เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย เมื่อนำคอลลาเจนไปต้มในน้ำที่อุณหภูมิ 60 – 70 องศาเซลเซียส จะหดตัวเหลือประมาณ 1 ใน 3 ส่วน แต่ถ้าใช้อุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 80 องศาเซลเซียส คอลลาเจนจะถูกไฮโดรไลส์ (hydrolyze) ให้เป็นเจลาติน (gellatin) ซึ่งละลายน้ำได้ (เยาวลักษณ์, 2536) คุณภาพของคอลลาเจนมีความสัมพันธ์กับความเหนียวนุ่มของเนื้อสัตว์ เช่น ในขณะที่สัตว์ยังอายุน้อย ภายในโมเลกุลคอลลาเจนจะมีปริมาณของ intermolecular crosslink ซึ่งก็คือตัวเชื่อมระหว่างโมเลกุลของคอลลาเจนแต่ละโมเลกุลเข้าด้วยกันอยู่ต่ำมาก ขณะนั้นเนื้อจะนุ่ม แต่เมื่อสัตว์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อายุมากขึ้นจนเลยอายุหนุ่มสาวไปแล้วนั้น ปริมาณ intermolecular crosslink จะสูงมากขึ้น จึงเป็นสาเหตุให้เนื้อเหนียวขึ้นไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่สูงขึ้นด้วย (ชัยณรงค์, 2529)

Ziauddin *et al.* (1994) รายงานว่า อายุและชนิดของกล้ามเนื้อมีผลต่อปริมาณคอลลาเจนในกล้ามเนื้อ โดยเนื้อกระบือแก่ (อายุประมาณ 12 ปี) มีปริมาณคอลลาเจนสูงกว่ากระบือรุ่น (อายุ 1 – 2 ปี) และกล้ามเนื้อ BF มีปริมาณคอลลาเจนสูงกว่าเมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อ LD ทั้งในกระบือแก่และกระบือรุ่น โดยกระบือแก่มีปริมาณคอลลาเจนของกล้ามเนื้อ BF และ LD เท่ากับ 2.23 และ 1.16 กรัมต่อเนื้อ 100 กรัม กระบือรุ่นมีปริมาณคอลลาเจนของกล้ามเนื้อ BF และ LD เท่ากับ 1.71 และ 0.91 กรัมต่อเนื้อ 100 กรัม จากการศึกษาของ Torrescano *et al*. (2003) รายงานว่า ปริมาณคอลลาเจนในเนื้อโคแตกต่างกันในแต่ละกล้ามเนื้อ โดยปริมาณคอลลาเจนโดยรวมและคอลลาเจนที่ละลายไม่ได้ของกล้ามเนื้อ IF มีปริมาณมากกว่ากล้ามเนื้อ ST และ BF ตามลำดับ ซึ่งต่างกับ von Seggern *et al*. (2005) ที่รายงานว่า ปริมาณคอลลาเจนโดยรวมของกล้ามเนื้อ IF มากกว่ากล้ามเนื้อ BF, ST และ LD ($P < 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 19.94, 10.57, 8.33 และ 4.40 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

2.4.7 คอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ (cholesterol and triglyceride)

คอเลสเตอรอลเป็นสารประกอบสเตียรอยด์ชนิดหนึ่งที่มีลักษณะโครงสร้างเฉพาะตัว มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ เป็นสารสเตียรอยด์ที่พบได้มากที่สุดในร่างกายพบทั้งในรูปของคอเลสเตอรอลอิสระ และคอเลสเตอรอลเอสเทอร์ โดยได้รับจากอาหารหรือสังเคราะห์ขึ้นในร่างกาย คอเลสเตอรอลมีหน้าที่สำคัญมากมาย เช่น เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ เป็นสารต้นกำเนิดของน้ำดีและสเตียรอยด์ฮอร์โมนต่าง ๆ แต่ถ้าได้รับมากเกินไปจะไปสะสมและอุดตันบริเวณผนังหลอดเลือด ทำให้เลือดไปเลี้ยงบริเวณนั้นลดลง ถ้าเป็นเส้นเลือดที่ไปเลี้ยงหัวใจจะก่อให้เกิดภาวะกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดไปเลี้ยง (ischemia) จนกระทั่งกล้ามเนื้อหัวใจบริเวณนั้นตายไปในที่สุด (ปนัดดา, 2546) อาหารแต่ละชนิดมีปริมาณคอเลสเตอรอลต่างกัน เช่น เนื้อโคมีปริมาณคอเลสเตอรอล เท่ากับ 106 เนื้อสุกร 60 และเนื้อไก่ 60 – 90 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (เข็มทอง, 2538) เนื้อกระบือมีปริมาณคอเลสเตอรอลเฉลี่ยเท่ากับ 0.79 มิลลิกรัมต่อกรัม (Kulkarni *et al*., 1993) ซึ่งสอดคล้องกับ Rao *et al.* (1996) ที่รายงานว่า ปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อกระบือพันธุ์มูร่าห์ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.78 มิลลิกรัมต่อกรัม

ปริมาณคอเลสเตอรอลแตกต่างกันตามสายพันธุ์ จากรายงานของ Koch *et al*. (1995) ที่ศึกษาปริมาณคอเลสเตอรอลในกล้ามเนื้อ LD และไขมันใต้ผิวหนัง (subcutaneous fat) บริเวณซี่โครงที่ 9 – 11 ของเนื้อโคพันธุ์ *Bison bison* (BIS), *Bos Taurus* (BOS) และ *Bos x Bison* (BHY)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พบว่า เนื้อจากโคพันธุ์ BIS และ BHY มีปริมาณคอเลสเตอรอลในกล้ามเนื้อ LD มากกว่า แต่มีปริมาณคอเลสเตอรอลในไขมันใต้ผิวหนังน้อยกว่าเนื้อจากโคพันธุ์ BOS โดยมีปริมาณคอเลสเตอรอลในกล้ามเนื้อ LD เท่ากับ 58.0, 59.4 และ 54.8 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และในไขมันใต้ผิวหนังเท่ากับ 96.7, 88.3 และ 100.8 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ แต่จากรายงานของ Cifuni *et al.* (2004) พบว่า ปริมาณคอเลสเตอรอลไม่แตกต่างกันตามชนิดของกล้ามเนื้อ โดยปริมาณคอเลสเตอรอลในกล้ามเนื้อ LD, SM และ ST ของโคพันธุ์ Podolian ไม่มีความแตกต่างกัน ($P < 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 49.69, 47.99 และ 46.76 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ Rule *et al.* (2002) รายงานว่า ปริมาณคอเลสเตอรอลในกล้ามเนื้อ LD ของโคที่เลี้ยงปล่อยแปลงหญ้ามีค่าน้อยกว่าโคที่เลี้ยงขุน ($P < 0.01$) โดยมีค่าเท่ากับ 43.8 และ 54.1 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาตามชนิดของกล้ามเนื้อ พบว่า ปริมาณคอเลสเตอรอลในกล้ามเนื้อ LD ของเนื้อโคไม่มีความแตกต่างกัน สำหรับกล้ามเนื้อ ST และ *Supraspinatus* (SS) พบว่าทั้ง *Bison* และโคที่เลี้ยงปล่อยแปลงหญ้ามีปริมาณคอเลสเตอรอลน้อยกว่าที่เลี้ยงขุน ($P < 0.01$) โดยในกล้ามเนื้อ ST ของ *Bison* มีค่าเท่ากับ 45.8 และ 51.0 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม เนื้อโคมีค่าเท่ากับ 48.7 และ 53.4 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และกล้ามเนื้อ SS ของ *Bison* มีค่าเท่ากับ 54.6 และ 62.8 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม เนื้อโคมีค่าเท่ากับ 52.7 และ 61.4 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ จากรายงานของ Marchello *et al.* (1998) พบว่า การขุนโคด้วยอาหารข้นทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลแตกต่างกันในแต่ละกล้ามเนื้อ ($P < 0.05$) โดยกล้ามเนื้อ LT และ *Gluteus medius* (GM) มีปริมาณคอเลสเตอรอลเท่ากับ 62 และ 71 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม สำหรับกล้ามเนื้อ SM และ TB มีปริมาณคอเลสเตอรอลเท่ากัน คือ 66 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม

ไตรกลีเซอไรด์ หรือไตรเอซิลกลีเซอรอล (triacylglycerol) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของไขมัน และเป็นพลังงานสำรองที่มีมากที่สุดในร่างกาย โดยเกือบทั้งหมดจะถูกเก็บสะสมไว้ในเนื้อเยื่อไขมัน ไตรกลีเซอไรด์ในกระแสเลือดจะรวมอยู่กับโปรตีนในรูปของ chylomycron และ very low density lipoprotein (VLDL) ไลโปโปรตีนทั้งสองจะทำหน้าที่เป็นตัวพาไตรกลีเซอไรด์ไปให้เนื้อเยื่อต่าง ๆ โดย chylomycron จะทำหน้าที่ในการพาไตรกลีเซอไรด์จากการย่อย และการดูดซึมไขมันที่ลำไส้ ส่วน VLDL จะทำหน้าที่ในการพาไตรกลีเซอไรด์ที่สังเคราะห์ขึ้นจากตับ (สมทรง, 2542)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 2 Physico-chemical characteristics of meat. (Spanghero *et al*., 2004)

	Species		
	Bovine	**Buffalo**	**S.E.**
pH measurements			
pH_1	6.78^{A}	6.42^{B}	0.07
pH_{24}	5.43	5.47	0.11
Color			
L*	45.7	46.2	1.2
a*	18.8^{B}	23.7^{A}	0.7
b*	5.9	7.4	0.6
Cooking loss (%)	33.0	32.7	0.9
Shear fore (N)	68.8^{a}	46.3^{b}	4.7
Proximate analysis			
Moisture (%)	74.5	75.4	0.3
Ash (%)	1.15	1.11	0.02
Crude protein (%)	21.67	20.85	0.31
Ether extract (%)	1.86	2.24	0.16
Collagen concent			
Total (mg/g)	5.75	7.53	1.46
Insolubility (%)	78.4	79.7	5.8

$^{a, b}$ $P \leq 0.05$; $^{A, B}$ $P \leq 0.01$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.8 ปริมาณและชนิดของกรดไขมัน (quantity and type of fatty acid)

กรดไขมันคือสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เป็นกรดคาร์บอกซิลิค มีหมู่คาร์บอกซิล (COOH) เพียงหมู่เดียวต่อกับไฮโดรคาร์บอนสายยาว สูตรทั่วไปคือ R – COOH โดยที่ R คือส่วนที่เป็นไฮโดรคาร์บอน ประกอบด้วยคาร์บอนและไฮโดรเจนอะตอมต่อกันด้วยพันธะเคมีเป็นสายโซ่ยาว (อุษณีย์, 2548) กรดไขมันแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ กรดไขมันอิ่มตัว และกรดไขมันไม่อิ่มตัว

กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) หมายถึงกรดไขมันที่คาร์บอนในโมเลกุล มีไฮโดรเจนเกาะอยู่เต็มที่แล้วไม่สามารถรับไฮโดรเจนเข้าไปในโมเลกุลได้อีก แขนของคาร์บอนจะเป็นแขนเดี่ยว ส่วนมากอยู่ในสภาพของไขมันที่แข็งง่ายเมื่อถูกความเย็นเพียงเล็กน้อย กรดไขมันอิ่มตัวนี้มีสูตรทั่วไปคือ $C_nH_{2n}O_2$ (n = 4, 6, 8) กรดไขมันที่จัดเป็นกรดไขมันอิ่มตัว เช่น กรดอะซีติค (acetic acid) กรดโพรพิโอนิค (propionic acid) กรดบิวทีริค (butyric acid) เป็นต้น ไขมันจากสัตว์บกจะมีกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่าไขมันที่มาจากอาหารพวกพืชและปลา ยกเว้น น้ำมันมะพร้าว ซึ่งมีกรดไขมันอิ่มตัวในปริมาณที่มาก กรดพาลมิทิค (palmitic acid) เป็นกรดไขมันอิ่มตัวที่พบมากที่สุดในธรรมชาติ โดยกระจายอยู่ทั่วไปในไขมันทุกชนิดประมาณร้อยละ 10 ถึง 50 ของกรดไขมันที่มีอยู่ทั้งหมด กรดไขมันตัวอื่นที่พบมากรองลงมาได้แก่ กรดไมริสทิค (myristic acid) และกรดสเทียริค (stearic acid) (สิริพันธุ์, 2541)

กรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) หมายถึงกรดไขมันที่คาร์บอนในโมเลกุลมีไฮโดรเจนเกาะไม่เต็มที่ สามารถรับไฮโดรเจนเข้าไปในโมเลกุลได้อีก แขนของคาร์บอนมีทั้งแขนเดี่ยวและแขนคู่ ส่วนมากจะอยู่ในสภาพของน้ำมันซึ่งเป็นของเหลว กรดไขมันไม่อิ่มตัวนี้มักเกิดการออกซิเดชั่นได้ง่าย เมื่อถูกออกซิไดส์จะทำให้เกิดการหืน ซึ่งทำให้กลิ่นและรสผิดไป นอกจากนี้ยังทำให้วิตามินที่ละลายในไขมันเสียไปด้วย สูตรทั่วไปคือ $C_nH_{2n-2}O_2$ หรือ $C_nH_{2n-4}O_2$ กรดไขมันไม่อิ่มตัวนี้พบมากในน้ำมันพืช น้ำมันปลา และสัตว์ทะเลทั่วไป กรดไขมันไม่อิ่มตัวนี้แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ 1 พันธะ (monounsaturated fatty acid) เป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่เพียงหนึ่งแห่งในโมเลกุล เช่น กรดปาลมิโทเลอิค (palmitoleic acid) และกรดโอเลอิค (oleic acid) เป็นต้น กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 พันธะ (polyunsaturated fatty acid) เป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่ในโมเลกุลมากกว่าหนึ่งพันธะขึ้นไป เช่น กรดลิโนเลอิค (linoleic acid) และกรดอะราชิโดนิค (arachidonic acid) ซึ่งจัดเป็นกรดไขมันจำเป็น (essential fatty acid) ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ได้เองจำเป็นต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น กรดลิโนเลอิคมีความสำคัญต่อร่างกายเป็นอย่างมาก เช่น จำเป็นต่อการทำงานของเยื่อหุ้มระบบสืบพันธุ์ เมแทบอลิซึมของคอเลสเตอรอล การเจริญเติบโตของทารก และเป็นสารเริ่มต้นในการสังเคราะห์พรอสตาแกลนดิน (prostaglandin) (นิธิยา, 2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Spanghero *et al.* (2004) ศึกษาคุณภาพซากและเนื้อโคพันธุ์ Italian Simmental และกระบือพันธุ์ Italian Mediterranean พบว่า เนื้อกระบือมีเปอร์เซ็น saturated fatty acid สูงกว่าเนื้อโค (44.4 และ 36.9 เปอร์เซ็นต์, $P < 0.01$) เนื่องจากเนื้อกระบือมีความเข้มข้นของ stearic acid สูงกว่า (21.5 และ 14.4 เปอร์เซ็นต์) สำหรับปริมาณ monounsaturated fatty acid ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

(37.0 และ 34.6 เปอร์เซ็นต์) แต่เนื้อกระบือมีระดับของ polyunsaturated fatty acid (PUFA) ต่ำกว่าเนื้อโค (18.6 และ 28.6 เปอร์เซ็นต์) เนื่องจากเนื้อกระบือมีปริมาณ linoleic acid และ arachidonic acid ต่ำกว่าเนื้อโค (12.5 และ 16.3 เปอร์เซ็นต์ 3.5 และ 6.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) เนื้อกระบือมีสัดส่วนของ saturated/unsaturated สูงกว่า (0.80 และ 0.59) และมีสัดส่วน n6 – PUFA/n3 – PUFA สูงกว่า (16.7 และ 12.3) นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณกรดไขมันในแต่ละกล้ามเนื้อ (LD และ ST) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ จากรายงานของ Cifuni *et al.* (2004) ที่ศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อโคพันธุ์ Podolian พบว่า ชนิดของกล้ามเนื้อมีผลต่อปริมาณ saturated fatty acid ($P < 0.01$) โดยกล้ามเนื้อ LD มีค่าสูงกว่ากล้ามเนื้อ SM และ ST ซึ่งมีค่าเท่ากับ 45.36, 43.15 และ 43.39 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่ชนิดของกล้ามเนื้อไม่มีผลต่อปริมาณ polyunsaturated fatty acid โดยกล้ามเนื้อ LD มีปริมาณ miristic acid (C14:0) ($P < 0.05$) และ stearic acid (C18:0) ($P < 0.01$) สูงกว่า และปริมาณของ C20:2 *n*-6 ($P < 0.05$), C20:4 *n*-6 ($p < 0.05$) และ C22:4 *n*-6 ($P < 0.001$) ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อ SM กล้ามเนื้อ ST มีปริมาณ palmitic acid (C16:0) ($P < 0.05$) สูงกว่า และ lauric acid (C12:0) ($P < 0.001$) และ behinic acid (C22:0) ($P < 0.05$) ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อ SM สำหรับกล้ามเนื้อ SM พบว่า ปริมาณ monounsaturated fatty acid (C16:1, C17:1, C18:1 *n*-7 และ C20:1 *n*-9) สูงกว่ากล้ามเนื้อ LD และ ST สัดส่วนของ P/S ในกล้ามเนื้อ SM สูงกว่า LD ($P < 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 0.40 และ 0.33 ตามลำดับ และในทั้ง 3 กล้ามเนื้อมีสัดส่วนของ *n*-6/ *n*-3 ในปริมาณสูง เนื่องจากมีปริมาณ linoleic acid (C18:2 *n*-6) และ arachidonic acid (C20:4 *n*-6) อยู่สูง

Marino *et al*. (2006) ศึกษาผลของสัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นต่อคุณภาพซากและเนื้อของโคพันธุ์ Podolian โดยแบ่งโคเป็น 2 กลุ่ม ให้ได้รับอาหารหยาบต่ออาหารข้น 60 : 40 (high concentrate group : HC) และ 70 : 30 (low concentrate group : LC) พบว่า กลุ่ม HC มีระดับของ unsaturated fatty acid (UFA) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ กลุ่ม LC มีเปอร์เซ็นต์ของ UFA ($p < 0.01$) และ polyunsaturated fatty acid (PUFA) ($p < 0.001$) สูงกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่ม HC สำหรับกรดไขมันในกล้ามเนื้อต่าง ๆ พบว่า กล้ามเนื้อ LD มี total saturated, monounsaturated, palmitic acid (C 16:0) และ trans fatty acid สูงกว่าเมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อ SM และ ST แต่กล้ามเนื้อ LD มีอัตราส่วนของ P/S ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับกล้ามเนื้ออื่น (Table 3)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 3 Meat fatty acid composition (%) of Podolian young bulls from three different muscles. (Marino *et al*., 2006)

	LD	SM	ST	SE	Effect, P
C10:0	0.05a	0.04b	0.04b	0.004	*
C12:0	0.06	0.05	0.05	0.004	NS
C14:0	1.88a	1.61b	1.55b	0.09	*
C15:0	0.36	0.30	0.32	0.02	NS
C15:0 anteiso	0.19a	0.14b	0.15b	0.01	**
C16:0	23.63a	21.9b	21.95b	0.35	**
C17:0 anteiso	2.34a	1.77b	1.73b	0.11	***
C17:0 iso	0.95	0.93	0.94	0.02	NS
C18:0 iso	0.62	0.61	0.61	0.02	NS
C18:0	17.01	16.47	16.73	0.33	NS
C20:0	0.14	0.15	0.12	0.02	NS
C22:0	0.16b	0.22a	0.25a	0.02	*
C14:1 *trans*	0.15	0.14	0.17	0.01	NS
C14:1 *cis*	0.24a	0.19b	0.19b	0.02	*
C16:1 *trans*	0.41	0.42	0.46	0.02	NS
C16:1	0.62a	0.53b	0.56b	0.02	**
C17:1	0.11a	0.09b	0.10ab	0.005	*
C18:1 *trans*	1.33a	0.86b	1.02ab	0.14	*
C18:1 *n* – 9	30.35a	27.44b	27.02b	0.77	*
C18:1 *n* – 7	0.48b	0.79a	0.48b	0.08	*
C20:1	0.10a	0.12a	0.08b	0.01	*
C18:2 *n* – 6	10.25b	13.37a	12.71a	0.62	**
C18:2 t9t12	0.19	0.18	0.18	0.01	NS
C18:2 c9t12	0.17	0.16	0.16	0.01	NS
C18:2 t9c12	0.18b	0.24a	0.21ab	0.01	*
C18:3 *n* – 6	1.12b	1.38a	1.47a	0.10	*
C18:3 *n* – 3	0.34	0.29	0.32	0.02	NS
C20:2 *n* – 6	0.78b	1.27a	1.28a	0.11	**
C20:3 *n* – 6	0.12	0.13	0.18	0.05	NS
C20:4 *n* – 6	3.10b	4.73a	5.03a	0.32	***
C20:5 *n* -3 EPA	0.62b	1.02a	1.15ab	0.08	**

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 3 Cont.

	LD	SM	ST	SE	Effect, P
C22:5 *n* – 6	0.65	0.56	0.56	0.10	NS
C22:5 *n* – 3 DPA	1.24b	1.61a	1.85a	0.12	**
C22:6 *n* – 3 DHA	0.19b	0.23	0.26a	0.01	*
Saturated	47.56a	44.37b	44.44b	0.60	***
Unsaturated	52.44b	55.64a	55.31a	0.62	***
Polyunsaturated	18.63b	25.05a	25.26a	1.18	***
Monounsaturated	33.81a	30.59b	30.04b	0.79	**
∑ *n*-6/*n*-3	6.72a	6.78a	6.00b	0.26	**
P/S	0.40b	0.57a	0.57a	0.03	***
Trans	2.08a	1.60b	1.80ab	0.15	*
Intramuscular fat	1.42a	1.24ab	0.90b	0.25	*

NS, not significant.

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

Nuernberg *et al.* (2005) ศึกษาองค์ประกอบกรดไขมันในกล้ามเนื้อ LD ของโคพันธุ์ German Simmental (GS) และ German Holstein (GH) ที่ได้รับอาหารต่างกัน พบว่า อาหารไม่มีผลต่อปริมาณกรดไขมัน *n*-6 แต่มีผลต่อกรดไขมัน *n*-3 โดยโคที่ได้รับหญ้าเป็นอาหารมีปริมาณกรดไขมัน *n*-3 สูงกว่าโคที่ได้รับอาหารข้น ($P < 0.05$) เนื่องจากมีปริมาณ C18:3 *n*-3, C20:5 *n*-3 และ C22:6 *n*-3 สูงกว่า แต่สัดส่วนของ *n*-6/*n*-3 ของโคที่ได้รับหญ้าต่ำกว่าโคที่ได้รับอาหารข้น ($P < 0.05$) โดยในโคพันธุ์ GH มีค่าเท่ากับ 1.94 และ 6.49 เปอร์เซ็นต์ โคพันธุ์ GS มีค่าเท่ากับ 2.04 และ 8.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับปริมาณ CLA *cis* – 9, *trans* – 11 พบว่า โคที่ได้รับหญ้าเป็นอาหารมีปริมาณมากกว่า ($P < 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 0.87 และ 0.72 เปอร์เซ็นต์ ในโคพันธุ์ GS และ 0.84 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ ในโคพันธุ์ GH ซึ่งสอดคล้องกับ Dannenberger *et al.* (2006) ที่รายงานว่าโคที่ได้รับหญ้าเป็นอาหารมีปริมาณของกรดไขมัน *n*-3 มากกว่า และมีสัดส่วน *n*-6/*n*-3 ต่ำกว่า ($P < 0.05$) โคที่ได้รับอาหารข้น

Mendoza *et al.* (2005) ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณ conjugated linoleic acid (CLA) ในกล้ามเนื้อ LD ของกระบือและโค พบว่า เนื้อกระบือมีปริมาณ C18:2 *cis* 9, *trans* 11, C18:2 *trans* 10, cis 12 ปริมาณ CLA โดยรวม และสัดส่วนของ CLA ต่อ C18:2 *cis* 9, *cis* 12 สูงกว่าเนื้อโค ($P < 0.01$) ซึ่งมีค่า เท่ากับ 1.27 และ 1.01, 0.56 และ 0.47, 1.83 และ 1.47, 0.10 และ 0.07 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ แต่ปริมาณ C18:2 *cis* 9, cis 12 ไม่แตกต่างกันในทั้งสองสปีชีย์ ($P > 0.05$) จาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การศึกษาความแตกต่างของกรดไขมันในกล้ามเนื้อต่างชนิดกันของกระบือแม่น้ำ พบว่า ปริมาณ C16:0 มีค่า 23.4 เปอร์เซ็นต์ ในกล้ามเนื้อ *Caput longum tricipitis brachii* (Clo TB) และ 25.4 เปอร์เซ็นต์ ในกล้ามเนื้อ ST ปริมาณ C18:0 มีค่าต่ำสุดในกล้ามเนื้อ ST คือ 16.4 เปอร์เซ็นต์ สูงสุดในกล้ามเนื้อ LD คือ 23.8 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณ C18:1 มีค่าต่ำสุดในกล้ามเนื้อ LD คือ 38.3 เปอร์เซ็นต์ และสูงสุดในกล้ามเนื้อ *Gluteobiceps* (Gb) คือ 41.0 เปอร์เซ็นต์ (Table 4) (Di Luccia *et al*., 2003) และจากการศึกษาองค์ประกอบกรดไขมันในกล้ามเนื้อ LD ของกระบือ พบว่า เนื้อกระบือมีระดับของไขมันแทรกต่ำ (1.3 เปอร์เซ็นต์) มีปริมาณ polyunsaturated fatty acid *n*-6 และ *n*-3 อยู่สูง (12.74 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งปริมาณกรดไขมันในกล้ามเนื้อ LD ของกระบือแสดงดัง Table 5 (Descalzo *et al.*, 2007)

Table 4 Mean value (x) and variation coefficient (c.v., %) of fatty acids in relation to the muscles of river buffalo meat. (Di Luccia *et al*., 2003)

Fatty acids	**Muscle**									
	CLo TB		**Gb**		**LD**		**SM**		**ST**	
	x	c.v., %	x	c.v., %	x	c.v., %	x	c.v., %	x	c.v., %
C14:0	1.23	21	1.49	15	1.73	18	1.00	40	1.34	21
C14:1	0.18	50	0.21	45	0.18	51	0.10	18	0.18	74
C15:0	0.25	24	0.20	32	0.18	58	0.14	47	0.24	49
C15:1	0.22	40	0.21	19	0.18	41	0.12	34	0.25	25
C16:0	23.44	7	23.93	5	25.24	8	25.14	6	25.41	7
C16:1	2.98	13	2.81	13	2.29	22	2.42	24	3.49	20
C17:0	1.04	17	1.02	10	1.12	15	0.81	42	0.99	12
C17:1	0.67	18	0.47	32	0.46	48	0.25	68	0.63	46
C18:0	19.35	12	18.80	13	23.84	13	17.70	6	16.41	18
C18:1	38.86	10	41.00	6	38.27	9	39.00	12	40.81	9
C18:2	9.76	32	7.34	47	5.27	47	12.00	31	8.83	53
C18:3	0.51	30	0.98	96	0.27	50	0.84	29	0.52	48
C20:0	0.18	81	0.31	61	0.21	65	0.21	60	0.24	77

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 5 Fatty acid composition of buffalo *M. longissimus dorsi* lipids (Descalzo *et al*., 2007)

Fatty acid	**Mean ± SD**
C12 : 0	0.26 ± 0.05
C14 : 0	1.40 ± 0.14
C14 : 1 + 15 : 0	2.70 ± 0.38
C16 : 0	19.29 ± 0.96
C16 : 1	1.83 ± 0.77
C17 : 0	1.82 ± 0.20
C17 : 1	0.82 ± 0.20
C18 : 0	22.17 ± 0.91
C18 : 1 trans	3.12 ± 0.57
C18 : 1 n - 9	27.44 ± 1.56
C18 : 2 n - 6	5.92 ± 1.23
C18 : 3 n - 6	0.20 ± 0.05
C18 : 3 n - 3	1.67 ± 0.26
CLA	0.50 ± 0.09
C20 : 2	0.24 ± 0.03
C20 : 3 n - 6	0.57 ± 0.07
C20 : 4 n - 6	2.02 ± 0.45
C20 :5 n - 3	0.99 ± 0.18
C22 : 4 n - 6	0.34 ± 0.12
C22 : 5 n - 3	1.17 ± 0.15
C22 : 6 n - 3	0.09 ± 0.02
SFA	42.87 ± 1.83
MUFA	29.28 ± 1.53
PUFA	12.74 ± 1.84
n – 3	3.83 ± 0.54
n – 6	8.91 ± 1.50
P/S	0.30 ± 0.06
C18 : 2/C18 : 3	3.59 ± 0.92
n – 6/n - 3	2.34 ± 0.38

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.9 ปริมาณและชนิดของกรดอะมิโน (quantity and type of amino acid)

กรดอะมิโนเป็นชีวโมเลกุลชนิดหนึ่งที่ประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจน กรดอะมิโนเป็นหน่วยโครงสร้างหรือ building block ของโปรตีนซึ่งเกิดจากกรดอะมิโนหลาย ๆ โมเลกุลมาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะโควาเลนท์ที่เรียกว่าพันธะเพปไทด์ (peptide bond) (อวยพร, 2549) กรดอะมิโนแบ่งออกเป็น 2 ชนิด

กรดอะมิโนจำเป็น (essential or indispensable amino acids) คือกรดอะมิโนที่ร่างกายสังเคราะห์ไม่ได้ หรือสังเคราะห์ได้แต่ไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกายจำเป็นต้องได้รับจากอาหาร กรดอะมิโนเหล่านี้ ได้แก่ อาร์จินีน (arginine) ฮิสทีดีน (histidine) ลูซีน (leucine) ไอโซลูซีน (isoleucine) ทริปโทเฟน (tryptophan) ไลซีน (lysine) เมไทโอนีน (methionine) เฟนิลอะลานีน (phenylalanine) ทรีโอนีน (threonine) และเวลีน (valine) ในเด็กพบว่า เด็กต้องการกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกาย 9 ตัว ยกเว้น อาร์จินีน ส่วนผู้ใหญ่ต้องการกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกาย 8 ตัว ยกเว้น ฮิสทีดีน และอาร์จีนีน เนื่องจากผู้ใหญ่สามารถสังเคราะห์ฮิสทีดีนได้เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย (สิริพันธุ์, 2541)

กรดอะมิโนไม่จำเป็น (nonessential or dispensable amino acids) คือกรดอะมิโนที่ร่างกายสังเคราะห์ขึ้นได้เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย ไม่จำเป็นต้องได้รับจากอาหาร โดยอาจสังเคราะห์ขึ้นจากสารประกอบพวกไนโตรเจน จากกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกาย จากไขมัน หรือจากคาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโนพวกนี้ ได้แก่ กรดกลูทามิค (glutamic acid) ไกลซีน (glycine) ซีสทีน (cystine) ไทโรซีน (tyrosine) กรดแอสพาร์ทิค (aspartic acid) อะลานีน (alanine) โพรลีน (proline) เซรีน (serine) แม้ว่าร่างกายจะไม่ต้องการกรดอะมิโนไม่จำเป็นเพราะสังเคราะห์ขึ้นเองได้ แต่ถ้าอาหารขาดกรดอะมิโนไม่จำเป็นก็อาจทำให้การสังเคราะห์โปรตีนของร่างกายมีขีดจำกัดเท่าที่ความเร็วของร่างกายจะสังเคราะห์กรดอะมิโนไม่จำเป็นได้เพียงพอ ดังนั้นถ้าได้รับอาหารที่มีทั้งกรดอะมิโนจำเป็นและไม่จำเป็นเพียงพอร่างกายจะสังเคราะห์โปรตีนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า (สิริพันธุ์, 2541)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.9.1 คุณสมบัติของกรดอะมิโน (property of amino acid)

2.4.9.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพ (physical property) (บุญยืน, 2522)

1. การละลาย (solubility) กรดอะมิโนละลายในน้ำ ไม่ละลายหรือละลายได้เพียงเล็กน้อยในแอลกอฮอล์ ไม่ละลายในอีเธอร์ ละลายได้ในตัวทำละลายที่เป็นโพลาร์ (polar) น้อยกว่า

น้ำ เช่น tyrosine ละลายได้น้อยในน้ำเย็นแต่ละลายได้มากในน้ำร้อน cystine ละลายได้ยากทั้งในน้ำเย็นและน้ำร้อน proline และ hydroxiproline ละลายในแอลกอฮอล์และอีเธอร์

กรดอะมิโนละลายได้ในกรดและเบสเจือจาง และเกิดเกลือของกรดอะมิโนขึ้น เช่น tyrosine ละลายได้ปานกลางในกรดและเบสเจือจาง cystine ละลายได้ในกรดเข้มข้น เช่น กรดไฮโดรคลอริค แต่ละลายได้เล็กน้อยในกรดน้ำส้มและสารละลายแอมโมเนียเจือจาง

2. จุดหลอมตัว (melting point) กรดอะมิโนมีจุดหลอมตัวที่สูง โดยมากเกินกว่า 200 องศาเซลเซียส หรือบางตัวเกินกว่า 300 องศาเซลเซียส กรดอะมิโนนี้จะสลายตัวที่จุดหลอมตัวหรือที่อุณหภูมิใกล้จุดหลอมตัวด้วย ดังนั้นบางทีจึงเรียกจุดนี้ว่า จุดสลายตัว (decomposition point)

3. รส (taste) กรดอะมิโนบางตัวมีรสหวาน บางตัวไม่มีรส และบางตัวมีรสขมโดย กรดอะมิโนที่ให้รสหวาน คือ glycine, alanine, threonine, proline, hydroxyproline, lysine และ glutamine กรดอะมิโนที่ให้รสขม คือ novaline, leucine, isoleucine, methionine, tryptophan, arginine และ histidine และรสเปรี้ยวเกิดจากกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ เช่น aspartic acid และ glutamate เป็นต้น (สัญชัย, 2550)

2.4.9.1.2 สมบัติความเป็นกรดและเบส (acid-base property)

กรดอะมิโนมีสมบัติเป็นแอมโฟไลทส์ (ampholites) ในโมเลกุลมีทั้งประจุบวกและประจุลบเป็นไดโพลาร์อิออน (dipolarion) หรือซวิทเทอร์ อิออน (zwitter ion) คือมีลักษณคล้ายกระเทย จากการที่กรดอะมิโนมีทั้ง 2 ประจุในโมเลกุลเดียวกัน จึงมีสภาพเป็นบัฟเฟอร์ (buffer) คือช่วยต้านความเป็นกรดและด่างโดยไม่ทำให้ pH เปลี่ยนแปลงมากนัก (บุญยืน, 2522 และบุญล้อม, 2546)

2.4.9.2 ลักษณะเฉพาะของกรดอะมิโนบางชนิด (specific characteristic of some amino acid) (สรรเสริญ, 2531)

อาร์จินีน (arginine) เป็นกรดอะมิโนตัวสำคัญที่ใช้ในการสร้างยูเรีย (urea) ที่เกิดขึ้นภายในตับ โดยกระบวนการที่เรียกว่า arnitine – arginine cycle

ฮิสทิดีน (histidine) เป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของร่างกายทารก อาจจำเป็นในการสังเคราะห์โปรตีนเพื่อซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่สึกหรอหรือถูกทำลาย ทั้งนี้เพราะร่างกายไม่สามารถสร้างส่วนที่เป็นหมู่ R ซึ่งเป็นออร์แกนิกเบส (organic base) ของฮิสทิดีนได้ ถ้าหมู่ –COOH ของฮิสทิดีนหลุดไปจะกลายเป็นฮิสทามีน (histamine) ซึ่งเป็นฮอร์โมนของลำไส้เล็กที่มีหน้าที่เกี่ยวกับการหดตัวของกล้ามเนื้อ และการขับกรดเกลือเข้าสู่กระเพาะอาหาร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไลซีน (lysine) เป็นกรดอะมิโนจำเป็น มีปริมาณน้อยมากในพวกธัญพืชทั่ว ๆ ไป ทำให้คนที่กินอาหารโปรตีนจากพืชที่ด้อยคุณค่าทางโภชนาการ (poor vegetarian diets) มักจะขาดกรดอะมิโนชนิดนี้

ซิสเทอีน และเมไทโอนีน (cysteine and methionine) เป็นกรดอะมิโนที่สำคัญ เพราะเป็นต้นตอของกำมะถัน (S) ที่ร่างกายได้รับจากอาหารพวกโปรตีน ร่างกายคนเราสามารถสร้างซิสเทอีนจากเมไทโอนีนได้แต่ไม่สามารถสร้างเมไทโอนีนจากซิสเทอีน ดังนั้นเมไทโอนีนจึงเป็นกรดอะมิโนจำเป็นที่ต้องได้รับจากอาหาร โดยทั่วไปซิสเทอีนสองโมเลกุล ซึ่งมีหมู่ –SH (sulfhydryl group) เมื่อถูกออกซิไดส์จะเกิดเป็นซิสทีน (cystine) โมเลกุลที่มีไดซัลไฟด์บอนด์ (disulfide bond, -S – S-) เชื่อมโยงโมเลกุลทั้งสองของซิสเทอีนไว้ บอนด์ประเภทนี้พบอยู่ในโมเลกุลของโปรตีน เช่น อินซูลิน (insulin) และ เคราทิน (keratin) ในเส้นผมหรือขนสัตว์ ทำให้โปรตีนมีความยืดหยุ่นในโปรตีนที่มีบอนด์ประเภทนี้สูงมาก ๆ เนื่องจากมีซิสเทอีนมากจะมีความยืดหยุ่นน้อยลงแต่มีความแข็งมากขึ้น ได้แก่ โปรตีนชื่อ แอลฟา – เคราทิน (α – keratin) ของเส้นผม ขน และเขาสัตว์เป็นต้น สำหรับเมไทโอนีน มีหน้าที่สำคัญในการเคลื่อนย้ายหมู่เมทิล (transmethylation) โดยการเติมหมู่เมทิล (- CH_3) ในการสังเคราะห์โคลีน (choline) ซึ่งเกิดขึ้นในตับ จากการทดลองในหนูพบว่า ถ้าให้กินอาหารที่ขาดเมไทโอนีนจะเกิดความผิดปกติขึ้นที่ตับ โดยมีไขมันสะสมที่ตับสูง (fatty liver) แต่ความผิดปกตินี้จะหายไปเมื่อให้อาหารที่มีเมไทโอนีน หรือโคลีน (ซึ่งสร้างมาจากเมไทโอนีนในตับ) นอกจากนี้สารเทอรีน (taurine) ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของน้ำดี ก็ได้มาจากการเมแทบอลิซึมของซิสเทอีนที่สร้างมาจากเมไทโอนีนอีกต่อหนึ่ง

เฟนิลอะลานีน และไทโรซีน (phenylalnine and tyrosine) กรดอะมิโนทั้งสองชนิดนี้มีหมู่ R ด้านข้าง (R – group side chain) ที่เป็นวงแบบเบนซีน (benzene ring) อยู่ด้วย เป็นสารต้นตอในการสังเคราะห์ฮอร์โมน adrenaline และ thyroxine และเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สารสี (pigment) พวกเมลานิน (melanin) ของเส้นผม เส้นขอบตา และผิวหนัง ร่างกายสามารถเปลี่ยนเฟนิลอะลานีนไปเป็นไทโรซีนได้แต่ไม่สามารถเปลี่ยนไทโรซีนกลับมาเป็นเฟนิลอะลานีน ดังนั้นเฟนิลอะลานีนจึงเป็นกรดอะมิโนจำเป็นที่ต้องกินเข้าไปในรูปของอาหาร

ทริปโทเฟน (tryptophan) เป็นกรดอะมิโนจำเป็นที่ใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กรดนิโคทินิก (nicotinic acid) ในร่างกาย ทั้งยังเป็นสารต้นตอของ 5 – hydroxytryptamine (5 - HT) มีหน้าที่ทำให้เกิดการหดตัวของเส้นเลือด (vasoconstriction) มีอยู่ในเนื้อเยื่อต่าง ๆ เช่น ในเซลล์ผนังของเยื่อเมือกบุผนังลำไส้เล็กและในเกล็ดเลือด (blood platelets) ขณะที่เกล็ดเลือดสลายตัวเพื่อสร้างลิ่มเลือด (blood clot) มันจะปล่อย 5 – HT ออกมาเพื่อช่วยให้เลือดหยุดไหล โดยทำให้เส้นเลือดบริเวณปากแผลหดตัว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไกลซีน (glycine) เป็นกรดอะมิโนที่มีขนาดเล็กที่สุด พบว่าในระยะที่กำลังเจริญเติบโตของสัตว์บางชนิดต้องการไกลซีนมากกว่าปกติ ไกลซีนเป็นกรดอะมิโนจำเป็นสำหรับลูกไก่ ถ้าขาดจะเจริญเติบโตช้า ในคนใช้ไกลซีนเป็นสารต้นตอสำหรับสังเคราะห์สารประกอบที่สำคัญ ๆ เช่น พวกเพียวรีนเบส (purine bases) ซึ่งใช้ในการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก และพอร์ไฟริน (porphyrins) สำหรับการสังเคราะห์ฮีโมโกลบิน (haemoglobin) รวมทั้งใช้ในการสังเคราะห์ครีเอทีน (creatine) และรวมกับกรดน้ำดีอยู่ในน้ำดี นอกจากนี้ไกลซีนจะช่วยในการกำจัดสารพิษพวกฟีนอล (phenols) ออกจากร่างกายโดยการทำงานของตับ อย่างเช่นถ้าร่างกายได้รับกรดเบนโซอิก (benzoic acid) ที่ใช้เป็นสารกันบูดในอาหารกระป๋อง ซึ่งเป็นพิษต่อร่างกาย ตับจะทำลายโดยการนำมารวมกับไกลซีนให้กลายเป็น กรดฮิปพิวริค (hippuric acid) กำจัดออกจากร่างกายทางปัสสาวะ

กรดกลูทามิค (glutamic acid) เป็นกรดอะมิโนที่มีหมู่คาร์บอกซิลสองหมู่ การกำจัดหมู่ $\alpha - NH_2$ ของกรดกลูทามิคให้เป็นแอมโมเนีย กับส่วนที่เหลือซึ่งเป็นพวกกรดคีโท (keto acid) เช่น กรดแอลฟาคีโทกลูทาริค (α – ketoglutaric acid) ซึ่งสามารถนำใช้เป็นสารต้นตอในการสังเคราะห์กรดอะมิโนชนิดอื่น ๆ ได้อีก เช่น กลูทามีน โพรลีน และอาร์จินีน เป็นต้น กรดกลูทามิค เป็นกรดที่พบมากที่สุดในโปรตีนของข้าวสาลี ชื่อไกลอาดิน (gliadin) ซึ่งเมื่อนำมาสลายด้วยน้ำเป็นกรดกลูทามิคและเปลี่ยนเป็นเกลือโซเดียมที่ผลิตมากในอุตสาหกรรมเป็นโมโนโซเดียมกลูทาเมต (monosodium glutamate) ซึ่งเป็นสารที่มีกลิ่นรสเนื้อ ใช้ชูรสอาหารในผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปต่าง ๆ กรดกลูทามิคมีบทบาทสำคัญต่อเมแทบอลิซึมของแอมโมเนียและการสังเคราะห์กรดแกมมา – อะมิโนบิวทีริคของระบบประสาท

โพรลีน และไฮดรอกซี่โพรลีน (proline and hydroxyproline) กรดอะมิโนสองชนิดนี้มีพวกไพโรล (pyrrole) ซึ่งเป็นหน่วยโครงสร้างเล็ก ๆ ที่พบในโครงสร้างของพอร์ไฟริน (porphyrins) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของฮีโมโกลบิน (haemoglobin) และไซโทโครม (cytochromes) ชนิดต่าง ๆ กรดอะมิโนทั้งสองชนิดนี้พบมากเป็นพิเศษในคอลลาเจน (collagen) และโปรตีนอื่น ๆ ในเนื้อเยื่อยึดเหนี่ยว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.9.3 องค์ประกอบของกรดอะมิโนในเนื้อ (amino acid composition in meat)

การวิเคราะห์ทางเคมีของเนื้อกระบือพันธุ์บัลแกเรีย กระบือพันธุ์มูร่าห์และลูกผสมของกระบือทั้งสองพันธุ์ พบว่า กล้ามเนื้อ LD ของกระบือมีชนิดและปริมาณของกรดอะมิโน ดังนี้ lysine 1.72-2.16 เปอร์เซ็นต์ histidine 0.77-0.87 เปอร์เซ็นต์ arginine 1.2-1.43 เปอร์เซ็นต์ aspartic acid 2.51-2.62 เปอร์เซ็นต์ threonine 1.17-1.23 เปอร์เซ็นต์ serine 0.88-0.93 เปอร์เซ็นต์ glutamic acid 3.97-4.31 เปอร์เซ็นต์ proline 0.91-1.18 เปอร์เซ็นต์ glycine 1.05-1.06 เปอร์เซ็นต์ alanine

1.42-1.57 เปอร์เซ็นต์ cystine 0.36-0.54 เปอร์เซ็นต์ valine 1.32-1.37 เปอร์เซ็นต์ methionine 0.64-0.66 เปอร์เซ็นต์ isoleucine 1.16-1.23 เปอร์เซ็นต์ leucine 1.82-1.95 เปอร์เซ็นต์ tyrosine 0.82-0.89 เปอร์เซ็นต์ phenylalanine 0.90-0.96 เปอร์เซ็นต์ (Cockrill, 1974 อ้างโดย ประสบ, 2531) และจากการศึกษาลักษณะทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของเนื้อกระบือพบว่า องค์ประกอบของกรดอะมิโนของกล้ามเนื้อ BF และ LD มีลักษณะคล้ายกัน ยกเว้น cystine และ arginine ของกล้ามเนื้อ BF ซึ่งสูงกว่ากล้ามเนื้อ LD (Table 6) (Ziauddin *et al*., 1994)

Greenwood *et al.* (1951) ศึกษาองค์ประกอบกรดอะมิโนในเนื้อสุกและเนื้อดิบของโคเกรด choice และเกรด utility พบว่า องค์ประกอบกรดอะมิโนไม่แตกต่างกันทั้งระหว่างเกรดซากและความสุกดิบของเนื้อ แต่พบว่าปริมาณกรดอะมิโนในเนื้อโคเกรด utility ค่อนข้างสูงกว่าเกรด choice เนื่องจากเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่สูงกว่า และปริมาณไขมันที่ต่ำกว่าของเนื้อโคเกรด utility นอกจากนี้ยังพบว่า องค์ประกอบกรดอะมิโนในเนื้อโคคล้ายกับในเนื้อสุกรและเนื้อแกะ (Schweigert *et al.,* 1949) ซึ่งสอดคล้องกับ Eliot *et al.* (1943) ศึกษาองค์ประกอบกรดอะมิโนของเนื้อเยื่อโปรตีนจากเนื้อสัตว์ 10 ชนิด (โค ลูกโค แกะ สุกร ไก่ เต่า ปลาคอต ปลาแซลมอล ขากบและกุ้ง) พบว่า องค์ประกอบของกรดอะมิโนในเนื้อสัตว์แต่ละชนิดไม่มีความแตกต่างกัน โดยมี lysine อยู่มากกว่ากรดอะมิโนชนิดอื่น คือ มีอยู่ 7.7 – 9.6 เปอร์เซ็นต์ arginine 6.3 – 7.6 เปอร์เซ็นต์ histidine 1.8 – 2.4 เปอร์เซ็นต์ methionine 2.9 – 3.4 เปอร์เซ็นต์ cystine 1.1 – 1.4 เปอร์เซ็นต์ threonine และ serine 4.3 – 5.3 เปอร์เซ็นต์ tyrosine 4.2 – 4.9 เปอร์เซ็นต์ phenylalanine 3.8 – 4.9 เปอร์เซ็นต์ และ tryptophane 1.2 – 1.4 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังได้เปรียบเทียบสัดส่วนโมเลกุลของกรดอะมิโนในเนื้อ ซึ่งพบว่า ทุก 10 โมลของ lysine จะให้ serine 9 โมล arginine และ threonine 7 โมล phenylalanine และ tyrosine 4 โมล methionine 3.5 โมล histidine 2.5 โมล tryptophane และ cystine ประมาณ 1 โมล (Figure 3) จากการศึกษาของ ศศิเกษมและพรรณี (2530) พบว่า ในเนื้อโคมีปริมาณกรดอะมิโนคิดเป็นมิลลิกรัมต่อโปรตีน 1 กรัม ดังนี้ lysine 89, histidine 34, threonine 39, tryptophan 11, isoleucine 48, leucine 81, methionine 40, cystine 40, tyrosine 80, phenylalanine 80 และ valine 50 มิลลิกรัมต่อกรัมโปรตีน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 6 Amino acid composition of muscle (g/100 g Protein) (Ziauddin *et al.*, 1994)

Amino acid	BF	LD
Aspartic acid	7.50	7.74
Threonine	5.68	3.82
Serine	3.30	3.30
Glutamic acid	12.69	12.32
Proline	4.01	3.18
Glycine	4.72	4.28
Alanine	3.32	3.15
Cystine	1.59	0.94
Valine	4.43	4.59
Metionine	4.43	4.59
Isoleucine	1.22	1.40
Leucine	6.28	8.19
Tyrosine	3.46	2.91
Phenylalanine	4.17	4.28
Histidine	3.09	3.59
Lysine	9.47	9.92
Arginine	1.87	0.96

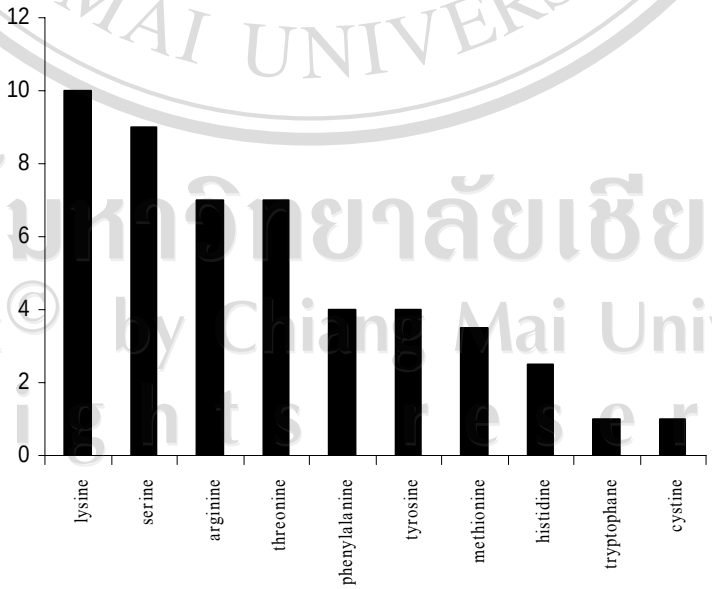

Figure 3 Molecular proportions of amino acids. (Eliot *et al.*, 1943)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved