# บทที่ 2

## ตรวจเอกสาร

### 2.1 การจัดจำแนกกระบือ

Mason (1974) จัดจำแนกกระบือตามอนุกรมวิธาน โดยรายงานว่า กระบือจัดอยู่ใน

| | |
|---|---|
| **สกุล** (Genus) | Bubalus |
| **ชนิด** (Species) | bubalis |
| **ชั้น** (Class) | Mammalia |
| **ชั้นรอง** (Subclass) | Ungulata |
| **อันดับ** (Order) | Artiodactyla |
| **อันดับรอง** (Suborder) | Ruminantia |
| **วงศ์** (Family) | Bovidae |
| **เผ่า** (Tribe) | Bovini |

เผ่าแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ

1. Bovina (Cattle)
2. Bubalina (Asian buffalo) มีทั้งหมด 3 สปีชีส์คือ *Bubalus depressicornis* ซึ่งอาศัยอยู่ในประเทศอินโดนีเซีย *Bubalus mindorensis* ซึ่งอาศัยอยู่ในประเทศฟิลิปปินส์ และ *Bubalus bubalis* มีต้นกำเนิดมาจาก *Bubalus arnee* ซึ่งเป็นกระบือป่าจากประเทศอินเดีย
3. Syncerina ที่พบมีเพียงสปีชีส์เดียวคือ *Syncerus caffer* (African buffalo)

**กระบือในทวีปเอเชีย**

Sethi (2003) รายงานว่ากระบือในเอเชียจำแนกเป็น กระบือแม่น้ำและกระบือปลัก ซึ่งกระบือทั้ง 2 ชนิดนี้มีรูปร่าง จุดประสงค์การใช้งาน รวมทั้ง พันธุกรรมที่ต่างกัน

**1) กระบือแม่น้ำ** (river buffalo)

กระบือแม่น้ำ (river type) มีจำนวนโครโมโซม 50 (n) เช่น กระบือมูร่าห์ (murrah) (Mason, 1974; เมธา, 2547) โดยทั่วไปมีรูปร่างใหญ่ ตัวผู้มีน้ำหนักเมื่อโตเต็มที่ประมาณ 450-1000 กิโลกรัม เขามีลักษณะโค้งงุ้ม ชอบอยู่ในน้ำที่สะอาดและผลิตเพื่อให้น้ำนม ซึ่งปริมาณและคุณภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำนมมีความสำคัญอย่างยิ่ง แต่ก็สามารถให้เนื้อและเป็นแรงงานได้ (Sethi, 2003) พบมากแถบตะวันตกออกไป นับแต่ประเทศอินเดีย อียิปต์และยุโรป โดยปกติจะมีสีดำหรือเทาดำ เขาจะมีลักษณะม้วนเป็นวงแคบ หรือชี้ตรงลงต่ำ ชอบนอนปลักในน้ำที่สะอาด กระบือแม่น้ำจะให้น้ำนมมากกว่ากระบือปลัก กระบือแม่น้ำเป็นกระบือประเภทที่ให้นม กระบือแม่น้ำนับว่ามีความสำคัญมากต่อเศรษฐกิจของสังคมชนบทประเทศอินเดีย โดยเป็นแหล่งผลิตน้ำนมและแรงงาน จำนวนสัตว์ที่ให้น้ำนมในประเทศอินเดีย ประมาณ 35% มาจากกระบือแม่น้ำ นอกนั้นเป็นแพะ ซึ่งกระบือแม่น้ำเหล่านี้สามารถให้น้ำนมได้ถึง 70% ของน้ำนมทั้งประเทศ ไขมันจากนมกระบือเป็นแหล่งสำคัญของน้ำมันประกอบอาหารที่เรียกว่า “กี” (ghee) ใช้กันบางประเทศของทวีปเอเชียรวมทั้งอินเดียและปากีสถาน (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2532)

**2) กระบือปลัก** (swamp buffalo)

กระบือปลัก (swamp buffalo) มีจำนวนโครโมโซม 48 (n) (Mason, 1974; เมธา, 2547) มีลักษณะสีเทาแก่ คอโค้งต่ำ ลักษณะของเขาใหญ่โค้งคล้ายกับเขาวัว ชาวตะวันออกไกลนิยมนำมาทำเป็นภาพในไปรษณียบัตรและรูปแกะสลักไม้ มีนิสัยชอบนอนในน้ำหรือปลักโคลน เลี้ยงไว้เป็นสัตว์ใช้งานในการทำนา ไถนา ต่อมาก็ใช้เนื้อและน้ำนมเพื่อการบริโภค โดยจะใช้เนื้อเป็นส่วนใหญ่ (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2532) ส่วนใหญ่จะพบได้ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และพบได้เพียงเล็กน้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของอินเดีย (Sethi, 2003)

แม้ว่ากระบือปลักจะมีเพียงพันธุ์เดียว แต่มีลักษณะบางอย่างเฉพาะตัว เช่น กระบือของประเทศไทยมีขนาดใหญ่ เฉลี่ยน้ำหนักตัวประมาณ 450-550 กิโลกรัม จนถึง 1,000 กิโลกรัม กระบือปลักที่อื่นๆ มีน้ำหนักเฉลี่ย 250 กิโลกรัม สำหรับกระบือขนาดเล็กในประเทศจีนพบว่ามีขนาดเพียง 300 กิโลกรัม ในประเทศพม่าและประเทศลาว 500-600 กิโลกรัม(สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2532) หากมีการผสมข้ามระหว่างกระบือมูร่าห์และกระบือปลัก จะได้ลูกผสมที่มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 49 (n) ซึ่งจะมีปัญหาในด้านความสมบูรณ์พันธุ์ (fertility) คือกระบือจะเป็นหมัน (infertile) (เมธา, 2547)

**กระบือไทย**

เมธา (2547) รายงานว่ากระบือไทยมีลักษณะ ขนาดและสี คล้ายกระบือในพม่า กัมพูชา ลาว เวียดนาม ฟิลิปปินส์ มาเลเซียและจีน

**ลักษณะกระบือไทย** หัว ลักษณะค่อนข้างยาว มีขน ใบหน้าแคบ เขาขนาดใหญ่และเล็กรูปร่างแตกต่างกัน บางตัวเขาโค้งแอ่นหลังเล็กน้อยและเอนเข้าหากัน บางตัวเขากาง ยาวแยกออกจากกันขนานกับระดับพื้น ปลายโค้งขึ้นเล็กน้อย บางตัวเขากุดสั้น เรียก “ควายตู้” คอใหญ่กว้าง อวบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แข็งแรง ลำตัว ลึก รอบอกใหญ่ ท้องกางใหญ่ หนังสีเทาแก่ ขนที่ปกคลุมบางและค่อนข้างหยาบ ที่เท้าทั้งสี่และใบหน้ามีขนมาก หลังบริเวณบั้นท้ายหักลาด หางยาวไปถึงข้อเข่าหลังหรือยาวกว่าเล็กน้อย มีพู่หางเป็นพวง เท้าใหญ่ กีบทั้งคู่ชิดกันแข็งแรง เต้านมเล็ก ในระยะมีน้ำนมขยายออกเล็กน้อย เต้านมตามปกติไม่ห้อยลงมาตรงระหว่างขาหลังอย่างเต้านมโค ระยะนมแห้งจะมองไม่เห็นขนาดเต้านมเลย หัวนมเล็ก สั้น ระยะไม่ห่างกันทำให้รีดนมยาก โดยเฉพาะเวลาใช้เครื่องรีดนม

**Figure 1** Thai swamp buffalo

**สี มี 2 สี คือ**

สีเทาเข้มเกือบดำและมีขนสีเหลืองคล้ายสีทองปกคลุม บางแห่งมีขนสีแดงจัดอีกด้วย สีเผือก ผิวหนังสีชมพู ขนยาว กีบและเขาสีเหลืองน่าดู และมักจะมีรอยตกกระเป็นจุดดำ (freckles) บนลำตัว

**ขนาดและน้ำหนัก** กระบือผู้ตอนน้ำหนัก 514-711 กิโลกรัม เฉลี่ย 614.09 กิโลกรัม

**ความยาว** จากหัวไหล่ถึงโคนหาง 146-165 เซนติเมตร เฉลี่ย 156.5 เซนติเมตร

**ความสูง** จากพื้นดินถึงตะโหนก 121-147 เซนติเมตร เฉลี่ย 136.7 เซนติเมตร

**วงจรกำหนัด** กระบือไทยมีวงรอบการเป็นสัด 19-24 วัน (เฉลี่ย 22 วัน) ช่วงเป็นสัดประมาณ 1-3 วัน

**ระยะอุ้มท้อง** ประมาณ 287-340 วัน (เฉลี่ย 316 วัน)

**ระยะการให้นม** แปรปรวนตั้งแต่ 21-412 วัน

**2.2 สถานการณ์ประชากรกระบือ**

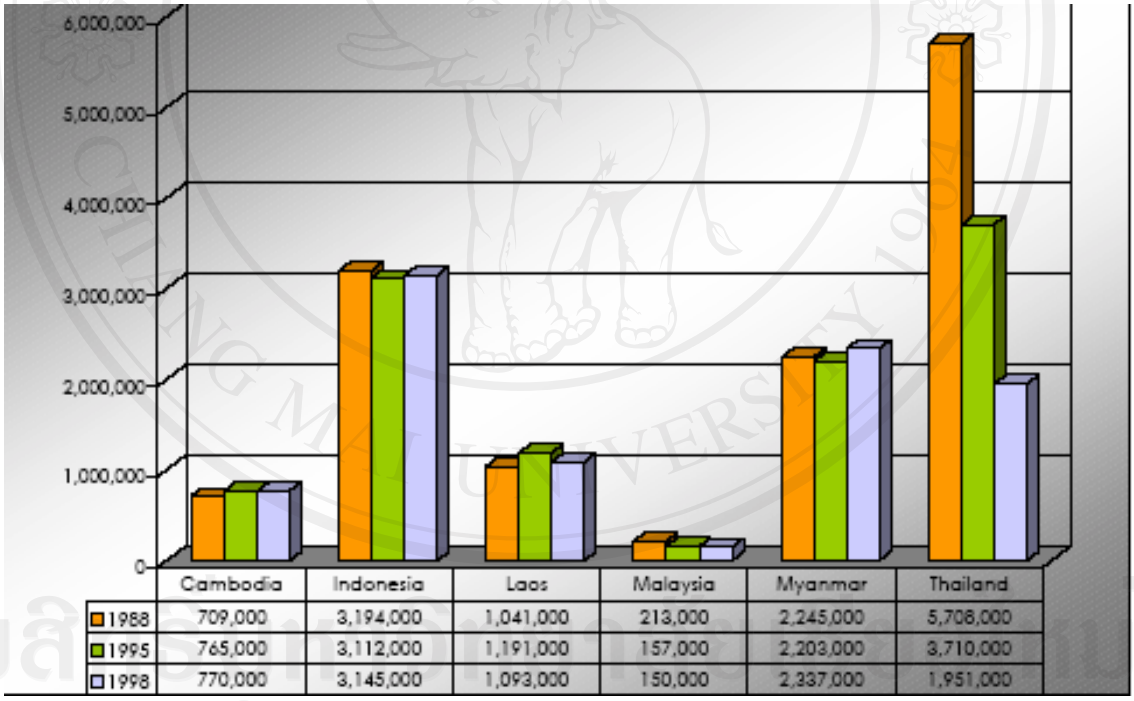
กระบือ (*Bubalus bubalis*) มีจำนวนประชากรประมาณ 168 ล้านตัวทั่วโลก ซึ่งสามารถพบได้ในทวีปเอเชีย 161 ล้านตัว (95.73 %) ทวีปแอฟริกา 3,717,000 ตัว ประเทศอียิปต์ (2.24%) ใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทวีปอเมริกาใต้ 3.3 ล้านตัว (1.96%) ทวีปยุโรป 500,000 ตัว (0.03%) และ ออสเตรเลีย 40,000 ตัว (0.02%) (Borghese and Mazzi, 2005)

ประเทศไทยเคยมีประชากรกระบือมากเป็นอันดับที่ 2 ของโลก แต่จำนวนกระบือลดลงจาก 4.7 ตัวในปี คศ.1990 เหลือเพียง 1.9 ล้านตัวในปี 1998 จนเหลือ 1.7 ล้านตัวในปี 2002 โดยจำนวนนี้ถูกเลี้ยงใน 517,941 ครัวเรือน และยังมีแนวโน้มลดลง ประชาชนบางพื้นที่นิยมบริโภคลูกอ่อนจึงนำกระบือตั้งท้องมาฆ่า อีกทั้งมีความสมบูรณ์พันธุ์ต่ำ ระยะการผลิตยาวนานอีกทั้งอายุความสมบูรณ์พันธุ์ใช้เวลานานกว่า 4 ปี (Suthikrai, 2002) อีกทั้งการลดลงของพื้นที่ปลูกข้าว การนำเครื่องจักรมาใช้แทนกระบือ การตอนกระบือเพศผู้ที่มีลักษณะดีและการขยายโรงงานอุตสาหกรรมเข้ามาสู่พื้นที่เกษตรกรรม (Faarungsang, 1998)

FAO (2000) รายงานว่า มีการลดลงของกระบือในประเทศไทย (Figure 2) ในระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมา




| | Cambodia | Indonesia | Laos | Malaysia | Myanmar | Thailand |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1988 | 709,000 | 3,194,000 | 1,041,000 | 213,000 | 2,245,000 | 5,706,000 |
| 1995 | 765,000 | 3,112,000 | 1,191,000 | 157,000 | 2,203,000 | 3,710,000 |
| 1998 | 770,000 | 3,145,000 | 1,093,000 | 150,000 | 2,337,000 | 1,951,000 |

**Figure 2** The decline of swamp buffalo in Thailand since 1988-1998. (FAO, 2000)

Note : The 1988-1998 figures are based on FAO statistic, except the 1998 figure for Thailand which in based on the Thai department of livestock development (DLD) estimate.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กระบือในประเทศไทยประมาณ 83% ถูกเลี้ยงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีการทำการเกษตรมากที่สุด โดยทั่วไปเป็นกระบือปลัก มีลักษณะเป็นสี เทา ดำ 90-95% นอกนั้นเป็นสีขาว และถูกเลี้ยงโดยเกษตรกรรายเล็ก โดย 60% ของประชากรไทย มีการทำเกษตรกรรมขนาดเล็กในครัวเรือน และเลี้ยงกระบือไว้ตามหลังบ้านประมาณ 5-10 ตัว โดยไม่มีกำไรตอบแทนเลย มีเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่จะเลี้ยงเกิน 50 ตัว มีการจัดการแบบการค้า กระบือได้รับอาหารที่มีคุณภาพและมีการดูแลอย่างดี แต่ส่วนใหญ่ในช่วงเพาะปลูกกระบือจะผูกยืนโรงและได้รับฟางข้าว เป็นเวลาถึง 4 เดือน ในช่วงที่ขาดแคลนอาหาร จากนั้นกระบือทั้งตัวผู้และตัวเมียจะถูกปล่อยให้แทะเล็ม ข้าวตามท้องนาหลังจากเก็บเกี่ยวแล้ว ซึ่งเป็นช่วงที่มีการผสมพันธุ์ (Na-Chiangmai, 2000)

กระบือจัดว่าเป็นสัตว์ใช้แรงงานมาหลายศตวรรษแล้ว พัฒนาการของกล้ามเนื้อจึงมีมากเป็นพิเศษ กระบือบางตัวมีน้ำหนักถึง 1,000 กิโลกรัม หรือมากกว่านั้น กระบือมีแนวโน้มที่จะเป็นสัตว์ให้เนื้อที่สำคัญ และการเลี้ยงกระบือเนื้อนั้นกำลังขยายตัวมากขึ้น จนกระทั่งปี พ.ศ.2521 ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้มีผู้นำกระบือฝูงแรกจำนวน 50 ตัว เข้าไปเลี้ยงในฟาร์มเพื่อการค้า ทำให้กระแสการเลี้ยงกระบือขุนเพื่อต้องการผลผลิตเนื้อของกระบือขุนในตลาดโลกจึงเริ่มมีการตื่นตัวมากขึ้น อีกทั้งจากการทดลองของเมธา (2547) เปรียบเทียบการขุนกระบือและโค พบว่า เปอร์เซ็นต์ซากไม่แตกต่างกันในโคเนื้อและกระบือ และมีลักษณะซากดี ดั้งนั้นจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจในระบบการผลิตกระบือขุนภายใต้สภาพทั่วไป

ปัจจุบันแนวคิดการเลี้ยงกระบือขุนเพื่อให้เนื้อเพียงอย่างเดียวนั้นได้รับการยอมรับและมีการแพร่ขยายตัวมากขึ้น ซึ่งเดิมนั้นเนื้อกระบือส่วนใหญ่ที่บริโภคมีขายกันตามท้องตลาดนั้นได้มาจากกระบือที่ปลดจากการใช้งานหรือให้น้ำนมแล้ว เนื้อที่ได้จึงมีคุณภาพต่ำ แต่เมื่อใดก็ตามที่กระบือได้รับการเลี้ยงดูและการให้อาหารอย่างดี คุณภาพของเนื้อก็จะนุ่มและน่ารับประทานมากขึ้น ในอดีตกระบือที่ฆ่าเพื่อบริโภคในตะวันออกกลางส่วนใหญ่นำเข้ามาจากประเทศอินเดียและปากีสถาน ส่วนกระบือจากประเทศไทยและออสเตรเลียจะส่งไปยังฮ่องกง เนื่องจากความต้องการเนื้อกระบือมีมาก จึงทำให้จำนวนประชากรกระบือของไทยลดลง (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2532) แต่ด้วยข้อจำกัดด้านการเลี้ยง ได้แก่ เป็นสัตว์ที่ไม่ทนร้อน ราคาในท้องตลาดเมื่อเทียบกับโคแล้วนับว่าต่ำกว่ามาก ต้นทุนด้านอาหาร และค่านิยมด้านการบริโภคเนื้อกระบือน้อยกว่าสุกรและโค ทำให้จำนวนผู้เลี้ยงกระบือขุนยังไม่มากส่งผลให้อุปสงค์น้อยกว่าอุปทาน ปี พ.ศ. 2547 และ 2548 ประเทศไทยไม่มีการส่งออกเนื้อกระบือไปยังต่างประเทศ ทั้งที่เดิมนั้นนับจากปี พ.ศ. 2539 เป็นต้นมา การส่งออกเนื้อกระบือของไทยก็ลดลงตามลำดับ (กรมปศุสัตว์, 2548) สำหรับโปรแกรมที่ใช้ในการปรับปรุงสายพันธุ์กระบือนั้นใช้เพื่อจุดประสงค์ 2 ประการคือ ให้เนื้อและแรงงาน โดยใช้แก้ปัญหาการลดลงของจำนวนกระบือ น้ำหนักและขนาดของร่างกายในการเลี้ยง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของเกษตรกรรายย่อย จากการปรับปรุงพันธุกรรมพบว่า การสืบพันธุ์และสมรรถภาพการผลิตในกระบือโตเต็มที่ อายุของการตั้งครรภ์แรกอยู่ที่ 3.5 ปี และอุ้มท้อง 487 วัน ซึ่งอัตราการตั้งครรภ์เพิ่มขึ้น 80.5% อัตราการคลอดเพิ่มขึ้น 76.9% (Skunmun, 2000)

**2.3 การขุนกระบือ**

**ลักษณะการขุนกระบือ**

การขุน (feedlot หรือ finishing) หมายถึง การจัดการเลี้ยงสัตว์ในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่งด้วยอาหารคุณภาพดี ได้มีการทดลองนำโคลูกผสม เช่น ลูกผสมอเมริกันบราห์มัน ลูกผสมชาโรเล่ห์ (50%) พบว่า อัตราการเจริญเติบโตด้อยกว่าโคพันธุ์แท้ แต่ดีกว่า โคพื้นเมืองทีมีอายุในวัยเดียวกัน (จีรสิทธิ์, 2529)

ไพบูลย์ (2539) แบ่งลักษณะการขุนกระบือเป็น 2 ระยะ คือ

1. การขุนระยะสั้น (fattening)

เป็นการขุนระยะสั้น กระบือที่นำมาขุนเป็นสัตว์ที่มีอายุมาก โตเต็มวัยแล้ว ส่วนมากเป็นสัตว์ที่คัดทิ้งหรือมีปัญหาด้านการสืบพันธุ์ สภาพโดยทั่วไปมักผอม จึงนำมาขุนให้อ้วนเพื่อส่งตลาดเป็นเนื้อระดับปานกลาง การขุนแบบนี้จะใช้ระยะเวลาในการขุนประมาณ 30-45 วัน หรืออาจจะนานกว่านั้นขึ้นอยู่กับสภาพร่างกายของกระบือก่อนขุน

2. การขุนระยะยาว (feedlot)

เป็นการขุนระยะยาว กระบือที่นำมาขุนจะเป็นกระบือเพศผู้ที่มีอายุไม่เกิน 2 ปี น้ำหนักไม่ต่ำกว่า 250 กิโลกรัม สภาพร่างกายก่อนขุนสมบูรณ์พอสมควร ทำการขุนเพื่อให้ได้เนื้อที่มีคุณภาพระดับเกรดดี ส่งภัตตาคารหรือตลาดระดับสูง การขุนแบบนี้จะใช้เวลาในการขุน 6-10 เดือน

การขุน นอกจากจะขุนภายในคอกโดยใช้อาหารข้นในอัตราสูง และอาหารหยาบในปริมาณมากแล้ว ยังมีการขุนในแปลงหญ้า (pasture finishing) ซึ่งมีอยู่ 3 วิธี อันได้แก่

1) ให้กินแต่หญ้าที่มีคุณภาพสูงโดยไม่ให้อาหารข้น
2) ปล่อยแปลงหญ้า โดยให้อาหารข้นจำนวนจำกัด
3) ปล่อยแปลงหญ้า โดยไม่จำกัดการให้อาหารข้น

**หลักเกณฑ์ในการขุน**

เพื่อให้การขุนโคกระบือ ส่งตลาดประสบผลกำไร จึงควรจะต้องวางหลักเกณฑ์การขุนไว้ดังต่อไปนี้ (จีรสิทธิ์, 2529)

1. การคัดเลือกโคกระบือที่จะนำมาขุน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต้องเป็นโคกระบือที่มีร่างกายใหญ่ โครงร่างได้สัดส่วนจากสายพันธุ์โคกระบือดี เติบโตเร็ว มีอัตราการเปลี่ยนอาหารหยาบเป็นเนื้อค่อนข้างสูง เมื่อฆ่าจะต้องได้เนื้อตามความประสงค์ของตลาด

2. การให้อาหารขุน

ในระยะการขุน 90-150 วัน แม้ว่าเราจะใช้อาหารหยาบ เช่น หยาบสด หยาบแห้ง หรือหญ้าหมัก ที่มีคุณค่าทางอาหารสูงได้ในจำนวน 40-60 % ของอาหารทั้งหมดก็ตามยังมีความจำเป็นในการใช้อาหารข้นที่มีคุณภาพดีเสริมให้กระบือกิน

**กระบือมัน**

กระบือมันหมายถึงกระบือพื้นเมืองหรือกระบือที่มาจากประเทศเพื่อนบ้าน มีโครงร่างใหญ่ แต่ผอมเนื่องจากการเดินทางระยะไกล ประกอบกับขาดแคลนอาหาร อายุค่อนข้างมาก นำมาขุนต่อ 3-4 เดือน โดยให้หญ้าสด ฟางราดยูเรีย หรือเปลือกสับปะรดเต็มที่ แล้วให้อาหารข้นเสริม จะทำให้อ้วนขึ้นเพราะกระบือจะโตมากกว่าปกติเพื่อชดเชยกับร่างกายที่ผ่ายผอม (compensatory growth) กระบือชนิดนี้ให้เปอร์เซ็นต์ซากปานกลาง ประมาณ 52-55 เนื้อมีคุณภาพดีปานกลาง ซึ่งเป็นที่นิยมของผู้บริโภคตามเขียงต่างๆทั่วไป (สัญชัย, 2547)

การเจริญเติบโตชดเชย หมายถึงการเจริญเติบโตที่ชดเชยต่ออัตราการเจริญเติบโตที่ต่ำในช่วงที่สัตว์ได้รับอาหารจำกัด (ชัยณรงค์, 2529) เป็นอัตราการเพิ่มน้ำหนักร่างกายที่สูงผิดปกติ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตทดแทนคือ ปริมาณโภชนะที่ได้รับหลังจากการขาดอาหาร ความยาวนานของการขาดอาหาร ความรุนแรงของการขาดอาหาร อายุสัตว์ เป็นต้น (อนุชา และสุทัศน์, 2526) เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบส่วนประกอบของร่างกายสัตว์พบว่าโคที่มีการเจริญเติบโตแบบชดเชยจะมีการสะสมกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น แต่มีการสะสมไขมันต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารปกติ (Rompala *et al*., 1985) แต่ในการขุนวิธีนี้กับสัตว์ที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้วนั้นพบว่า จะเป็นเพียงการเพิ่มเนื้อเยื่อไขมันที่สะสมในร่างกายเท่านั้น (ชัยณรงค์, 2530)

**2.4 อาหารและการให้อาหารกระบือ**

อาหารและการให้อาหารเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญต่อประสิทธิภาพการผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารหยาบซึ่งเป็นอาหารหลักที่จำเป็นต่อสัตว์เคี้ยวเอื้อง ส่วนการเสริมอาหารข้นในระดับที่เหมาะสมก่อให้เกิดความสมดุลในกระเพาะหมักคือทำให้เกิดกระบวนการหมักที่เหมาะสมซึ่งต้องอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์เพื่อเปลี่ยนไปเป็นผลผลิตสุดท้ายที่มีประโยชน์ต่อตัวสัตว์ จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า สัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นนั้นมีความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงนิเวศวิทยาในกระเพาะหมัก และการให้ผลผลิต (ไชยวรรณ, 2532) และถ้าหากสัตว์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ได้รับอาหารข้นในระดับสูงทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตจุลินทรีย์โปรตีนลดลง (Rode *et al*., 1985) อัตราการเคี้ยวเอื้องลดลง และสภาวะความเป็นกรดเป็นด่างในกระเพาะหมักลดต่ำลง และส่งผลให้จุลินทรีย์มีความสามารถในการย่อยสลายเยื่อใยต่ำลงไปด้วย (Baik *et al*., 1997) สำหรับอาหารหยาบนั้นจะช่วยกระตุ้นในเรื่องการบีบตัวให้สัตว์ขยอกอาหารออกมาเคี้ยวเอื้อง กระตุ้นการขับน้ำลายซึ่งมีหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ ช่วยปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่างภายในกระเพาะหมัก ทำให้สภาพไม่เป็นกรดจนเกินไป (เมธา และฉลอง, 2533) อย่างไรก็ตามการศึกษาเกี่ยวกับการใช้อาหารหยาบร่วมกับอาหารข้นนั้นมีสัดส่วนไม่แน่นอนทั้งนี้ขึ้นกับชนิดและคุณภาพของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่นำมาผสมในสูตรอาหาร (DePeters and Smith, 1986)

**ชนิดอาหารสัตว์**

สัตว์เคี้ยวเอื้องมีทางเดินอาหารที่ซับซ้อน และมีขนาดใหญ่กว่าสัตว์ชนิดอื่นประกอบกับมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่ในกระเพาะส่วนหน้า จึงทำให้อาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องแตกต่างจากสัตว์ทั่วไปในด้านชนิดของอาหารและปริมาณที่สัตว์ต้องการ โดยแบ่งชนิดของอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ 2 ประเภท ดังนี้ (เทอดชัย, 2548)

**1. อาหารหยาบ** (roughage) พืชที่นำมาใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องในรูปอาหารหยาบสด อาหารหยาบแห้ง ได้แก่ หญ้าอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ พืชตระกูลถั่วบางชนิดและรวมถึงวัชพืชบางชนิด ยกตัวอย่างเช่น หญ้าแพงโกล่า (*Digitaria eriantha*) เป็นหญ้าชนิดหนึ่งที่กรมปศุสัตว์ โดยกองอาหารสัตว์ ได้ส่งเสริมให้เกษตรกรในหลายจังหวัดทางภาคเหนือปลูก ได้แก่ สุโขทัย กำแพงเพชร อุตรดิตถ์ พิษณุโลก แพร่ ลำปาง ลำพูน เชียงใหม่ เพื่อจำหน่ายและใช้เลี้ยงสัตว์ เป็นหญ้าที่ปลูกครั้งเดียว อยู่ได้หลายปีขยายพันธุ์โดยใช้ส่วนของลำต้น ขึ้นได้ในดินหลายชนิดโดยเฉพาะในดินนา ให้ผลผลิตสูงเมื่อตัดที่อายุ 40 วัน โดยให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งประมาณ 800-1,200 กิโลกรัมต่อไร่ มีโปรตีนเฉลี่ย 8% ไขมัน 2.3% เยื่อใย 29% เถ้า 8.15% คาร์โบไฮเดรต 46% โภชนะย่อยได้ทั้งหมด (TDN) 59% การปลูกโดยทำการเตรียมดิน เช่นเดียวกับการทำนาใช้ท่อนพันธุ์อายุ 40-60 วันหว่านอัตรา 200-300 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 16-20-0 ในอัตรา 60 กิโลกรัมต่อไร่ หลังจากหญ้าตั้งตัวได้ดีแล้วใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของปุ๋ยยูเรียอัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ จำนวน 3 ครั้ง พบว่าสามารถตัดหญ้านำมาทำเป็นหญ้าแห้งในช่วงฤดูแล้งได้ปีละ 4 ครั้ง (กรมปศุสัตว์, 2545)

**2. อาหารข้น** (concentrate) เป็นอาหารที่ใช้ในบางช่วงของระยะเวลาการผลิตที่ต้องการผลผลิตในปริมาณสูง เช่นในช่วงขุน และในช่วงที่อาหารหยาบมีคุณภาพต่ำ การให้อาหารข้นเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตเนื่องจากอาหารข้นมีราคาแพง แต่ถ้าพิจารณาเปรียบเทียบกับผลตอบแทนที่ได้รับแล้วผลตอบแทนดีกว่า การใช้อาหารข้นนั้นก็จะเป็นประโยชน์ต่อการผลิต สำหรับการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประกอบสูตรอาหารข้นควรจัดสัดส่วนระหว่างอาหารข้นกับอาหารหยาบให้สอดคล้องกับสภาพการผลิตขณะนั้นและต้องอยู่ในระดับที่ไม่เกิดผลเสียต่อคุณภาพการผลิต

**2.5 การให้อาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น**

เมธา และฉลอง (2533) รายงานว่า จากการทดลองเลี้ยงกระบือขุนเพื่อทดสอบความเป็นไปได้ในการใช้ฟางข้าวและฟางข้าวหมักยูเรียเป็นอาหารหยาบหลักและเสริมอาหารข้นที่มีโปรตีนร้อยละ 10 โดยจัดสัดส่วนอาหารหยาบและอาหารข้น 3 ระดับคือ 20:80, 50:50 และ 80:20 โดยคำนวณปริมาณการให้อาหารเท่ากับร้อยละ 3 ของน้ำหนักตัว ระยะเวลาในการทดลองนาน 7 เดือน พบว่ากระบือกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบ: อาหารข้น อัตรา 50:50 มีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับกระบือกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบต่ออาหารข้น 20:80 และสูงกว่ากระบือที่ได้รับ 80:20 และเมื่อพิจารณาอัตราการเพิ่มน้ำหนักต่อการให้อาหารข้น 1 กิโลกรัมแล้ว พบว่า การให้อาหารข้นที่ระดับร้อยละ 50 มีการเพิ่มน้ำหนักสูงกว่าการให้อาหารข้นร้อยละ 80 ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า การให้อาหารข้นที่ระดับร้อยละ 50 ให้ผลคุ้มค่ากว่าการให้อาหารข้นที่ระดับร้อยละ 80

ระดับอาหารมีอิทธิพลต่อองค์ประกอบซากและมีผลโดยตรงต่ออัตราการเจริญเติบโตซึ่งสัดส่วนของเนื้อแดง และไขมันมากขึ้นทำให้คุณค่าทางการบริโภคสูงขึ้น โดยพบว่าเนื้อที่ได้จากสัตว์ที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วจากการได้รับอาหารแบบไม่จำกัดและมีคุณภาพสูง (Close, 1997) สัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้น (roughage : concentrate; R:C) ในการใช้ประโยชน์โดยกระบือนั้นเกี่ยวข้องกับปริมาณการกินได้และสมรรถภาพการเจริญเติบโต การใช้ประโยชน์ของอาหารคือ ฟางข้าว หรือ ฟางหมักยูเรีย การใช้ประโยชน์ของฟางข้าวและอาหารข้น สัดส่วนของ R:C ไม่ควรสูงเกินกว่า 65:35 (เมธา และฉลอง, 2533) การให้อาหารข้นในระดับสูงทำให้ pH ลดต่ำลง ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ของโภชนะโดยเฉพาะความสามารถในการย่อยได้ของเยื่อใยในรูเมน ในส่วนขององค์ประกอบซากและผลกำไรสุทธิของกระบือขุนนั้น ซากกระบือมีสัดส่วนของกล้ามเนื้อสูง (68.6%) สัดส่วนของกระดูกต่ำ (17.3%) และสัดส่วนของไขมันต่ำ (10.6%) สัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ซากของโคขุนที่มีสัดส่วนของเนื้อแดงมาก จากการวิเคราะห์กำไรสุทธิ โดยให้กระบือเป็นต้นทุนคงที่ พบว่าการใช้ฟางหมักยูเรีย โดยเฉพาะกลุ่มที่มี R:C เท่ากับ 80:20, 50:50 ถ้ากระบือขายตามน้ำหนักซากจะมีผลกำไรสุทธิสูงขึ้นในกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในระบบการขุนกระบือขาย จากการทดลองของเมธา และคณะ (2525) ศึกษาการขุนโคลูกผสมพื้นเมืองบราห์มันที่ได้รับการเสริมอาหารข้นในอัตรา 1.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวและให้ฟางหมักยูเรีย (5 เปอร์เซ็นต์) เป็นอาหารหยาบหลัก พบว่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของโคขุนที่ได้รับอาหารขันในแต่ละระดับเพิ่มขึ้นคือ 605, 618 และ 633 กรัม/วัน ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อย่างไรก็ตามการให้อาหารหยาบร่วมกับอาหารข้นควรคำนึงถึงผลกระทบต่างๆ ดังนี้

1. ปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ ทั้งนี้เพราะว่าการให้อาหารข้นในระดับมากเกินไปจะทำให้การกินได้ของอาหารหยาบลดลง เพราะเกิดอัตราการทดแทน (subsitution rate) การกินได้ของอาหารข้นแทนอาหารหยาบ

2. การย่อยได้ของเยื่อใยอาหารหยาบ ทั้งนี้เพราะการให้อาหารข้นในระดับสูง ทำให้สมดุลในกระเพาะหมักเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของแบคทีเรียกลุ่มที่ย่อยเซลลูโลส และเฮไมเซลลูโลสลดลง ขณะเดียวกันก็จะมีแบคทีเรียกลุ่มที่ย่อยแป้งและโปรโตซัวเพิ่มมากขึ้น ระดับความเป็นกรดด่างลดลงต่ำกว่า 6 ดังนั้นการย่อยได้ยองเยื่อใยจึงลดลง การให้อาหารข้นสูงกว่าร้อยละ 20 ของวัตถุแห้งทั้งหมดทำให้การย่อยได้ของเยื่อใยลดลงร้อยละ 10-20 (Mulholland *et al*. 1976)

**2.6 สรีระวิทยาการย่อยอาหารและกระบวนการเมแทบอลิซึม**

กระบือมีความจุของ reticulo-rumen มาก ทำให้มีปริมาณการกินได้สูง และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการกินได้ และความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะกับโคพบว่ากระบือมีประสิทธิภาพในการย่อยอาหารได้สูงกว่าโค โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถในการย่อยสลายวัตถุแห้งและเยื่อใยหยาบ อีกทั้งกระบือมีความสามารถในการใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนได้สูงกว่าโค โดยมีปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกสูง (N output) และการทำงานของหน่วยกรองไต (glomerular filtration) ของกระบือมีประสิทธิภาพสูง และเป็นที่น่าสนใจว่ากระบือมีความสามารถในการสังเคราะห์ยูเรียสูงเมื่อเทียบกับโคกลุ่มสายพันธุ์ต่างๆ ที่ต่างก็ได้รับอาหารหยาบคุณภาพต่ำ นอกจากนี้แล้วกระบือมีอัตราไหลผ่านของเหลวในรูเมน (rumen fluid) อย่างรวดเร็ว โดยมีส่วนของอาหารที่ถูกย่อยใน reiticulo-rumen ด้วย และพบว่ามีการเคลื่อนบีบตัวอย่างแรงและมีการขยายตัวของกระเพาะได้ รวมทั้งจำนวนประชากรจุลินทรีย์ในรูเมนพบว่าสูงกว่าโค (เมธา, 2547)

**2.7 ศักยภาพของระบบการผลิตกระบือขุน**

จีรสิทธิ์ (2529) รายงานว่า การขุนโคเนื้อและกระบือเนื้อ เพื่อให้ได้เนื้อที่มีคุณภาพดีนั้นสามารถกระทำได้เมื่อมีพันธุ์ดี อาหารดีและการเลี้ยงดูดี อุปสรรคไม่ได้อยู่ที่ พันธุ์ อายุสัตว์ ระยะเวลาขุนหรือคุณภาพอาหาร แต่ปัญหาสำคัญอยู่ที่การซื้อขายเนื้อโค กระบือโดยมิได้คำนึงถึงด้านคุณภาพเนื้อ (meat quality) การให้ราคาตามอันดับชั้นของเนื้อ (carcass grade) ทำให้ผู้ผลิตจำต้องขายโคกระบือในราคาถูกกว่าที่ควรจะได้ จึงขาดแรงจูงใจที่จะปรับปรุงการผลิตให้ดีขึ้นจึง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บริโภคเนื้อจากโคกระบืออายุมาก และปลดงาน ปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งคืออาหารข้น (concentrate) ที่ใช้ในการขุนมีราคาสูงมากจนผู้เลี้ยงไม่สามารถขุนด้วยอาหารข้นเพียงอย่างเดียว และเพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตจึงต้องใช้เมล็ดธัญพืช (cereal grain) มาใช้ทดแทนอาหารข้นให้มากเท่าที่จะกระทำได้ นอกจากนี้ได้มีการทดลองใช้พืชอาหารหยาบที่มีคุณค่าทางอาหารสูง วัสดุที่เหลือใช้ตามธรรมชาติหรือจากโรงงานและฟาร์มเพื่อนำมาใช้เป็นอาหารขุนโคกระบือ

กระบือเป็นสัตว์ที่สามารถใช้ประโยชน์จากอาหารหยาบได้ดีกว่าโคโดยสามารถแทะเล็มพืชที่ขึ้นทั่วไปในบริเวณนั้นๆ เศษเหลือจากไร่นาและผลพลอยได้จากการเกษตร (Punia *et al*., 2001) จากการศึกษาของ Punia and Sharma (1990) ศึกษาอิทธิพลของอาหารพลังงานต่ออัตราการผลิต volatile fatty acid (VFA) ในกระบือและโคพบว่า กระบือมีอัตราการผลิต VFA สูงกว่าและใช้เวลาต่ำกว่าโค ($p<0.05$) ดังนั้น กระบือมีความสามารถในการย่อยในกระเพาะรูเมนได้สูงกว่าโคและพฤติกรรมที่ทนต่อความเครียดของกระบือทำให้ต้องการพลังงานเพื่อใช้ในการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับโคที่ได้รับอาหารชนิดเดียวกันและภายใต้สภาวะเดียวกัน (Liang and Samiyah, 1989) จากการรายงานของ Singh *et al*. (2003) ความสามารถในการย่อยของวัตถุแห้ง (dry matter; DM) อินทรียวัตถุ (organic matter; OM) โปรตีนหยาบ (crude protein; CP) nitrogen free extract (NFE) และความสมดุลของไนโตรเจน ในกระบือสูงกว่าโคอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

**2.8 คุณภาพเนื้อและซากกระบือ**

เนื้อและนมที่เป็นผลผลิตของกระบือจากทวีปเอเชียมากกว่า 10 ปีที่ผ่านมา มีรูปแบบที่หลากหลาย เช่นในประเทศอินเดีย ศรีลังกา ปากีสถานและจีน มีปริมาณการผลิตนมต่อตัวต่อปีเพิ่มขึ้น 2.44, 1, 1.45 และ 1.55% ตามลำดับ แต่ในขณะที่การผลิตในประเทศบังกลาเทศ พม่า เนปาลและเวียดนามมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และในบางพื้นที่ของเอเชียตะวันออกและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีการเติบโตของการผลิตน้ำนมลดลง ส่วนทางด้านเนื้อกระบือมีการเพิ่มขึ้นของการผลิต 1.43% ในปากีสถานเท่านั้น แต่ขณะที่ประเทศอื่นไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือมีการผลิตที่ลดลง (Dhanda, 2004)

ลักษณะเนื้อโคและกระบือโดยทั่วไปแล้ว มีความใกล้เคียงกันมาก คือ กล้ามเนื้อมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.4 เมื่อทำให้เย็นจะมีการหดตัว 2 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นมีประมาณ 76.6 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 19 เปอร์เซ็นต์ และแร่ธาตุ 1 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามส่วนที่แตกต่างกันมีข้อสังเกตเห็นได้ชัด คือ ไขมันของกระบือจะเป็นสีขาวเสมอ และเนื้อกระบือจะมีสีคล้ำกว่าเนื้อโค เนื่องจากมีเม็ดสี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มากกว่าและมีไขมันแทรกในกล้ามเนื้อน้อยกว่า (กระบือมีอยู่ 2-3 เปอร์เซ็นต์ โคมีอยู่ 3-4 เปอร์เซ็นต์) (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2532)

เนื้อกระบือเป็นเนื้อที่มีคุณภาพดีเช่นเดียวกับเนื้อวัว (ตารางที่ 1) เนื้อกระบือมีโปรตีนร้อยละ 20 เท่ากับเนื้อโค แต่มีไขมันแทรกต่ำกว่า เนื้อกระบือมีลักษณะทางธรรมชาติของเส้นใยกล้ามเนื้อ (fasciculi) และเนื้อสัมผัส (texture) ที่หยาบกว่าเนื้อโค (ชัยณรงค์ และคณะ, 2525; จรัญ, 2527) สีของเนื้อกระบือก็เข้มกว่าเนื้อโค เพราะมีรงควัตถุ (pigment) และไมโอโกลบิน (myoglobin) มากกว่า ทั้งนี้สีของเนื้อมีความสัมพันธ์กับอายุของกระบือ (Valin *et al*., 1984)

**Table 1** Chemical components of buffalo meat and beef (จรัญ, 2527)

| ชนิด | น้ำ (%) | โปรตีน (%) | ไขมัน (%) | เถ้า (%) |
|---|---|---|---|---|
| เนื้อกระบือ | 75.5 | 20.3 | 3.5 | 0.6 |
| เนื้อโค | 66.5 | 20.2 | 12.3 | 0.9 |

USDA (1996) รายงานว่า สารอาหารในเนื้อกระบือมีความแตกต่างจากเนื้อโค พบว่าเนื้อกระบือมีกรดไขมันอิ่มตัวต่ำกว่าเนื้อโคซึ่งถือว่าเป็นเนื้อที่มีคุณภาพดี เนื้อกระบือประกอบด้วย คอเรสเตอรอล ต่ำกว่า 40% แคลอรีต่ำกว่า 55% โปรตีนสูงกว่า 11% และแร่ธาตุต่างๆมากกว่า 10% เมื่อเทียบกับเนื้อโค (ตารางที่ 2)

**Table 2** Certain nutritional components of buffalo meat and beef (100 g) (USDA, 1996)

| Contents | Buffalo | Beef |
|---|---|---|
| Calories (kCal) | 131.00 | 289.00 |
| Protein (g) | 26.83 | 24.07 |
| Fat (g) | 1.80 | 20.69 |
| Cholesterol (g) | 61.00 | 90.00 |
| Minerals (mg) | 641.80 | 583.70 |
| Vitamins (mg) | 20.95 | 18.52 |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการทดลองของ Rocha (2001) เปรียบเทียบคุณลักษณะในเนื้อกระบือและโคพบว่า เนื้อกระบือนั้นมีคอเลสเตอรอลต่ำกว่า 40% และมีแคลอรี่ต่ำกว่า 55% โปรตีนสูงกว่า 11% แร่ธาตุสูงกว่า 10% เมื่อเทียบกับโค (ตารางที่ 3)

**Table 3** Comparison of some characteristics of bovine and buffalo meat (Rocha, 2001)

| **Characteristics** | **Bovine** | **Buffalo** |
|---|---|---|
| - Calories (Kcal) | 289.00 | 131.00 |
| - Protein (N × 6.25) | 24.07 | 26.83 |
| - Total fat (g) | 20.69 | 1.80 |
| - Fatty acid: | | |
| - Saturated (g) | 8.13 | 0.60 |
| - Monosaturated (g) | 9.06 | 0.53 |
| - Polysaturated (g) | 0.77 | 0.36 |
| - Cholesterol (mg) | 90.00 | 61.00 |
| - Minerals | | |
| Calcium, Iron, Magnesium, Phosphorus, | | |
| Potassium, Sodium, Zine, Copper and | | |
| Manganese (total mg) | 583.70 | 641.80 |
| - Vitamins | | |
| Ascorbic acid, Thiamine, Riboflavin, Niacin, | | |
| Pantotenic acid, Vit.B6, Folacin and Vit.B12 | | |
| (total mg) | 18.52 | 20.95 |

กระบือเกือบทุกพันธุ์ แม้แต่กระบือพันธุ์นมเป็นสัตว์ที่มีขนาดใหญ่ ลักษณะซากคล้ายคลึงกับโค ถึงแม้ว่าส่วนของหนังและหัวกระบือจะมีขนาดใหญ่กว่าโค แต่ปริมาณของเนื้อที่ใช้ประโยชน์ได้ก็ไม่ได้แตกต่างกัน มีรายงานจากประเทศบราซิลว่า กระบือรุ่นพันธุ์เมดิเตอร์เรเนียนและโครุ่นตัวผู้พันธุ์ซีบู มีเปอร์เซ็นต์ซากเป็น 55.5 และ 56.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนกระบือปลักในออสเตรเลียให้เปอร์เซ็นต์ซากได้ 53 เปอร์เซ็นต์ กระบือเป็นสัตว์ที่ให้เนื้อมาก ไขมันหุ้มซากมีขนาดบางกว่าโคขุนแม้แต่ตัวที่ดูว่าอ้วนแต่กล้ามเนื้อก็มีขนาดใหญ่ นักวิจัยออสเตรเลียพบว่า การ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลิตกระบือที่มีไขมันเกินกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ทำได้ยาก ในขณะที่ซากโคที่ได้รับการคัดเลือกอย่างดี อาจประกอบด้วยไขมันประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ ถึงแม้ว่าจะขุนกระบือด้วยอาหารข้นแล้วก็ตาม บางครั้งก็ยังพบว่าส่วนประกอบของไขมันในซากยังต่ำอยู่ ส่วนกระบือเพศผู้ตอนมีไขมันใต้ผิวหนังจนบางครั้งไม่เห็นความแตกต่างระหว่างคุณภาพซากของกระบือรุ่นและโครุ่น โดยทั่วไปซากของกระบือมีซี่โครงกลมกว้างกว่าโค มีอัตราส่วนของกล้ามเนื้อสูงกว่า แต่กระดูกและไขมันต่ำกว่าของโค หนังกระบือจะหนาจนกระทั่งสามารถแล่ออกได้ 2-3 ชั้น ก่อนนำไปฟอกหนัง (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2532)

อิทธิพลของอาหารมีผลต่อคุณภาพซากโดย Steen and Kilpatrick (2000) ศึกษาคุณภาพซากโคเนื้อลูกผสมซิมเมนทอลและฟรีเชียน น้ำหนักเฉลี่ย 389 กิโลกรัม ที่ได้รับหญ้าหมักและอาหารข้นในสัดส่วนต่างกันพบว่า การเพิ่มสัดส่วนของอาหารข้นทำให้ น้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซาก เนื้อแดง ไขมัน และกระดูก เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.001$)

ในการศึกษาในกระบือเพศผู้ที่มีน้ำหนัก 80-90 และ 300 กิโลกรัม ที่ได้รับอาหารพลังงาน 3 ระดับคือ 90, 100 และ 110% ของความต้องการสำหรับโคเนื้อตาม NRC (1976) พบว่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันเท่ากับ 516, 559 และ 607 ตามลำดับ ซึ่งเพิ่มขึ้นตามระดับอาหารพลังงานอย่างมีนัยสำคัญ (Baruah *et al*., 1988) แต่ในด้านคุณภาพซากมีการทดลองของ Mahmoudzadeh *et al*. (2007) ศึกษาผลของระดับอาหารพลังงานและโปรตีนใน 3 ระดับ (90, 100 และ 110% ของความต้องการ) ในอาหารสัตว์พบว่าอาหารทดลองไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ซากแต่มีผลต่อไขมันในช่องท้องโดยสูงกว่าระดับอาหารพลังงานที่ได้รับแบบปานกลาง เช่นเดียวกับการทดลองของ Sengar *et al*. (1986) แต่ในการทดลองของ Marcos *et al*. (2003) รายงานว่าเปอร์เซ็นต์ซากอุ่น ซากเย็น เท่ากับ 50.3-51.2 และ 48.8-49.5% ตามลำดับ สำหรับกระบือที่ได้รับสัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นที่แตกต่างกันซึ่งมีน้ำหนักฆ่าที่ 500 กิโลกรัม

จากการทดลองของ Romita *et al*. (1982) ศึกษาผลของอายุฆ่าที่ต่างกัน (20, 28, 36, 52 และ 64 สัปดาห์) กันในการเลี้ยงโดยให้อาหารและสภาวะแวดล้อมเหมือนกันในกระบือและโคฟรีเชียน เพื่อเปรียบเทียบสมรรถภาพการผลิต พบว่าแนวโน้มการเจริญเติบโตของกระบือเหมือนกับโค (ตารางที่ 4) หัวและหนังของกระบือหนักกว่าโคแต่มีน้ำหนักซากที่น้อยกว่าที่อายุเท่ากัน เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงของกระบือพบว่าสูงกว่าโคที่อายุ 20, 28 และ 36 สัปดาห์ อย่างไรก็ตามเมื่ออายุที่มากกว่า 36 สัปดาห์ไม่พบการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการขุนในกระบือ กระบือมีไขมันใต้ผิวหนังที่มากกว่า แต่ไขมันแทรกน้อยกว่าในโค ที่อายุ 36, 52 และ 64 สัปดาห์ (ตารางที่ 5)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**Tabel 4** Fast live weight, net live weight, carcass and dressing at different ages of bovines and buffaloes. (Romita *et al*., 1982)

| | 20 | | 28 | | 36 (1) | | 36 (2) | | 52 | | 64 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Age (weeks)** | **Bovines** | **Buffaloes** | **Bovines** | **Buffaloes** | **Bovines** | **Buffaloes** | **Bovines** | **Buffaloes** | **Bovines** | **Buffaloes** | **Bovines** | **Buffaloes** |
| Fast live weight (kg) | 161.50* | 151.80 | 228.30*** | 203.40 | 291.40** | 230.20 | 285.70 | 273.70 | 402.20 | 384.50 | 479.20 | 465.70 |
| Net live weight (kg) | 145.80 | 141.00 | 201.70** | 185.30 | 263.00*** | 210.10 | 257.50 | 251.10 | 360.60 | 353.90 | 433.20 | 428.40 |
| Carcass weight (kg) | 92.90** | 84.00 | 125.50*** | 108.00 | 159.20*** | 121.00 | 152.60** | 138.90 | 225.00** | 201.80 | 262.30* | 242.70 |
| Dressing (%) | 57.52 | 55.33 | 54.97 | 53.09 | 54.63 | 52.56 | 53.41 | 50.74 | 55.94 | 52.48 | 54.73 | 52.11 |
| Net dressing (%) | 63.70** | 59.60 | 62.40*** | 58.25 | 61.24*** | 57.65 | 59.28*** | 55.33 | 62.31*** | 57.03 | 60.56*** | 56.64 |

* means within the same row with different superscripts differ significantly $p \leq 0.05$, ** $p \leq 0.01$, *** $p \leq 0.001$ between species, within ages



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**Table 5** Composition of the carcass traits at different ages of bovines and buffaloes. (Gigli *et al*., 1982)

| **Age (weeks)** | **20** | | **28** | | **36 (1)** | | **36 (2)** | | **52** | | **64** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Criteria** | **Bovines** | **Buffaloes** | **Bovines** | **Buffaloes** | **Bovines** | **Buffaloes** | **Bovines** | **Buffaloes** | **Bovines** | **Buffaloes** | **Bovines** | **Buffaloes** |
| Half carcass weight (kg) | 43.70** | 39.00 | 59.20*** | 50.70 | 75.60*** | 57.30 | 71.70* | 65.30 | 108.50** | 97.50 | 125.00 | 117.30 |
| Meat (%) | 65.00** | 67.60$^{a}$ | 64.16** | 66.36$^{ab}$ | 63.26* | 65.40$^{b}$ | 64.35 | 63.80$^{c}$ | 62.34 | 61.41$^{d}$ | 61.67 | 62.00$^{d}$ |
| Bone (%) | 26.40** | 24.90$^{a}$ | 23.16 | 22.09$^{b}$ | 22.65 | 21.96$^{b}$ | 21.38* | 19.50$^{c}$ | 19.48*** | 17.57$^{d}$ | 20.20*** | 16.87$^{d}$ |
| Total Fat (%) | 8.60 | 7.51$^{d}$ | 12.68 | 11.55$^{c}$ | 14.04 | 12.64$^{c}$ | 14.37* | 16.70$^{b}$ | 18.19* | 21.02$^{a}$ | 18.12** | 21.13$^{a}$ |
| Other tissues (%) | | | | | | | 0.91 | 0.99 | 0.86 | 0.92 | 1.17 | 1.22 |
| Subcutaneous fat (%) | | | | | | | 4.56*** | 7.28 | 5.20*** | 8.86 | 5.25*** | 9.41 |
| Intermuscular fat (%) | | | | | | | 6.48 | 6.78 | 9.52 | 9.13 | 8.57 | 8.26 |
| Perineal fat (%) | 1.90** | 0.70 | 2.23*** | 0.87 | 2.30*** | 0.97 | 2.42* | 1.65 | 2.61 | 2.11 | 3.13** | 2.23 |

* means within the same row with different superscripts differ significantly $p \leq 0.05$, ** $p \leq 0.01$, *** $p \leq 0.001$ between species, within ages

Different letter means are significantly different ($p < 0.05$) between ages



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการทดลองของ Gigli (1982) ศึกษากระบือในอิตาลีที่ได้รับข้าวโพดหมักไม่จำกัด (A) เปรียบเทียบกับกระบือที่ได้รับ 50% ของข้าวโพดหมัก (B) นำมาฆ่าที่อายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์ พบว่าเมื่ออายุเพิ่มขึ้น กระบือมีไขมันใต้ผิวหนังและไขมันระหว่างมัดกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นแต่เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงจะลดลงตามอายุ ในการเปรียบเทียบด้านอาหารพบว่าซากของสัตว์ที่ได้รับอาหารกลุ่ม B จะมีไขมันที่ต่ำหว่าแต่มีเนื้อแดงสูงกว่ากลุ่ม A (ตารางที่ 6)

**Table 6** Composition of the carcass at different ages of buffaloes (%) (Gigli *et al*., 1994)

| Age | Half carcass (kg) | Total meat | Subcutaneous fat | Intermuscular fat | Total fat | Bone |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 months | 33.9$^{E}$ | 62.06$^{AB}$ | 3.98$^{E}$ | 5.91$^{D}$ | 9.89$^{D}$ | 24.93$^{A}$ |
| 10 months | | | | | | |
| A | 60.2$^{C}$ | 63.79$^{A}$ | 5.37$^{D}$ | 8.01$^{BC}$ | 13.38$^{BC}$ | 20.20$^{C}$ |
| B | 50.2$^{D}$ | 63.86$^{A}$ | 4.74$^{DC}$ | 6.40$^{CD}$ | 11.15$^{ED}$ | 22.14$^{B}$ |
| 14 months | | | | | | |
| A | 93.2$^{B}$ | 60.37$^{C}$ | 9.00$^{B}$ | 11.02$^{A}$ | 20.02$^{A}$ | 17.47$^{D}$ |
| B | 91.1$^{B}$ | 62.37$^{AB}$ | 6.93$^{C}$ | 8.31$^{B}$ | 15.25$^{B}$ | 19.98$^{C}$ |
| 18 months | | | | | | |
| A | 118.4$^{A}$ | 59.16$^{C}$ | 10.69$^{A}$ | 10.93$^{A}$ | 21.62$^{A}$ | 17.17$^{D}$ |
| B | 91.1$^{B}$ | 62.37$^{AB}$ | 6.93C | 8.31$^{B}$ | 15.25$^{B}$ | 19.98$^{C}$ |
| Mean | 72.5 | 62.04 | 6.65 | 8.24 | 14.89 | 20.48 |
| Error variance | 76.8 | 4.82 | 1.21 | 2.64 | 5.67 | 1.44 |

A = fed corn silage *ad libitum*, B = fed corn silage 50%

Diferent letters mean significant differences ($p<0.05$) between ages

**คุณภาพของเนื้อเพื่อการบริโภค**

ลักษณะที่ชวนรับประทานของเนื้อสัตว์หมายถึง ลักษณะที่จูงใจผู้บริโภคและผู้ประกอบการการผลิตอาหารประเภทเนื้อ หรือผู้ซื้อ ซึ่งนำเนื้อสัตว์ไปบริโภค ลักษณะที่กล่าวถึงนั้นได้แก่ ความนุ่มของเนื้อสัตว์ (tenderness) ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) กลิ่นและรสชาติ (flavor) สีของเนื้อ (colour) และความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ความนุ่มของเนื้อสัตว์** (tenderness)

ความนุ่ม (tenderness) ของเนื้อขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ พันธุ์สัตว์ อายุ ชนิดของกล้ามเนื้อ ปริมาณของไขมันที่แทรกอยู่ในกล้ามเนื้อ กระบวนการในการฆ่า การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของกล้ามเนื้อหลัง การแช่เย็น การแช่แข็ง และระยะเวลาในการบ่มเนื้อ ความนุ่มของเนื้อมีผลโดยตรงต่อเนื้อสัมผัสของเนื้อซึ่งส่งผลต่อความน่ารับประทานของเนื้อด้วย (สัญชัย, 2547)

ปัจจัยที่ระบุถึงความนุ่มของเนื้อในช่วงการเคี้ยวมีดังนี้ (เยาวลักษณ์, 2536)

1. ความรู้สึกนิ่มนวลต่อลิ้นและแก้ม เป็นความรู้สึกซึ่งเป็นผลจากการสัมผัสของเนื้อต่อลิ้นและแก้ม
2. มีลักษณะต้านต่อแรงกดของฟัน หมายถึงความแรงของฟันที่สามารถกัดเข้าไปในเนื้อ
3. ง่ายต่อการทำให้แยกเป็นส่วนๆ หมายถึง ฟันสามารถที่จะกัดผ่านเส้นใยกล้ามเนื้อลงไปได้ ส่วนของซาโคเลมมาจะย่นเข้าซึ่งทำให้เนื้อแยกเป็นส่วนๆได้
4. ลักษณะเป็นชิ้นส่วนเล็กๆ กล่าวคือ สามารถที่จะกัดและบดได้ดีและเปื่อยยุ่ยเป็นผงสามารถรู้สึกได้ต่อส่วนลิ้นและแก้ม
5. ลักษณะที่เชื่อมต่อกันซึ่งเป็นผลมาจากเส้นใยกล้ามเนื้อที่เข้าใกล้กัน ซึ่งปรากฏการณ์เช่นนี้เกิดจากเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ห่อหุ้มเส้นใยกล้ามเนื้อนั่นเอง
6. ส่วนที่เหลือจากการเคี้ยวนั้นสามารถอธิบายได้ว่ามีส่วนเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่เหลืออยู่ภายหลังจากเนื้อเยื่อส่วนอื่นนั้นถูกเคี้ยวหมด ซึ่งเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่เหลือนั้นคือส่วนเพอริมีเซียมหรืออีพิมีเซียมนั่นเอง

องค์ประกอบของเนื้อที่มีบทบาทสำคัญในแง่ทำให้เกิดความนุ่มในเนื้อมีสามอย่างคือ เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เส้นใยกล้ามเนื้อ และไขมันที่มีในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ จากองค์ประกอบทั้งสามประการนี้ ไขมันเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญเป็นรองด้านทำให้เกิดความนุ่มในเนื้อ

**1. เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน** (connective tissue)

กล้ามเนื้อแต่ละชนิดมีความนุ่มมากน้อยต่างกัน ซึ่งขึ้นกับปริมาณและธรรมชาติของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีอยู่ ดรรชนีที่บอกว่าเนื้อมีความนุ่มคือ ปริมาณโปรตีนคอลลาเจนในก้อนเนื้อ กล่าวคือ ถ้าเนื้อเยื่อเกี่ยวพันต่ำจะมีความนุ่มมากกว่า

ปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในกล้ามเนื้อสะท้อนให้ทราบถึงหน้าที่ของเนื้อเยื่อดังกล่าวช่วงที่มีชีวิตอยู่ เช่น กล้ามเนื้อส่วนขาต้องมีความแข็งแรงกว่ากล้ามเนื้อที่ถูกหุ้มด้วยกระดูกสันหลัง เนื้อเยื่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่เป็นส่วนรองรับและเชื่อมส่วนต่างๆ ในร่างกายมักจะมีการเปลี่ยนแปลงในด้านเพิ่มความแข็งแรงขึ้น

เมื่อสัตว์มีอายุมากขึ้นเรื่อยๆ ความนุ่มของเนื้ออันเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันย่อมลดลง แต่ในสัตว์ชนิดเดียวกันที่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็วของขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อก็จะทำให้ปริมาณของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันลดลงด้วย

**2. คุณลักษณะของเส้นใยกล้ามเนื้อ** (muscle fiber characteristics)

ความนุ่มของเนื้อจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ (postrigor contraction state) ช่วงที่เกิดการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ และความนุ่มของเนื้อจะลดลง เนื้อที่มีความนุ่มและไม่เหนียวเป็นเนื้อที่มีเส้นใยกล้ามเนื้อค่อนข้างละเอียด ไม่เป็นเส้นหยาบความละเอียดของเส้นใยกล้ามเนื้อจะขึ้นอยู่กับอายุ ชนิดของสัตว์ และลักษณะการใช้งานของกล้ามเนื้อนั้น (สัญชัย, 2547)

**3. ไขมันภายในกล้ามเนื้อ** (intramuscular lipids)

ไขมันแทรกสามารถใช้เป็นปัจจัยกำหนดคุณภาพเนื้อได้ เนื่องจากการมีไขมันที่แทรกอยู่ระหว่างเส้นใย กล้ามเนื้อจะช่วยเพิ่มความนุ่ม กลิ่นรสที่เป็นลักษณะเฉพาะในเนื้อแต่ละประเภทได้ เช่น เนื้อโค เนื้อแกะ เนื่องจากเนื้อจากสัตว์ทั้งสองชนิดจะเหนียวมากขึ้นตามการทำงานของกล้ามเนื้อและอายุสัตว์ เนื้อที่มีไขมันแทรกจึงได้ราคาดี ในขณะที่ เนื้อบางประเภท เช่น เนื้อสุกรและเนื้อไก่ ซึ่งได้จากสัตว์ที่อายุน้อยกว่าเนื้อจึงมีความเหนียวน้อยกว่าจึงอาจจะไม่เน้นความสำคัญในเรื่องไขมันแทรกมากนัก (สัญชัย, 2547) ไขมันทำหน้าที่เป็นตัวหล่อลื่น เมื่อเราเคี้ยวเนื้อที่มีความหยาบกว่าซึ่งจะช่วยทำให้เนื้อนุ่มอย่างเห็นได้ชัด ทั้งยังช่วยให้สามารถกลืนได้ง่ายอีกด้วย

อีกทั้ง Lemcke (2006) รายงานความเหนียวนุ่มของเนื้อมีอิทธิพลจากปัจจัยดังนี้

1. อายุของสัตว์ โดยทั่วไปแล้วอายุมีความสัมพันธ์จำนวนและสัดส่วนของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน โดยจะเพิ่มขึ้นตามอายุและมีความสำคัญต่อการ

2. การเกิดการการหดเกร็งตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ มีสาเหตุจากการหดตัวของกล้ามเนื้อขณะแช่เย็นซาก ถ้าอุณหภูมิของกล้ามเนื้อลดลงอย่างรวดเร็วก่อนการเกิด rigor mortis (10-14 ชั่วโมงหลังฆ่า) ซึ่งสามารถป้องกันโดยการกระตุ้นซากด้วยไฟฟ้า โดยทำให้เนื้อเกิด rigor mortis ได้เร็วขึ้น (ภายใน 2 ชั่วโมง)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. pH สุดท้ายในเนื้อ ขึ้นอยู่กับปริมาณไกลโคเจนที่สะสมในกล้ามเนื้อขณะฆ่า โดยไกลโคเจนจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดแลกติกโดยเอนไซม์ ถ้า pH ต่ำกว่า 5.8 ทำให้เนื้อนั้นนุ่มกว่าปกติ เนื่องจากกรดแลกติกเป็นตัวที่ไปยับยั้งการเกิด protein linkages ระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อ

การเจริญเติบโตและสภาวะขณะฆ่า กล่าวคือสัตว์ที่มีการเจริญเติบโตที่เร็วกว่าจะมีเนื้อที่นุ่มกว่าเนื้อสัตว์ที่เจริญเติบโตช้า เนื่องจากการเจริญเติบโตเร็วทำให้น้ำหนักของร่างกายสูงกว่าเมื่ออายุเท่ากัน ทำให้เข้าฆ่าที่อายุน้อยกว่า เนื้อเยื่อเกี่ยวพันจึงน้อยกว่า

**สีของเนื้อ**

องค์ประกอบที่ทำให้เนื้อมีสีได้คือ heam proteins โปรตีนไมโอโกลบินและฮีโมโกลบิน มีส่วนของ heam ซึ่งเป็นธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบอยู่ตรงกลางของโมเลกุล ในกล้ามเนื้อที่มีการเอาเลือดออกได้ดีจะมีปริมาณไมโอโกลบินประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ ของรงควัตถุทั้งหมด ซึ่งมากกว่าฮีโมโกลบินมาก ปริมาณของไมโอโกลบินในสัตว์มากหรือน้อยขึ้นกับ สกุล อายุ เพศ กล้ามเนื้อและการที่สัตว์มีกิจกรรมมากน้อยเพียงใดด้วย (เยาวลักษณ์, 2536)

ไมโอโกลบิน (myoglobin; Mb) มีความสำคัญต่อการประเมินสีของเนื้อในสัตว์มีชีวิต พบว่ามีสมดุลกันระหว่าง purplish-red Mb form (deoxyMb) และ cherry-red form (oxyMb) แต่ระหว่างเนื้อที่ถูกเก็บรักษา Mb form ทั้งสองนี้ จะถูก oxidized อย่างรวดเร็วให้อยู่ในรูปของ brownish-red metMb (Faustman and Cassens, 1990) จากการศึกษาพบว่าสีของเนื้อกระบือปลักมีความเข้มกว่าสีของเนื้อวัว เนื่องจากความเข้มข้นของ Mb และขั้นตอนของการเกิด oxidation (Dosi *et al*., 2006) อีกทั้งจากผลการวิจัยยังบ่งชี้อีกว่า ความแตกต่างของอัตราการเกิด oxidation ของ Mb มีผลเนื่องมาจากชนิดของกล้ามเนื้อที่แตกต่างกัน (Bembers and Satterlee, 1975; Foucat *et al*., 1994) สีเนื้อนั้นมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อการตัดสินใจว่าเนื้อนั้นมีคุณภาพหรือไม่ของผู้บริโภค (Liu *et al*., 1996) โดยเกี่ยวข้องกับความสดใหม่ (Smith *et al*., 2000) เนื้อกระบือนั้นมีสีเข้มกว่าเนื้อวัวเนื่องจากมีอายุมากกว่า ดังนั้นผู้บริโภคจึงตัดสินเนื้อกระบือว่ามีคุณภาพต่ำกว่าสัตว์ชนิดอื่น (Sahoo and Anjaneyulu, 1997) แต่ปัจจุบันสัตว์ที่นำมาฆ่านั้นมีอายุน้อย ในเนื้อกระบือที่มีอายุระหว่าง 8-15 เดือนจะมีความสว่างกว่าเนื้อโค อิตาเลียน ฟรีเชียน (Gigli et al., 1993) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง มีไขมันแทรกต่ำ จากการทดลองของ Tateo *et al*. (2007) เปรียบเทียบเนื้อกระบือและเนื้อโคที่แช่แข็ง พบว่า ค่า pH และค่าการสูญเสียเนื่องจากการละลายของเนื้อกระบือนั้นสามารถถูกรักษาไว้ได้ด้วยการแช่แข็ง ค่า a* เพิ่มขึ้นตามอายุสัตว์ และลดลงหลังจากนำมาละลายน้ำแข็ง 4 วัน ในอายุฆ่าที่ 4 และ 8 สัปดาห์นั้นไม่พบความแตกต่างของการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความเข้มของสีเนื้อเมื่อเทียบกับเนื้อโคแต่ในอายุที่ 12 สัปดาห์ พบว่าเนื้อกระบือมีค่าสีแดงต่ำกว่าเนื้อโค

สีของเนื้อจะขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ อายุ การทำงานของกล้ามเนื้อปริมาณเม็ดสีในเลือดและเม็ดสีในกล้ามเนื้อ และการเปลี่ยนแปลงของสีภายในกล้ามเนื้อ เป็นต้น สีของเนื้อนับเป็นลักษณะประการแรกที่บ่งบอกคุณภาพของเนื้อนั้น

**กลิ่นและรสชาติ**

เนื้อสดจะมีกลิ่นอ่อนและรสคล้ายโลหิต (blood like taste) จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องผ่านการทำให้สุก จึงจะช่วยให้ได้รสชาติที่ดีขึ้น เมื่อคนเราเคี้ยวเนื้อเส้นใยของเนื้อจะแตกตัวทำให้ของเหลวที่มีรสชาติรวมทั้งสารประกอบของกลิ่นระเหยได้ถูกปล่อยเข้าไปในปากด้วย เนื้อสัตว์แทบทุกประเภทมีสารประกอบที่ให้กลิ่นและรสชาติคล้ายคลึงกันแต่ปริมาณของสารประกอบนั้นๆจะแตกต่างกันออกไปทั้งนี้ย่อมแล้วแต่เนื้อสัตว์แต่ละประเภท เนื้อสัตว์แต่ละชนิดมีกลิ่นและรสชาติที่เป็นลักษณะเฉพาะตัวซึ่งขึ้นอยู่กับสัดส่วนของสารประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่น นอกจากนี้อาจมีกลิ่นผิดปกติที่จากกลิ่นเพศของสุกรเพศผู้ที่ไม่ได้ตอนหรือกลิ่นจากอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์ เป็นต้น (สัญชัย, 2547)

รสชาติของเนื้อมาจากปฏิกิริยา Maillard reaction ระหว่างกรดอะมิโน การรีดิวซ์น้ำตาล และการย่อยสลายกรดไขมัน (Gandemer, 1999; Mottram, 1998) จากการทดลองเปรียบเทียบขุนสัตว์ด้วยหญ้าและอาหารข้น พบว่าสัตว์ที่ได้รับอาหารข้นจะมีปริมาณของกรดไขมันลิโนเลอิกและอนุพันธ์สูงกว่าสัตว์ที่ได้รับหญ้าเป็นอาหารถึง 3 เท่าในเนื้อ โดยมีปริมาณของ alpha-linoleic acid (C18:3n-3), Phyt-1-ene และ Phyt-2-ene สูง (Elmore *et al*., 2004) จากรายงานการศึกษาของ Lorenz *et al*. (2002) ได้วิเคราะห์กลิ่นที่เกิดจากการระเหยหลังจากทำให้สุกด้วยการใช้ความดัน พบว่า กลิ่นที่เรียกว่า “green” ของเนื้อที่ได้รับอาหารเป็นหญ้านั้นมีความสัมพันธ์กับอนุพันธ์จาก oleic acid (C18:1 cis-9) และ C18:3n-3 และกลิ่นที่เรียกว่า “soapy” มาจาก linoleic acid (C18:2n-6) (สัตว์ได้รับอาหารข้น) Larick and Turner (1990) ให้เหตุผลความแตกต่างระหว่างสัตว์ที่ได้รับอาหารหยาบและอาหารข้นในโคเนื้อต่อการเพิ่มปริมาณของ PUFA และส่งผลให้เกิด oxidative stability ที่ต่ำกว่า โดยพบว่า antioxidant status ของเนื้ออาจมีผลต่อรสชาติและนำไปสู่ความแตกต่างในความสามารถในการยอมรับของเนื้อที่ได้รับอาหารหยาบและข้นที่แตกต่างกัน โดยในสหภาพยุโรปนั้นผู้บริโภคนั้นมีความรู้สึกต่อเนื้อที่ได้รับอาหารข้นว่ามีรสชาติดีกว่า แต่ในเนื้อโคที่ขุนด้วยหญ้านั้นจะได้รับการยอมรับน้อยกว่า (Melton, 1990; Mandell *et al*., 1998) แต่ในการทดลองของ Raes *et al*. (2003) วิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันอิสระและกลิ่นรส ในโค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Limousin และ Belgium Blue พบว่าสัตว์ที่ได้รับหญ้าเป็นอาหารนั้นมีกลิ่นรสของเนื้อดีกว่า เกิดจากอนุพันธ์ของอัลดีไฮด์ไม่อิ่มตัวที่มีมวลโมเลกุลต่ำ โดยเกิดจากการออกซิเดชั่นของ PUFA นั่นเอง

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นอีก เช่น ความเครียดของสัตว์ก่อนตาย การบ่มเนื้อภายหลังการตาย การเก็บเนื้อและวิธีการทำให้เนื้อสุก

ตลาดการส่งออกเนื้อนั้นโดยทั่วไปต้องเป็นเนื้อแช่แข็ง แต่ในการซื้อขายในตลาดทั่วไปนั้นนิยมเนื้อแช่เย็น ซึ่งในสภาวะของการแช่เย็นนั้นทำให้มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Lambert *et al*., 1992) ดังนั้นจึงมีการฉายแสงเพื่อควบคุมการเน่าเสียเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ การฉายแสงจะทำให้เนื้อกระบือสามารถเก็บรักษาได้โดยปลอดจากเชื้อจุลินทรีย์ ถึง 4 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 0-3 องศาเซลเซียส (Naik *et al*., 1994) ในการเก็บรักษาเนื้อนอกจากการเน่าเสียเนื่องจากจุลินทรีย์แล้วยังส่งผลต่อการเกิดออกซิเดชั่นของกรดไขมันก็เป็นสาเหตุสำคัญต่อคุณภาพเนื้อระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งส่งผลต่อกลิ่นรสของเนื้อสัตว์และการสูญเสียคุณค่าทางสารอาหาร ทำให้มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค (Gray and Monahan, 1992) จากการทดลองของ Kanatt *et al*. (1997) ทำการฉายแสงเนื้อกระบือและวัดการเกิด lipid peroxidation จากการหา thiobarbituric (TBA) number พบว่าเนื้อที่ได้รับการฉายแสงมีการเพิ่มขึ้นของ TBA number เล็กน้อย และการฉายแสงทำให้ปริมาณกรดไขมันอิสระในเนื้อลดลงเมื่อเทียบกับเนื้อที่ไม่ได้ฉายแสง อีกทั้งเนื้อที่ฉายแสงสามารถเก็บรักษาได้ 4 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 0-3 องศาเซลเซียส ขณะที่เนื้อที่ไม่ฉายแสงเก็บได้เพียง 2 สัปดาห์เท่านั้น

นอกจากนี้ยังมีการปรับปรุงกลิ่นรสเนื้อกระบือบด เนื่องจากกระบือส่วนใหญ่เป็นกระบือที่มีอายุมากและปลดจากการทำงาน เนื้อกระบือจึงมีความหยาบและเหนียว จึงมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเนื้อเพื่อสามารถเพิ่มผลตอบแทนจากเนื้อที่มีความเหนียวได้ (Anjaneyulu *et al*., 1990) แต่เนื้อที่ได้รับการบดแล้วนั้นหืนและมีสีน้ำตาลได้ง่าย เนื่องจากการเกิด pigment และ lipid oxidation ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับต่อรสชาติ เนื้อสัมผัสและคุณค่าทางสารอาหาร ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญในการพัฒนากระบวนการผลิตเนื้อระดับสูง (Gray and Pearson, 1987) สำหรับการป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นนั้นได้มีการศึกษามากมาย ทั้งการเติมสารเคมี พวก butylated hydroxyl anisole, propyl gallate, butylated hydroxyl toluene, phosphates, citric acid และ nitrite สาร nutritive antioxidant และเครื่องเทศ (Chan *et al*., 1994) โดยสารพวก antioxidant นั้นที่เป็นสารจากธรรมชาติ คือ carnosine โดยมีการทำงาน ส่งเสริมให้เกิดการยับยั้ง การเกิด lipid oxidation (Bekhit *et al*., 2004)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ความชุ่มฉ่ำของเนื้อ** (juiciness)

ความชุ่มฉ่ำเป็นปัจจัยสำคัญด้านการบริโภค ซึ่งมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือ โครงสร้างของเนื้อที่มีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (water holding capacity) และยังมีผลต่อค่าการสูญเสียขณะประกอบอาหารด้วย ความชุ่มฉ่ำของเนื้อสามารถประเมินด้วยการตรวจชิม ตัวอย่างเช่น ขณะที่เคี้ยวอยู่ในปากทำให้รู้สึกว่าเนื้อไม่แห้ง และรวมทั้งไขมันที่แทรกในกล้ามเนื้อทำให้เนื้อชุ่มฉ่ำ และยังส่งผลให้เนื้อนั้นนุ่มขึ้น โดยสัญชัย (2547) กล่าวว่าเนื้อที่มีความชุ่มฉ่ำเมื่อเคี้ยวอยู่ในปากจะมีความรู้สึกไม่เหนียว และเนื้อไม่แห้ง ซึ่งส่วนใหญ่จะได้จากเนื้อสัตว์ที่ มีอายุน้อยหรือเนื้อที่มีความสามารถอุ้มน้ำได้ดี

**ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อ** (texture)

ผู้บริโภคมักยอมรับเนื้อที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสแบบละเอียด (fine texture) โดยเนื้อที่มีความแน่นพอเหมาะ มีการยึดระหว่างมัดกล้ามเนื้อพอสมควร และมีการยึดกันของกล้ามเนื้อแต่ละก้อนด้วย ขนาดของมัดกล้ามเนื้อมีผลต่อลักษณะของเนื้อสัมผัส กล่าวคือ ถ้ามัดกล้ามเนื้อมีขนาดเล็กจะมีลักษณะเนื้อที่ละเอียดกว่าเนื้อที่ประกอบด้วยมัดกล้ามเนื้อขนาดใหญ่กว่าส่วนกล้ามเนื้อที่มีการใช้งานมาก ในขณะที่สัตว์มีชีวิตอยู่จะมีลักษณะเนื้อหยาบกว่ากล้ามเนื้อที่ใช้งานน้อยกว่า รวมทั้งเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ห่อหุ้มกล้ามเนื้อส่วนที่ใช้งานมากกว่า ปัจจัยอีกอย่างที่มีผลต่อเนื้อสัมผัสคือการที่กล้ามเนื้อถูกเปลี่ยนในลักษณะ PSE-meat (Pale soft exudative), DFD-meat (Dark firm dry) และกรณีกล้ามเนื้อเปลี่ยนไปเป็นเนื้อสัตว์โดยที่ความเป็นกรดด่างค่อยๆลดลงตามปกติ (สัญชัย, 2547)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2532) พบว่ามีหลักฐานบางอย่างแสดงว่ากระบือยังคงรักษาความนุ่มของเนื้อไว้ได้ถึงแม้จะมีอายุมากกว่าโค ทั้งนี้เพราะการเชื่อมกันของเนื้อเยื่อต่างๆ ในกระบือจะมากขึ้นเมื่อมีอายุมาก และเนื่องจากเส้นผ่านศูนย์กลางของใยกล้ามเนื้อของกระบือจะเพิ่มขึ้นในอัตราที่ช้ากว่าโค ในการทดลองเดียวกับความนุ่มของกล้ามเนื้อโดยการวัดแรงตัดผ่านเนื้อ (shear force) พบว่าเนื้อลูกกระบือรุ่นอายุ 16-30 เดือน มีค่าแรงตัดเท่ากับเนื้อโคขุนพันธุ์แองกัส พันธุ์เฮียร์ฟอด และเนื้อลูกโคพันธุ์ฟรีเชี่ยนอายุ 12-18 เดือน ด้วยเหตุนี้ทำให้เกษตรกรสามารถจัดหาเนื้อนุ่มมาสนองความต้องการของตลาดได้

French *et al*. (2001) ศึกษาคุณภาพในการบริโภคของโคที่ได้รับอาหารหยาบและอาหารข้นที่แตกต่างกัน ในกล้ามเนื้อ LD พบว่า อาหารที่ได้รับก่อนฆ่าไม่มีผลต่อคุณภาพการบริโภค แต่เมื่อมีการบ่มเนื้อเพิ่มขึ้นสามารถเพิ่มความนุ่มของเนื้อ กลิ่นรส ความชุ่มฉ่ำ การสูญเสียน้ำเนื่องจากการทำอาหารและความพอใจโดยรวม แต่จากการศึกษาของ ชัยณรงค์ และจันทร์พร (2539) ได้ศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติบางประการและการตรวจชิมเนื้อจากกระบือและโคลูกผสมบราห์มันที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขุนด้วยอาหารข้น 3 ระดับ พบว่ากระบือที่ได้รับอาหารข้น 0 1.0 และ 1.5% จากกล้ามเนื้อสันนอก และกล้ามเนื้อสะโพก พบว่าค่าความนุ่ม รสชาติ ความชุ่มฉ่ำ ความพอใจโดยรวม และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติแต่การบ่มเนื้อจะมีอิทธิพลต่อค่าแรงตัดผ่านที่ลดลง ซึ่งมีผลเช่นเดียวกับการทดลองในโค

นักวิจัยหลายประเทศ ได้ทำการทดสอบเกี่ยวกับรสชาติและความนุ่มของเนื้อกระบือซึ่งผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเนื้อกระบือเป็นที่ยอมรับเท่าเทียมกับเนื้อโคและจากการทดสอบรสชาติสเต็กเนื้อกระบือในประเทศออสเตรเลีย มาเลเซีย เวเนซุเอลา และตรินิแดด ปรากฏว่าสเต็กเนื้อกระบือได้รับคะแนนนิยมสูงกว่าสเต็กเนื้อโค สำหรับการศึกษารสชาติเนื้อกระบือในประเทศตรินิแดดนั้นได้เชิญนักชิมอาชีพที่มีประสบการณ์ด้านเนื้อสัตว์มาเป็นผู้ทำการทดสอบเนื้อ โดยการนำเอาเนื้อสัตว์ 3 ชนิด โดยไม่บอกให้ทราบก่อนการทดสอบได้แก่ เนื้อจากกระบือภายในประเทศ เนื้อจากโครุ่นพันธุ์ผสมเพศผู้ (พันธุ์จาไมก้าเรด/ซาฮิวัล) และเนื้อลูกโคพันธุ์ผสมเพศผู้จากยุโรป ผู้ศึกษาได้นำเนื้อสัตว์ทั้ง 3 ชนิดนี้มาเก็บไว้ในห้องเย็นเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ก่อนนำมาประกอบอาหาร ผลปรากฏว่าเนื้อกระบือ เนื้อโคพันธุ์ผสมจากยุโรป และเนื้อโคพันธุ์ผสมจาไมก้า-เรด/ซาฮิวัล ได้รับคะแนนนิยมจากผู้ชิม 14, 7 และ 5 คน ตามลำดับ ส่วนอีก 2 คน ลงความเห็นว่าเนื้อโคยุโรปด้อยกว่าเนื้ออีก 2 ชนิดซึ่งมีคะแนนเท่ากัน สรุปได้ว่า เนื้อกระบือได้คะแนนมากที่สุดโดยเฉพาะในเรื่องสีเนื้อและไขมัน ด้านรสชาติและด้านการยอมรับอื่นๆ ในด้านความหยาบ ละเอียดของเนื้อมีรายงานว่าแตกต่างกันเล็กน้อย เป็นที่ยอมรับว่าเนื้อของลูกกระบือมีความนุ่มมาก เนื้อลูกกระบือที่บริโภคกันได้จากลูกกระบือที่ฆ่าเมื่ออายุ 3-4 สัปดาห์ น้ำหนักซากประมาณ 59-66 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักขณะมีชีวิต (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2532)

จากตารางที่ 7 แสดงข้อมูลคุณลักษณะของเนื้อกระบือที่อายุแตกต่างกันตามความต้องการของตลาดคือสัตว์ที่มีอายุ 6 เดือน และอายุ 15 เดือนพบว่าจากการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่าเปอร์เซ็นต์ไขมันและความชื้นในเนื้อเพิ่มขึ้นตามอายุของสัตว์ คือ 2.1 และ 2.8 % ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของเปอร์เซ็นต์โปรตีนและเถ้า (Cutrignelli *et al*., 1996; Failla *et al*., 2001)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**Table 7** Chemical analysis of water buffaloes at different ages. (Cutrignelli *et al*., 1996; Failla *et al*., 2001)

| Age (months) | Dry matter | Protein | Fat | Ash |
|---|---|---|---|---|
| 6 | 23.0 | 20.4 | 1.5 | 1.1 |
| 15 | 25.8 | 21.2 | 3.6 | 1.0 |

สำหรับค่าสีของเนื้อพบว่าลดลงตามอายุของกระบือที่เพิ่มขึ้นโดยในกระบืออายุน้อยมีความเข้มของเนื้อมากกกว่า (ตารางที่ 8) สำหรับการวัดความนุ่มของเนื้อ โดยใช้การวัดแรงตัดผ่านของเนื้อที่ทำให้สุกแล้ว พบว่าไม่มีความแตกต่างเนื่องจากอายุที่มากขึ้น ความสามารถการอุ้มน้ำของเนื้อเป็นสาเหตุที่สำคัญมากต่อการตัดสินใจซื้อพบว่าในเนื้อสดนั้นมีความสามารถการอุ้มน้ำของเนื้อในกระบืออายุน้อยมากกว่าอายุมากแต่ในเนื้อที่ทำให้สุกแล้ว พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (Failla *et al*., 2001)

**Table 8** Colour, tendency and water holding capacity (*Longissimus Torasic*) (Failla *et al*., 2001)

| Age (months) | Colour | | | Tenderness(kg/cm$^2$) | WHC (%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | L | H | C | Cooked | Raw | Cooked |
| 6 | 43.34 | 37.7 | 21.04 | 1.63 | 0.99 | 26.70 |
| 15 | 39.15 | 27.1 | 18.88 | 1.67 | 1.19 | 26.95 |

จากตารางที่ 9 แสดงปริมาณของกรดไขมันอิสระ พบว่ามีความแตกต่างของอายุ ดังนี้ สัตว์ที่มีอายุมากกว่าพบว่ามีกรดไขมันอิ่มตัวสูงกว่า โดยเฉพาะกรดไขมัน C16 และ C18 อีกทั้งพบกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิด C18:1 มากกว่า แต่ C18:2 น้อยกว่าในกระบืออายุมาก จากตารางเนื้อกระบือนั้นแสดงคุณลักษณะของเนื้อคุณภาพทั้งสองระดับอายุ (Cutrignelli *et al*., 1996)

**Table 9** Fatty acids % of buffalo at different age. (Cutrignelli *et al*., 1996)

| Age (month) | 6 | 15 |
|---|---|---|
| C16 | 17.7 | 21.6 |
| C18 | 14.9 | 18.4 |
| C18:1 | 39.1 | 43.3 |
| C18:2 | 22.0 | 5.6 |
| Saturated fatty acid | 37.5 | 43.7 |
| Unsaturated fatty acid | 61.5 | 55.3 |
| Saturated/Unsaturated fatty acid | 0.6 | 0.8 |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพเนื้อ**

**ชนิดของกล้ามเนื้อ**

Dransfield (1994) รายงานว่าชนิดของกล้ามเนื้อมีอิทธิพลต่อคุณภาพเนื้อโดยเฉพาะความนุ่ม จากการทดลองของ Shackelford *et al*. (1995) พบว่าค่าเฉลี่ยของแรงตัดผ่านเนื้อในโคลูกผสมระหว่างเฮียฟอร์ด แองกัสและบราห์มัน มีค่าความแตกต่างกันในกล้ามเนื้อแต่ละชนิด โดยกล้ามเนื้อ *Psoas major* และ *Infraspinatus* มีความนุ่มมากกว่ากล้ามเนื้อชนิดอื่น มีค่าเฉลี่ยของแรงตัดผ่านเนื้อเท่ากับ 2.6 และ 2.7 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งค่าแรงตัดผ่านของกล้ามเนื้อทั้งสองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่ามีค่าแตกต่างจากกล้ามเนื้อชนิดอื่น ($P<0.05$) ได้แก่ กล้ามเนื้อ *Triceps brachii*, *Longissimus dorsi*, *Semitendinosus*, *Gluteus medius*, *Supraspinatus*, *Biceps femoris*, *Semimembranosus* และ *Quadriceps femoris* โดยมีค่าเฉลี่ยของค่าแรงตัดผ่านเนื้อเท่ากับ 3.9, 4.1, 4.4, 4.3, 4.3, 4.3 และ 4.1 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งค่าแรงตัดผ่านเนื้อในกล้ามเนื้อดังกล่าวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

Anna *et al*. (1998) ศึกษาลักษณะของกล้ามเนื้อโครุ่นใน 4 กล้ามเนื้อพบว่า มีความแตกต่างกันของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ การทำงานของเอนไซม์ในการเกิดเมแทบอลิซึมในกล้ามเนื้อ ST, LD, BF และ TB โดยมีเปอร์เซ็นต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด red fiber เพิ่มขึ้นตามอายุ ทำให้มีความนุ่มของเนื้อเพิ่มขึ้น

**การลดลงของ pH หลังฆ่า**

Huff-lonergan *et al*. (1996) และ Koohmaraie (1996) รายงานว่า ปัจจัยที่สำคัญต่อความนุ่มของเนื้อคือการย่อยสลาย myofibrillar protein โดยเอนไซม์ calpain หลังฆ่า จากการทดลองของ Neath et al. (2007) เปรียบเทียบการลดลงของ pH ระหว่างการบ่มเนื้อในโคและกระบือแล้วพบว่าการลดลงของ pH หลังฆ่าในกระบือนั้นช้ากว่าโคอย่างมีนัยสำคัญโดยดูได้จากความเข้มข้นของกรดแลกติกแต่ไม่พบความแตกต่างของปริมาณไกลโคเจน อีกทั้งไม่พบความแตกต่างระหว่าง สัดส่วนของ slow: fast type muscle fibers ทำให้ทราบว่า myosin heavy chain type ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ pH และความนุ่มระหว่างเนื้อกระบือและโค ดังนั้นกระบือมีคุณสมบัติเทียบเท่ากับเนื้อโค

Huff-Lonergan *et al*. (1996); Geesink *et al*. (2006) รายงานว่า calpain1 (μ-calpain) คือสารตัวแรกที่มีผลต่อการย่อยสลายของโครงสร้าง myofibrillar โดยมีนัยสำคัญต่อความนุ่มของเนื้อ สำหรับเอนไซม์ย่อยโปรตีนอื่นๆ ได้แก่ calpain2 (m-calpain) และ proteasome นั้นมีหน้าที่ในการสลายโปรตีนต่อเนื่องหลังขั้นตอนการบ่มเนื้อ Boehm *et al*. (1998); Dutaud *et al*. (2006) พบว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

calpastatin เป็นตัวยับยั้ง calpains 1 และ 2 มีส่วนเกี่ยวข้องกับการนุ่มของเนื้อโดยมีสหสัมพันธ์ทางลบกับความนุ่มของเนื้อ จากการทดลองของ Neath *et al*. (2007) เนื้อกระบือมี protease activity สูงกว่าในเนื้อโคอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างของ calpastatin activity เนื้อกระบือมีการเกิด calpain activity สูงกว่าในโค มีผลต่อการเพิ่มความนุ่มของเนื้อกระบือเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อโค

**การแช่ซาก**

ความนุ่มของเนื้อมีความเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิหลังฆ่าที่เหมาะสมระหว่าง 10-15 องศาเซลเซียส เมื่อซากได้รับอุณหภูมิที่ต่ำหรือสูงกว่าช่วงนี้จะเหนี่ยวนำให้เกิด cold และ heat shortening ตามลำดับ (Devine *et al*., 1999) อุณหภูมิโดยทั่วไปที่เหมาะสมของซากอุ่นในตลาดอินเดียนั้นอยู่ที่ 26 ±2 ºC โดยใช้เวลา 2-3 ชั่วโมง จากการทดลองระยะเวลาในการแขวนซากกระบือ 6 ชั่วโมงก่อนแช่เย็น (delayed chilled) เปรียบเทียบกับการแช่เย็นซากทันที (direct chilled) พบว่า เนื้อที่ทำการทดลองแบบ delayed chilled นั้นมีค่าแรงตัดผ่านของเนื้อต่ำกว่า และสามารถปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสได้สูงกว่าแบบ direct chilled แต่ไม่พบความแตกต่างในการทดลองการสูยเสียน้ำของเนื้อและความสามารถในการอุ้มน้ำ (Rathina *et al*., 2000)

Neath *et al*. (2007) ศึกษาความแตกต่างความนุ่มของเนื้อและการลดลงของ pH ในกระบือและโคหลังฆ่า พบว่า ที่นาทีที่ 40 หลังฆ่า กระบือมีการลดลงของ pH ช้ากว่าโค และเมื่อวัดแรงตัดผ่านเนื้อในกล้ามเนื้อ *Longissimus thoracis* (LT) และ *Semimembranosus* (SM) พบว่า วันที่ 2 7 และ 14 วันหลังฆ่าใน LT ของเนื้อกระบือมีค่าแรงตัดผ่านต่ำกว่าโค และในกล้ามเนื้อ SM มีค่าแรงตัดผ่านต่ำกว่าในวันที่ 2 หลังฆ่า Rathina *et al*. (2000) ได้ศึกษาอิทธิพลของการแช่เย็นต่อคุณภาพเนื้อของกระบือเพศเมียที่มีอายุ 4-5 ปี พบว่าคุณภาพของเนื้อที่ได้รับการแช่เย็น 18 ชั่วโมงหลังฆ่า มีค่า pH ลดลงเท่ากับ 6.0 ใน 3 ชั่วโมงเมื่อเทียบกับซากที่แช่เย็น 24 ชั่วโมงค่า pH จะลดลงเป็น 6.0 ใน 5-6 ชั่วโมงหลังฆ่า และส่งผลต่อค่าความอุ้มน้ำของเนื้อ

**อาหาร**

Larick *et al*. (1987) รายงานว่าการผลิตเนื้อโคในอเมริกาเหนือด้วยอาหารข้นจะมีรสกลิ่นที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับเพียงพืชอาหาร นอกจากอาหารที่ได้รับมีผลต่อเนื้อแล้วอายุและน้ำหนักฆ่าของสัตว์ก็มีส่วนเกี่ยวข้องด้วย จากการทดลองโคที่ได้รับอาหารทั้งสองแบบอย่างเต็มที่พบว่าซากของโคที่ได้รับอาหารข้นจะมีการเจริญเติบโตและไขมันหุ้มซากมากกว่ากลุ่มที่ได้รับพืชอาหารสัตว์ในระยะเวลาที่เท่ากัน เช่น น้ำหนักซาก ความหนาไขมันสันหลัง อายุเมื่อฆ่า อัตราการเจริญเติบโตก่อนฆ่านั้นมีผลต่อคุณภาพเนื้อ โดยเฉพาะความนุ่มและกลิ่นรส (Bowling *et*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

*al*., 1978) สำหรับ French *et al*. (2000a) ได้ทำการทดลองผลของสัดส่วนหญ้าต่ออาหารข้น และหญ้าหมักต่ออาหารขันพบว่า สัตว์ที่ได้รับหญ้า 12 กก. และอาหารข้น 2.5 กก. จะมีความนุ่ม เนื้อสัมผัสและการยอมรับมากกว่ากลุ่มอื่นและเมื่อมีการบ่มเนื้อไว้ 2 วันหลังฆ่าเปรียบเทียบกับการบ่มระยะต่างๆ ที่มากขึ้นพบว่าไม่มีผลที่ต่างกัน

Bindner *et al*. (1986) พบว่า โคที่ได้รับอาหารข้นมีเปอร์เซ็นต์ซากและไขมันแทรกดีกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบเพียงอย่างเดียว และจากการทดลองของ McKeith *et al*. (1985) พบว่าการใช้อาหารพลังงานสูงในการเลี้ยงโคทำให้ความนุ่มของเนื้อเพิ่มขึ้น

**องค์ประกอบสำคัญในเนื้อกระบือ**

**Conjugated linoleic acid** (CLA)

ปัจจุบันผู้บริโภคได้เล็งเห็นความสำคัญในการบริโภคเนื้อที่มีคุณภาพมากขึ้น ทำให้เนื้อที่ผลิตภายใต้มาตรฐานที่กำหนดมีราคาสูง ประกอบกับความรู้ความเข้าใจของผู้บริโภคในด้านความปลอดภัยในการบริโภค เนื่องจากเนื้อสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้นพบว่ามีความเสี่ยงต่อการเพิ่มระดับสารก่อมะเร็งและเนื้องอกสูง (Belury, 1995)

ในการศึกษากรดไขมันต่างๆ ในกล้ามเนื้อสัตว์เคี้ยวเอื้องได้มุ่งความสนใจไปยัง conjugated linoleic acid isomers (CLA) ซึ่งเป็นกรดไขมันที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพมีศักยภาพในการป้องกันพยาธิวิทยาหลากหลาย อาทิเช่น โรคมะเร็ง โรคเส้นเลือดหัวใจอุดตัน และโรคเบาหวาน (Houseknecht *et al*., 1998; Ip *et al*., 1999; Lee *et al*., 1994)

องค์ประกอบหนึ่งที่พบในเนื้อสัตว์เคี้ยวเอื้องคือ conjugated linoleic acid (CLA) ซึ่งเป็นตัวการสำคัญในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Visoneau *et al*., 1997) อีกทั้ง Lee *et al*. (1994) รายงานว่า CLA เป็นสารที่ลดภาวะไขมันอุดตันในเส้นเลือดและคลอเลสเตอรอล ซึ่งมีผลต่ออัตราส่วนของ low density lipoprotein : high density lipoprotein cholesterol โดย Belury (1995) และ Parodi (2002) รายงานว่า CLA ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพนั้นคือตำแหน่งและไอโซเมอร์ของ linoleic acids ที่อยู่ในรูปของ cis-9, tran-11 isomer จึงให้ความสำคัญเกี่ยวกับสัดส่วนของ n-6: n-3 และ CLA isomer ในอาหารของมนุษย์

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณ CLA ในกล้ามเนื้อ เช่น ฤดูกาลที่แตกต่าง พันธุกรรมของสัตว์ และการดูแลการจัดการ แต่ปัจจัยที่มีความสำคัญคือ อาหาร เนื่องจากเป็นสารตั้งต้นของการเปลี่ยนรูปให้เป็น CLA Ha *et al*. (1990) รายงานว่าแหล่งของอาหารที่อุดมไปด้วย CLA คือหญ้าที่สัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับเป็นอาหาร โดย CLA ที่พบในเนื้อเยื่อไขมันนั้นอยู่ในไขมันแทรก (intramuscular fat) ซึ่งมักพบในสัตว์ใหญ่ เกิดจากกระบวนการ hydrogenation ของ linoleic ในกระเพาะรูเมน และถูกส่งผ่าน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และดูดซึมในลำไส้เล็กเพื่อเก็บสะสมอยู่ในไขมันแทรก (Bauman *et al*., 1991) จากการทดลองของ Giuffrida *et al*. (2005) ศึกษาการสกัดไขมันจากเนื้อสันนอกของกระบือปลักและโคซีบู พบว่ามีปริมาณ CLA (1.83 และ 1.47 mg/g), CLA c9,t11 (1.27 และ 1.01 mg/g) และ CLA t10, c12 (0.56 และ 0.47 mg/g) และ CLA/LA ratio (0.10 และ 0.07) ในกระบือสูงกว่าโคอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

**การสังเคราะห์ CLA**

โดยธรรมชาติ CLA ถูกสร้างจากการเกิด isomerisation และ biohydrogenation ของ กรดไขมันอิ่มตัวสายโซ่ยาว (polyunsaturated fatty acid; PUFA) ของแบคทีเรียในรูเมนและการ desatusation ของ tran-fatty acid ของ PUFA ในเนื้อเยื่อไขมันและต่อมน้ำนม (Griinari and Bauman, 1999) การเกิด isomerisation/ biohydrogenation ของ PUFA ในการเมแทบอลิซึม ไขมันของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนนั้น เพื่อสร้าง CLA โดยตรง หรือสารตั้งต้นที่สำคัญของ CLA โดยได้ผลผลิตสุดท้ายเป็น stearic acid สำหรับการทำงานหลักของ linoleic acid เพื่อสร้าง c9,t11-18:2 โดยการเกิด isomerisation และ t11-18:1 (trans-vacenic acid) และการ hydrogenation ซึ่งเป็นสาร intermediates ในกระบวนการ

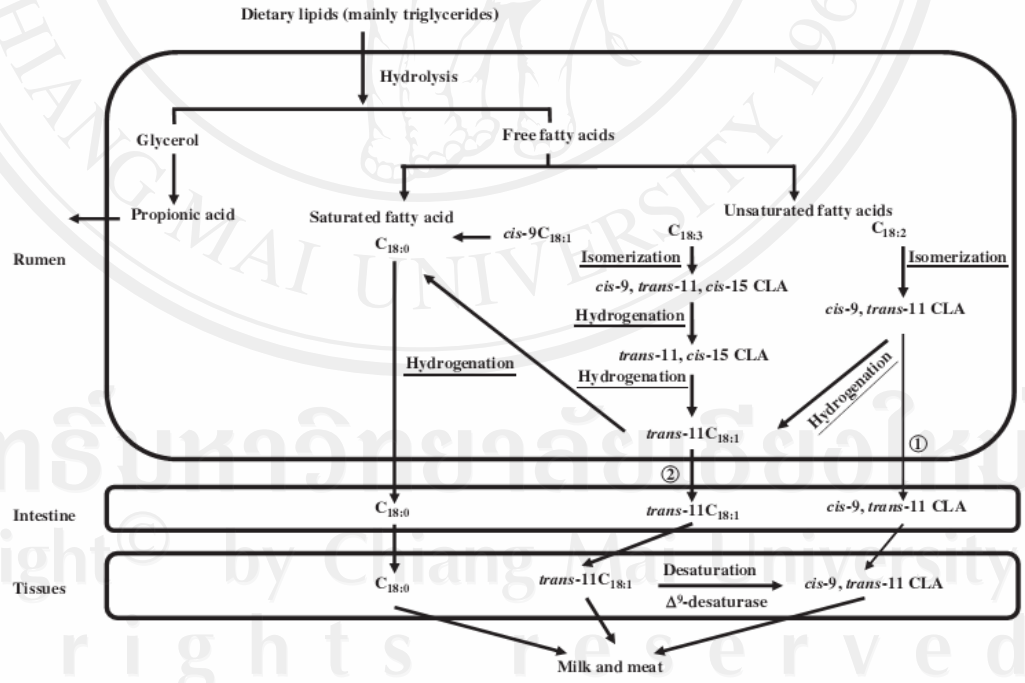



**Figure 3** Lipid metabolism in the rumen and the origins of conjugated linoleic acid in ruminant products (Tanaka, 2005)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยทั่วไปแล้วจุลินทรีย์จะไม่มีการเมแทบอลิซึมโดย PUFA เพื่อเป็น stearic acid อย่างเดียว แต่เป็นเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น แบคทีเรียบางชนิดเช่น *Butyrivibolo fibrisolvens* นั้นมีความสามารถในการ isomerise cis-doublebonds ของ PUFA ให้อยู่ในรูปของ conjugated e/t double bonds และการเกิด hydrogenate CLA นี้อาศัย เอนไซม์ linoleate isomerase และ CLA reductase ซึ่งผลผลิตสุดท้ายของกระบวนการนี้คือ trans-vaccenic acid (t11-18:1) และจะถูก hydrogenated เป็น stearic acid (C18:0) โดยแบคทีเรียตัวอื่นๆ ในรูเมน (Kepler, *et al*. 1966; Hasfoot and Hazelwood, 1988) สำหรับ PUFA อื่นๆ เช่น alpha หรือ gamma linolenic acid จะเป็นสารตั้งต้นในการสร้าง trans-vaccenic และ stearic acid แต่จะเกิด intermediate ชนิดอื่นมากกว่า CLA (kepler *et al*., 1966; Harfoot and Hazelwood, 1988; Griinari and Bauman, 1999)

การเกิด isomerization และ biohydrogenation มีปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบคือ pH ในรูเมน (Bessa *et al*., 2000) การลดลงของ pH สามารถส่งผลต่อประชากรจุลินทรีย์ได้ (Van Soeat, 1994) ซึ่งจะส่งผลต่อรูปแบบของผลผลิตสุดท้ายของการหมัก ถึงแม้ว่ามีความสัมพันธ์ของการทำงานของรูเมนและปริมาณ CLA ในน้ำนมและเนื้อเยื่อไขมัน แต่มีหลักฐานที่แสดงว่ามีปริมาณของ CLA เล็กน้อยเท่านั้นที่จะถูกดูดซึมโดยตรงจากรูเมนและลำไส้เล็ก (Schmid *et al*, 2006)

Knight *et al*. (2003) พบว่าการเกิด desaturation ของ vaccenic acid คือ แหล่งสำคัญของ CLA ในเนื้อเยื่อไขมัน โดยมีสหสัมพันธ์สูงระหว่าง CLA และ trans-vaccenic acid โดย trans-vaccenic acid จะพบมากในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Bessa *et al*., 2000) (ภาพที่ 5)

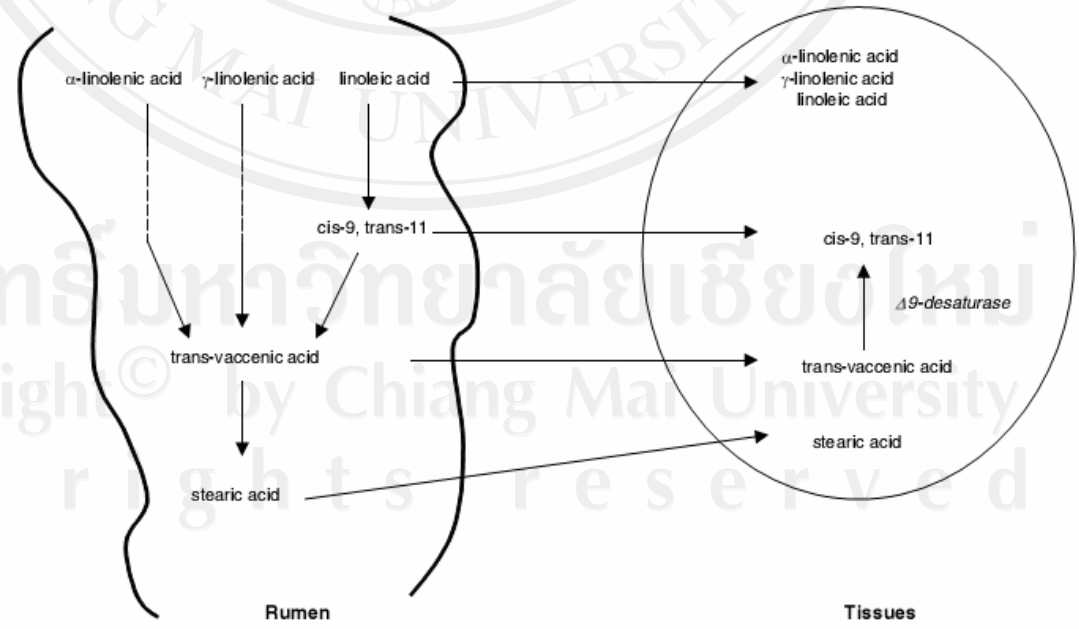



**Figure 4** Biosynthesis of c9, t11-18:2 (Griinari and Bauman, 1999)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณ CLA ในเนื้อสัตว์**

มีปัจจัยมากมายที่ส่งผลต่อ CLA เช่น ความผันแปรของฤดูกาล พันธุกรรมของสัตว์ การผลิต แต่ปัจจัยที่ส่งผลสำคัญคืออาหารเนื่องจากเป็นสารตั้งต้นในการเปลี่ยนไปเป็น CLA ความเข้มข้นของ CLA ในเนื้อสัตว์แตกต่างกันตามชนิดของสัตว์ เนื้อสัตว์เคี้ยวเอื้อง มี CLA ในระดับสูงกว่าเนื้อสัตว์กระเพาะเดี่ยว

ความแตกต่างของ CLA ในสัตว์แต่ละชนิด (ตารางที่ 10) พบ CLA สูงสุดในเนื้อแกะ (4.3-19.0 mg/g lipid) และรองลงมาในเนื้อวัว (1.2-10.0 mg/g lipid) ส่วนในเนื้อหมู ไก่ และม้า พบว่ามีต่ำกว่า 1 mg/g lipid แต่ดูเหมือนว่าในเนื้อไก่งวงจะมี CLA ปริมาณที่สูง (2.0-2.5 mg/g lipid) ซึ่งยังไม่แน่ชัด (Chin *et al*.,1992; Fritsche and Steinhardt, 1998) อีกทั้งจากการทดลองของ Rule *et al*., 2002; de Mendoza *et al*., 2005) พบว่า มีปริมาณ CLA ใน bison (2.9-4.8 mg/g FAME), กระบือปลัก (1.83 mg/g fatty acid) และ Zebu (1.47 mg/g fatty acid)

**Table 10** Mean of CLA content in various raw meats

| Reference | Lamb | Beef | Veal | Pork | Chicken | Turkey | Horse |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | (in mg/g fat) | | | |
| Chin *et al*. (1992) | 5.6 | 2.9-4.3[b] | 2.7 | 0.6 | 0.9 | 2.5 | |
| Shantha *et al*. (1994) | | 5.8-6.8[b] | | | | | |
| Dufey (1999) | 11.0[c] | 3.6-6.2[a,c] | | 0.7[c] | | | 0.6[c] |
| Ma *et al*. (1999) | | 1.2-3.0[b,c] | | | | | |
| Raes *et al*. (2003) | | 4.0-10.0[a,c] | | | | | |
| Badiani *et al*. (2004) | 4.32 | | | | | | |
| | | | | (mg/g FAME) | | | |
| Fritsche and Steinhardt (1998) | 12.0[c] | 6.5[c] | | 1.2/1.5[b,c] | 1.5[c] | 2.0[c] | |
| Rule *et al*. (2002) | | 2.7-5.6[a,b,d] | | | 0.7[d] | | |
| Wachira *et al*. (2002) | 8.8-10.8[c] | | | | | | |
| Knight *et al*. (2004) | 19.0[c] | | | | | | |

FAME, fatty acid methyl ester

[a] Meat from different production systems/countries.

[b] Different pieces of carcass (and eventually different animals.)

[c] Only c9, t11-18:2 measured, [d] Only c9, t11-18:2 and t10, c12-18:2 measured.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**อิทธิพลของอาหารสัตว์ต่อปริมาณ CLA**

ความหลากหลายขององค์ประกอบอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องมีผลต่อระดับของ CLA ในเนื้อ (ตารางที่ 11) โดยทั่วไปปริมาณของ CLA จะมีความเกี่ยวข้องกับปริมาณของไขมันแทรก (intramuscular fat) แต่อย่างไรก็ตาม องค์ประกอบในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง มีความแปรผันกันมากส่งผลต่อระดับ CLA ในเนื้อ โดยทั่วไปปริมาณ CLA ในอาหารสัตว์สูงทำให้ปริมาณของไขมันแทรก สูงด้วย (Raes *et al*., 2004) อย่างไรก็ตามปริมาณ CLA จะแสดงเป็นปริมาณ mg/g ของ ไขมันระหว่างกล้ามเนื้อ (intermuscular fat) ซึ่งสามารถทำให้เพิ่มได้โดยกลยุทธ์การให้อาหารและองค์ประกอบอาหารสัตว์ ซึ่งวัตถุดิบอาหารที่อิทธิพลต่อปริมาณ CLA ในเนื้อสัตว์คือ

1. หญ้าสด การที่ CLA เพิ่มขึ้นใน intermuscular fat เมื่อเพิ่มการกินหญ้าสดโดยมี CLA 5.4 6.6 และ 10.8 mg CLA/g FAME เมื่อเปรียบเทียบกับ โคที่ได้รับอาหารข้นจะมี CLA เพียง 3.7 mg/g FAME (French *et al*., 2000)

2. Oilseeds การเสริมอาหารข้นให้กับโค Brown Swiss ด้วยเมล็ดทานตะวัน/ linseed (เพิ่ม fat 3%) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (5.6 mg/g FAME) CLA ในไขมันใต้ผิวหนังของกลุ่มที่ได้รับเมล็ดดอกทานตะวันจะมี CLA เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (7.8 mg/g FAME) (Casutt *et al*., 2000)

3. Vegetable oils ปริมาณของ CLA ต่อการได้รับจากการทดลองของ Mir *et al*. (2003) พบว่าในโคที่ได้รับอาหารควบคุม, เสริมด้วย sunflower oil 3% และ 6% ทำให้ปริมาณ CLA ในกล้ามเนื้อ LD เพิ่มขึ้น 2.0 และ 2.6 และ 3.5 mg/g lipid ตามลำดับ

4. Fish oil จาการทดลองของ Enser *et al*. (1999) รายงานว่า การเสริม fish oil ในโคชาร์โลเลย์มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของ CLA ในกล้ามเนื้อ LD ที่ได้รับ จาก 3.2 เป็น 5.7 mg/g FAME

**คอเลสเตอรอล**

แม้ว่าคอเลสเตอรอลเป็นองค์ประกอบเล็กๆในอาหารแต่มีความสำคัญมาก เนื่องจากมีบทบาทต่อการเกิดโรคหัวใจ สามารถถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายด้วย อุณหภูมิ แสง รังสี และส่งผลให้อยู่ในรูปของ คอเลสเตอรอล ออกไซด์ (Zubillaga and Maerker, 1991) คอเลสเตอรอลในเนื้อสัตว์นั้นมักถูกออกซิไดซ์ระหว่างที่มีการทำอาหาร โดยอัตราการเกิดออกซิเดชั่นนั้นขึ้นอยู่กับ เวลาในการทำอาหารและอุณหภูมิที่ใช้ จากการทดลองของ Kesava *et al*. (1996) โดยการทำอาหารและการเก็บรักษาต่อองค์ประกอบของกรดไขมันและการเกิดออกซิเดชั่นของคอเลสเตอรอลในเนื้อกระบือที่มีการทำอาหาร 2 แบบคือ ต้มและใช้ความดันพบว่าการเกิดออกซิเดชั่นในเนื้อที่ทำการต้มสูงกว่าเนื้อที่ทำให้สุกด้วยความดัน แต่สำหรับวิธีการเก็บรักษานั้นพบว่าการแช่แข็งไม่มีผลต่อการเกิดออกซิเดชั่นของคอเรสเตอรอล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Keasava *et al*. (1996) ศึกษาผลของการเกิดออกซิเดชั่นของไขมันและคอเลสเตอรอลต่อการทำอาหารและการเก็บรักษาในกระบือ พบว่าปริมาณไขมัน ฟอสฟอลิปิด คอเลสเตอรอล กรดไขมันอิสระ ไกลโคลิปิด และกลีเซอไรด์ เพิ่มขึ้นตามวิธีการทำอาหาร (boiling และ pressure cooking ตามลำดับ) แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากการเก็บรักษาทั้งในตู้เย็นและในตู้แช่แข็ง

**กรดไขมันในเนื้อ**

เนื้อโคกระบือนั้นเป็นเนื้อที่มีสารอาหารสูง และมีคุณค่า ที่สำคัญเป็นแหล่งโปรตีนและธาตุอาหารเช่น A $B_6$ $B_{12}$ D E iron Zinc และ Selenium (Biesalski, 2005) แต่ในเนื้อนั้นก็มีไขมันอยู่สูง โดยเฉพาะกรดไขมันอิ่มตัว

กรดไขมันในผลผลิตที่ได้จากสัตว์เคี้ยวเอื้อง (เนื้อ นม และเนยแข็ง) ส่วนใหญ่จะมีปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวอยู่สูงเนื่องจากถูกผลิตโดยกระบวนการ hydrogenation ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่อยู่ในอาหารสัตว์ สำหรับ palmitic และ myristic acids เป็นกรดไขมันที่เพิ่มการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลซึ่งจะถูกสะสมให้เป็นไขมันชนิด low density lipoproteins (LDL) ซึ่งเป็นปัจจัยหลักต่อความเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจในมนุษย์ (Moloney *et al*., 2001) จากรายงานพบว่าการที่โคกินหญ้าสามารถลด palmitic acids ในเนื้อโคได้ (French *et al*., 2000b) สัดส่วนของ n-6/n-3 PUFA ในเนื้อเยื่อไขมันของสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้นโดยมากมักพบว่ามีอยู่สูงกว่าความต้องการของร่างกายมนุษย์ซึ่งส่งผลต่อการเพิ่มคอเลสเตอรอลในกระแสเลือด (Gibney, 1993) ดังนั้นการเติมแหล่งของ linolenic เข้าไปในอาหารสัตว์จะทำให้เกิดการสะสมของกรดไขมันชนิดนี้ในเนื้อเยื่อสัตว์และส่งผลดีต่อผู้บริโภคเพื่อปรับปรุงความสมดุลของสัดส่วน PUFA นั้นๆ (Ponnampalam *et al*., 2001)

จากการศึกษาผลของอาหาร (หญ้าและอาหารข้น) ต่ออัตราการสร้าง triglyceride และ phospholipids และกรดไขมันอื่นๆ ในเนื้อสันนอกของแกะพบว่า ในแกะที่ได้รับหญ้าเป็นอาหารจะมีปริมาณของ triglyceride ต่ำกว่าและมี phospholipids สูงกว่าแกะที่ได้รับอาหารข้น triglyceride ในแกะที่ได้รับหญ้าเป็นอาหารมีสัดส่วนของ palmitic acids (C16:0) monounsaturated fatty acids (MUFA), linoleic acid (C18:2n-6) and other (n-6) polyunsaturated fatty acids (PUFA) ต่ำกว่าและพบปริมาณของ stearic acid (C18:0), linolenic acid (C18:3n-3), cis 9, 11 trans C18:2 and trans monounsaturated fatty acids อีกทั้ง Aurousseau *et al*. (2004) รายงานว่าในแกะที่ได้รับหญ้าพบ MUFA, C18:2n-6 and (n-6) PUFA ต่ำกว่าและ C18:3n-3, (n-3) PUFA and cis 9, 11 trans C18:2 สูงกว่าแกะที่ได้รับอาหารข้น เช่นเดียวกับการทดลองของ Demirel *et al*. (2006) พบว่าการเพิ่ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปอร์เซ็นต์ของหญ้าเพื่อเป็นอาหาร นำไปสู่การเพิ่มกรดไขมันในไขมันแทรกในเนื้อแกะ โดยกรดไขมันชนิด n-3 PUFA จะพบในสัตว์ที่ได้รับหญ้าเป็นอาหารสูงกว่าในสัตว์ที่ได้รับอาหารข้น

Spanghero *et al*. (2004) รายงานว่า ไขมันแทรกในเนื้อกระบือนั้นมีเปอร์เซ็นต์ไขมันอิ่มตัวอยู่สูงกว่าเนื้อโค โดยพบว่ามีปริมาณของ stearic acid สูง แต่มี polyunsaturated fatty acid (PUFA) ในระดับต่ำมากเนื่องจากมีสัดส่วนของ n-6 PUFA/n-3 PUFA สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**Table 11** Feeding induced changes in CLA proportions of intramuscular fatty acids

| Feed (supplement) | Cattle | Sheep | Pigs | Chicken | Reference(s) |
|---|---|---|---|---|---|
| Grass (pasture) | +,± | + | | | French *et al*. (2000b), Poulson *et al*. (2004), Nuernberg *et al*. (2002), Aurousseau *et al*. (2004), Nuernberg *et al*. (2004), Santos-Silva *et al*. (2002), Sonon *et al*. (2004), Realini *et al*. (2004) |
| Sunflower seeds | + | + | | | Casutt *et al*. (2000), Santos-Silva *et al*. (2003) |
| Safflower seeds | | + | | | Kott *et al*. (2003), Bolte *et al*. (2002) |
| Linseed | ±,+ | | | | Casutt *et al*. (2000), Strzetelski *et al*. (2001), Stasiniewicz *et al*. (2000), Wachira *et al*. (2002), Enser *et al*. (1999), Demirel *et al*. (2004) |
| Rapeseed | (-) | | | | Casutt *et al.* (2000) |
| Soybeans | ±,+ | | | | Madron *et al*. (2002), Aharoni *et al.* (2004) |
| Chickpeas | | + | | | Priolo *et al*. (2003) |
| Crushed raw flax | + | | | | Aharoni *et al*. (2004) |
| Sunflower oil | + | + | | | Ivan *et al*. (2001), Mir *et al*. (2003), Mir *et al*. (2002), Noci *et al*. (2005) |
| Linseed oil | | ± | | | Szumacher-Strabel *et al*. (2001) |
| Rapeseed oil | ± | ± | | | Strzetelski *et al.* (2001), Stasiniewicz *et al.* (2000), Szumacher-Strabel *et al.* (2001) |
| Safflower oil | | + | | | Mir *et al*. (2000b) |
| Soybean oil | ±,- | + | | | Beaulieu *et al.* (2002), Griswold *et al*. (2003), Santos-Silva *et al.* (2004) |
| Fish oil | + | ± | | | Enser *et al*. (1999), Demirel *et al*. (2004), Wachira *et al.* (2002) |
| CLA | | | + | + | Lauridsen *et al.* (2005), Bee (2001), Eggert *et al*. (2001), Joo *et al*. (2002), , Sirri *et al.* (2003), Szymezyk *et al*. (2001) |
| Partially hydrogenated oil/fat | | | + | | Gläser *et al.* (2002) |
| Ruminally protected lipid supplement | ± | | | | Scollan *et al*. (2003) |

+ Means significant increase, - means significant decrease, ± means no effect, brackets mean non-significant changes.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved