บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

กระบือ (buffalo)

กระบือสามารถแยกได้เป็น 2 กลุ่มคือ กระบือป่าและกระบือบ้าน สำหรับกระบือบ้านนั้นแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ กระบือแม่น้ำ (river buffalo) และกระบือปลัก (swamp buffalo) กระบือทั้งสองชนิดจัดอยู่ใน family เดียวกันคือ *Bubalus bubalis* แต่มีความแตกต่างกันทางสรีรวิทยา รูปร่าง และผลผลิตต่าง ๆ จากการศึกษาพบว่ากระบือปลักมีจำนวนโครโมโซม 2n=48 ในขณะที่กระบือแม่น้ำมีจำนวนโครโมโซม 2n=50 ซึ่งกระบือทั้งสองชนิดนี้สามารถผสมพันธุ์ให้ลูกที่มี chromosome 2n=48, 49 หรือ 50 ซึ่งไม่เป็นหมัน (ประสบ, 2531)

กระบือแม่น้ำ (river buffalo)

กระบือแม่น้ำพบในประเทศอินเดีย ปากีสถาน อียิปต์ ประเทศในยุโรปตอนใต้และยุโรปตะวันออก เป็นกระบือที่ให้นมมากจึงมีลักษณะเป็นกระบือนม ส่วนใหญ่เลี้ยงไว้เพื่อรีดนมเป็นอาหารแต่จะใช้แรงงานหรือให้เนื้อก็ได้ ลักษณะทั่วไปมีขนาดรูปร่างใหญ่กว่า ผิวหนังและขนมีสีดำเข้มกว่ากระบือปลัก หัวสั้น หน้าผากนูน เขาสั้นและบิดม้วนงอ มีขนาดเต้านมใหญ่กว่ากระบือปลัก ให้น้ำนมได้ประมาณ 5 ลิตรต่อวัน กระบือประเภทนี้ไม่ชอบลงแช่โคลนแต่จะชอบน้ำใสในแม่น้ำลำคลอง กระบือแม่น้ำมีหลายสายพันธุ์ เช่น พันธุ์มูร่าห์ (Murrah) พันธุ์นิลิ-ราวี (Nili-Ravi) พันธุ์เมซานา (Mehsana) พันธุ์เซอติ (Surti) พันธุ์ยาฟฟาราบาดี (Jaffarabadi) และพันธุ์เมดิเตอเรเนียน (Mediterranian) เป็นต้น (เอี่ยม, 2534)

Figure 1 River buffalo (กรมปศุสัตว์, 2550)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กระบือปลัก (swamp buffalo)

กระบือปลักเลี้ยงกันในประเทศต่าง ๆ โดยเฉพาะในประเทศทางตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งได้แก่ ประเทศไทย ฟิลิปปินส์ มาเลเซีย อินโดนีเซีย เวียดนาม พม่า กัมพูชา และลาว เป็นต้น (ประสบ, 2531) แต่เดิมในสมัยก่อนที่ยังไม่มีการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมกระบือชนิดนี้จะเลี้ยงเพื่อใช้แรงงานในไร่นา เพื่อปลูกข้าวและทำไร่ และเมื่ออายุมากขึ้นก็จะส่งเข้าโรงฆ่าเพื่อใช้เนื้อเป็นอาหาร สำหรับกระบือที่มีอยู่ในประเทศไทยเป็นกระบือปลักทั้งสิ้น (จรัญ, 2527) ลักษณะกระบือปลักทั่วไปส่วนใหญ่มีรูปร่างพ่วงพี อ้วนเตี้ย ลำตัวสั้น ท้องกางกลม แข้งขาสั้น เขากางยาว ปลายเขาโค้งงอไปด้านหลัง หน้าผากแบนราบ หน้าสั้นและคอยาว โตเต็มวัยเมื่ออายุระหว่าง 5-8 ปี น้ำหนักตัวผู้โตเต็มวัยโดยเฉลี่ยประมาณ 520-560 กิโลกรัม ตัวเมียเฉลี่ยประมาณ 360-440 กิโลกรัม ผิวหนังและขนส่วนใหญ่มีสีเทาเข้มเกือบดำ แต่พบกระบือที่มีผิวหนังสีชมพูเรื่อและมีขนสีขาวอยู่บ้างจำนวนน้อย เรียกว่า กระบือเผือก โดยกระบือประเภทนี้ชอบนอนแช่ปลักอยู่ในโคลนเพื่อป้องกันแสงอาทิตย์และแมลงรบกวน (เอี่ยม, 2534)

Figure 2 Swamp buffalo (กรมปศุสัตว์, 2550)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หญ้ากินนีสีม่วง (Purple guinea grass)

หญ้ากินนีสีม่วงมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Panicum maximum* TD 58 เป็นหญ้าที่มีอายุหลายปี เจริญเติบโตแบบกอตั้ง ลำต้นแตกแขนงเป็นกอคล้ายกอตะไคร้ มีความสูง 2-3 เมตร มีใบขนาดใหญ่ ดก อ่อนนุ่ม ส่วนของข้อปล้อง ช่อดอก และเมล็ดมีสีม่วงอมเขียว ต่างจากหญ้ากินนีพันธุ์อื่น ๆ ซึ่งส่วนใหญ่มีสีเขียวอย่างเด่นชัด ขนาดของเมล็ดใหญ่กว่าหญ้ากินนีธรรมดา หญ้ากินนีสีม่วงมีลักษณะที่โดดเด่นคือ ทนต่อความแห้งแล้ง ให้ผลผลิตสูง และสัตว์ชอบกิน ทนต่อการเหยียบย่ำ ทนต่อการเผาไหม้ ตอบสนองต่อการให้น้ำและปุ๋ยไนโตรเจนได้ดี หญ้ากินนีสีม่วงสามารถปลูกได้เกือบทุก

สภาพพื้นที่ซึ่งเป็นที่ดอนตั้งแต่ดินเหนียวจนถึงดินทรายที่มีการระบายน้ำดี ทนทานต่อสภาพดินค่อนข้างเค็มได้ดี ทนร่มเงา และเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 900 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งการปลูกหญ้ากินนีสีม่วงสำหรับใช้เลี้ยงสัตว์สามารถใช้ประโยชน์ครั้งแรกเมื่อหญ้าตั้งตัวดีแล้วประมาณ 60 วันหลังปลูก และตัดครั้งต่อไปทุก ๆ 30-40 วัน สำหรับในช่วงฤดูฝนและดินมีความสมบูรณ์ดีสามารถตัดได้ทุก ๆ 20-30 วัน โดยตัดสูงจากพื้นดิน 10-15 เซนติเมตร ผลผลิตของหญ้ากินนีสีม่วงซึ่งปลูกในพื้นที่ที่อาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียวให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งประมาณ 2.5-3 ตัน/ไร่/ปี ส่วนการปลูกหญ้ากินนีสีม่วงในเขตชลประทานซึ่งสามารถให้น้ำได้ตลอดทั้งปี ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งประมาณ 3.5-4 ตัน/ไร่/ปี (กรมปศุสัตว์, 2545) โดยคุณค่าทางอาหาร (% วัตถุแห้ง) ของหญ้ากินนีสีม่วงแห้งที่อายุการตัด 45 วันหลังตัดครั้งแรก มีโปรตีนหยาบ (crude protein) 10.4% ไขมัน (ether extract) 1.06% คาร์โบไฮเดรท (nitrogen free extract) 37.1% เถ้า (crude ash) 14.3% เยื่อใยหยาบ (crude fiber) 37.2% เยื่อใย ADF 47.7% เยื่อใย NDF 66.3% และลิกนิน (lignin) 5.6% (วิทยา และคณะ, 2547) หญ้ากินนีสีม่วงสามารถนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้หลายรูปแบบ เช่น การตัดสด การปล่อยแทะเล็ม ทำหญ้าแห้ง และทำหญ้าหมัก (กรมปศุสัตว์, 2545)

Figure 3 Purple guinea grass (กรมปศุสัตว์, 2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ถั่วท่าพระสไตโล (Thapra stylo)

ถั่วท่าพระสไตโลมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Stylosanthes guianensis* CIAT 184 เป็นถั่วที่มีอายุ 2-3 ปี ทรงพุ่มตั้งตรง สูงประมาณ 1 เมตร มีกิ่งแขนงหนาแน่น มีลำต้นและระบบรากแข็งแรง ลำต้นมีขน ใบประกอบด้วย 3 ใบย่อย ลักษณะยาวและแคบ ปลายใบแหลม ช่อดอกอยู่รวมเป็นกระจุกและมีขน กลีบดอกมีสีเหลือง ใน 1 ฝักมีเมล็ด 1 เมล็ด เมล็ดแก่มีสีน้ำตาล ถั่วท่าพระสไตโลสามารถเจริญเติบโตได้ในดินหลายชนิด ปรับตัวได้ดีในดินทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และค่อนข้างเป็น

กรด ทนต่อความแห้งแล้งได้ดีให้ผลผลิตได้ในช่วงฤดูแล้ง แต่ไม่ทนต่อน้ำท่วมขัง เป็นถั่วที่ให้ผลผลิตพืชอาหารสัตว์สูงและติดเมล็ดได้ดี เริ่มตัดใช้ประโยชน์ครั้งแรกเมื่ออายุประมาณ 70-90 วัน หลังปลูก แล้วตัดครั้งต่อไปทุก ๆ 45-60 วัน โดยตัดสูงจากพื้นประมาณ 20 เซนติเมตร โดยทั่วไปให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งปีละ 1.5-2.5 ตัน/ไร่ (กรมปศุสัตว์, 2545) คุณค่าทางอาหาร (% วัตถุแห้ง) ของถั่วท่าพระสไตโลที่อายุการตัด 90 วันหลังปลูก มีโปรตีนหยาบ (crude protein) 11.5% ไขมัน (ether extract) 1.41% คาร์โบไฮเดรท (nitrogen free extract) 35.7% เถ้า (crude ash) 7.2% เยื่อใยหยาบ (crude fiber) 44.2% เยื่อใย ADF 46.1% เยื่อใย NDF 62.4% และลิกนิน (lignin) 11.2% (วิทยา และคณะ, 2547) โดยให้ผลผลิตและคุณภาพทางอาหารสูงในช่วงฤดูฝน (มิถุนายน-ตุลาคม) หลังจากนั้นผลผลิตจะลดลงในช่วงฤดูแล้งแต่ถ้ามีการให้น้ำหรือในพื้นที่ที่มีการกระจายตัวของฝนดี เช่น ในภาคใต้ จะให้ผลผลิตค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดปี ถั่วท่าพระสไตโลนำไปใช้ประโยชน์ได้ในรูปของอาหารหยาบและใช้ผสมในสูตรอาหารข้น ซึ่งการใช้เป็นเป็นแหล่งอาหารหยาบให้สัตว์กินสามารถทำได้หลายรูปแบบทั้งในสภาพถั่วสด โดยอาจตัดสดมาให้กินในคอกหรือปล่อยแทะเล็ม นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในรูปถั่วแห้งหรือถั่วหมัก โดยให้กินอย่างเต็มที่แต่ควรมีการให้หญ้าแห้งหรือหญ้าสดร่วมด้วยอย่างน้อย 10 เปอร์เซ็นต์ ของวัตถุแห้งที่กินได้เพื่อช่วยเพิ่มเยื่อใยให้พอกับความต้องการของสัตว์ (กรมปศุสัตว์, 2545)

Figure 4 Thapra stylo (กรมปศุสัตว์, 2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชนิดของกล้ามเนื้อ (muscle type)

ชนิดของกล้ามเนื้อมีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อคุณภาพของเนื้อโดยเฉพาะความนุ่ม (Dransfield, 1994) โดยกล้ามเนื้อมัดใหญ่ในส่วนต่าง ๆ ของร่างกายโคและกระบือมีดังนี้ กล้ามเนื้อส่วนสะโพกประกอบด้วยกล้ามเนื้อ *Semimembranosus*, *Quadtriceps*, *Semitendinosus*, *Biceps femoris*, *Rectus femoris* และ *Gluteus medius* กล้ามเนื้อส่วนสันหลังประกอบด้วยกล้ามเนื้อ *Psoas major* และ *Longissimus dorsi* สำหรับกล้ามเนื้อส่วนไหล่ประกอบด้วยกล้ามเนื้อ *Supraspinatus*, *Infraspinatus*, *Triceps brachii*, *Serratus ventralis* และ *Pectoralis profundus* (Carmack *et al*., 1995) ซึ่งความนุ่มของเนื้อเป็นผลมาจากปริมาณและโครงสร้างของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน โดยกล้ามเนื้อสะโพกหรือไหล่ซึ่งเป็นส่วนที่ต้องใช้ทำงานเป็นประจำของตัวสัตว์จะมีความเหนียวมากกว่ากล้ามเนื้อสันหลัง ซึ่งมีหน้าที่รองรับและเชื่อมต่อส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เนื่องจากพบเนื้อเยื่อเกี่ยวพันประเภทคอลลาเจนในกล้ามเนื้อที่ทำงานหนัก (สัญชัย, 2550)

คุณภาพซาก (carcass quality)

คุณภาพซาก หมายถึง ลักษณะร่วมกันทั้งคุณสมบัติทางกายภาพ ซึ่งได้แก่ ปริมาณของเนื้อแดง ไขมัน และกระดูก เป็นคุณสมบัติที่บ่งบอกในเชิงปริมาณที่มีผลต่อคุณค่าทางเศรษฐกิจซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ส่งผลให้ได้รับความนิยมจากผู้ผลิตและผู้บริโภค โดยปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพซากมีดังนี้ (สัญชัย, 2550)

1. ตัวของสัตว์ซึ่งหมายถึง สภาพทั่ว ๆ ไปของสัตว์ก่อนนำมาฆ่าเพื่อใช้เป็นอาหารสามารถจำแนกออกได้ดังนี้

ก. ลักษณะทางพันธุกรรม คือ ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับยีน (gene) ซึ่งได้แก่

- ชนิด สัตว์ที่ใช้เป็นอาหารมีทั้งสัตว์เล็กและใหญ่ เช่น นก ไก่ เป็ด กระต่าย แพะ แกะ สุกร โค หรือกระบือ สัตว์ต่างชนิดกันจะมีลักษณะความแตกต่างทั้งปริมาณ และความแข็งแรงของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ปริมาณ และชนิดของไขมันที่ต่างกัน

- พันธุ์ สัตว์ชนิดเดียวกัน แต่ต่างสายพันธุ์ จะมีความแตกต่างด้านคุณภาพซาก เช่น โคเนื้อพันธุ์ชาร์โรเลส์ จะให้คุณภาพซากสูงกว่าโคนมพันธุ์ฟรีเซียน โฮลส์ไตน์

ข. ลักษณะเฉพาะตัวของสัตว์เอง

- เพศ สัตว์เพศผู้และเพศเมียจะมีฮอร์โมนบางชนิดต่างกัน มีผลต่อคุณภาพซาก เช่น ฮอร์โมนเพศเมียช่วยกระตุ้นให้เกิดความอยากทางอาหาร ทำให้มีการเพิ่มน้ำหนักเร็วส่วนฮอร์โมนเพศผู้จะกระตุ้นให้ร่างกายสะสมเนื้อแดง (โปรตีน) สูง และมีปริมาณไขมันแทรกภายในและระหว่างมัดกล้ามเนื้อต่ำกว่าเพศเมีย แต่ถ้าได้รับการตอนจะมีปริมาณไขมันแทรกสูงขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- อายุ สัตว์ที่มีอายุมากพ้นเจริญวัยไปแล้ว จะมีคุณภาพซากต่ำกว่าสัตว์ที่มีอายุกำลังเข้าเจริญวัย และทำให้คุณภาพของเนื้อดีกว่าด้วย

- ตำแหน่งของกล้ามเนื้อบริเวณต่าง ๆ ในตัวสัตว์จะมีคุณภาพแตกต่างกันไป กล้ามเนื้อบางมัดจะมีลักษณะเส้นใยกล้ามเนื้อละเอียด มีปริมาณไขมันแทรกมาก และมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันต่ำ

ค. การเลี้ยงดูสัตว์ เป็นการจัดการที่มีผลต่อคุณภาพซากดังนี้

- การให้อาหารสัตว์ต้องสัมพันธ์กับระยะเวลาการเจริญเติบโตของสัตว์ การให้อาหารแต่ละระยะต้องให้ตามความต้องการโปรตีนและพลังงาน จึงจะทำให้สัตว์มีอัตราแลกเนื้อดี มีไขมันแทรกเพิ่มขึ้น

- การออกกำลัง ทำให้สัตว์ใช้แรงงานหรือมีการเคลื่อนไหวตลอดเวลา ส่งผลให้มีการใช้ไขมันที่สะสมไว้ในกล้ามเนื้อเพื่อใช้เป็นพลังงาน และเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ประกอบในกล้ามเนื้อนั้นก็จะเพิ่มความแข็งแรงขึ้น ทำให้คุณภาพซากลดลง

2. ส่วนประกอบของซากที่บริโภคได้ (edible meat) หมายถึง ส่วนประกอบซากที่นำไปใช้เพื่อการบริโภค โดยให้ความสำคัญมากเฉพาะเนื้อแดง ซึ่งซากสามารถให้ชิ้นส่วนที่มีปริมาณเนื้อแดงสูงได้แก่ ส่วนของขาสะโพก สันหลัง สันนอก และไหล่ เป็นต้น ซากที่ให้ส่วนประกอบเหล่านี้สูงจัดเป็นซากที่มีคุณภาพสูงด้วย

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

4. ความรู้สึกจากการบริโภค (eatability) ความรู้สึกนี้จะเกิดขึ้นหลังจากได้เคี้ยวเนื้อ โดยพิจารณาจากความนุ่ม รสชาติ กลิ่น ความชุ่มฉ่ำ และความพอใจของผู้บริโภคต่อเนื้อนั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การศึกษาคุณภาพซากของสัตว์เคี้ยวเอื้องที่มีการให้อาหารและการจัดการต่าง ๆ กัน

1. กระบือ

การศึกษาคุณภาพซากของกระบือ Fundora *et al.* (2004) รายงานว่ากระบือแม่น้ำที่มีอายุประมาณ 8 เดือน น้ำหนัก 131 กิโลกรัม เมื่อถูกเลี้ยงโดยปล่อยให้แทะเล็มในทุ่งหญ้าซึ่งประกอบด้วย 21.5% star grass, 21% nadi bluegrass ร่วมกับ sheda grass, 18% bahia grass, 5.9% ถั่วพันธุ์พื้นเมือง (native legume), 22.7% razor grass และ 10.9% lizar grass เมื่ออายุได้ 23.1 เดือน จะมีน้ำหนักมีชีวิตเท่ากับ 474 กิโลกรัม น้ำหนักซากเท่ากับ 202.4 กิโลกรัม และมีเปอร์เซ็นต์ซากเท่ากับ 48.3% สำหรับเปอร์เซ็นต์ของเนื้อ กระดูก และไขมันมีค่าเท่ากับ 66.3, 20.3 และ 9%

ตามลำดับ สำหรับ Tiwari *et al.* (2001) รายงานว่ากระบือแม่น้ำเพศผู้ที่ได้รับอาหารหยาบคือ ฟางหมักยูเรีย ร่วมกับอาหารข้นผสมที่ประกอบด้วยโปรตีนจากแหล่งต่างกันคือ กลุ่มที่ 1 ใช้ groundnut cake ที่ไม่ผ่านการเคลือบด้วย formaldehyde กลุ่มที่ 2 ใช้ groundnut cake ที่ผ่านการเคลือบด้วย formaldehyde และกลุ่มที่ 3 ใช้ปลาป่น (fish meal) เป็นแหล่งโปรตีนมีน้ำหนักฆ่า เปอร์เซ็นต์ซาก น้ำหนักซากอุ่น ความยาวซาก พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนจากการตัดแต่งซากแบบสากล เปอร์เซ็นต์อวัยวะภายนอกและภายในไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้นกระบือกลุ่มที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์หัวใจสูงกว่ากลุ่มที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Anjaneyulu *et al.* (1985) ที่รายงานว่ากระบือเพศผู้ที่ได้รับอาหารข้นซึ่งมีระดับของโปรตีนที่ย่อยได้ (digestible crude protein) ต่างกัน 3 ระดับคือ 100, 80 และ 60% เมื่อทำการฆ่าที่น้ำหนักตัวเฉลี่ย 355 กิโลกรัม มีน้ำหนักฆ่า น้ำหนักซากอุ่น และเปอร์เซ็นต์ซากไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยน้ำหนักฆ่าและน้ำหนักซากอุ่นเฉลี่ยของทั้ง 3 กลุ่มมีค่าเท่ากับ 356.62 และ 193.22 กิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับเปอร์เซ็นต์ซากมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 62.87%

2. โค

รักเกียรติ และคณะ (2550) รายงานว่าโคพื้นเมืองไทยที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในทุ่งหญ้าต่างชนิดกันได้แก่ กลุ่มที่ 1 เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากินนีสีม่วง และกลุ่มที่ 2 เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากินนีสีม่วงร่วมกับถั่วท่าพระสไตโลมีคุณภาพซากซึ่งประกอบด้วย น้ำหนักมีชีวิตก่อนฆ่า น้ำหนักซากอุ่น น้ำหนักซากเย็น เปอร์เซ็นต์ซาก ความยาวซาก พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน เปอร์เซ็นต์อวัยวะภายนอกและภายใน รวมทั้งเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนจากการตัดแต่งซากโคแบบไทยและสากลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าโคพื้นเมืองไทยที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากินนีสีม่วงร่วมกับถั่วท่าพระสไตโลมีเปอร์เซ็นต์ไขมันหุ้มไตสูงกว่าโคพื้นเมืองที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากินนีสีม่วง ($P<0.05$) และมีรายงานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่ากระบือและโคที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในทุ่งหญ้ามีคุณภาพซากใกล้เคียงกัน (Fundora *et al*., 2004) ในขณะที่ Baublits *et al.* (2004) รายงานว่าโคที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้า orchardgrass และ tall fescue ร่วมกับได้รับการเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง (soyhulls) อัดเม็ดมีน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซากอุ่น พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน เกรดคุณภาพของซาก (quality grade) รวมทั้งเปอร์เซ็นต์ไขมันหุ้มไต เชิงกรานและหัวใจ (kidney, pelvic and heart fat) สูงกว่าโคที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้า tall fescue แต่ไม่ได้รับการเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองอัดเม็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สำหรับ Kerth *et al.* (2007) ได้ทำการศึกษาผลของชนิดอาหารต่อคุณภาพซากของโคเพศผู้ตอนลูกผสมแองกัส (Angus-cross steer) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 กลุ่มได้แก่ กลุ่มที่ 1 เลี้ยงโคแบบขังยืนโรงให้ได้รับอาหารข้นอย่างเต็มที่นาน 83 วัน กลุ่มที่ 2 เลี้ยงโคโดยปล่อยให้แทะเล็ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในแปลงหญ้า ryegrass นาน 125 วัน จากนั้นนำมาเลี้ยงขังยืนโรงให้ได้รับอาหารข้นนาน 94 วัน และกลุ่มที่ 3 เลี้ยงโคโดยปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้า ryegrass ตลอดการขุนนาน 178 วัน ผลพบว่าโคกลุ่มที่ 1 และ 2 ซึ่งได้รับอาหารข้นมีน้ำหนักซากอุ่น ความหนาไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน เปอร์เซ็นต์ไขมันหุ้มไต เชิงกรานและหัวใจ รวมทั้งเกรดผลผลิต (USDA yield grade) ของซากสูงกว่าโคกลุ่มที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันของเกรดผลผลิต (USDA quality grade) ระหว่างโคทั้ง 3 กลุ่ม ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Realini *et al.* (2004) ที่รายงานว่าโคเพศผู้ตอนพันธุ์เฮียฟอร์ด (Hereford steer) ที่เลี้ยงขังยืนโรงให้ได้รับอาหารข้นอย่างเต็มที่มีน้ำหนักซากอุ่น ความหนาไขมันสันหลัง และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันสูงกว่าโคที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในทุ่งหญ้าซึ่งประกอบด้วย perennial ryegrass, birdsfoot trefoil, white clover และ tall fescue อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สำหรับ Marino *et al.* (2006) ได้ทำการศึกษาถึงสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นที่มีผลต่อคุณภาพซากโคพ่อพันธุ์หนุ่ม Podolian โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 ให้โคได้รับอาหารหยาบต่ออาหารข้นในสัดส่วน 60:40 และกลุ่มที่ 2 ให้ได้รับในสัดส่วน 70:30 ผลการศึกษาพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของน้ำหนักฆ่า น้ำหนักซากอุ่น น้ำหนักซากเย็น เปอร์เซ็นต์ซาก รวมทั้งเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนจากการตัดแต่งซากเสี้ยวหน้า (fore quarter) และเสี้ยวหลัง (hind quarter) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างโคทั้งสองกลุ่ม ($P>0.05$) แต่พบว่าโคกลุ่มที่ 1 จะมีเปอร์เซ็นต์ของ rump จากการตัดแต่งซากเสี้ยวหลังที่สูงกว่าโคกลุ่มที่ 2 ($P<0.05$) นอกจากนี้ Sami *et al.* (2004) ได้ศึกษาถึงผลของระยะเวลาในการให้อาหาร และความเข้มข้นของการให้อาหารต่อคุณภาพซากของโคพ่อพันธุ์ Simmental โดยใช้โคที่มีน้ำหนักเริ่มต้น 489 กิโลกรัม แบ่งการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ได้รับอาหารข้น 0.89 กิโลกรัม/ตัว/วัน และข้าวโพดหมักอย่างจำกัด เป็นระยะเวลา 100 วัน กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารข้น 3.73 กิโลกรัม/ตัว/วัน และให้ข้าวโพดหมักกินอย่างเต็มที่ เป็นระยะเวลา 100 วัน กลุ่มที่ 3 ได้รับอาหารข้น 0.89 กิโลกรัม/ตัว/วัน และข้าวโพดหมักอย่างจำกัด เป็นระยะเวลา 138 วัน และกลุ่มที่ 4 ได้รับอาหารข้น 3.73 กิโลกรัม/ตัว/วัน และให้ข้าวโพดหมักกินอย่างเต็มที่ เป็นระยะเวลา 138 วัน โดยโคกลุ่มที่ 2 และ 4 เป็นกลุ่มที่ได้รับการให้อาหารอย่างเข้มข้น (intensive) สำหรับกลุ่มที่ 1 และ 3 เป็นกลุ่มที่ได้รับการให้อาหารอย่างไม่เข้มข้น (extensive) ผลพบว่า โคกลุ่มที่ 3 มีน้ำหนักมีชีวิตก่อนฆ่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับโคอีก 3 กลุ่ม ($P<0.05$) สำหรับน้ำหนักซากอุ่น และไขมันหุ้มไต พบว่าโคกลุ่มที่ได้รับการให้อาหารอย่างเข้มข้นจะมีค่าที่สูงกว่าโคกลุ่มที่ได้รับการให้อาหารอย่างไม่เข้มข้น ($P<0.05$) และพบว่าโคกลุ่มที่ได้รับอาหารเป็นระยะเวลา 138 วันจะมีเปอร์เซ็นต์ซาก และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันที่สูงกว่าโคกลุ่มที่ได้รับอาหารเป็นระยะเวลา 100 วัน ($P<0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. แกะ

การศึกษาคุณภาพซากของแกะ Fraser *et al*. (2004) รายงานว่าลูกแกะที่เลี้ยงโดยการปล่อยให้แทะเล็มในแปลงพืชตระกูลถั่ว ได้แก่ red clover และ lucerne จะใช้ระยะเวลาในการขุนเพื่อให้ถึงน้ำหนักฆ่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับแกะที่เลี้ยงโดยการปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้า ryegrass (38, 50 vs 66 วัน ตามลำดับ; $P<0.01$) แต่ไม่มีผลต่อน้ำหนักซากอุ่นและความลึกของกล้ามเนื้อสันนอก ($P>0.05$) สำหรับ Santos-Silva *et al.* (2003) ได้รายงานว่าลูกแกะที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้า ryegrass และได้รับการเสริมเมล็ดข้าวโพดร่วมกับเมล็ดทานตะวันที่ผ่านกระบวนการ expansion (expanded sunflower seed) มีน้ำหนักฆ่า น้ำหนักซากอุ่น เปอร์เซ็นต์ซาก เปอร์เซ็นต์กล้ามเนื้อ เปอร์เซ็นต์ไขมันใต้ผิวหนัง และสัดส่วนของกล้ามเนื้อต่อกระดูก ไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับแกะที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้า ryegrass และได้รับการเสริมเมล็ดข้าวโพดร่วมกับกากเมล็ดทานตะวัน (sunflower meal) ($P>0.05$)

คุณภาพเนื้อ (meat quality)

คุณภาพเนื้อเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ ส่วนประกอบของซากที่มีปริมาณเนื้อมากย่อมเป็นที่สนใจต่อผู้บริโภค นอกจากนี้ความสำคัญในด้านปริมาณโปรตีน ไขมัน ความนุ่ม และรสชาติก็เป็นสิ่งสำคัญในเนื้อสัตว์ ซึ่งปริมาณของเนื้อ และไขมันในซากสัตว์แสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะทางพันธุกรรม การคัดเลือกพันธุกรรม และการปรับปรุงพันธุ์ช่วยเพิ่มปริมาณของเนื้อและลดปริมาณไขมันในซากสัตว์ ปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพของเนื้อมีหลายปัจจัย เริ่มจากการผลิตมีปัจจัยที่สำคัญ เช่น อาหาร การจัดการดูแล การให้ยา เป็นต้น การขนส่งมายังโรงฆ่า การจัดการก่อนการฆ่าจนถึงกระบวนการในการฆ่า การเอาเครื่องในออก การเก็บรักษาซาก การตัดแต่ง และการจัดจำหน่าย (จุฑารัตน์, 2538) โดยความคาดหวังที่สำคัญที่สุดของคุณภาพเนื้อก็คือคุณภาพการบริโภค ดังนั้นระดับของความพึงพอใจทั้งหมดของการบริโภค ซึ่งประกอบไปด้วยปัจจัยร่วมของผลรวมต่อความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ และกลิ่นของเนื้อ แม้ว่าลักษณะที่ปรากฏต่อสายตานั้นจะมีผลไม่มากแต่ก็ได้รับความสนใจไม่ยิ่งหย่อน เนื่องจากผู้บริโภคและผู้ขายใช้เป็นคุณลักษณะในการตัดสินใจซื้อขายนั่นเอง คุณสมบัติของเนื้อเหล่านี้สามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือต่าง ๆ เช่น วัดความเหนียว สี และความแข็งของไขมัน แต่ก็ยังคงต้องการความแม่นยำยิ่งขึ้นสำหรับการวัดด้วยสายตา เนื่องจากคะแนนที่ผู้ตรวจชิมให้นั้นยังไม่สามารถแยกแยะองค์ประกอบของคุณภาพการบริโภคที่ดีได้ (สัญชัย, 2543)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

กล้ามเนื้อโดยปกติขณะที่มีชีวิต มีค่า pH ประมาณ 7.2 หลังจากสัตว์ตายแล้วกล้ามเนื้อมีกระบวนการย่อยสลายไกลโคเจนในกล้ามเนื้อแบบไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้เกิดการสะสมของกรดแลคติค (lactic acid) ในกล้ามเนื้อ ซึ่งค่า pH ของกล้ามเนื้อจะลดลง (สัญชัย, 2550) โดยจะลดต่ำลงช้า ๆ จากค่า pH เดิมประมาณ 7.0 ไปเป็นประมาณ 5.6-5.7 ภายใน 6-8 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย แล้วจึงลดลงสู่จุด pH สุดท้ายระหว่าง 5.3-5.7 ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย เนื่องมาจากเอ็นไซม์ต่าง ๆ ที่ใช้ในขบวนการ glycolysis จะไม่ทำงานที่ pH ต่ำกว่า 5.4 ดังนั้นการสะสมกรดแลคติคจะหยุดลงเมื่อ pH เท่ากับ 5.3-5.7 (สัญชัย, 2543)

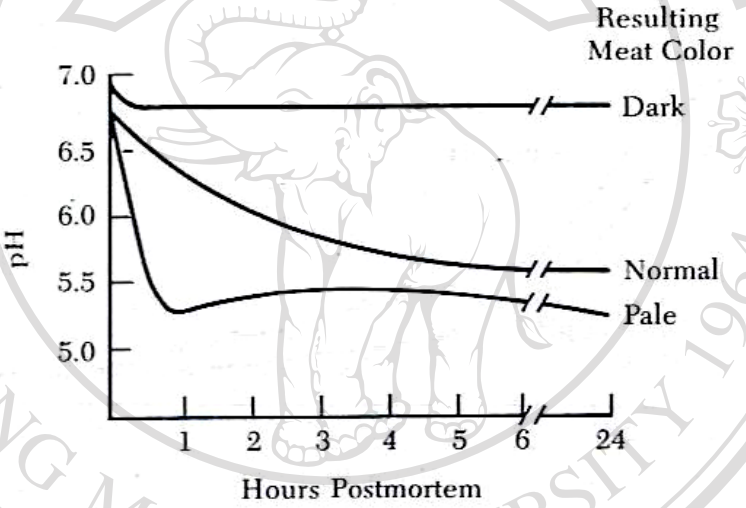

Figure 5 Postmortem pH decline curve (Forrest *et al*., 1975)

การสะสมกรดแลคติคเป็นจำนวนมากในช่วงเวลาแรก ๆ หลังสัตว์ตายนั้นสามารถจะส่งผลถึงคุณภาพของเนื้อได้ ทั้งนี้เพราะการที่มีกรดมากขึ้นนั้นจะทำให้สภาวะของเนื้อมีความเป็นกรดสูง และในขณะเดียวกันนั้นอุณหภูมิของซากซึ่งสูงอยู่แล้วเนื่องจากมีอัตราของ metabolism สูงและก็ยังไม่ได้ลดลง จะเป็นปัจจัยกระตุ้นให้เกิดกระบวนย่อยสลายไกลโคเจนในกล้ามเนื้อแบบไม่ใช้ออกซิเจน ดังนั้นจึงเป็นเหตุให้โปรตีนของกล้ามเนื้อเกิดการเสียสภาพธรรมชาติ (denature) (เยาวลักษณ์, 2536) ซึ่งจะทำให้โปรตีนสูญเสียความสามารถในการละลาย (solubility) สูญเสียความสามารถในจับน้ำ และสูญเสียความเข้มของรงควัตถุซึ่งเป็นตัวกำหนดสีของเนื้อ เป็นคุณสมบัติที่ไม่พึงปรารถนาไม่ว่าจะนำเนื้อนั้นไปใช้ขณะยังสดอยู่หรือจะนำไปแปรรูป (ชัยณรงค์, 2529) โดยอุณหภูมิของเนื้อนั้นน่าจะมีอิทธิพลต่อการ denature มากกว่า pH เนื่องจากพบว่าถึงแม้ pH จะต่ำลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มากถึง 5.2-5.4 ในสภาพของการแช่เย็นซาก แต่ก็ไม่ได้ทำให้เกิด denature ในโปรตีนของเนื้อแต่ประการใด โปรตีนจากสัตว์บางชนิดโดยเฉพาะอย่างยิ่งปลาจะมีความไวต่อการเกิด denature สูงกว่าสัตว์ชนิดอื่น ๆ และอาจจะเกิดขึ้นได้ในขณะที่อุณหภูมิต่ำและค่า pH สูง (Forrest *et al*., 1975)

ค่า pH สุดท้ายของกล้ามเนื้อ (ultimate pH) จะขึ้นอยู่กับปริมาณไกลโคเจนที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อก่อนถูกฆ่า กล้ามเนื้อสัตว์ที่มีการสลายไกลโคเจน โดยขบวนการ anaerobic glycolysis อย่างรวดเร็วทำให้เกิดการสะสมกรดแลคติคจำนวนมากในระยะเวลาสั้น ๆ ซึ่งกรดนี้จะไม่ถูกย่อยภายในเนื้อ มีผลทำให้ pH ของเนื้อลดต่ำลงอย่างรวดเร็วจากสภาพปกติ (pH 7) เป็น 5.4-5.8 ภายใน 45 นาทีภายหลังถูกฆ่า และที่ 24 ชั่วโมงหลังสัตว์ตายจะเป็น 5.3-5.6 เนื้อจะมีลักษณะสีซีด เหลว และไม่คงรูป เรียกว่า PSE (pale, soft and exudative) (สัญชัย, 2543) ลักษณะของเนื้อสัตว์เช่นนี้จะเกิดขึ้นในสัตว์ที่มีอาการเครียด หรือตื่นตกใจ ปริมาณไกลโคเจนในกล้ามเนื้อและตับจะถูกนำมาใช้เพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานในการดิ้นรนต่อสู้ ซึ่งกล้ามเนื้อจะเกิดการยืดหดตัวอย่างรวดเร็วทำให้ปริมาณไกลโคเจนลดลงหรือถูกใช้ไปจนหมด ปริมาณไกลโคเจนที่ถูกใช้ไปในช่วงนี้ เมื่อถูกเปลี่ยนเป็นสารไพรูเวท (pyruvate) ในกล้ามเนื้อจะถูกส่งเข้าสู่กระบวนการหมักสารคาร์โบไฮเดรตหรือที่เรียกว่าการบวนการไกลโคไลซีสแบบไม่ใช้ออกซิเจน เนื่องจากเซลล์กล้ามเนื้อทำงานมากและขาดออกซิเจนไปเลี้ยงเซลล์ช่วงระยะเวลาหนึ่งเป็นผลให้เกิดกรดแลคติคขึ้น แต่ถ้าสัตว์ถูกฆ่าเซลล์กล้ามเนื้อจะขาดออกซิเจนอยู่ต่อไป ปริมาณกรดแลคติคก็จะเกิดมากขึ้นและทำให้ค่า pH ของเนื้อต่ำลงไปเรื่อย ๆ (เยาวลักษณ์, 2536) ซึ่งจะพบมากในเนื้อสุกรมากกว่าเนื้อจากสัตว์บางชนิดเช่นเนื้อโค (Briskey and Kauffman, 1971) สำหรับสัตว์มีการใช้ไกลโคเจนที่เก็บสะสมในกล้ามเนื้อจนมีเหลือน้อยมากก่อนที่จะฆ่า ทำให้เกิดการสะสมกรดแลคติคน้อย ส่งผลให้ค่า pH ของเนื้อต่ำลงเพียงเล็กน้อย โดยค่า pH ที่ 45 นาทีหลังฆ่าจะเป็น 6.5-6.6 และค่า pH ที่ 24 ชั่วโมงหลังฆ่าจะใกล้เคียงกันคือ 5.8-6.2 เนื้อที่ได้หลังจากฆ่าจะมีลักษณะคล้ำ แข็ง และแห้ง เรียกว่า DFD (dark firm dry) (Lawrie, 1998) ทั้งนี้เพราะน้ำที่ปกติมีอยู่ในกล้ามเนื้อนั้นจะถูกจับไว้อย่างเหนียวแน่น (ชัยณรงค์, 2529) เนื้อประเภทนี้ไม่เหมาะที่จะนำไปทำผลิตภัณฑ์เพราะเนื้อจะเหนียว เน่าเสียง่ายเนื่องจากมีปริมาณน้ำสูงและจุลินทรีย์จะสามารถเจริญได้ดีที่ pH นี้ (Bendall,1960: cited by Lawrie, 1998) นอกจากนี้ค่า pH ของเนื้อสัตว์ยังขึ้นอยู่กับ ความคงทนต่อสภาพความเครียดของสัตว์ ตำแหน่งของกล้ามเนื้อ เช่น กล้ามเนื้อบริเวณคอ ขาหน้า หรือขาหลัง ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ต้องเคลื่อนไหวหรือเคลื่อนที่มาก กล้ามเนื้อเหล่านี้จะมีปริมาณไมโอโกลบินในเซลล์กล้ามเนื้ออยู่ในปริมาณมาก จึงทำให้มีปริมาณออกซิเจนเหลืออยู่ในกล้ามเนื้อในปริมาณมาก ภายหลังจากสัตว์ตายแล้วซึ่งเป็นผลทำให้ค่า pH ของเนื้อลดลงช้ากว่า กล้ามเนื้อบริเวณสันหลัง สะโพก หรือพื้นท้อง และขึ้นอยู่กับอัตราการทำให้ซากมีอุณหภูมิลดลง โดยควรแช่เย็นซากอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 °C ภายในเวลา 12

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชั่วโมง เพื่อทำให้อัตราการเกิดไกลโคไลซีสในกล้ามเนื้อเป็นไปตามปกติซึ่งจะทำให้ได้เนื้อที่มีคุณภาพดี (เยาวลักษณ์, 2536)

จากการศึกษาของ Ziauddin *et al.* (1994) รายงานว่าค่า pH เริ่มต้นหลังฆ่า (initial pH) ของกล้ามเนื้อสันนอกและสะโพกของกระบือแม่น้ำเพศผู้ที่มีอายุระหว่าง 1-2 ปี มีค่าเท่ากับ 6.95 และ 6.97 ตามลำดับ โดยเมื่อเวลาผ่านไปค่า pH จะลดลงและมีค่าต่ำที่สุดที่เวลา 10 ชั่วโมงหลังฆ่า ซึ่งค่า pH สุดท้าย (ultimate pH) ของกล้ามเนื้อสันนอกมีค่าสูงกว่ากล้ามเนื้อสะโพกเล็กน้อย โดยมีค่าเท่ากับ 5.60 และ 5.55 ตามลำดับ สำหรับ Anjaneyulu *et al.* (1985) รายงานว่ากระบือเพศผู้ที่ได้รับอาหารข้นซึ่งมีระดับของโปรตีนที่ย่อยได้ (digestible crude protein) ต่างกัน 3 ระดับคือ 100, 80 และ 60% เมื่อทำการฆ่าที่น้ำหนักตัวเฉลี่ย 355 กิโลกรัม มีค่า pH ของกล้ามเนื้อสันนอกไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยค่า pH ของกระบือหลังจากการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -10°C มีค่าอยู่ระหว่าง 5.45-5.60 ในขณะที่ Neath *et al.* (2007) ได้ทำการศึกษาการลดลงของค่า pH ในกล้ามเนื้อสันนอกของกระบือแม่น้ำและโคหลังฆ่าพบว่า กระบือมีการลดลงของค่า pH หลังฆ่าช้ากว่าโค ซึ่งค่า pH ของกระบือที่เวลา 40 นาทีหลังฆ่ามีค่าสูงกว่าของโค ($P<0.01$) โดยมีค่าเท่ากับ 6.7 และ 6.4 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามกระบือและโคมีค่า pH สุดท้ายใกล้เคียงกันประมาณ 5.4 โดยการลดลงของค่า pH จนกระทั่งถึงค่า pH สุดท้ายในโคจะเกิดขึ้นภายใน 24 ชั่วโมงหลังฆ่า ในขณะที่กระบือจะเกิดขึ้นหลังจาก 48 ชั่วโมงหลังฆ่า

รักเกียรติ และคณะ (2551) รายงานว่าโคพื้นเมืองไทยที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากินนีสีม่วงมีค่า pH และค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) ของกล้ามเนื้อสันนอกและสะโพกไม่แตกต่างกันทางสถิติกับโคที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากินนีสีม่วงร่วมกับถั่วท่าพระสไตโล ($P>0.05$) ซึ่งคล้ายกับ Varela *et al.* (2004) ที่ได้ศึกษาผลของการขุนโคเพศผู้ตอนโดยการเลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในทุ่งหญ้าซึ่งประกอบด้วย perennial ryegrass และ white clover เปรียบเทียบกับการขุนโดยขังคอกให้ได้รับหญ้าหมักอย่างเต็มที่ร่วมกับการเสริมอาหารข้น 4 กิโลกรัม/ตัว/วัน พบว่าโคทั้งสองกลุ่มมีค่า pH ของกล้ามเนื้อสันนอกที่เวลา 24 ชั่วโมงหลังฆ่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และ Dannenberger *et al.*, (2006) รายงานว่าไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)ของค่า pH ของกล้ามเนื้อสันนอกที่เวลา 24 ชั่วโมงหลังฆ่า ระหว่างโคพ่อพันธุ์หนุ่มที่เลี้ยงโดยการปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากับการเลี้ยงโดยขังคอกให้ได้รับอาหารข้นเป็นหลัก สำหรับการเลี้ยงโคพ่อพันธุ์หนุ่มโดยการปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้าเป็นระยะเวลา 8 เดือน จากนั้นนำมาเลี้ยงขุนในคอกนาน 60 วันให้ได้รับอาหารต่างกันพบว่า โคที่ได้รับอาหารข้นร่วมกับฟางข้าวอย่างเต็มที่ จะมีค่า pH ที่เวลา 24 ชั่วโมงหลังฆ่าของกล้ามเนื้อสันนอกเท่ากับ 5.51 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับโคที่ได้รับการจำกัดอาหารข้นคือ 4 กิโลกรัม/ตัว/วันร่วมกับการได้รับหญ้าแห้งอย่างเต็มที่ ($P>0.05$) (Cerdeño *et al.*, 2006) นอกจากนี้ Moloney *et al.* (2004)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รายงานว่าโคพ่อพันธุ์หนุ่มที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้าเป็นระยะเวลานาน 180 วันโดยให้ได้รับอาหารข้นอย่างเต็มที่มีค่า pH ของกล้ามเนื้อสันนอกที่เวลา 48 ชั่วโมงหลังฆ่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับโคพ่อพันธุ์หนุ่มที่เลี้ยงขังคอกเป็นระยะเวลา 180 วันและได้รับอาหารข้นอย่างเต็มที่เช่นเดียวกัน ($P>0.05$)

2. สีเนื้อ (meat color)

สีของเนื้อเป็นความรู้สึกประการแรกที่ผู้บริโภคจะรับได้จากเนื้อสัตว์ (ชัยณรงค์, 2529) โดยเป็นสิ่งที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจในการซื้อของผู้บริโภค (Molony *et al*., 2004; Mancini and Hunt, 2005) ซึ่งผู้บริโภคจะใช้การเปลี่ยนสีของเนื้อเป็นดัชนีในการบอกถึงความสด และความปลอดภัยของเนื้อ (Mancini and Hunt, 2005) สารสี (pigment) ในเนื้อประกอบไปด้วยโปรตีน 2 ชนิดเป็นส่วนใหญ่คือ ฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ซึ่งเป็นสารสีในเลือดกับไมโอโกลบิน (myoglobin) ซึ่งเป็นสารสีในกล้ามเนื้อโดยเฉพาะ โดยพบว่าประมาณ 80-90% ของสารสีทั้งหมดเป็นไมโอโกลบิน มีสารสีอื่น ๆ ที่มีอยู่นอกเหนือจากฮีโมโกลบินและไมโอโกลบิน ได้แก่ catalase และสารย่อย cytochromes ซึ่งมีผลต่อสีของเนื้อเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (Forrest *et al*., 1975) โมเลกุลของไมโอโกลบินประกอบด้วยธาตุเหล็กที่ถูกห่อหุ้มด้วย porphyrin ring ของโปรตีน การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของธาตุเหล็กโดยการสูญเสียหรือรับเอาอิเล็กตรอน (electron) และการรวมตัวเข้ากับสารเคมีอื่น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อ (Mancini and Hunt, 2005) โดยความแตกต่างของสีเนื้อขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้ (Ledward, 1992; Cornforth, 1999: อ้างโดย สัญชัย, 2550)

1. ความเข้มข้นของไมโอโกลบิน (myoglobin)
2. ชนิดของสัตว์ (species)
3. สายพันธุ์ (breed)
4. เพศ (sex)
5. อายุ (age)
6. ชนิดของกล้ามเนื้อ (muscle type)
7. การจัดการดูแล (management) (สัตว์ที่เลี้ยงแบบกักบริเวณมีปริมาณไมโอโกลบินต่ำกว่าสัตว์ที่เลี้ยงปล่อย)

สีในเนื้อสดเกิดขึ้นจากปริมาณไมโอโกลบินและออกซิเจนในอากาศ ปกติกล้ามเนื้อจะมีสีแดงอมชมพู (purple-red) แต่เมื่อถูกชำแหละและตัดเป็นชิ้น ๆ เนื้อจะถูกอากาศทำให้เนื้อมีสีชมพูสด (bright-pink) เนื่องจากบริเวณที่วางติดกับพื้นเขียงไม้ ซึ่งจะขาดหรือไม่มีออกซิเจนจะเกิดเป็นสาร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมทไมโอโกลบิน (metmyoglobin) ขึ้น ทำให้เนื้อมีสีน้ำตาล (brown) สีของเนื้อเยื่อเมื่อได้รับความร้อนในการนำไปทำให้สุกหรือนำไปประกอบอาหารพบว่าเนื้อจะมีสีน้ำตาลอมเทา (grey-brown) เนื่องจากสารเมทไมโอโกลบินถูกทำให้เสียสภาพธรรมชาติไป (denatured metmyoglobin) และในที่สุดเมื่อเนื้อถูกวางไว้นาน ๆ เนื้อจะขาดออกซิเจนทำให้สารให้สีเกิดเป็นสารออกซิไดส์โพรไพริน (oxidixed prophyrins) มีสีเขียว เหลืองอ่อน ๆ สีของเนื้อในช่วงนี้จะแสดงให้ทราบว่าคุณภาพของเนื้อไม่ดี และไม่เหมาะต่อการนำไปบริโภค (Figure 6) ส่วนทางด้านการแปรรูปผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ซึ่งต้องรักษาสีของเนื้อไว้ เพื่อให้สะดุดตาผู้บริโภค สามารถทำได้โดยใช้สารไนตริกออกไซด์จากสารประกอบพวกไนเตรท หรือไนไตรของเกลือโซเดียมหรือโปตัสเซียมช่วยทำให้เนื้อสัตว์มีสีแดงเข้มของสารไนโตรโซไมโอโกลบิน (nitrosomyoglobin) ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นสารที่มีสีชมพูเรื่อ ๆ (light pink) และอยู่ตัวดีของสารไนโตรโซฮีโมโครม (nitrosohemochrome) เมื่อนำไปทำให้สุกโดยการใช้ความร้อนด้วย การต้ม อบ ทอด หรือรมควัน (เยาวลักษณ์, 2536)

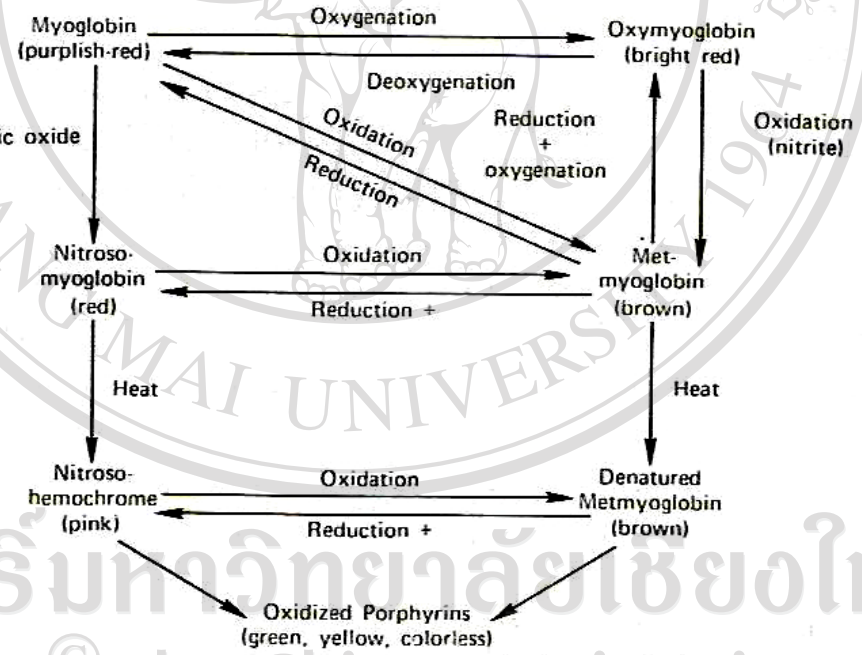

Figure 6 Change color of meat (Lawrie, 1998)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยทั่วไปสีของเนื้อกระบือจะมีสีแดงเข้มกว่าเนื้อโค เพราะเนื้อกระบือมีปริมาณไมโอโกลบินสูงกว่าเนื้อโค (ไชยวรรณ และนิพนธ์, 2535) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Spanghero *et al.* (2004) ที่รายงานว่า เนื้อของกระบือมีค่าความเป็นสีแดง (a*) สูงกว่าเนื้อโค ($P<0.01$) โดยมีค่าเท่ากับ 23.7 และ 18.8 ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของค่าความ

สว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ระหว่างเนื้อกระบือและโค (P>0.05) อย่างไรก็ตามมีรายงานว่า ระดับไมโอโกลบินในเนื้อลูกกระบือจะสูงกว่าในเนื้อลูกโค (3.73 vs. 3.50 mg/g) แต่ระดับไมโอโกลบินในเนื้อแม่กระบือจะต่ำกว่าในเนื้อแม่โคเล็กน้อย (5.05 vs. 5.53 mg/g) (Joskimovic and Ornjanovic, 1977: อ้างโดย ไชยวรรณ และนิพนธ์, 2535) สำหรับชัยณรงค์ และจันทร์พร (2339) ได้ทำการศึกษาผลของระดับอาหารข้นต่อสีของเนื้อกระบือพบว่า กระบือที่ได้รับอาหารข้นต่างกัน 3 ระดับคือ 0, 1 และ 1.5% ของน้ำหนักตัว/วัน มีค่าความสว่าง (L*) ความเป็นสีแดง (a*) และความเป็นสีเหลือง (b*) ของเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 34.88, 34.19 และ 32.65 ตามลำดับ ค่าความเป็นสีแดง (a*) เท่ากับ 13.57, 16.31 และ 16.58 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เท่ากับ 7.93, 7.69 และ 7.03 ตามลำดับ

รักเกียรติ และคณะ (2551) รายงานว่า โคพื้นเมืองไทยที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากินนีสีม่วงร่วมกับถั่วท่าพระสไตโลมีค่าความสว่าง (L*) ของกล้ามเนื้อสันนอกสูงกว่าโคพื้นเมืองไทยที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากินนีสีม่วง (P<0.05) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของค่าความเป็นสีแดง (a*) และความเป็นสีเหลือง (b*) ระหว่างโคพื้นเมืองทั้งสองกลุ่ม (P>0.05) สำหรับ Baublits *et al*. (2004) ได้ทำการศึกษาถึงผลของการเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง (soyhulls) อัดเม็ดให้กับโคที่เลี้ยงโดยการปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้า orchardgrass และ tall fescue พบว่า ช่วยปรับปรุงทั้งค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของกล้ามเนื้อสันนอกให้เพิ่มสูงขึ้น (P<0.05) แต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติของค่าความเป็นสีแดง (a*) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ทำการเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองอัดเม็ด (P>0.05) และมีรายงานว่าการเลี้ยงโคโดยปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ามีผลทำให้สีของเนื้อมีความเข้มมากกว่าเมื่อเทียบกับโคที่เลี้ยงโดยการขังยืนโรงและให้อาหารข้นเป็นอาหารหลัก (Priolo *et al*., 2001) ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความสว่าง (L*) ของเนื้อโคที่เลี้ยงโดยปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้าจะต่ำกว่าโคที่เลี้ยงขังคอกให้ได้รับอาหารข้นเป็นหลักทั้งในกล้ามเนื้อสันนอกและสะโพก (Dennenberger *et al*., 2006; Vestergaard *et al*., 2000) แต่จากการศึกษาของ Varela *et al*. (2004) พบว่า การเลี้ยงโคโดยปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากับการเลี้ยงขังคอกให้ได้รับข้าวโพดหมักอย่างเต็มที่ร่วมกับการเสริมอาหารข้น 4 กิโลกรัม/ตัว/วัน ไม่มีผลต่อค่าสีของกล้ามเนื้อสันนอกทั้งที่เวลา 24 ชั่วโมงและ 7 วันหลังฆ่า ในขณะที่สีไขมันของโคที่เลี้ยงโดยปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้าจะมีค่าความเป็นสีเหลือง (b*) สูงกว่า (P<0.05) โคที่เลี้ยงขุนโดยได้รับอาหารข้นเป็นหลัก (Kerth *et al*., 2007) และโคที่ได้รับข้าวโพดหมักร่วมกับอาหารข้น (Varela *et al*., 2004) ทั้งนี้เนื่องจากในหญ้ามีปริมาณของ carotenoids สูงกว่าอาหารข้น (Baublits *et al*., 2004)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับ Cerdeño *et al.* (2006) รายงานว่าโคพ่อพันธ์หนุ่มที่ถูกเลี้ยงโดยปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้านาน 8 เดือน จากนั้นนำมาเลี้ยงขุนในคอกนาน 60 วันโดยให้ได้รับอาหารต่างกัน 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ได้รับอาหารข้นร่วมกับฟางข้าวอย่างเต็มที่ตลอดการขุนนาน 60 วัน กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารข้น 4 กิโลกรัม/ตัว/วัน ร่วมกับหญ้าแห้งอย่างเต็มที่ตลอดการขุนนาน 60 วัน และกลุ่มที่ 3 ได้รับอาหารเหมือนกับกลุ่มที่ 2 ใน 30 วันแรก และได้รับอาหารเหมือนกับกลุ่มที่ 1 ใน 30 วันหลัง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของค่าความความสว่าง (L*) ความเป็นสีแดง (a*) และความเป็นสีเหลือง (b*) ของกล้ามเนื้อสันนอกเมื่อเปรียบเทียบระหว่างโคทั้งสามกลุ่ม (P>0.05) ซึ่งสัมพันธ์กับการศึกษาของ Moloney *et al.* (2004) ที่รายงานว่า ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติของค่าความสว่าง (L*) ความเป็นสีแดง (a*) และความเป็นสีเหลือง (b*) ของกล้ามเนื้อสันนอกของโคพ่อพันธุ์ทั้งที่เวลา 2 และ 7 วันหลังฆ่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างโคที่เลี้ยงโดยปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากับโคที่เลี้ยงขังคอกโดยให้โคทั้งสองกลุ่มได้รับอาหารข้นอย่างเต็มที่เป็นระยะเวลา 180 วันก่อนฆ่า (P>0.05) นอกจากนี้ French *et al.* (2000) รายงานว่าโคเพศผู้ตอนที่ได้รับอาหารต่างชนิดกัน ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ได้รับหญ้าหมักอย่างเต็มที่ร่วมกับอาหารข้น 4 กิโลกรัม/ตัว/วัน กลุ่มที่ 2 ได้รับหญ้าแห้ง 1 กิโลกรัม/ตัว/วัน ร่วมกับอาหารข้น 8 กิโลกรัม/ตัว/วัน กลุ่มที่ 3 ได้รับหญ้าสด 6 กิโลกรัมของน้ำหนักแห้ง/ตัว/วัน ร่วมกับอาหารข้น 5 กิโลกรัม/ตัว/วัน กลุ่มที่ 4 ได้รับหญ้าสด 12 กิโลกรัมของน้ำหนักแห้ง/ตัว/วัน ร่วมกับอาหารข้น 2.5 กิโลกรัม/ตัว/วัน และกลุ่มที่ 5 ได้รับหญ้าสด 22 กิโลกรัมของน้ำหนักแห้ง/ตัว/วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของค่าความความสว่าง (L*) ความเป็นสีแดง (a*) และความเป็นสีเหลือง (b*) ของกล้ามเนื้อสันนอก (P>0.05)

กล้ามเนื้อมัดต่าง ๆ ในร่างกายสัตว์มีสีแตกต่างกันไป เพราะไมโอโกลบิน เป็นส่วนที่สำคัญในการเก็บออกซิเจน ฉะนั้นกล้ามเนื้อมัดใดทำงานหนักจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนสูงก็จะมีสีเข้มกว่ากล้ามเนื้อที่ทำงานน้อยหรือทำหน้าที่เป็นโครงสร้าง โดย Spanghero *et al.* (2004) รายงานว่ากล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi*) ของกระบือมีค่าความสว่าง (L*) ต่ำกว่า แต่มีค่าความเป็นสีแดง (a*) สูงกว่าเมื่อเทียบกับ *Semitendinosus* ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อส่วนสะโพก (P<0.01) ส่วนค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) สำหรับ Preziuso *et al.* (2003) ได้ศึกษาผลของความแตกต่างของมัดกล้ามเนื้อต่อสีของเนื้อโคพบว่ากล้ามเนื้อ *Semitendinosus* มีค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) สูงกว่าเมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อสันนอกและ *Triceps brachii* ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อส่วนไหล่ (P<0.05) แต่ไม่พบความแตกต่างกันของค่าสีแดง (a*) ระหว่างมัดกล้ามเนื้อทั้ง 3 ชนิด (P>0.05) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Jayasooriya *et al.* (2007) ที่พบว่ากล้ามเนื้อ *Semitendinosus* ของโคมีค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) สูงกว่ากล้ามเนื้อสันนอก (P<0.05) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของค่าความเป็นสีแดง (a*) (P>0.05)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในขณะที่ Gerhardy (1995) รายงานว่ากล้ามเนื้อ *Semitendinosus* ของโคมีค่าความสว่าง (L*) ความเป็นสีแดง (a*) และความเป็นสีเหลือง (b*) สูงกว่ากล้ามเนื้อสันนอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้ Marino *et al*. (2006) รายงานว่า กล้ามเนื้อ *Semitendinosus* ของโคมีค่าความสว่าง (L*) สูงกว่ากล้ามเนื้อสันนอกและ *Semimembranosus* ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อสะโพกเหมือนกัน ($P<0.001$) ส่วนค่าความเป็นสีแดง (a*) พบว่ากล้ามเนื้อ *Semimembranosus* มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ กล้ามเนื้อ *Semitendinosus* และกล้ามเนื้อสันนอก ตามลำดับ ($P<0.01$) สำหรับค่าความเป็นสีเหลือง (b*) พบว่ากล้ามเนื้อ *Semitendinosus* และ *Semimembranosus* มีค่าที่สูงกว่ากล้ามเนื้อสันนอก ($P<0.001$)

Baublits *et al.* (2006) ได้ทำการศึกษาความแตกต่างของสีเนื้อในกล้ามเนื้อ 3 ชนิด ได้แก่ กล้ามเนื้อ *Biceps femoris* (กล้ามเนื้อส่วนสะโพก) *Infraspinatus* (กล้ามเนื้อส่วนไหล่) และ *Longissimus dorsi* (กล้ามเนื้อสันนอก) พบว่ากล้ามเนื้อ *Biceps femoris* มีสีเนื้อเข้มกว่ากล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* และ *Infraspinatus* โดยมีค่าความสว่าง (L*) ของเนื้อต่ำกว่าอีกสองกล้ามเนื้อ ($P<0.05$) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) ส่วนค่าความเป็นสีแดง (a*) พบว่ากล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือกล้ามเนื้อ *Infraspinatus* และกล้ามเนื้อ *Biceps femoris* มีค่าต่ำที่สุด ($P<0.05$) สำหรับค่าความเป็นสีเหลือง (b*) พบว่ากล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* มีค่าต่ำกว่ากล้ามเนื้อ *Biceps femoris* และ *Infraspinatus* ($P<0.05$) โดยกล้ามเนื้อ *Biceps femoris* และ *Infraspinatus* มีค่าความเป็นสีเหลืองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ความแตกต่างของสีในระหว่างมัดกล้ามเนื้อต่างกัน อันเนื่องมาจากปริมาณไมโอโกลบินไม่เท่ากันนั้น ถ้าพิจารณาในแง่ของ histology แล้วมีสาเหตุมาจากชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ โดยถ้าเป็นกล้ามเนื้อที่มีสีเข้มกว่าก็มักจะมีสัดส่วนของ red fiber สูงกว่า โดยเมื่อย้อมสีแล้วใช้กล้องจุลทรรศน์ส่องดูจะปรากฏว่าเส้นใยที่มีไมโอโกลบินสูงกว่านั้นมักจะเป็น red fiber ผสมกันอยู่กับ white fiber และถ้านับจำนวนดูแล้วก็จะพบว่าปริมาณ red fiber จะสูงกว่า (ชัยณรงค์, 2529) ซึ่งกล้ามเนื้อแดงที่มีสีเข้ม จะมีส่วนประกอบของ red fiber มากกว่า 40% เช่น inside *Biceps femoris, Serratus venratus, Rectus femoris* และในกล้ามเนื้อที่มีส่วนประกอบของ red fiber เป็นส่วนประกอบอยู่น้อยกว่า 30% จะเป็นกล้ามเนื้อที่มีสีจาง เช่น outside *Biceps femoris, Longissimus dorsi, Gluteus medius* เป็นต้น ซึ่งความเข้มข้นของสารสีในทุกกล้ามเนื้อจะมีคุณสมบัติที่มีผลกระทบต่อการกระจายของแสง (สัญชัย, 2550) โดย Vestergaard *et al*. (2000) ได้ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณของ red fiber ในมัดกล้ามเนื้อของโค 3 กล้ามเนื้อพบว่ากล้ามเนื้อ *Semitendinosus* จะมีปริมาณต่ำกว่ากล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* และ *Supraspinatus* (19.5, 27.6 และ 58.7% ตามลำดับ) ในขณะที่ Geesink *et al.* (1995) รายงานว่ากล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* มีปริมาณของ red fibers ต่ำกว่า แต่มีปริมาณของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

white fiber สูงกว่ากล้ามเนื้อ *Triceps brachii* ($P<0.05$) โดยมีปริมาณของ red fiber เท่ากับ 29.4 และ 35.9% ตามลำดับ สำหรับ white fiber มีปริมาณเท่ากับ 42.8 และ 37.3% ตามลำดับ

3. ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity)

ความสามารถในการอุ้มน้ำ คือ ความสามารถของเนื้อที่จะคงไว้ซึ่งจำนวนน้ำให้เกือบเท่าหรือเท่าเดิมได้ ถึงแม้จะมีแรงจากภายนอกมากระทำ เช่น การตัด การให้ความร้อน การบด และการอัด ทั้งนี้โดยอาจจะมีโมเลกุลน้ำที่สูญเสียออกไปบ้างเล็กน้อยก็เป็นเรื่องธรรมดา เพราะโมเลกุลเหล่านั้นอยู่ในเนื้อแบบอิสระอยู่แล้ว สมบัติทางกายภาพหลายอย่างของเนื้อ เช่น สี ความแน่น ลักษณะโครงร่างและแม้แต่ความหยาบละเอียด มักจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำเป็นปัจจัยร่วมด้วยเสมอไม่มากก็น้อย ความสามารถในการอุ้มน้ำของกล้ามเนื้อมีผลกระทบโดยตรงต่อการลดน้ำหนักของเนื้อในระหว่างการเก็บรักษาไว้ ถ้าเนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำแล้วก็จะมีการสูญเสียความชื้นสูงจึงทำให้น้ำหนักลดลงไปมากกว่าเนื้อที่มีความสามารถจับน้ำสูง (ชัยณรงค์, 2529)

โปรตีนไมโอไฟบริลลา (แอคตินและไมโอซิน) มีบทบาทสำคัญในการทำให้เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี เพราะน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญต่อโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ (สัญชัย, 2550) น้ำส่วนใหญ่ในกล้ามเนื้อจะปรากฏอยู่ใน myofibrils โดยอยู่ในช่องว่างระหว่าง thick filaments ของ myosin และ thin filaments ของ actin/tropomyosin ซึ่งช่องว่างระหว่าง filament จะอยู่ระหว่าง 320A°- 570A° โดยจะสัมพันธ์กับค่า pH ความยาวของซาโคเมียร์ (sarcromere length) ความเข้มข้นของไอออน (ionic strength) แรงดันออสโมติค (osmotic pressure) และขึ้นอยู่กับว่าเนื้อนั้นอยู่ในสภาวะก่อนหรือหลังการเกิดขึ้นของ rigor mortis (Offer and Trinick, 1983: cited by Lawrie, 1998) เนื้อในสภาพปกติจะมี pH ประมาณ 6.8-7 ซึ่งในสภาพเช่นนี้ โมเลกุลของโปรตีนในเนื้อจะมีความเป็นประจุ (ขั้วบวก หรือลบ) สูง เนื่องจากมีกลุ่มของ carboxyl, amino, carbonyl, hydroxyl, sulhydryl, imidazole อยู่ภายใน ซึ่งกลุ่มเหล่านี้จะจับน้ำที่อยู่ในเซลล์ของเนื้อไว้ได้ด้วยแรงดึงดูดไฮโดรเจน (hydrogen bond) ทำให้เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง และน้ำไม่ซึมไหลออกจากเนื้อ เมื่อเซลล์ถูกตัด หั่น หรือบด (เยาวลักษณ์, 2536) การเปลี่ยนแปลงของเนื้อภายหลังจากสัตว์ตายโดยเกิดกรดแลคติคขึ้นในขบวนการไกลโคไลซิสแบบไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้เนื้อมีค่า pH ลดต่ำลงมีความเป็นกรดสูงขึ้น จึงเท่ากับว่าได้เพิ่มประจุขั้วลบให้สูงขึ้น และประจุลบนี้จะไป neutralize ประจุขั้วบวกของโปรตีน จึงทำให้โมเลกุลของน้ำที่ถูกจับไว้เดิมนั้นหลุดออกไป เมื่อประจุขั้วบวกมีจำนวนเท่ากับขั้วลบ จะเรียกว่า iso-electric point ซึ่งจะทำให้โมเลกุลของน้ำหลุดออกไปเป็นอิสระ เนื้อในขณะนั้นก็เรียกได้ว่ามีความสามารถในการจับน้ำต่ำมาก ๆ ซึ่งจุดนี้มักจะเกิดขึ้นเมื่อค่า pH ของเนื้อประมาณ 5.0 (ชัยณรงค์, 2529) และยังทำให้โปรตีนเกิดการสูญเสียสภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ธรรมชาติ (denature) และความสามารถในการละลายน้ำของโปรตีนลดลง เนื่องจากกรดแลคติคที่เกิดขึ้นตกตะกอนทับถมลงบนโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของกล้ามเนื้อ (myofibrillar protein) ทำให้โปรตีนจับตัวกันได้น้อย ทำให้เนื้อจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ (เยาวลักษณ์, 2536)

ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อจะมีค่าไม่เท่ากัน ในระหว่างมัดกล้ามเนื้อที่แตกต่างกัน หรือในสัตว์ต่างชนิด นักวิจัยในยุโรปเชื่อกันว่าเนื้อสุกรมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงที่สุด รองลงมาคือเนื้อโค และเนื้อไก่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำที่สุด (เยาวลักษณ์, 2536) ซึ่งเมื่อนำเนื้อไปหาค่าการสูญเสียน้ำขณะเก็บรักษา (drip loss) จะอยู่ในช่วงจาก 2-10% ขึ้นอยู่กับวิธีในการจัดการ เช่น การตัดเนื้อจะทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ drip loss น้อยกว่าการสับเนื้อ เนื่องจากการสับจะทำให้มีพื้นที่ผิวในการสูญเสียน้ำเพิ่มมากขึ้น (Offer and Knight, 1988: cited by Melody *et al*., 2004) ส่วนการสูญเสียน้ำขณะประกอบอาหาร (cooking loss) มีค่าประมาณ 25-35% (Honikel and Hamm, 1999) Spanghero *et al.* (2004) รายงานว่าเนื้อโคและกระบือมีความสามารถในการอุ้มน้ำใกล้เคียงกัน โดยมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำขณะประกอบอาหาร (cooking loss) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) สำหรับ Sekhon and Bawa (1996) รายงานว่า กล้ามเนื้อ *Semitendinosus* ของกระบือเพศผู้มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำขณะประกอบอาหาร (cooking loss) สูงกว่ากล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* (P<0.05) แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อ Biceps *femoris* และ *Triceps brachii* (P>0.05) สำหรับการศึกษาในโค Preziuso *et al*. (2003) รายงานว่ากล้ามเนื้อ *Semitendinosus* มีค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำขณะประกอบอาหาร (cooking loss) สูงกว่า กล้ามเนื้อ *Longissimus thoracis* และ *Triceps brachii* (35.88, 30.27 และ 31.66% ตามลำดับ; P<0.05) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติสำหรับเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำขณะเก็บรักษา (drip loss) ระหว่างกล้ามเนื้อทั้ง 3 ชนิด (P>0.05) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Rhee *et al*. (2004) ที่รายงานว่ากล้ามเนื้อ *Semitendinosus* มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำขณะประกอบอาหาร (cooking loss) ที่สูงกว่ากล้ามเนื้อ *Triceps brachii*, *Longissimus dorsi* และ *Infraspinatus* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (27.4, 22.0, 20.7 และ 20.7% ตามลำดับ; P<0.05) นอกจากนี้ Yanar and Yetim (2001) ได้รายงานว่า กล้ามเนื้อ *Semimembranosus* ของแกะแก่ (mutton) อายุเฉลี่ย 5 ปี มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำขณะประกอบอาหาร (cooking loss) สูงกว่ากล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (31.16 vs. 25.54%; P<0.05) อย่างไรก็ตาม Baublits *et al.* (2006) ได้รายงานว่าไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำขณะประกอบอาหาร (cooking loss) ระหว่างกล้ามเนื้อ *Biceps femoris*, *Infraspinatus* และ *Longissimus dorsi* ของโค (P>0.05) แต่กล้ามเนื้อ *Biceps femoris* ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อในส่วนสะโพกมีแนวโน้มของค่าการสูญเสียน้ำขณะประกอบอาหาร (cooking loss) สูงกว่ากล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* ซึ่งเป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กล้ามเนื้อในส่วนสันหลังและกล้ามเนื้อ *Infraspinatus* ที่เป็นกล้ามเนื้อในส่วนไหล่ โดยมีค่าเท่ากับ 32.25, 28.97 และ 27.99% ตามลำดับ

Anjaneyulu *et al.* (1985) ได้ทำการศึกษาถึงผลของระดับโปรตีนที่ย่อยได้ (digestible crude protein) ในอาหารข้นต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อกระบือเพศผู้พบว่า กระบือที่ได้รับอาหารข้นซึ่งมีระดับของโปรตีนที่ย่อยได้ต่างกัน 3 ระดับคือ 100, 80 และ 60% มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำขณะประกอบอาหาร (cooking loss) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าเท่ากับ 32.75, 31.71 และ 33.42% ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในโค โดย Baublits *et al.* (2006) รายงานว่าโคที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้าร่วมกับได้รับการเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง (soyhulls) อัดเม็ดมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำขณะประกอบอาหาร (cooking loss) ของกล้ามเนื้อสันนอกไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับโคกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองอัดเม็ด (P>0.05) ในขณะที่ Varela *et al*. (2004) รายงานว่าโคที่เลี้ยงโดยการปล่อยให้แทะเล็มแปลงหญ้าตลอดการขุน กับโคที่เลี้ยงในคอกให้ได้รับข้าวโพดหมักอย่างเต็มที่ร่วมกับอาหารข้น 4 กิโลกรัม/ตัว/วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำขณะเก็บรักษา (drip loss) การสูญเสียน้ำขณะประกอบอาหาร (cooking loss) และการสูญเสียน้ำเนื่องจากแรงดัน (pressure loss) (P>0.05) สำหรับ Moloney *et al.* (2004) รายงานว่าไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำในขณะเก็บรักษา (drip loss) และการสูญเสียน้ำขณะประกอบอาหาร (cooking loss) ของกล้ามเนื้อสันนอกของโคพ่อพันธุ์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างโคที่เลี้ยงโดยปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากับโคที่เลี้ยงขังคอกโดยให้โคทั้งสองกลุ่มได้รับอาหารข้นอย่างเต็มที่เป็นระยะเวลา 180 วันก่อนฆ่า (P>0.05)

Sami *et al*. (2004) ได้ศึกษาถึงผลของระยะเวลาในการให้อาหาร และความเข้มข้นของการให้อาหารต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อโคพ่อพันธุ์ Simmental โดยใช้โคที่มีน้ำหนักเริ่มต้น 489 กิโลกรัม แบ่งการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ได้รับอาหารข้น 0.89 กิโลกรัม/ตัว/วัน และข้าวโพดหมักอย่างจำกัด เป็นระยะเวลา 100 วัน กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารข้น 3.73 กิโลกรัม/ตัว/วัน และให้ข้าวโพดหมักกินอย่างเต็มที่ เป็นระยะเวลา 100 วัน กลุ่มที่ 3 ได้รับอาหารข้น 0.89 กิโลกรัม/ตัว/วัน และข้าวโพดหมักอย่างจำกัด เป็นระยะเวลา 138 วัน และกลุ่มที่ 4 ได้รับอาหารข้น 3.73 กิโลกรัม/ตัว/วัน และให้ข้าวโพดหมักกินอย่างเต็มที่ เป็นระยะเวลา 138 วัน โดยโคกลุ่มที่ 2 และ 4 เป็นกลุ่มที่ได้รับการให้อาหารอย่างเข้มข้น (intensive) สำหรับกลุ่มที่ 1 และ 3 เป็นกลุ่มที่ได้รับการให้อาหารอย่างไม่เข้มข้น (extensive) ผลพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำขณะการบ่ม (ageing loss) และการสูญเสียน้ำขณะย่าง (grilling loss) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเนื้อโคจาก 4 กลุ่มการทดลอง (P>0.05)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. ปริมาณคอลลาเจน (collagen content)

เนื้อเยื่อเกี่ยวพันมีกระจายอยู่ทั่วไปในทุกส่วนของกล้ามเนื้อสัตว์ทำหน้าที่ห่อหุ้มมัดกล้ามเนื้อ (muscle fiber bundle) และเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber) ให้อยู่รวมกันและเชื่อมกล้ามเนื้อให้ติดอยู่กับกระดูก เนื้อเยื่อเกี่ยวพันเป็นสารประกอบพวกโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดคือ คอลลาเจน (collagen หรือ white connective tissue) อีลาสติน (elastin หรือ yellow connective tissue) และเรติคิวลิน (reticulin) คอลลาเจนเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่พบมากที่สุดในร่างกายสัตว์ มีผลอย่างมากต่อความนุ่มของเนื้อ ซึ่งพบมากถึง 20-25% ของโปรตีนในร่างกายทั้งหมด คอลลาเจนจัดเป็นโปรตีนโครงสร้างที่สำคัญของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และเป็นส่วนประกอบหลักของเอ็น พังผืด และมีจำนวนเล็กน้อยที่กระดูกและกระดูกอ่อน โดยพบเส้นใยคอลลาเจนในอวัยวะและเนื้อเยื่อที่สำคัญรวมทั้งกล้ามเนื้อ ซึ่งปริมาณของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดนี้ขึ้นอยู่กับกิจกรรมของตัวสัตว์ พบมากในกล้ามเนื้อที่ออกกำลังสูง เช่น ขาและไหล่ ฉะนั้นกล้ามเนื้อส่วนนี้จึงมีความเหนียวมากกว่ากล้ามเนื้อสันนอกและสันใน ซึ่งมีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันต่ำ เพราะมีหน้าที่หลักเพียงเสริมโครงร่างเท่านั้น (สัญชัย, 2550) นอกจากนี้ปริมาณของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันจะเพิ่มขึ้นเมื่อสัตว์มีอายุมากขึ้น (Lawrie, 1998) จากการศึกษาของ Ziauddin *et al.* (1994) พบว่า กระบือแก่ (อายุประมาณ 12 ปี) จะมีปริมาณคอลลาเจนในเนื้อสูงกว่ากระบือหนุ่ม (อายุ 1-2 ปี) ($P<0.05$) และพบว่ากล้ามเนื้อ *Biceps femoris* ของกระบือมีปริมาณคอลลาเจนสูงกว่ากล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งในกระบือแก่และหนุ่ม โดยกระบือแก่มีค่าเท่ากับ 2.23 และ 1.71 g/100 g ของเนื้อ ตามลำดับ ส่วนกระบือหนุ่มมีค่าเท่ากับ 1.16 และ 0.91 g/100 g ของเนื้อ ตามลำดับ สำหรับ Jurie *et al.* (2007) ได้ทำการศึกษาถึงผลของชนิดกล้ามเนื้อต่อปริมาณคอลลาเจนในเนื้อแม่โคปลดระวาง (cull cow) โดยใช้กล้ามเนื้อ 4 ชนิด ได้แก่ *Longissimus dorsi*, *Semimembranosus*, *Semitendinosus* และ *Triceps brachii* พบว่ากล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* มีปริมาณคอลลาเจนทั้งหมด (total collagen) และคอลลาเจนที่ไม่ละลาย (insoluble collagen) ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอีก 3 กล้ามเนื้อ โดยกล้ามเนื้อ *Semitendinosus* มีปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดสูงที่สุด และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของปริมาณคอลลาเจนที่ไม่ละลายระหว่างกล้ามเนื้อ *Semimembranosus*, *Semitendinosus* และ *Triceps brachii* ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Rhee *et al*. (2004) ที่รายงานว่ากล้ามเนื้อ *Semitendinosus* ของโคมีปริมาณคอลลาเจนในเนื้อสูงกว่ากว่ากล้ามเนื้อ *Semimembranosus*, *Triceps brachii* และ *Longissimus dorsi* ตามลำดับ ($P<0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 8.76, 7.68, 6.29 และ 4.52 mg/g ตามลำดับ ในขณะที่ Gerhardy (1995) รายงานว่ากล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* ของโคมีปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดต่ำกว่า แต่มีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(soluble collagen) สูงกว่ากล้ามเนื้อ *Semitendinosus* ($P<0.05$) ซึ่งเนื้อที่มีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้สูงจะมีความนุ่ม ส่วนเนื้อที่มีประมาณคอลลาเจนที่ไม่ละลายสูงจะมีความเหนียว (อัจฉรา, 2549)

Anjaneyulu *et al.* (1985) รายงานว่ากระบือเพศผู้ที่ได้รับอาหารข้นซึ่งมีระดับของโปรตีนที่ย่อยได้ (digestible crude protein) ต่างกัน 3 ระดับคือ 100, 80 และ 60% มีปริมาณคอลลาเจนในเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สำหรับการศึกษาของรักเกียรติ (2550) พบว่าโคพื้นเมืองไทยที่เลี้ยงโดยปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากินนีสีม่วงมีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ (soluble collagen) คอลลาเจนที่ไม่ละลาย (insoluble collagen) และคอลลาเจนทั้งหมด (total collagen) ในเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับโคที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากินนีสีม่วงร่วมกับถั่วท่าพระสไตโล ($P>0.05$) ในขณะที่ Sami *et al.* (2004) ได้ศึกษาถึงผลของระยะเวลาในการให้อาหาร และความเข้มข้นของการให้อาหารต่อปริมาณคอลลาเจนในเนื้อของโคพ่อพันธุ์ Simmental โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ได้รับอาหารข้น 0.89 กิโลกรัม/ตัว/วัน และข้าวโพดหมักอย่างจำกัด เป็นระยะเวลา 100 วัน กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารข้น 3.73 กิโลกรัม/ตัว/วัน และให้ข้าวโพดหมักกินอย่างเต็มที่ เป็นระยะเวลา 100 วัน กลุ่มที่ 3 ได้รับอาหารข้น 0.89 กิโลกรัม/ตัว/วัน และข้าวโพดหมักอย่างจำกัด เป็นระยะเวลา 138 วัน และกลุ่มที่ 4 ได้รับอาหารข้น 3.73 กิโลกรัม/ตัว/วัน และให้ข้าวโพดหมักกินอย่างเต็มที่ เป็นระยะเวลา 138 วัน โดยโคกลุ่มที่ 2 และ 4 เป็นกลุ่มที่ได้รับการให้อาหารอย่างเข้มข้น (intensive) สำหรับกลุ่มที่ 1 และ 3 เป็นกลุ่มที่ได้รับการให้อาหารอย่างไม่เข้มข้น (extensive) ผลพบว่าโคทั้ง 4 กลุ่มมีปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดในกล้ามเนื้อสันนอกไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าโคกลุ่มที่ 2 มีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้สูงกว่าโคอีก 3 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สำหรับการศึกษาในสัตว์กระเพาะรวมขนาดเล็ก Santos-Silva *et al.* (2002) รายงานว่าไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติของปริมาณคอลลาเจนทั้งหมด และคอลลาเจนที่ละลายได้ในกล้ามเนื้อสันนอกของลูกแกะที่เลี้ยงต่างกัน 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้าร่วมกับแม่ กลุ่มที่ 2 เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้าร่วมกับแม่และให้ได้รับการเสริมอาหารข้นอย่างเต็มที่ และกลุ่มที่ 3 ทำการอย่านมและให้ได้รับอาหารข้นอย่างจำกัดร่วมกับฟางข้าวอย่างเต็มที่ ($P>0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. การประเมินด้านการตรวจชิม (sensory evaluation)

การประเมินด้านการตรวจชิมเป็นวิธีการประเมินคุณภาพ โดยใช้ผู้ตรวจชิมตัดสินคุณภาพเนื้อสัตว์ (determine of meat quality) ด้านความเหนียวความนุ่ม กลิ่น รสชาติ ความชุ่มฉ่ำ และความพอใจโดยรวม และให้คะแนนตามลักษณะที่พิจารณาได้ ทั้งนี้พบว่าสายพันธุ์มีผลต่อคุณภาพเนื้อด้านการตรวจชิมหรือ organoleptic traits (Buss, 1990 : อ้างโดย สัญชัย, 2550) การสูญเสียน้ำจะลด

คุณค่าทางโภชนะของอาหารและเป็นผลทำให้เนื้อมีความนุ่มลดลง และรสชาติด้อยลง (Lawrie, 1998) นอกจากนี้ส่วนประกอบของไขมันที่แทรกอยู่ระหว่างกล้ามเนื้อ (intramuscular) มีความสัมพันธ์กับรสชาติ ความพึงพอใจโดยรวม และความนุ่มของเนื้อ (Wood *et al*., 2003)

5.1 ความนุ่มของเนื้อ (tenderness)

การศึกษาในผู้บริโภคแสดงให้เห็นว่าความนุ่มของเนื้อเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความน่ารับประทาน (palatability) ของเนื้อโคและกระบือมากที่สุด นอกจากนี้อาจมีความสำคัญกับเนื้ออื่น ๆ ประกอบด้วยเนื้อสัตว์ปีก (poultry) และเนื้อสัตว์ป่า (game) ในขณะที่ความนุ่มของเนื้อมีความสำคัญกับเนื้อสุกร แกะ และลูกวัวอย่างผันแปรในระหว่างประเภทของสัตว์เหล่านี้ โดยมีรายงานว่าความนุ่มของผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์เหล่านี้ได้รับความสนใจเพียงเล็กน้อย ดังนั้นการศึกษาส่วนใหญ่จะเน้นหนักไปที่ความนุ่มของเนื้อโคและกระบือ (Bratzler, 1971) การที่เนื้อสัตว์มีความนุ่มแตกต่างกันนั้นมีอิทธิพลมาจากปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ชนิดของสัตว์ สายพันธุ์ อายุ การจัดการดูแล ชนิดของกล้ามเนื้อ การเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาไกลโคไลซิสภายหลังสัตว์ตาย ความเร็วในการลดอุณหภูมิซาก ระยะเวลาในการบ่มเนื้อ รวมถึงวิธีในการปรุงอาหาร (จุฑารัตน์ และญานิน, 2548) โดยความนุ่มของเนื้อมีความสัมพันธ์กับอายุของสัตว์มากที่สุด หากสัตว์มีอายุต่ำกว่า 2 ปี อายุจะไม่มีผลต่อความนุ่มของเนื้อ (Hunsley *et al*., 1971: อ้างโดย ชัยณรงค์ และจันทร์พร, 2539)

ชัยณรงค์ และจันทร์พร (2539) ได้ทำการศึกษาถึงผลของระดับอาหารข้นและการบ่มซากต่อคุณภาพเนื้อของกระบือ พบว่ากระบือที่ได้รับอาหารข้นต่างกัน 3 ระดับคือ 0, 1.0 และ 1.5% ของน้ำหนักตัว มีคะแนนความนุ่มของกล้ามเนื้อสันนอกและสะโพกจากการตรวจชิมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งสัมพันธ์กับค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear value) ที่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างกระบือทั้ง 3 กลุ่ม ส่วนการบ่มซากมีอิทธิพลต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อ โดยทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อลดลงทั้งในกล้ามเนื้อสันนอก และสะโพกเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้บ่มซาก ($P<0.01$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในโค โดยรักเกียรติ และคณะ (2551) รายงานว่าโคพื้นเมืองไทยที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากินนีสีม่วงมีคะแนนความนุ่มจากการตรวจชิม และค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อสันนอกไม่แตกต่างกันทางสถิติกับโคที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากินนีสีม่วงร่วมกับถั่วท่าพระสไตโล ($P>0.05$) ในขณะที่ Baublits *et al.* (2006) รายงานว่าการเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง (soyhulls) อัดเม็ดให้กับโคที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้าไม่มีผลต่อคะแนนความนุ่มจากการตรวจชิมของกล้ามเนื้อสันนอก ($P>0.05$) นอกจากนี้ Fraser *et al.* (2004) รายงานว่าลูกแกะที่เลี้ยงโดยปล่อยให้แทะเล็มในแปลงพืชตระกูลถั่วคือ red clover หรือ lucerne มีคะแนนความนุ่มจากการตรวจชิมไม่แตกต่างกันทางสถิติกับลูกแกะที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้า perennial ryegrass ($P>0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กล้ามเนื้อจากชิ้นส่วนต่างๆ ของร่างกายมีความนุ่มแตกต่างกัน เนื่องจากความแตกต่างของปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Bratzler, 1971) ซึ่งถ้ากล้ามเนื้อมัดใดมีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมาก พบว่ากล้ามเนื้อมัดนั้นจะมีความนุ่มต่ำ มีความเหนียวมาก เพราะดัชนีของความนุ่มก็คือ ปริมาณโปรตีนคอลลาเจน (เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน) แต่อีลาสติน และเรติคิวลินในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน มีผลต่อความนุ่มน้อยกว่าคอลลาเจน เนื้อเยื่อเกี่ยวพันยังเป็นสิ่งสะท้อนถึงหน้าที่หลักของกล้ามเนื้อต่าง ๆ เช่น กล้ามเนื้อน่องหรือไหล่ เป็นส่วนที่ต้องใช้ทำงานเป็นประจำของตัวสัตว์ สูงกว่ากล้ามเนื้อสันหลัง ซึ่งมีหน้าที่รองรับและเชื่อมต่อส่วนต่างๆ ของร่างกาย ฉะนั้นจึงพบเนื้อเยื่อเกี่ยวพันประเภทคอลลาเจนในกล้ามเนื้อที่มีการทำงานหนัก เนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่อยู่ในรูปของเอพิไมเซียม (epimysium) เพอริไมเซียม (perimysium) และเอ็นโดไมเซียม (endomysium) ซึ่งห่อหุ้มและแทรกตัวเข้าภายในกล้ามเนื้อจนถึงระดับเส้นใยกล้ามเนื้อ ทำให้เกิดโครงสร้างที่เหนียวและแข็งแรง (สัญชัย, 2550) ซึ่งความแตกต่างของความนุ่มในระหว่างชนิดของกล้ามเนื้อจะสัมพันธ์กับค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Rhee *et al*., 2004) ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Resistance to shear value and tenderness rating of selected muscle of cooked beef (Forrest *et al*., 1975)

Muscle	**Shear value , kg**	**Tenderness**
Rectus femoris	4.3	Slightly tough
Semimembranosus	5.4	Slightly tough
Semitendinosus	5.0	Slightly tough
Biceps femoris	4.1	Medium
Gluteus medius	3.7	Slightly tender
Psoas major	3.2	Very tender
Longissimus dorsi	3.8	Slightly tender
Infraspinatus	3.6	Slightly tender
Supraspinatus	4.2	Medium
Triceps brachii	3.9	Medium
Sternocephalicus	7.1	Very tough

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Marino *et al*. (2006) ได้ทำการศึกษาถึงผลของชนิดกล้ามเนื้อต่อความนุ่มของเนื้อโคพ่อพันธุ์หนุ่มพันธุ์ podolian พบว่า กล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* มีคะแนนความนุ่มจากการตรวจชิมสูงกว่ากล้ามเนื้อ *Semimembranosus* (6.78 vs. 5.84 คะแนน; $P<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Yanar and Yetim (2001) ที่ทำการทดลองในแกะแก่ที่มีอายุมาก (mutton) สำหรับ Baublits *et al.*

(2006) รายงานว่ากล้ามเนื้อ *Infraspinatus* และ *Longissimus dorsi* ของโคมีคะแนนความนุ่มสูงกว่ากล้ามเนื้อ *Biceps femoris* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในขณะที่ Jurie *et al.* (2007) ได้ทำการศึกษาผลของชนิดกล้ามเนื้อต่อความนุ่มของเนื้อแม่โคปลดระวาง โดยใช้กล้ามเนื้อ 4 ชนิด ประกอบด้วย กล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi*, *Semimembranosus*, *Semitendinosus* และ *Triceps brachii* ผลพบว่า กล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* มีคะแนนความนุ่มจากการตรวจชิมสูงที่สุด รองลงมาคือกล้ามเนื้อ *Triceps brachii* และ *Semimembranosus* ส่วนกล้ามเนื้อ *Semitendinosus* มีคะแนนความนุ่มต่ำที่สุด (P<0.05) โดยมีค่าเท่ากับ 6.52, 5.11, 4.86 และ 3.87 คะแนน ตามลำดับ

Carmack *et al*. (1995) ได้ทำการศึกษาความแตกต่างของชนิดกล้ามเนื้อต่อความนุ่มของเนื้อโคพบว่า กล้ามเนื้อ *Psoas major* เป็นกล้ามเนื้อที่มีความนุ่มมากที่สุด (P<0.05) รองลงมาคือกล้ามเนื้อ *Infraspinatus*, *Longissimus dorsi* และ *Rectus femoris* ซึ่งมีความนุ่มที่ใกล้เคียงกัน (P>0.05) สำหรับกล้ามเนื้อที่มีความนุ่มน้อยที่สุดคือ กล้ามเนื้อ *Pectoralis profundus* ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Rhee *et al*. (2004) ที่รายงานว่า กล้ามเนื้อ *Psoas major* ของโคมีคะแนนความนุ่มจากการตรวจชิมสูงที่สุด (P<0.05) รองลงมาคือ กล้ามเนื้อ *Infraspinstus*, *Longissimus dorsi*, *Triceps brachii*, *Rectus femoris* และ *Gluteus medius* ตามลำดับ สำหรับกล้ามเนื้อ *Adductor*, *Semimembranosus*, *Supraspinatus* รวมทั้ง *Semitendinosus* มีคะแนนความนุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่อย่างไรก็ตามกล้ามเนื้อที่มีคะแนนความนุ่มน้อยที่สุดคือ *Biceps femoris*

5.2 ความชุ่มฉ่ำ (juiciness)

ความชุ่มฉ่ำของเนื้อมีบทบาทสำคัญต่อความน่ารับประทานของเนื้อ โดยที่ความชุ่มฉ่ำจะเป็นความรู้สึกที่ประสาทสัมผัสภายในปากได้รับจากการที่ของเหลวถูกบีบ และกดดันออกมาจากก้อนเนื้อที่กำลังบดอยู่ในปาก (เยาวลักษณ์, 2536) แหล่งของความชุ่มฉ่ำในเนื้อคือ ไขมันแทรกและปริมาณน้ำที่เนื้อนั้นมีอยู่ ความชุ่มฉ่ำจะทำให้มีความรู้สึกว่าเนื้อนั้น ๆ อร่อย รวมทั้งยังมีรสชาติดีร่วมอยู่ในนั้นด้วย และนอกจากนั้นในขณะที่เคี้ยวบดในปากจะช่วยหล่อลื่นทำให้การเคี้ยวเป็นไปได้ง่ายจนกระทั่งก่อนจะกลืนเข้าไป ซึ่งในระหว่างบดเคี้ยวก็ยังทำให้เกิดการเร่งเร้าให้น้ำลายไหล (salivation) (ชัยณรงค์, 2529) เนื้อสัตว์ที่มีอายุน้อยจะทำให้ความรู้สึกที่มีความชุ่มฉ่ำสูงกว่าเนื้อสัตว์ที่มีอายุมาก แต่ถ้าเนื้อสัตว์ที่มีอายุมากมีไขมันแทรกสูงก็จะมีผลทำให้ความชุ่มฉ่ำของเนื้อเพิ่มขึ้นได้ ความนุ่มและความชุ่มฉ่ำของเนื้อมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด ในขณะที่ทำการแช่เย็น (chilling) หากเนื้อมีการสูญเสียน้ำมากอย่างรวดเร็วจะมีผลทำให้เนื้อนั้นมีความเหนียวมาก (Bratzler, 1971) ทำให้ระดับคะแนนจากการตรวจชิมมีค่าต่ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชัยณรงค์ และจันทร์พร (2539) รายงานว่ากระบือที่ได้รับอาหารข้นต่างกัน 3 ระดับได้แก่ 0, 1.0 และ 1.5% ของน้ำหนักตัว มีคะแนนความชุ่มฉ่ำจากการตรวจชิมไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งในกล้ามเนื้อสันนอกและสะโพก (P>0.05) สำหรับ Baublits *et al.* (2006) รายงานว่าไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติของคะแนนความชุ่มฉ่ำของกล้ามเนื้อสันนอกของโคที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้า tall fescue เมื่อเปรียบเทียบกับโคที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้า tall fescue หรือ orchardgrass ร่วมกับได้รับการเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง (soyhulls) อัดเม็ด (P>0.05) ในขณะที่การศึกษาของ Fraser *et al*. (2004) พบว่า ลูกแกะที่เลี้ยงโดยการปล่อยให้แทะเล็มในแปลงพืชตระกูลถั่วคือ red clover หรือ lucerne มีคะแนนความชุ่มฉ่ำของกล้ามเนื้อสันนอกจากการตรวจชิมไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับลูกแกะที่เลี้ยงปล่อยในแปลงหญ้า ryegrass (P>0.05) อย่างไรก็ตามรักเกียรติ และคณะ (2551) รายงานว่าโคพื้นเมืองไทยที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากินนีสีม่วงมีคะแนนความชุ่มฉ่ำจากการตรวจชิมสูงกว่าโคพื้นเมืองที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากินนีสีม่วงร่วมกับถั่วท่าพระสไตโล (6.06 vs. 5.70 คะแนน; P<0.05)

Kerth *et al*. (2007) รายงานว่าโคที่เลี้ยงโดยการขังยืนโรงให้ได้รับอาหารข้นอย่างเต็มที่ตลอดการขุน มีคะแนนความชุ่มฉ่ำของเนื้อสันนอกจากการตรวจชิมสูงกว่าโคที่เลี้ยงโดยการปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้า ryegrass เป็นระยะเวลา 125 วันจากนั้นนำมาขุนโดยให้อาหารข้นอย่างเต็มที่โดยขังยืนโรงเป็นระยะ 94 วัน และโคที่เลี้ยงโดยการปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้า ryegrass ตลอดการขุน (6.17, 5.35 และ 5.73 คะแนน ตามลำดับ; P<0.05) แต่อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าการเลี้ยงโคโดยปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้าจากนั้นนำมาขุนโดยการขังยืนโรงเป็นระยะเวลาสั้นนาน 60 วัน ให้ได้รับอาหารต่างกันคือ กลุ่มที่ 1 ได้รับอาหารข้นร่วมกับฟางข้างอย่างเต็มที่ กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารข้นอย่างจำกัดคือ 4 กิโลกรัมร่วมกับการให้หญ้า alfalfa แห้งอย่างเต็มที่ตลอด 60 วัน สำหรับกลุ่มที่ 3 ได้รับอาหารใน 30 วันแรกเหมือนกับกลุ่มที่ 1 และ 30 วันหลังเหมือนกับกลุ่มที่ 2 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของคะแนนความชุ่มฉ่ำของเนื้อสันนอกจากการตรวจชิมของโคทั้ง 3 กลุ่ม (P>0.05) (Cerdeño *et al*., 2006)

Carmack *et al*. (1995) ได้ทำการศึกษาคุณภาพของเนื้อโคโดยการประเมินด้านการตรวจชิมในกล้ามเนื้อชนิดต่างกัน 12 กล้ามเนื้อ ได้แก่ *Semimembranosus*, *Semitendinosus*, *Biceps femoris*, *Rectus femoris*, *Gluteus medius*, *Psoas major*, *Longissimus dorsi*, *Supraspinatus*, *Infraspinatus*, *Triceps brachii*, *Serratus ventralis* และ *Pectoralis profundus* พบว่า กล้ามเนื้อจากส่วนของไหล่และส่วนของสันหลัง จะมีความชุ่มฉ่ำของเนื้อที่สูงกว่ากล้ามเนื้อสะโพก โดยกล้ามเนื้อที่มีคะแนนความชุ่มฉ่ำมากที่สุดคือ *Serratus ventralis* รองลงมาคือ *Infraspinatus* และ*Psoas major* ตามลำดับ สำหรับกล้ามเนื้อที่มีความชุ่มฉ่ำน้อยที่สุดคือ *Semimembranosus* ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Shackelford *et al*. (1995) ที่รายงานว่ากล้ามเนื้อ *Infraspinatus* ของโคเป็นกล้ามเนื้อที่มีความชุ่มฉ่ำมากที่สุด รองลงมาคือ กล้ามเนื้อ *Triceps brachii* และ *Psoas major* ตามลำดับ ส่วนกล้ามเนื้อที่มีความชุ่มฉ่ำน้อยที่สุด คือ กล้ามเนื้อ *Semimembranosus* นอกจากนี้ Jurie *et al*. (2007) รายงานว่ากล้ามเนื้อ *Triceps brachii* ของโคซึ่งเป็นกล้ามเนื้อส่วนไหล่มีคะแนนความชุ่มฉ่ำสูงกว่ากล้ามเนื้อ *Semimembranosus* และ *Semitendinosus* ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อส่วนสะโพก ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* ($P>0.05$) ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อส่วนสันหลัง

5.3 กลิ่นและรสชาติ (flavour)

กลิ่นและรสชาติของเนื้อสัตว์แต่ละชนิดหรือในสัตว์ชนิดเดียวกัน แต่เป็นส่วนของกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันจะมีความแตกต่างกันไป ซึ่งสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบพื้นฐานของรสชาติ คือ กรดอะมิโนอิสระ (free amino acid) และน้ำตาลรีดิวส์ซิ่ง (reducing sugar) ส่วนที่ทำให้เกิดความแตกต่างกันไปได้แก่ พวกสารที่ละลายหรือคงอยู่ร่วมกับไขมันในเนื้อสัตว์ ซึ่งสารพวกนี้เมื่อถูกความร้อนในขณะที่กำลังทำให้เนื้อสุกก็จะปล่อยสารเคมีระเหยไป ซึ่งแตกต่างกันไปในระหว่างเนื้อสัตว์จากสัตว์ต่างชนิดกัน เนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพดีต้องไม่มีกลิ่นผิดปกติในเนื้ออยู่ ได้แก่ กลิ่นของเพศ (sex-odour) กลิ่นอาหาร กลิ่นหืนของไขมันในเนื้อ กลิ่นอาซีโตน (acetone flavour) ที่เกิดจากปฏิกิริยาการทำลายของไขมันสะสมในร่างกายที่มากเกินไป และกลิ่นที่เนื้อดูดกลิ่นมาจากสภาวะแวดล้อมภายนอก (เยาวลักษณ์, 2536) โดยปัจจัยที่มีผลต่อรสชาติและกลิ่นของเนื้อ ได้แก่ ชนิดของสัตว์ เพศ อายุ รูปแบบการเลี้ยงและการให้อาหาร วิธีการฆ่า ระยะเวลาในการบ่มซาก การเก็บรักษา ชนิดของกล้ามเนื้อ และวิธีปรุงอาหาร (Mottram, 1991; Farner, 1992)

ชัยณรงค์ และจันทร์พร (2539) รายงานว่ากระบือที่ได้รับอาหารข้นต่างกัน 3 ระดับได้แก่ 0, 1.0 และ 1.5% ของน้ำหนักตัว มีคะแนนของกลิ่นและรสชาติจากการตรวจชิมไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งในกล้ามเนื้อสันนอกและสะโพก ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของรักเกียรติ และคณะ (2550) ที่รายงานว่าโคพื้นเมืองไทยที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากินนีสีม่วงมีคะแนนของกลิ่นและรสชาติไม่แตกต่างกันเมื่อเทียบกับโคพื้นเมืองที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากินนีสีม่วงร่วมกับถั่วท่าพระสไตโล ($P>0.05$) ในขณะที่ Fraser *et al*. (2004) รายงานว่าลูกแกะที่เลี้ยงโดยปล่อยให้แทะเล็มในแปลงพืชตระกูลถั่วคือ red clover หรือ lucerne มีคะแนนของกลิ่นและรสชาติ รวมทั้งกลิ่นที่ผิดปกติ (abnormal flavour) ของกล้ามเนื้อสันนอกไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับแกะที่เลี้ยงปล่อยในแปลงหญ้า ryegrass ($P>0.05$) นอกจากนี้ Cerdeño *et al*. (2006) รายงานว่าไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติของคะแนนกลิ่นและรส ชาติในโคที่เลี้ยงโดยปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้า จากนั้นนำมาขุนโดยการขังยืนโรงเป็นระยะเวลาสั้นนาน 60 วัน ให้ได้รับอาหารต่างกันคือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กลุ่มที่ 1 ได้รับอาหารข้นร่วมกับฟางข้าวอย่างเต็มที่ กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารข้นอย่างจำกัดคือ 4 กิโลกรัมร่วมกับการให้หญ้า alfalfa แห้งอย่างเต็มที่ตลอด 60 วัน สำหรับกลุ่มที่ 3 ได้รับอาหารใน 30 วันแรกเหมือนกับกลุ่มที่ 1 และ 30 วันหลังเหมือนกับกลุ่มที่ 2 ($P>0.05$)

เนื้อสัตว์ที่สดจะมีกลิ่นอ่อนและรสคล้ายเลือด เมื่อถูกความร้อนสารประกอบในเนื้อที่ทำให้เกิดรสชาติ จะแปรสภาพเป็นสารให้รส และสารประเภท inosine monophosphate และ hyposantine ซึ่งสารทั้ง 2 เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพของ ATP ดังนั้นกล้ามเนื้อที่ทำงานหนัก เช่น ขาหน้าและไหล่จะมีกลิ่นและรสรุนแรงกว่ากล้ามเนื้อที่ทำงานน้อย (สัญชัย, 2550) Marino *et al*. (2006) ได้ทำการศึกษาถึงผลของความแตกต่างของชนิดกล้ามเนื้อได้แก่ กล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi*, *Semimembranosus* และ *Semitendinosus* ต่อกลิ่นและรสชาติของเนื้อโคพ่อพันธุ์หนุ่ม Podolian พบว่า กล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* มีคะแนนของกลิ่นและรสชาติจากการตรวจชิมสูงกว่ากล้ามเนื้อ *Semitendinosus* ($P<0.01$) แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อ *Semimembranosus* ($P>0.05$) ในขณะที่ Rhee *et al*. (2004) รายงานว่ากล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* มีความเข้มข้นของกลิ่นและรสชาติของเนื้อโค (beef flavour intensity) สูงที่สุด รองลงมาคือ กล้ามเนื้อ *Biceps femoris*, *Semimembranosus* และ *Triceps brachii* ตามลำดับ สำหรับกล้ามเนื้อ *Rectus femoris*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus*, *Gluteus medius*, *Adductor* และ *Infraspinatus* มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนกล้ามเนื้อ *Psoas major* เป็นกล้ามเนื้อที่มีความเข้มข้นของกลิ่นและรสชาติของเนื้อโคต่ำที่สุด อย่างไรก็ตาม Jurie *et al*. (2007) รายงานว่า กล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi*, *Semimembranosus*, *Semitendinosus* และ *Triceps brachii* ของแม่โคปลดระวางมีคะแนนของกลิ่นและรสชาติไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของรักเกียรติ (2550) ที่พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของคะแนนกลิ่นและรสชาติระหว่างกล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi*, *Semitendinosus* และ *Infraspinatus* ($P>0.05$) นอกจากนี้ Baublits *et al*. (2006) รายงานว่า กล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi*, *Biceps femoris* และ *Infraspinatus* มีความเข้มข้นของกลิ่นและรสชาติของเนื้อโคไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

5.4 การยอมรับโดยรวม (acceptance)

เป็นการประเมินความพอใจและการยอมรับรวมกันทั้งสามอย่างจากการตรวจชิมเนื้อ คือ ความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ และรสชาติ ผู้ตรวจชิมให้คะแนนประเมินความพึงพอใจจากการตรวจชิมตัวอย่างเนื้อ และตัดสินคุณภาพการบริโภคและลักษณะของเนื้อ ซึ่งเนื้อสัตว์แต่ละชนิดจะมีลักษณะเฉพาะและมีความแตกต่างกัน (สัญชัย, 2550) จากการศึกษาวิจัยก่อนหน้านี้พบว่า เนื้อโคมีการยอมรับโดยรวมสูงกว่าเนื้อกระบือ แต่อย่างไรก็ตามเนื้อสันนอกของโคและกระบือให้ความพอใจสูงสุด รองลงมาคือเนื้อไหล่ และเนื้อขา (ชัยณรงค์ และคณะ, 2525: อ้างโดย ไชยวรรณ และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นิพนธ์, 2535) สำหรับชัยณรงค์ และจันทร์พร (2539) รายงานว่ากระบือที่ได้รับอาหารข้นต่างกัน 3 ระดับได้แก่ 0, 1.0 และ 1.5% ของน้ำหนักตัว มีคะแนนการยอมรับโดยรวมจากการตรวจชิมไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งในกล้ามเนื้อสันนอกและสะโพก (P>0.05) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของรักเกียรติ และคณะ (2551) ที่รายงานว่าโคพื้นเมืองไทยที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากินนีสีม่วงมีคะแนนการยอมรับโดยรวมจากการตรวจชิมไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับโคพื้นเมืองไทยที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากินนีสีม่วงร่วมกับถั่วท่าพระสไตโล (P>0.05) ในขณะที่ Fraser *et al*. (2004) รายงานว่าลูกแกะที่เลี้ยงโดยปล่อยให้แทะเล็มแปลงพืชตระกูลถั่วคือ red clover หรือ lucerne มีคะแนนความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ รวมทั้งคะแนนของกลิ่นและรสชาติ ของกล้ามเนื้อสันนอกไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับแกะที่เลี้ยงปล่อยในแปลงหญ้า ryegrass ซึ่งส่งผลทำให้คะแนนการยอมรับโดยรวมจากการตรวจชิมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วย (P>0.05)

6. องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ (chemical composition)

เนื้อสัตว์ประกอบด้วยสารอาหารที่สำคัญมากมาย เช่น โปรตีนซึ่งเป็นแหล่งของกรดอะมิโนที่จำเป็น ไขมันเป็นแหล่งของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและชนิดไม่อิ่มตัว วิตามิน และแร่ธาตุต่าง ๆ (อัจฉรา, 2549) Anjaneyulu *et al*. (1985) ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกล้ามเนื้อสันนอกของกระบือ พบว่า มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้าเท่ากับ 76.36, 20.44, 1.50 และ 1.04% ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบเนื้อกระบือกับสัตว์ชนิดอื่นๆ พบว่า เนื้อกระบือมีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกับเนื้อไก่และโคโดยมีค่าเท่ากับ 20.4, 21.0 และ 22.0% แต่เนื้อกระบือเป็นเนื้อที่มีปริมาณไขมันต่ำกว่าเนื้อไก่และโคโดยมีค่าเท่ากับ 1.4, 4.2 และ 3.7% ตามลำดับ (Bryce and Lemcke, 2006) ซึ่งปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ พันธุ์ ชนิดของสัตว์ อายุ ชนิดของกล้ามเนื้อ เพศ และอาหาร (สัญชัย, 2550) โดยเนื้อสัตว์ที่มีอายุน้อยจะมีปริมาณความชื้นสูงกว่าสัตว์ที่มีอายุมาก (Lawrie, 1998) ชัยณรงค์ และจันทร์พร (2539) รายงานว่า กระบือปลักที่ได้รับอาหารข้นต่างกัน 3 ระดับคือ 0, 1.0 และ 1.5% ของน้ำหนักตัวมีปริมาณโปรตีนของกล้ามเนื้อสันนอกไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่กระบือที่ได้รับอาหารข้น 1.5 และ 1.0% ของน้ำหนักตัวมีปริมาณไขมันสูงกว่ากระบือที่ไม่ได้รับอาหารข้น (0% ของน้ำหนักตัว) (P<0.05) โดยมีค่าเท่ากับ 1.77, 1.72 และ 0.78 ตามลำดับ สำหรับ Tiwari *et al.* (2001) รายงานว่ากระบือแม่น้ำเพศผู้ที่ได้รับอาหารหยาบคือ ฟางหมักยูเรีย ร่วมกับอาหารข้นผสมที่ประกอบด้วยโปรตีนจากแหล่งต่างกันคือ กลุ่มที่ 1 ใช้ groundnut cake ที่ไม่ผ่านการเคลือบด้วย formaldehyde กลุ่มที่ 2 ใช้ groundnut cake ที่ผ่านการเคลือบด้วย formaldehyde และกลุ่มที่ 3 ใช้ปลาป่น (fish meal) เป็นแหล่งโปรตีน มีปริมาณความชื้น ไขมัน และเถ้าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กระบือกลุ่มที่ 2 มีปริมาณโปรตีนสูงกว่ากลุ่มที่ 1 และ 3 ($P<0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 22.63, 22.21 และ 22.0% ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเคลือบ groundnut cake ด้วย formaldehyde จะช่วยป้องกันการย่อยโปรตีนภายในกระเพาะรูเมนจากการทำงานของจุลินทรีย์ ทำให้มีโปรตีนที่เหลือจากการย่อยของจุลินทรีย์เคลื่อนที่ไปยังลำไส้เล็กมากขึ้น ซึ่งจะถูกย่อยและดูดซึมไปสะสมได้มากกว่า

Baublits *et al*. (2006) รายงานว่าโคที่เลี้ยงโดยการปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้า orchardgrass และ tall fescue ร่วมกับได้รับการเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง (soyhulls) อัดเม็ดมีปริมาณไขมันในกล้ามเนื้อสันนอกสูงกว่า แต่มีปริมาณความชื้นต่ำกว่าเมื่อเทียบกับโคที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้า tall fescue โดยไม่ได้รับการเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองอัดเม็ด ($P<0.05$) โดยมีปริมาณไขมันเท่ากับ 5.02, 4.72 และ 2.55% ตามลำดับ ส่วนปริมาณความชื้นมีค่าเท่ากับ 71.69, 71.92 และ 74.43% ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Sami *et al*. (2004) ที่ได้ศึกษาถึงผลของระยะเวลาในการให้อาหาร และความเข้มข้นของการให้อาหารต่อองค์ประกอบทางเคมีของกล้ามเนื้อสันนอกของโคพ่อพันธุ์ Simmental โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ได้รับอาหารข้น 0.89 กิโลกรัม/ตัว/วัน และข้าวโพดหมักอย่างจำกัด เป็นระยะเวลา 100 วัน กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารข้น 3.73 กิโลกรัม/ตัว/วัน และให้ข้าวโพดหมักกินอย่างเต็มที่ เป็นระยะเวลา 100 วัน กลุ่มที่ 3 ได้รับอาหารข้น 0.89 กิโลกรัม/ตัว/วัน และข้าวโพดหมักอย่างจำกัด เป็นระยะเวลา 138 วัน และกลุ่มที่ 4 ได้รับอาหารข้น 3.73 กิโลกรัม/ตัว/วัน และให้ข้าวโพดหมักกินอย่างเต็มที่ เป็นระยะเวลา 138 วัน โดยโคกลุ่มที่ 2 และ 4 เป็นกลุ่มที่ได้รับการให้อาหารอย่างเข้มข้น (intensive) สำหรับกลุ่มที่ 1 และ 3 เป็นกลุ่มที่ได้รับการให้อาหารอย่างไม่เข้มข้น (extensive) ผลพบว่าโคกลุ่มที่ได้รับการให้อาหารอย่างเข้มข้นมีปริมาณไขมันในเนื้อสูงกว่า แต่มีปริมาณความชื้นต่ำกว่าโคกลุ่มที่ได้รับการให้อาหารอย่างไม่เข้มข้น ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของปริมาณโปรตีนในเนื้อระหว่างโคทั้ง 4 กลุ่ม ($P>0.05$) โดยสัตว์ที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานสูงจะมีปริมาณไขมันสูงกว่า แต่มีปริมาณความชื้นต่ำกว่าสัตว์ที่ได้รับอาหารพลังงานต่ำ (Prior *et al*., 1977: cited by Sami *et al*., 2004)

Marino *et al*. (2006) ได้ศึกษาถึงผลของชนิดกล้ามเนื้อต่อองค์ประกอบทางเคมีของโคพ่อพันธุ์หนุ่ม Podolian พบว่า กล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* มีปริมาณไขมันสูงกว่ากล้ามเนื้อ *Semitendinosus* ($P<0.01$) แต่มีค่าใกล้เคียงกันกับกล้ามเนื้อ *Semimembranosus* ($P>0.05$) ส่วนปริมาณโปรตีนพบว่า กล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* และ *Semitendinosus* มีค่าสูงกว่ากล้ามเนื้อ *Semimembranosus* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) แต่ชนิดของกล้ามเนื้อไม่มีผลต่อปริมาณความชื้นในเนื้อ ($P>0.05$) ในขณะที่ Almeida *et al*. (2006) รายงานว่า กล้ามเนื้อ *Semimembranosus* ของโค มีปริมาณความชื้นสูงกว่า แต่มีปริมาณไขมันต่ำกว่าเมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อ *Biceps femoris*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของปริมาณโปรตีนระหว่างกล้ามเนื้อทั้ง 2 ชนิด ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม Kim *et al.* (2000) รายงานว่า กล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* และ *Psoas major* ของโคพื้นเมืองประเทศเกาหลีมีปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจากกล้ามเนื้อทั้ง 2 ชนิด เป็นกล้ามเนื้อในส่วนสันหลังมีหน้าที่ในการทำงานแตกต่างกันไม่มากนัก โดยมีหน้าที่รองรับและเชื่อมต่อส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย (สัญชัย, 2550) ดังนั้นจึงมีองค์ประกอบทางเคมีทางเคมีไม่แตกต่างกัน

7. คอเลสเตอรอล (cholesterol)

คอเลสเตอรอลที่อยู่ในเนื้อเยื่อทั่ว ๆ ไปหรือในไลโปโปรตีน (lipoprotein) ในเลือดอาจอยู่ในรูปคอเลสเตอรอลอิสระ (free cholesterol) หรือจับอยู่กับกรดไขมันโซ่ยาวเป็น cholesterol ester ซึ่งคอเลสเตอรอลในร่างกายได้มาจากอาหารหรือสังเคราะห์ขึ้นในเซลล์ส่วนใหญ่ในร่างกาย โดยเฉพาะเซลล์ตับและลำไส้ สารตั้งต้นที่ใช้ในการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลได้แก่ acetyl CoA ที่ได้มาจากกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) ของกลูโคส กรดไขมัน และกรดอะมิโน โดยประมาณครึ่งหนึ่งของคอเลสเตอรอลในร่างกายจะถูกสังเคราะห์ขึ้น (ประมาณ 500 มิลลิกรัม/วัน) ส่วนที่เหลือได้มาจากอาหาร โดยตับจะสังเคราะห์คอเลสเตอรอลประมาณ 50 % ของการสังเคราะห์ทั้งหมด ทางเดินอาหารจะสังเคราะห์คอเลสเตอรอลประมาณ 15 % และอีก 35 % จะถูกสังเคราะห์ทางผิวหนัง โดยคอเลสเตอรอลในร่างกายทำหน้าที่เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ เป็นสารตั้งต้นของเกลือน้ำดี (bile salt) และสเตอรอยด์ฮอร์โมน (steroid hormone) เนื่องจากคอเลสเตอรอลไม่ละลายน้ำการพาไปในกระแสเลือดต้องอาศัยไลโปโปรตีน (lipoprotein) หากคอเลสเตอรอลในเลือดสูงก็เป็นปัจจัยที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน (สมทรง, 2536) Bryce and Lemcke (2006) รายงานว่าเนื้อกระบือเป็นเนื้อที่มีคอเลสเตอรอลต่ำเมื่อเทียบกับเนื้อไก่ เนื้อโค และเนื้อปลา โดยมีปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อเท่ากับ 46 mg/100g ของเนื้อสด ในขณะที่เนื้อไก่ เนื้อวัว และเนื้อปลามีปริมาณคอเลสเตอรอลเท่ากับ 69, 60 และ 60 mg/100g ของเนื้อสดตามลำดับ สำหรับ Rao *et al.* (1996) รายงานว่าวิธีการปรุงอาหาร รวมทั้งอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อไม่มีผลต่อปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อกระบือแม่น้ำเพศเมีย ($P>0.05$)

Descalzo *et al.* (2005) รายงานว่าโคที่เลี้ยงโดยปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้าร่วมกับพืชตระกูลถั่วมีปริมาณคอเลสเตอรอลในกล้ามเนื้อสันใน (*Psoas major*) ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับโคที่เลี้ยงโดยให้ได้รับอาหารธัญพืชคือ ข้าวโพดสด 5 กิโลกรัม/ตัว/วัน ร่วมกับหญ้าแห้ง 6 กิโลกรัม/ตัว/วัน ($P<0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 48.5 และ 51.5 mg/100g ของเนื้อสด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Rule *et al.* (2002) ที่รายงานว่าปริมาณคอเลสเตอรอลในกล้ามเนื้อสันนอกของ bison ที่เลี้ยงโดยการขัง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ยืนโรงให้ได้รับอาหารข้นเป็นอาหารหลักมีค่าสูงกว่า bison ที่เลี้ยงโดยการปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้า ($P<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากคอเลสเตอรอลสังเคราะห์ได้จาก acetyl CoA ที่ได้มาจากกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) ของกลูโคส กรดอะมิโน และกรดไขมัน (อุษณีย์, 2547) ดังนั้นสัตว์ที่เลี้ยงด้วยอาหารข้นซึ่งมีธัญพืชเป็นส่วนประกอบจึงได้รับพลังงานจากอาหารสูงส่งผลให้มีปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อสูงกว่าสัตว์ที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้านั่นเอง นอกจากนี้ธัญพืชมีปริมาณของกรดไขมัน myristic และ palmitic สูงกว่าหญ้า โดยกรดไขมันทั้ง 2 ชนิดมีผลทำให้เพิ่มการสังเคราะห์คอเลสเตอรอล และสนับสนุนการสะสมไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (low density lipoproteins) ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจในมนุษย์ (Moloney *et al*., 2001: cited by Aurousseau *et al*., 2004) นอกจากนี้การศึกษาของรักเกียรติ (2550) พบว่า โคพื้นเมืองไทยที่เลี้ยงโดยปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากินนีสีม่วงร่วมกับถั่วท่าพระสไตโลมีปริมาณคอเลสเตอรอลในกล้ามเนื้อสันนอกสูงกว่าโคพื้นเมืองไทยที่เลี้ยงปล่อยโดยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากินนีสีม่วงเพียงอย่างเดียว ($P<0.05$) แต่อย่างไรก็ตาม Eriksson and Pickova (2007) รายงานว่าโคที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ามีปริมาณคอเลสเตอรอลในกล้ามเนื้อสันนอกไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับโคที่เลี้ยงขังคอกให้ได้รับหญ้าหมักอย่างเต็มที่ และโคที่ได้รับหญ้าหมักอย่างเต็มที่ร่วมกับการเสริมอาหารข้น 3.2 กิโลกรัม/ตัว/วัน ($P>0.05$) สำหรับ Padre *et al*. (2006) รายงานว่าเนื้อสันนอกของโคเพศผู้ตอนและโคพ่อพันธุ์ที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้าชนิดเดียวกันมีปริมาณคอเลสเตอรอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยกล้ามเนื้อต่างชนิดกันจะปริมาณคอเลสเตอรอลแตกต่างกันขึ้นอยู่กับหน้าที่การทำงานของกล้ามเนื้อนั้นซึ่งมีผลต่อสัดส่วนของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ โดยกล้ามเนื้อ *Semimembranosus* ของโคมีปริมาณคอเลสเตอรอลเท่ากับ 51.97 mg/100g ของเนื้อสด ซึ่งต่ำกว่าเมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อ *Biceps femoris* ที่มีปริมาณคอเลสเตอรอลเท่ากับ 63.02 mg/100g ของเนื้อสด (Almeida *et al*., 2006) ในขณะที่ Kim *et al*. (2000) รายงานว่ากล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* และ *Psoas major* ของโคพื้นเมืองเกาหลีมีปริมาณคอเลสเตอรอลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 47.6 และ 44.7 mg/100g ของเนื้อสด ทั้งนี้เนื่องจากกล้ามเนื้อทั้ง 2 ชนิด เป็นกล้ามเนื้อในส่วนสันหลังมีหน้าที่ในการทำงานแตกต่างกันไม่มากนัก โดยมีหน้าที่รองรับและเชื่อมต่อส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย (สัญชัย, 2550)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

8. ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride)

ไตรกลีเซอไรด์หรือไตรเอซิลกลีเซอรอล เป็นเอสเทอร์ของกลีเซอรอลกับกรดไขมัน 3 โมเลกุล ซึ่งเซลล์สามารถนำไปใช้เป็นสารปฐมภูมิ (primary source) เพื่อให้พลังงานแก่ร่างกาย และเป็นรูปของไขมันที่เก็บสะสมในร่างกาย เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานสำรองแก่ร่างกายยามที่ร่างกาย

ขาดแคลนพลังงาน โดยเกือบทั้งหมดจะถูกเก็บสะสมไว้ในเนื้อเยื่อไขมัน (อุษณีย์, 2547) ไตรกลีเซอไรด์จากอาหารไขมันจะถูกย่อยและดูดซึมที่ลำไส้เล็ก โดยเมื่ออยู่ในกระแสเลือดจะรวมอยู่กับโปรตีน ฟอสโฟลิปิด และคอเลสเตอรอล เรียกว่า ไลโปโปรตีน (lipoprotein) โดยทั่วไปเรียกไตรกลีเซอไรด์ว่า น้ำมัน (oil) หรือ ไขมัน (fat) ทั้งคู่มีโครงสร้าง และสมบัติทางเคมีที่คล้ายกัน แต่มีคุณสมบัติทางกายภาพต่างกันคือ ไขมันเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ส่วนน้ำมันเป็นของเหลว (บุญล้อม, 2546) โดยจากการศึกษาของรักเกียรติ (2550) พบว่าโคพื้นเมืองที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากินนีสีม่วงร่วมกับถั่วท่าพระสไตโลมีปริมาณไตรกลีเซอไรด์ในกล้ามเนื้อสันนอกสูงกว่าโคพื้นเมืองที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากินนีสีม่วงเพียงอย่างเดียว ($P<0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 1.77 และ 1.38 g/100g ของเนื้อสด สำหรับ Aurousseau *et al.* (2004) รายงานว่าลูกแกะที่เลี้ยงโดยปล่อยให้แทะเล็มในทุ่งหญ้ามีปริมาณไตรกลีเซอไรด์ในกล้ามเนื้อสันนอกต่ำกว่าลูกแกะที่เลี้ยงขังคอกให้ได้รับอาหารข้นร่วมกับหญ้าแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งปริมาณไตรกลีเซอไรด์มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณไขมันที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อ (รัชนีวรรณ, 2548)

9. การประเมินค่าการหืน

การหืน (rancidity) เป็นปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไขมันและน้ำมัน ทำให้มีกลิ่นผิดปกติและคุณสมบัติทั้งทางเคมีและทางกายภาพเปลี่ยนไป การหืนเกิดได้ 3 แบบ (นิธิยา, 2549) ดังนี้

1. Lipolysis เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเมื่อพันธะเอสเทอร์ในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์เกิดการไฮโดรไลซิส (hydrolysis) ด้วยเอนไซม์ไลเพส (lipase) ความร้อน กรด ด่าง หรือปฏิกิริยาทางเคมีใด ๆ ก็ตาม ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า lypolysis หรือ lypolytic rancidity หรือ hydrolytic rancidity ทำให้มีกลิ่นเหม็นหืนมาก เมื่อเกิดการหืนจะทำให้ไขมันและน้ำมันมีกลิ่นและรสชาติเปลี่ยนไป

2. Oxidative rancidity เป็นการหืนที่เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยา autoxidation ที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวกับออกซิเจนในอากาศเกิดเป็น peroxide linkage ขึ้นระหว่างพันธะคู่ ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นเองแบบต่อเนื่องตลอดเวลาเมื่อไขมันและน้ำมันสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ การหืนด้วยปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นในอาหารที่มีไขมันและน้ำมันผสมอยู่ด้วย การมีโลหะเช่น ทองแดงและตะกั่ว จะเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาได้เร็วขึ้น นอกจากนั้นความร้อนและแสงก็มีผลช่วยเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วย การหืนโดยปฏิกิริยานี้ทำให้กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายถูกทำลาย มีผลทำให้คุณค่าทางโภชนาการของไขมันและน้ำมันลดลงด้วย และยังทำลายวิตามินต่าง ๆ ที่ละลายในไขมันและน้ำมันอีกด้วย

3. Ketonic rancidity เป็นการเกิดปฏิกิริยา enzymatic oxidation ที่โมเลกุลของกรดไขมันชนิดอิ่มตัว ได้เป็นสารประกอบจำพวกคีโตน (ketone)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การหืนของไขมันส่งผลทางลบต่อสี กลิ่น รสชาติ รวมทั้งอายุการเก็บรักษาของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อ นอกจากนี้ยังมีผลต่อสุขภาพของผู้บริโภคด้วย (Frank, 2000: cited by Wood *et al*., 2003) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการหืนของไขมันในเนื้อ ได้แก่ ชนิดของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ ความเข้มข้นของออกซิเจน อุณหภูมิ พื้นที่ผิว ความชื้น แร่ธาตุหรือโลหะบางชนิด แสงรวมทั้งรังสีต่าง ๆ และ สารต้านการเกิดออกซิเดชัน โดยวิธีการตรวจสอบการหืนของเนื้อจะใช้การทดสอบ thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) ซึ่งเป็นวิธีการเบื้องต้นเพื่อใช้ประเมินการเกิดออกซิเดชันของไขมัน โดยกลุ่มสารประกอบพวกอัลดีไฮด์ของไขมัน ปฏิกิริยาระหว่างกรดไทโอบาร์บิทิวริก (thiobarbituric acid) กับมาลอนไดอัลดีไฮด์ (malondialdehyde) จะได้เป็นสารสีแดง ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้โดยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร ซึ่งความเข้มข้นของสีจะแปรผันโดยตรงกับการหืนของไขมันหรือค่า TBARS ที่วัดได้ (Allen and Hamilton, 1994: cited by สมจิต, 2544) โดยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวจะเป็นตัวเพิ่มการเกิดออกซิเดชันของไขมัน อายุการเก็บรักษาของเนื้อจึงถูกจำกัดด้วยการเกิดออกซิเดชันของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวซึ่งนำไปสู่การเกิดการหืน (สัญชัย, 2543)

Gatellier *et al*. (2005) ได้ศึกษาถึงผลของรูปแบบการเลี้ยงโคต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเนื้อ โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 กลุ่มได้แก่ กลุ่มที่ 1 เลี้ยงโดยการปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้า และกลุ่มที่ 2 เลี้ยงแบบขังยืนโรงให้ได้รับอาหารผสมคือ ข้าวโพดหมักร่วมกับหญ้าแห้ง โดยโคทั้งสองกลุ่มได้รับการเสริมอาหารข้นในปริมาณที่เท่ากัน ผลพบว่ากล้ามเนื้อสันนอกของโคกลุ่มที่ 1 มีค่าการหืนของเนื้อ (TBARS) ต่ำกว่าโคกลุ่มที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Descalzo *et al*. (2005) ที่รายงานว่ากล้ามเนื้อสันในของโคที่เลี้ยงโดยปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้าร่วมกับพืชตระกูลถั่วจะมีค่าการหืนของเนื้อ (TBARS) ที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับโคที่เลี้ยงแบบขังยืนโรงให้ได้รับอาหารคือ ข้าวโพดสด 5 กิโลกรัม/ตัว/วัน ร่วมกับหญ้าแห้ง 6 กิโลกรัม/ตัว/วัน ($P<0.05$) สำหรับ Realini *et al*. (2004) รายงานว่าโคที่เลี้ยงโดยการปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้า และโคที่เลี้ยงโดยการขังยืนโรงให้ได้รับอาหารข้นร่วมกับการเสริม vitamin E 1000 I.U. /ตัว/วัน มีค่าการหืนของกล้ามเนื้อสันนอกที่ต่ำกว่าโคที่เลี้ยงโดยการขังยืนโรงให้ได้รับอาหารข้นแต่ไม่ได้รับการเสริม vitamin E ($P<0.05$) ทั้งนี้สาเหตุที่การเลี้ยงสัตว์แบบปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ามีค่าการหืนของเนื้อที่ต่ำกว่าโคที่เลี้ยงแบบขังยืนโรงให้ได้รับอาหารที่มีธัญพืชสูง เนื่องจากในหญ้าจะมีปริมาณของไวตามินอี (α-tocopherol) ไวตามินซี (ascorbic acid) รวมทั้งเบต้าแคโรทีน (ß-carotene) ที่สูงกว่าในธัญพืชซึ่งทั้งไวตามินอี และไวตามินซี มีคุณสมบัติเป็นสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มีอยู่ในธรรมชาติ สำหรับเบต้าแคโรทีนจะเป็นสารตั้งต้นการสังเคราะห์ไวตามินเอในร่างกายซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ออกซิเดชันเช่นเดียวกัน (Descalzo *et al*., 2005) โดยค่าการหืนของเนื้อจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น (รักเกียรติ และคณะ, 2551) ซึ่ง Rao *et al.* (1996) รายงานว่าเนื้อกระบือที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 6 วัน ที่อุณหภูมิ 4 °C มีค่าการหืนของเนื้อสูงกว่าเนื้อกระบือที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 3 และ 0 วันตามลำดับ ($P<0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 0.19, 0.13 และ 0.08 mg malondialdehyde/ kg ของเนื้อ สอดคล้องกับการศึกษาของ Descalzo *et al.* (2008) ที่รายงานว่าเนื้อกระบือที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 25 และ 15 วัน ที่อุณหภูมิ 2 °C มีค่าการหืนของเนื้อสูงกว่าเนื้อกระบือที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 1 วันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณของไวตามินอีและเบต้าแคโรทีนที่มีคุณสมบัติเป็นสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในเนื้อจะมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น โดยที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 1, 15 และ 25 วัน มีปริมาณของไวตามินอีในกล้ามเนื้อสันนอกเท่ากับ 4.22, 1.37 และ 0.12 μg/g ของเนื้อ ตามลำดับ ในขณะที่เบต้าแคโรทีนมีปริมาณเท่ากับ 0.25, 0.12 และ 0.02 μg/g ของเนื้อ ตามลำดับ

10. องค์ประกอบกรดไขมันในลิปิด (fatty acid profile of lipid)

ลิปิด (lipids) หรือส่วนใหญ่ถูกเรียกเป็นไขมัน (fat) ในสัตว์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ไขมันสะสม (depot fat) และไขมันที่เป็นโครงสร้าง (structural fat) นอกจากนี้ยังจำแนกตามประจุได้เป็นลิปิดที่มีขั้วและไม่มีขั้ว (polar and neutral lipids) ซึ่ง polar lipids หรือ structural fat พบเป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) และใช้เป็นสารตั้งต้น (precursor) ของการเมแทบอลิซึม (metabolism) ของไอโคซานอยด์ (eicosanoid) มีลิปิดประเภทฟอสโฟลิปิด (phospholipids) เป็นองค์ประกอบ ส่วน neutral lipids หรือ depot fat นั้นทำหน้าที่เป็นลิปิดที่สะสมอยู่ในร่างกาย และเป็นแหล่งพลังงานสำรอง ส่วนใหญ่เป็นไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) (Högberg, 2002: อ้างโดย รัชนีวรรณ, 2548) ฟอสโฟลิปิดในเนื้อเยื่อสัตว์มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acids, PUFA) ประกอบอยู่สูงประมาณ 20-25% ของกรดไขมันทั้งหมด ส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันคาร์บอน 18, 20 และ 22 ตัว ซึ่งมีพันธะคู่ 2-6 พันธะ มีปริมาณคงที่และรับอิทธิพลจากปัจจัยด้านพันธุกรรมและอาหารค่อนข้างน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับไตรกลีเซอไรด์หรือไขมันสะสม ปริมาณฟอสโฟลิปิดในกล้ามเนื้อ ขึ้นอยู่กับลักษณะของเส้นใยกล้ามเนื้อมากกว่า โดยกล้ามเนื้อที่มีการออกซิเดชันสูงจะมีฟอสโฟลิปิดสูง เนื่องจากมีปริมาณไมโตคอนเดรีย (mitochondria) มาก (Raes *et al*., 2004)

กรดไขมันคือ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เป็นกรดคาร์บอกซิลิค (carboxylic acid) มีหมู่คาร์บอกซิลเพียงหมู่เดียว ในธรรมชาติจะพบกรดไขมันเป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ที่อยู่ในไขมัน น้ำมัน และลิปิดชนิดอื่น ๆ ที่พบในรูปของกรดไขมันอิสระมีน้อยมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กรดไขมันในธรรมชาติส่วนมากมีคาร์บอนเป็นจำนวนคู่ พันธะระหว่างคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมันมีทั้งที่เป็นพันธะเดี่ยวและพันธะคู่ กรดไขมันที่มีพันธะเดี่ยวทั้งหมด เรียกว่า กรดไขมันชนิดอิ่มตัว (saturated fatty acids, SFA) กรดไขมันที่มีพันธะคู่ 1 พันธะ เรียกว่า กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (monounsaturated fatty acids, MUFA) ส่วนกรดไขมันที่พันธะคู่ 2 พันธะขึ้นไป เรียกว่า กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acids, PUFA) (อุษณีย์, 2547; นิธิยา, 2549) กรดไขมันเป็นองค์ประกอบของไขมันในเนื้อ ซึ่งมีผลต่อกลิ่นและอายุการเก็บรักษา โดยเนื้อที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอยู่ในปริมาณสูงจะส่งผลให้เนื้อมีกลิ่นที่ผิดปกติและอายุการเก็บรักษาสั้น (Wood *et al*., 2003) ในปัจจุบันได้มีการศึกษาให้ความสนใจเกี่ยวกับองค์ประกอบของไขมันในเนื้อ เนื่องจากเนื้อเป็นแหล่งไขมันหลักที่มีอยู่ในอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดไขมันชนิดอิ่มตัว ซึ่งจะนำไปสู่การเกิดโรคต่าง ๆ ได้มีคำแนะนำสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนต่อกรดไขมันชนิดอิ่มตัว (PUFA:SFA) ควรจะมากกว่า 0.4 แต่พบว่าในเนื้อปกติบางชนิดมี PUFA:SFA ประมาณ 0.1 นอกจากนี้นักโภชนาการได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับชนิดของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน และความสมดุลระหว่างกรดไขมันโอเมก้า 3 และกรดไขมันโอเมก้า 6 ในอาหาร ซึ่งสัดส่วนของกรดไขมันโอเมก้า 6 ต่อโอเมก้า 3 ก็เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับโรคต่าง ๆ เช่นเดียวกัน ได้มีคำแนะนำว่าสัดส่วนของโอเมก้า 6 ต่อโอเมก้า 3 ในเนื้อควรจะน้อยกว่า 4 (Willium, 2000; Enser, 2001: cited by Wood *et al*., 2003) กรดไขมันโอเมก้า 3 และกรดไขมันคอนจูเกตเตดลิโนเลอิค (conjugated linoleic acid, CLA) เป็นกรดไขมันที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค โดยพบว่ามีบทบาทในการช่วยป้องกันโรคมะเร็ง โรคหัวใจ และโรคไขมันอุดตันในหลอดเลือด ซึ่ง CLA พบมากในเนื้อของสัตว์กระเพาะรวม เนื่องจากสัตว์กระเพาะรวมจะมีกระบวนการสังเคราะห์ CLA ขึ้นในกระเพาะรูเมน โดยอาศัยกระบวนการ isomerisation หรือ/และ biohydrogenation ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน โดยเฉพาะกรดไขมันลิโนเลอิค (linoleic acid) และกรดไขมันลิโนเลนิค (linolenic acid) ซึ่งอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะรูเมน (Khanal, 2004) ราคาของซากสัตว์บางแห่งให้ราคาคุณภาพไขมันในส่วนของลิปิดและองค์ประกอบของกรดไขมัน คุณสมบัติทางกายภาพของกรดไขมันที่มีผลต่อคุณภาพมากที่สุดคือจุดหลอมเหลว (melting point) ซึ่งสามารถใช้บ่งชี้ความแข็งของเนื้อเยื่อที่อุณหภูมิพิเศษนั่นเอง จุดหลอมเหลวเพิ่มตามความยาวของโซ่คาร์บอน (carbon chain) ที่เพิ่มขึ้นและจะลดลงเมื่อมีพันธะคู่ของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว คุณภาพของไขมันจะขึ้นอยู่กับปัจจัยคือ พันธุกรรม อาหาร และ เพศ (สัญชัย, 2543)

Descalzo *et al*. (2008) ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบกรดไขมันในกล้ามเนื้อสันนอกของกระบือแม่น้ำที่เลี้ยงปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้า พบว่า มีปริมาณ CLA, SFA, MUFA, PUFA, กรดไขมันโอเมก้า 3 และโอเมก้า 6 เท่ากับ 0.50, 42.87, 29.28, 12.74, 3.83 และ 8.91% ของกรด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไขมันทั้งหมด สำหรับสัดส่วนของ PUFA:SFA และกรดไขมันโอเมก้า 6 ต่อโอเมก้า 3 มีค่าเท่ากับ 0.30 และ 2.34 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบปริมาณ CLA ระหว่างเนื้อโคและกระบือพบว่า เนื้อกระบือมีปริมาณที่สูงกว่าเนื้อโคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 1.83 และ 1.47 mg/g ของไขมัน (Mendoza *et al*., 2005) สำหรับ Fraser *et al*. (2004) รายงานว่าการเลี้ยงลูกแกะโดยการปล่อยให้แทะเล็มในแปลงพืชตระกูลถั่วได้แก่ red clover หรือ lucerne จะช่วยเพิ่มปริมาณของกรดไขมันลิโนเลอิคและลิโนเลนิคในกล้ามเนื้อสันนอกให้สูงขึ้น ซึ่งส่งผลทำให้สัดส่วนของ PUFA:SFA สูงกว่าเมื่อเทียบกับลูกแกะที่เลี้ยงปล่อยในแปลงหญ้า ryegrass (0.19, 0.16 และ 0.12 ตามลำดับ; $P<0.05$) อย่างไรก็ตามสัดส่วนของกรดไขมันโอเมก้า 6 ต่อโอเมก้า 3 ในเนื้อลูกแกะที่เลี้ยงโดยการปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้าจะมีค่าที่ต่ำกว่าเนื้อลูกแกะที่เลี้ยงโดยการปล่อยให้แทะเล็มในแปลงพืชตระกูลถั่วทั้งสองชนิด ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของปริมาณ CLA ในกล้ามเนื้อสันนอกของแกะทั้ง 3 กลุ่ม ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Scollan *et al*. (2002) ที่รายงานว่าโคที่เลี้ยงโดยการปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้าร่วมกับพืชตระกูลถั่วคือ red clover หรือ white clover จะมีสัดส่วนของ PUFA:SFA และโอเมก้า 6 ต่อโอเมก้า 3 รวมทั้งปริมาณกรดไขมันทั้งหมด (total fatty acid) ในกล้ามเนื้อสันนอกสูงกว่าโคที่เลี้ยงปล่อยในแปลงหญ้าเพียงอย่างเดียว ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของปริมาณ CLA ในกล้ามเนื้อสันนอกระหว่างโคทั้ง 3 กลุ่ม ($P>0.05$) ในขณะที่ Baublits *et al*. (2006) รายงานว่าการเสริมเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง (soyhulls) อัดเม็ดให้กับโคที่เลี้ยงโดยการปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้า tall fescue หรือ orchardgrass ไม่มีผลต่อปริมาณ CLA ในกล้ามเนื้อสันนอก แต่จะทำให้ปริมาณของกรดไขมันโอเมก้า 3 และ PUFA ในเนื้อลดลง ซึ่งส่งผลทำให้สัดส่วนของ PUFA:SFA ต่ำกว่า แต่สัดส่วนของกรดไขมันโอเมก้า 6 ต่อโอเมก้า 3 สูงกว่าเมื่อเทียบกับโคที่เลี้ยงปล่อยแปลงหญ้า tall fescue ที่ไม่ได้รับการเสริมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองอัดเม็ด ($P<0.05$) สำหรับรักเกียรติ และคณะ (2551) รายงานว่าโคพื้นเมืองไทยที่เลี้ยงโดยปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากินนีสีม่วงร่วมกับถั่วท่าพระสไตโลมีปริมาณ SFA, MUFA, PUFA, กรดไขมันโอเมก้า 6 และโอเมก้า 3 รวมทั้งสัดส่วนของ PUFA:SFA ในกล้ามเนื้อสันนอกไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับโคพื้นเมืองไทยที่เลี้ยงโดยปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากินนีสีม่วงเพียงอย่างเดียว ($P>0.05$) แต่อย่างไรก็ตามโคพื้นเมืองไทยที่เลี้ยงโดยการปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากินนีสีม่วงร่วมกับถั่วท่าพระสไตโลมีสัดส่วนของกรดไขมันโอเมก้า 6 ต่อโอเมก้า 3 และปริมาณกรดไขมันทั้งหมดในเนื้อสูงกว่าโคพื้นเมืองไทยที่เลี้ยงโดยการปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ากินนีสีม่วงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

French *et al*. (2000) ได้ทำการศึกษาถึงองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อโคเพศผู้ตอนที่เลี้ยงโดยการขังยืนโรงเป็นระยะเวลา 85 วันก่อนฆ่า แบ่งการทดลองออกเป็น 5 กลุ่มให้ได้รับอาหารที่ต่างกันได้แก่ กลุ่มที่ 1 ได้รับหญ้าหมักอย่างเต็มที่ร่วมกับอาหารข้น 4 กิโลกรัม กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารข้น 8 กิโลกรัมร่วมกับหญ้าแห้ง 1 กิโลกรัม กลุ่มที่ 3 ได้รับหญ้าสด 6 กิโลกรัมของวัตถุแห้งร่วมกับอาหารข้น 5 กิโลกรัม กลุ่มที่ 4 ได้รับหญ้าสด 12 กิโลกรัมของวัตถุแห้งร่วมกับอาหารข้น 2.5 กิโลกรัม และกลุ่มที่ 5 ได้รับหญ้าสด 22 กิโลกรัมวัตถุแห้งเพียงอย่างเดียว พบว่าโคกลุ่มที่ 5 มีปริมาณของ PUFA ในกล้ามเนื้อสันนอกสูงกว่าโคกลุ่มอื่น ๆ ($P<0.05$) การลดสัดส่วนของอาหารข้นในอาหารและเพิ่มปริมาณหญ้าที่กิน ทำให้ปริมาณของ SFA รวมทั้งสัดส่วนของกรดไขมันโอเมก้า 6 ต่อโอเมก้า 3 ลดลง ($P<0.01$) และทำให้ปริมาณของ CLA และสัดส่วนของ PUFA:SFA เพิ่มสูงขึ้น ($P<0.01$) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Realini *et al*. (2004) และ Rule *et al*. (2002) ที่พบว่าโคที่เลี้ยงโดยการปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้ามีปริมาณของ CLA และกรดไขมันโอเมก้า 3 รวมทั้งสัดส่วนของ PUFA:SFA ในกล้ามเนื้อสันนอกสูงกว่าโคที่เลี้ยงโดยการขังยืนโรงให้ได้รับอาหารข้นเป็นหลัก ($P<0.05$) แต่โคที่เลี้ยงโดยการปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้าจะมีปริมาณกรดไขมันทั้งหมด และสัดส่วนของกรดไขมันโอเมก้า 6 ต่อโอเมก้า 3 ในกล้ามเนื้อสันนอกต่ำกว่าโคที่เลี้ยงโดยการขังยืนโรงให้ได้รับอาหารข้นเป็นหลักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

Noci *et al*. (2005) ได้ทำการศึกษาถึงผลของระยะเวลาการเลี้ยงโคสาวในแปลงหญ้าต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในกล้ามเนื้อสันนอก โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 เลี้ยงขังคอกให้ได้รับหญ้าหมักอย่างเต็มที่ร่วมกับอาหารข้น 3 กก./ตัว/วัน เป็นระยะเวลา 158 วัน กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 เลี้ยงด้วยอาหารแบบเดียวกันกับกลุ่มที่ 1 แต่ในช่วง 40 และ 99 วันสุดท้ายของการเลี้ยงจะเคลื่อนย้ายวัวออกไปเลี้ยงโดยการปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้าตามลำดับ สำหรับกลุ่มที่ 4 ทำการเลี้ยงโดยปล่อยให้แทะเล็มในแปลงหญ้าเป็นระยะเวลา 158 วันผลพบว่า การเพิ่มระยะเวลาการเลี้ยงโคในแปลงหญ้าให้นานขึ้นจะทำให้ปริมาณของ CLA รวมทั้งสัดส่วนของ PUFA:SFA สูงขึ้นเป็นเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และพบว่าการเพิ่มระยะเวลาการเลี้ยงโคในแปลงหญ้าจะทำให้สัดส่วนของกรดไขมันโอเมก้า 6 ต่อโอเมก้า 3 ลดลงเป็นเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของปริมาณกรดไขมันทั้งหมดในกล้ามเนื้อสันนอกระหว่างโคทั้ง 4 กลุ่ม ($P>0.05$)

ความแตกต่างของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อระหว่างชนิดของกล้ามเนื้อมีผลทำให้องค์ประกอบของกรดไขมันในกล้ามเนื้อแต่ละชนิดต่างกัน (Wood *et al*., 2003) กล้ามเนื้อของสัตว์ประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber) 3 ประเภท ซึ่งกล้ามเนื้อแต่ละส่วนมีองค์ประกอบของเส้นใยกล้ามเนื้อที่แตกต่างกัน โดยที่เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 (type I fiber) เป็นเส้นใยที่มีการหดเกร็งตัว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ช้า (slow-twitch fiber) มีไขมันและเม็ดสีของกล้ามเนื้อหรือไมโอโกลบิน (myoglobin) ปริมาณสูง ดังนั้นจึงเกิดการออกซิเดชันมากกว่าการเกิดปฏิกิริยาไกลโคไลซิส (glycolysis) ซึ่งเป็นกระบวนการสลายสารพวกคาร์โบไฮเดรตเช่น ไกลโคเจน (glycogen) มาใช้เป็นพลังงาน โดยไม่อาศัยออกซิเจน ซึ่งกล้ามเนื้อสีเข้มจะมีเส้นใยกล้ามเนื้อประเภทนี้สูง สำหรับเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 (type II fiber) แบ่งออกเป็น ชนิดเอ (type IIA) และบี (type IIB) ซึ่งชนิดบีนั้นมีลักษณะตรงกันข้ามกับเส้นใยชนิดที่ 1 กล่าวคือ เกิดการหดเกร็งตัวเร็ว (fast-twitch fiber) เกิดปฏิกิริยาไกลโคไลซิสสูงแต่มีการออกซิเดชันต่ำ มีไขมันและเม็ดสีต่ำ ส่วนเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 เอ มีลักษณะกำกึ่งระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 และ 2 บี โดยที่มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาไกลโคไลซิส และการเมแทบอลิซึมแบบใช้ออกซิเจน (oxidative metabolism) ใกล้เคียงกัน แต่มีไขมัน ไมโอโกลบิน รวมทั้งเกิดการออกซิเดชันสูงกว่าชนิดที่ 2 บี โดยกล้ามเนื้อที่มีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 บีประกอบอยู่สูง ส่วนใหญ่เป็นกล้ามเนื้อที่มีสีจาง เช่น กล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* มีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 บี ประมาณ 80-90% ขณะที่กล้ามเนื้อ *Vastus intermedius* มีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 ประกอบอยู่ถึง 70-80% (Essén-Gustavsson, 1993: อ้างโดย รัชนีวรรณ, 2548) กล้ามเนื้อที่มีสีเข้ม เช่น กล้ามเนื้อ *Adductors*, *Gluteobiceps* และ *Quadtriceps* มีปริมาณของ PUFA รวมทั้งกรดไขมันโอเมก้า 3 และโอเมก้า 6 สูงกว่ากล้ามเนื้อที่มีสีจาง เช่น กล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* เนื่องจากกล้ามเนื้อสีเข้มมีปริมาณไมโตคอนเดรียสูง ซึ่ง PUFA เป็นองค์ประกอบอยู่ในเยื่อหุ้มไมโตคอนเดรีย โดยเฉพาะในส่วนของ phospholipids ทำให้เกิดออกซิเดชันได้ง่ายกว่า (Raes *et al*., 2004)

Sharma *et al*. (1986) ได้ทำการศึกษาถึงองค์ประกอบกรดไขมันในกล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi*, *Psoas major*, *Biceps femoris* และ *Semitendinosus* ของกระบือแม่น้ำ พบว่ากล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* และ *Psoas major* มีองค์ประกอบกรดไขมันที่คล้ายกัน สำหรับกล้ามเนื้อ *Semitendinosus* มีปริมาณของ SFA ต่ำกว่ากล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* และ *Psoas major* แต่มีปริมาณของ MUFA และ PUFA ที่สูงกว่า ในขณะที่กล้ามเนื้อ *Biceps femoris* เป็นกล้ามเนื้อที่มีปริมาณของ PUFA สูงที่สุด ส่วน SFA และ MUFA ในกล้ามเนื้อ *Biceps femoris* มีปริมาณปานกลางอยู่ระหว่างกล้ามเนื้ออีก 3 ชนิด ซึ่งโดยรวมแล้วกล้ามเนื้อกระบือแม่น้ำมีปริมาณของ SFA เท่ากับ 44-55% โดย SFA ที่พบมากได้แก่ stearic acid (C18:0) และ palmitic acid (C16:0) สำหรับ MUFA มีปริมาณเท่ากับ 31-40% โดย MUFA ที่พบมากคือ oleic acid (C18:1n-9) ส่วน PUFA มีปริมาณเท่ากับ 11-16% โดย PUFA ที่พบมากได้แก่ linoleic acid (C18:2n-6) และ arachidonic acid (C20:4n-6) ดังแสดงใน Table 2 สำหรับ Marino *et al*. (2006) รายงานว่ากล้ามเนื้อ *Semitendinosus* และ *Semimembranosus* ของโคพ่อพันธุ์หนุ่ม Podolian มีปริมาณของ SFA และ MUFA ต่ำกว่า แต่มีปริมาณของ PUFA รวมทั้งสัดส่วนของ PUFA:SFA สูงกว่ากล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* อย่างมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของปริมาณ CLA ในกล้ามเนื้อทั้ง 3 ชนิด (P>0.05) ในขณะที่ Purchas *et al*. (2005) รายงานว่ากล้ามเนื้อ *Triceps brachii* ของโคมีปริมาณของ SFA ต่ำกว่า แต่มีปริมาณของ MUFA และ PUFA สูงกว่ากล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* ส่งผลให้สัดส่วนของ PUFA:SFA และ MUFA:SFA สูงกว่าด้วย (P<0.05) ซึ่งสัมพันธ์กับองค์ประกอบของเส้นใยกล้ามเนื้อที่พบว่ากล้ามเนื้อ *Triceps brachii* มีปริมาณของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด type I สูงกว่ากล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* (35.9 vs. 29.4%; P<0.05) แต่มีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด type IIB ต่ำกว่า (37.3 vs. 42.8%; P<0.05) (Geesink *et al*., 1995)

Table 2 Fatty acid profile from *Psoas major*, *Longissimus dorsi*, *Semitendinosus* and *Biceps femoris* muscle of river buffalo (adapted by Sharma *et al*., 1986)

Fatty acid	**Muscle**			
(% of total fatty acids)	**PM**	**LD**	**ST**	**BF**
C14:0	1.5	1.1	1.0	0.9
C15:0	0.5	0.4	0.5	0.4
C15:1	0.1	0.1	0.1	0.3
C16:0	23.8	26.0	23.6	25.0
C16:1n-9	0.5	0.5	0.7	0.5
C16:1n-7	1.1	1.3	2.0	2.0
C17:0	1.5	1.3	1.3	1.1
C17:1n-8	0.5	0.5	0.8	0.5
C18:0	27.1	25.4	17.8	21.4
C18:1n-9	27.8	28.1	34.8	27.4
C18:1n-7	1.4	1.4	1.9	2.1
C18:2n-6	7.6	7.7	8.3	10.5
C18:3n-3	0.2	0.1	-	-
C20:0	0.3	-	-	0.2
C20:2n-6	0.4	0.4	0.6	0.5
C20:3n-6	0.5	0.5	0.6	0.8
C20:4n-6	2.7	3.0	3.5	4.1
SFA	54.7	54.2	44.2	49.0
MUFA	31.4	31.9	40.3	32.8
PUFA	11.4	11.7	13.2	16.0

PM=*Psoas major*, LD=*Longissimus dorsi*, ST=*Semitendinosus* and BF= *Biceps femoris*.

SFA = saturated fatty acid, MUFA = monounsaturated fatty acid, PUFA = polyunsaturated fatty acid

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved