

ศักยภาพการเลี้ยงขุนโคนมเพศผู้ในประเทศไทย

The Potential of Finishing Male Dairy Cattle in Thailand

วัชรวิทย์ มีหนองใหญ่^{1*} และ วิโรจน์ ภัทรจินดา²

Watcharawit Meenongyai^{1*} and Virote Pattarajinda²

¹ ภาควิชาเกษตรและทรัพยากร คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

¹ Department of Agro-Resources, Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University Chalemphrakiat Sakon Nakhon Province Campus

² ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

² Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University

บทคัดย่อ: การบริโภคเนื้อโคทั่วโลกมีปริมาณเพิ่มขึ้นทำให้การส่งออกโคเนื้อมีชีวิตของประเทศไทยเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมการผลิตเนื้อโคเนื่องจากจำนวนโคเนื้อที่มีชีวิตขาดแคลน การนำโคนมเพศผู้มาเลี้ยงขุนเพื่อผลิตเนื้อคุณภาพจึงเป็นกลยุทธ์ในการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่กำลังเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตามการเลี้ยงขุนโคนมเพศผู้มีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อการเติบโตและคุณภาพซาก โดยโคโฮลสไตน์ฟรียเซียนเป็นพันธุ์โคนมขนาดใหญ่ที่สุดและเป็นพันธุ์ที่นิยมเลี้ยง และโคลูกผสมระหว่างโฮลสไตน์ฟรียเซียนกับโคเนื้อสายพันธุ์ต่างๆ จะมีอัตราการเจริญเติบโตและคุณภาพซากสูงกว่าโคนมพันธุ์อื่นๆ ซึ่งโคนมเพศผู้สามารถเข้าสู่โปรแกรมการขุนได้ตั้งแต่น้ำหนักประมาณ 68-114 กิโลกรัม และการเลี้ยงขุนโคเพศผู้ไม่ตอนด้วยหญ้าเป็นหลักจะเป็นแนวทางการผลิตเนื้อแดง ซึ่งการตอนจะทำให้โคมีไขมันแทรกในเนื้อสูงขึ้น และการตอนเมื่ออายุ 1 ปีขึ้นไปจะทำให้มีน้ำหนักซากและอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าการตอนก่อนถึงวัยหนุ่มสาว การเลี้ยงขุนด้วยอาหารข้นพลังงานสูงอย่างต่อเนื่องจะทำให้โคมีอัตราการเจริญเติบโตได้เฉลี่ย 1.27 กิโลกรัม/วัน ซึ่งใช้เวลาเลี้ยงประมาณ 345 วัน โดยการจำกัดการกินวิตามินเอในอาหารช่วงการเลี้ยงขุนอย่างน้อย 217 วันก่อนฆ่าและอายุโคเมื่อฆ่าไม่ต่ำกว่า 3 ปี จะเป็นแนวทางเพิ่มไขมันแทรกในเนื้อให้สูงขึ้น สำหรับการเลี้ยงขุนด้วยหญ้าสดเป็นหลักหรือการเสริมเมล็ดพืชไขมัน จะทำให้เนื้อโคมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวและมีกรดไขมันทรานส์คอเลสเตอรอลสูง และน้ำหนักโคมีชีวิตเมื่อฆ่าประมาณ 455 – 636 กิโลกรัม หรือน้ำหนักซากประมาณ 273 – 432 กิโลกรัม จะเป็นที่ต้องการของตลาด ดังนั้นการเลี้ยงขุนโคนมเพศผู้จะเป็นการเพิ่มผลผลิตเนื้อโคสู่ตลาดและเป็นการเพิ่มมูลค่าของโคนมเพศผู้ให้สูงขึ้น

คำสำคัญ: โฮลสไตน์ฟรียเซียน; โคขุน; คุณภาพซาก; ไขมันแทรก

ABSTRACT: The increasing global beef consumption drove up the live beef cattle exportation in Thailand, affecting the beef industry due to a shortage of live cattle. Fattening male dairy cattle is a strategic option for responding to rising consumer demand. However, feedlot male dairy cattle have several factors that affected the growth performance and carcass quality. The Holstein-Friesian is the largest of the dairy breeds and is the most popular. Crossbreeding between Holstein-Friesian and beef cattle breeds showed a greater growth rate and carcass quality than purebred Holstein. Male dairy cattle can be fattened from 68-114 kg, and finishing cattle with a forage-based diet contributes to producing lean beef. Castration helps to improve marbling, and male cattle castrated after one year of age had a greater carcass weight and growth rate than castration before puberty. Continuous feeding of a high-energy concentrate diet increases the growth rate of male dairy cattle up to 1.27 kg/d with about 345 days on feed. Vitamin A restriction at least 217 days before slaughter increased marbling in beef cattle. The cattle are slaughtered at not less than 3 years to improve the marbling in beef cattle. Finishing cattle with a forage-based diet or including oilseeds in the diet resulted in higher unsaturated fatty acid and conjugated linoleic fatty acids

* Corresponding author: csnwmm@ku.ac.th

Received: date; December 29, 2020 Accepted: date; July 12, 2021 Published: date; February 5, 2022

proportion in beef. The live body weight at slaughter, about 455 - 636 kg, or carcass weight about 273 - 432 kg, would be marketable. Therefore, fattening male dairy cattle might be an appropriate method to increase beef yield to the market and increase the value-added of male dairy cattle.

Keywords: Holstein-Friesian; finishing cattle; carcass quality; marbling

บทนำ

การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรส่งผลให้มนุษย์พัฒนาระบบการผลิตทางการเกษตร เพื่อสร้างความมั่นคงทางอาหารสำหรับเลี้ยงประชากรโลกที่คาดว่าจะเพิ่มสูงขึ้นถึง 9 พันล้านคน ในปี ค.ศ. 2050 (Oliver et al., 2013) ในด้านการผลิตโคเนื้อได้ปรับเปลี่ยนจากการเลี้ยงแบบปล่อยและเลี้ยงตามทุ่งหญ้าธรรมชาติเป็นระบบการเลี้ยงขุนในคอก โดยมุ่งให้โคมีการเติบโตอย่างรวดเร็วในระยะเวลาสั้นด้วยการให้อาหารอย่างเต็มที่ ซึ่งมีทั้งเลี้ยงขุนโดยใช้อาหารข้นเป็นหลักเพื่อให้โคมีการเจริญเติบโตที่รวดเร็วและได้น้ำหนักซากที่สูง (Johnston and Graser, 2010) โดย OECD-FAO (2020) รายงานว่าการบริโภคเนื้อโคทั่วโลกคาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็น 76 ล้านตันในช่วงสิบปีข้างหน้า (2020-2029) โดยคาดว่าจะเพิ่มสูงขึ้นถึง 16% เมื่อเทียบกับการบริโภคเนื้อโคในปัจจุบัน และคาดการณ์ว่าทวีปเอเชียจะเป็นภูมิภาคเดียวที่มีการบริโภคเนื้อโคต่อหัวเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะประเทศจีนซึ่งมีการบริโภคเนื้อโคเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และคาดการณ์ว่าการนำเข้าเนื้อโคของจีนจะสูงขึ้นถึง 4% หรือประมาณ 2.9 ล้านตันในปี 2021 (USDA, 2020) ซึ่งจากสถิติในปี พ.ศ. 2563 พบว่าประเทศไทยมีจำนวนโคเนื้อ 6.14 ล้านตัว (กรมปศุสัตว์, 2563ก) และส่งออกเนื้อโคมีชีวิตไปจำหน่ายยังต่างประเทศ 330,000 ตัว โดยเพิ่มขึ้นจากปี 2562 ประมาณ 6.83% โดยส่งไปยังประเทศ เวียดนาม และจีน (กรมปศุสัตว์, 2563ข) ส่งผลให้จำนวนโคต้นน้ำที่จะนำมาขุนส่งตลาดมีจำนวนลดลงและเริ่มขาดแคลน (กรมปศุสัตว์, 2558) ดังนั้นการจัดหาโคทดแทนเพื่อเลี้ยงขุนจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้สอดคล้องกับการขยายตัวของตลาด

ในปี พ.ศ. 2563 กรมปศุสัตว์ (2563ก) รายงานว่า ประเทศไทยมีจำนวนโคนมทั้งหมด 707,236 ตัว จำแนกเป็นโคนมเพศผู้จำนวน 36,686 ตัว คิดเป็น 5.19% และมีโคนมเพศเมียจำนวน 670,550 ตัว คิดเป็น 94.81% ของจำนวนโคนมทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องจากโคนมเพศผู้มีการขายออกจากฟาร์มทันทีหลังคลอด 1 สัปดาห์ จึงทำให้จำนวนโคเพศผู้หายไปจากระบบการผลิตเป็นจำนวนมาก โดยรายได้จากการขายโคนมเพศผู้แรกเกิดคิดเป็น 1-2% ของรายได้ทั้งหมดในฟาร์มโคนม แต่หากนำโคนมเพศผู้มาเลี้ยงขุน จะทำให้ได้ผลตอบแทนจากการจำหน่ายเพิ่มขึ้นเป็น 15% ของรายได้ทั้งหมดในฟาร์ม (Wardynski, 2012) และสามารถเพิ่มปริมาณเนื้อโคที่ขาดแคลนได้ ซึ่งในปัจจุบันหลายประเทศทั่วโลกกำลังให้ความสำคัญกับการเลี้ยงขุนโคนมเพศผู้ โดยพบว่าเนื้อโคที่ผลิตได้ในสหรัฐอเมริกาได้มาจากโคนมขุนเพศผู้สูงถึง 15-20% หรือ 8.0-8.5% ในออสเตรเลียและยุโรป (Cottle and Kahn, 2014; Boler et al., 2009) โคนมเพศผู้มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพได้ดี และไขมันหุ้มซากบริเวณเนื้อสัน (Back fat) ต่ำ แต่เปอร์เซ็นต์ซากและพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันจะน้อยกว่าโคเนื้อทั่วไป (Chester-Jones and DiCostanzo, 1996) ส่วนในด้านรสชาติ (flavor) พบว่าเนื้อโคขุนเพศผู้ไม่มีความแตกต่างกับเนื้อโคลูกผสมชาร์โลเลส์ และลักษณะของกลิ่น (aroma volatiles) มีความแตกต่างเพียงเล็กน้อยกับเนื้อโคพันธุ์แองกัส (Elmore et al., 2004) อย่างไรก็ตามเลี้ยงขุนโคนมเพศผู้ในประเทศไทยยังมีข้อมูลค่อนข้างจำกัด ทั้งรูปแบบการเลี้ยงและยังมีข้อควรพิจารณาหลายประการที่อาจส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตและคุณภาพซาก ดังนั้นการศึกษาอิทธิพลที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเติบโตและคุณภาพซากของโคนมขุนเพศผู้ จะเป็นแนวทางในการผลิตเนื้อโคให้มีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค

อิทธิพลของสายพันธุ์โคนมต่อประสิทธิภาพการเติบโตและคุณภาพซาก

ในประเทศไทยเริ่มมีการเลี้ยงโคนมตั้งแต่ปี 2450 ซึ่งโคในตระกูล *Bos indicus* ที่นำเข้ามาเลี้ยง ได้แก่ พันธุ์เรดซินดี (Red Sindhi) และ ซาฮิวาล (Sahiwal) และ โคในตระกูล *Bos taurus* ที่นำเข้ามาเลี้ยง ได้แก่ พันธุ์เจอร์ซี่ (Jersey) เรดเดน (Red Dane) บราวน์สวิส (Brown Swiss) และ โฮลสไตน์ฟรีเซียน (Holstein-Friesian) ปัจจุบันโคพันธุ์ Holstein-Friesian จะเป็นสายพันธุ์ที่เกษตรกรส่วนใหญ่เลี้ยงเนื่องจากเป็นโคที่ให้ผลผลิตนมสูง (วิโรจน์, 2546) โดยโคโฮลสไตน์ฟรีเซียนเป็นพันธุ์โคนมที่นิยมเลี้ยงและมีขนาดใหญ่ที่สุด (McGuffey and Shirley, 2011) และดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นโคนมเพศผู้ในประเทศไทยถูกจำหน่ายออกจากฟาร์มตั้งแต่เป็น

ลูกโคและการนำมาใช้เลี้ยงขุนเพื่อผลิตเนื้อยังมีไม่มากนัก อย่างไรก็ตามการเลี้ยงขุนโคนมเพศผู้มีอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ (Boler et al., 2009) เนื่องจากสามารถคาดการณ์ประสิทธิภาพการเติบโตได้และให้น้ำหนักซากสูง โดยโคนมขุนทั้งหมดในสหรัฐอเมริกา ประมาณ 90% คือโคนมพันธุ์ Holstein-Friesian (Duff and McMurphy, 2007) นอกจากนี้การเลี้ยงขุนโคนมมีทั้งโคนมสายพันธุ์แท้ และลูกผสมระหว่างโคนมกับโคเนื้อ ซึ่งวัตถุประสงค์ของการผสมข้ามคือ ในกรณีที่ไม่ต้องการโคนมสาวทดแทน และต้องการทดสอบสมรรถนะการเจริญเติบโตของโคลูกผสมซึ่งจะได้รับจุดเด่นจากพ่อและแม่ที่ต่างสายพันธุ์ (Heterosis) และมีคุณภาพซากดีกว่าโคนมพันธุ์แท้ (McNamee et al., 2015) โดย Lehmkuhler and Ramos (2008) ทำการศึกษาการเลี้ยงขุนโคนมเพศผู้ตอน 2 สายพันธุ์ คือ Holstein-Friesian และ Jersey พบว่า โคพันธุ์ Holstein-Friesian มีอัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อวัน น้ำหนักซากอ่อน พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน และเปอร์เซ็นต์ซากสูงกว่าโคนมพันธุ์ Jersey ในขณะที่ระดับไขมันแทรกไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ Bozkurt and Dogan (2016) รายงานว่าการเลี้ยงขุนโคนมเพศผู้อายุ 6 เดือน 2 สายพันธุ์ คือ Holstein-Friesian และ Brown Swiss ทำการเลี้ยงขุน 12 เดือน พบว่า น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงขุน (502 และ 493 กิโลกรัม ตามลำดับ) น้ำหนักเพิ่มตลอดการเลี้ยง (344 และ 361 กิโลกรัม ตามลำดับ) และอัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (0.985 และ 1.028 กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม Diler et al. (2016) ศึกษาการเลี้ยงขุนโคนมเพศผู้ 2 สายพันธุ์ คือ Holstein-Friesian และ Brown Swiss (น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 196.7 และ 193.1 กิโลกรัม ตามลำดับ) ให้กินอาหารครบส่วนในอัตราอาหารหยาบ 70% และ อาหารข้น 30% เมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงขุน 280 วัน พบว่า โคพันธุ์ Brown Swiss มีน้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงขุน (445.1 และ 479.4 กิโลกรัม ตามลำดับ, $P<0.01$) และมีน้ำหนักเพิ่มสูงกว่าโคพันธุ์ Holstein-Friesian (248.4 และ 286.3 กิโลกรัม ตามลำดับ, $P<0.01$) แต่น้ำหนักซากเย็น (237.4 และ 248.6 กิโลกรัม ตามลำดับ) ความยาวซาก (139.8 และ 140.2 เซนติเมตร ตามลำดับ) เปอร์เซ็นต์ซากเย็น (53.3 และ 51.9% ตามลำดับ) และเกรดไขมันแทรก (2.5 และ 3.3 ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่ง Garip et al. (2010) รายงานว่า โคพันธุ์ Brown Swiss เพศผู้ อายุ 10-12 เดือน ใช้ระยะเวลาขุน 6-8 เดือน ด้วยการให้อาหารที่เหมาะสม จะทำให้โคมีน้ำหนักมีชีวิต 500-550 กก. ซึ่งเป็นน้ำหนักเมื่อฆ่าที่เหมาะสมที่จะทำให้ผู้เลี้ยงได้ผลกำไรสูงสุด และ Keane et al. (2002) ศึกษาการเติบโตของโคนมพันธุ์ Holstein-Friesian (HF) และโคลูกผสม Piemontese x Holstein Friesian (PF) และ Romagnola x Holstein-Friesian (RF) ซึ่งทำการฆ่าและวัดคุณภาพซากเมื่อโคอายุครบ 2 ปี พบว่าสมรรถนะการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของโคลูกผสม PF และ RF สูงกว่าโคนมพันธุ์แท้ สอดคล้องกับ Huuskonen (2013) ซึ่งทำการเปรียบเทียบสมรรถนะการให้ผลผลิตระหว่างโคนมเพศผู้พันธุ์แท้ Holstein-Friesian (HF) และลูกผสมระหว่างโคนมและโคเนื้อ ซึ่งจากข้อมูลคุณภาพซากของโคทั้งหมดที่ได้รับจากโรงฆ่าสัตว์ จำแนกเป็นโคนมพันธุ์แท้ HF จำนวน 87,323 ตัว โคลูกผสม HFxAberdeen Angus (HFxAb) จำนวน 783 ตัว, HolxBlonde d'Aquitaine (HFxBa) จำนวน 621 ตัว, HFxCharolais (HFxCh) จำนวน 562 ตัว, HFxHereford (HFxHF) จำนวน 349 ตัว, HFxLimousin (HFxLi) จำนวน 1691 ตัว และ HFxSimmental (HFxSi) จำนวน 570 ตัว พบว่าลูกผสมระหว่างโคนมและโคเนื้อมีอัตราการเติบโตและน้ำหนักซากสูงกว่าโคนมพันธุ์แท้ ($P<0.01$) อย่างไรก็ตามองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อไม่พบความแตกต่างระหว่างโคนมพันธุ์แท้ (HF) และโคลูกผสม Belgian Blue x HF (Moreno et al., 2008) และ Rust and Abney (2005) ศึกษาการเติบโตและคุณภาพซากของโคเพศผู้ตอนสายพันธุ์ HF เปรียบเทียบกับ โคเนื้อสายพันธุ์ต่างๆ จาก 13 งานทดลอง ในโคเพศผู้ตอนจำนวน 1559 ตัว พบว่าโคพันธุ์ HF มีน้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มขุนต่ำกว่าโคเนื้อสายพันธุ์อื่นๆ (240 และ 254 กก. ตามลำดับ) และโคพันธุ์ HF ใช้เวลาเลี้ยงขุนนานกว่าโคเนื้อสายพันธุ์อื่นๆ 47 วัน ($P<0.08$) โดยน้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการขุนสูงกว่าโคเนื้อสายพันธุ์ต่างๆ (456 และ 420 กก. ตามลำดับ) ในขณะที่อัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อวันใกล้เคียงกัน (1.24 และ 1.27 กก/วัน ตามลำดับ) โคพันธุ์ HF มีการกินได้ของวัตถุแห้งต่อวันสูงกว่าโคเนื้อสายพันธุ์ต่างๆ ประมาณ 3.7% (8.36 และ 8.05 กก/วัน ตามลำดับ) แต่การกินได้ของวัตถุแห้งต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวไม่แตกต่างกัน และพบว่าโคพันธุ์ HF มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักสูงกว่าโคเนื้อสายพันธุ์ต่าง (6.68 และ 7.13 ตามลำดับ) ซึ่งโดยรวมแล้วสรุปได้ว่าโคพันธุ์ HF มีสมรรถนะการเติบโตใกล้เคียงกับโคเนื้อสายพันธุ์ต่างๆ ส่วนด้านคุณภาพซากพบว่า โคพันธุ์ HF มีเปอร์เซ็นต์ซากต่ำกว่าโคเนื้อสายพันธุ์อื่นๆ 47 วัน (59.1 vs. 61.9%; $P<0.003$) ในขณะที่น้ำหนักซากอ่อนไม่แตกต่างกันดังแสดงใน **Table 1**

Table 1 Comparison of hot carcass weight and dressing percent between Holstein and beef steers

Author	Breed Comparison ^a	Animals/trt		Days on feed		HCW, kg		Dressing percent	
		HF	Beef	HF	Beef	HF	Beef	HF	Beef
Garrett (1971)	HF vs H	8	8	140	140	265	280	58.2	59.5
Garrett (1971)	HF vs H	16	16	178	178	267	278	62	63.2
Windels et al. (1971)	HF vs H	40	40	180	148	-	-	-	-
Smith et al. (1973)	HF vs H*AN	159	177	199	178	-	-	-	-
Smith et al. (1974)	HF vs H*AN	177	182	282	248	-	-	-	-
Garcia et al. (1977)	HF vs H	15	11	122	206	251	274	60.3	63.8
Perry et al. (1991)	HF vs AN*SIMM	24	48	218	141	-	-	-	-
Abney (2004)	HF vs AN	70	70	312	172	343	343	58.4	61.7
Abney (2004)	HF vs AN	90	110	170	116	384	362	58.7	61.3
Average		61	69	200	170	305	311	60	62

HF=Holstein-Friesian, H = Hereford, AN= Angus, SIMM= Simmental, Br = Brahman

Source: Adapted from Rust and Abney (2005)

Nuernberg et al. (2005) ทำการศึกษากระบวนการเลี้ยงขุนและสายพันธุ์โคต่อคุณภาพและองค์ประกอบของเนื้อ โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างโคเนื้อเพศผู้พันธุ์ German Simmental (GS) และโคเนื้อพันธุ์ German Holstein (GH) ซึ่งเลี้ยงด้วยอาหารข้นเป็นหลักหลักเปรียบเทียบกับเลี้ยงด้วยหญ้าเป็นหลัก พบว่าโคเนื้อพันธุ์ GS มีอัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อวันสูงกว่าโคเนื้อพันธุ์ GH อย่างไรก็ตามพบว่าค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Shear force) ของโคเนื้อพันธุ์ GH มีค่าต่ำกว่า โคเนื้อพันธุ์ GS และ Albrecht et al. (2011) ศึกษาการเติบโตของโคเนื้อเพศผู้ตอน พันธุ์ Japanese Black (JB) และโคเนื้อเพศผู้ตอน พันธุ์ Holstein-Friesian (HF) โดยทำการเลี้ยงขุนด้วยอาหารข้นที่มีระดับพลังงานสูง และทำการฆ่าเพื่อวัดคุณภาพซาก ที่อายุเมื่อฆ่า 10, 14, 18 และ 22 เดือน พบว่าโคเนื้อพันธุ์ JB มีการสะสมของไขมันในเนื้อสูงกว่าโคพันธุ์ HF ประมาณ 14% อย่างไรก็ตามโคพันธุ์ JB มีอัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อวันต่ำกว่าโคพันธุ์ HF (753 ± 25 และ 963 ± 69 กรัม/วัน ตามลำดับ; $P < 0.01$) และน้ำหนักซากอุนมีแนวโน้มต่ำกว่าโคพันธุ์ HF (393 ± 13 และ 460 ± 29 กก. ตามลำดับ; $P < 0.1$) Corazzin et al. (2012) ทำการเปรียบเทียบการขุนโคเพศผู้ ระหว่างโคเนื้อพันธุ์ Italian Holstein (IH) และโคเนื้อพันธุ์ Italian Simmental (IS) โดยมีอายุเฉลี่ย 5 เดือน และ น้ำหนักเฉลี่ย 175.8 กิโลกรัม พบว่าโคเนื้อพันธุ์ IS มีอัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อวันสูงกว่าโคเนื้อพันธุ์ IH (1.21 และ 1.37 กก./วัน ตามลำดับ; $P < 0.01$) และโคเนื้อพันธุ์ IS มีเปอร์เซ็นต์ซากสูงกว่าโคเนื้อพันธุ์ IH (55.0 และ 57.4% ตามลำดับ; $P < 0.01$) อย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์การสะสมของไขมันแทรกไม่แตกต่างกันทางสถิติ สำหรับองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อ Brugiapaglia et al. (2014) ทำการศึกษาขององค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อโคหนุ่มตัวผู้ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ Holstein-Friesian (HF) Piemontese (PM) และ Limousin (Li) พบว่าโคพันธุ์ HF มีไขมันแทรก และกรดไขมัน oleic acid and CLA cis-9 trans-11 สูงกว่าโคเนื้อพันธุ์ PM และ Li แต่ไม่พบความแตกต่างของปริมาณโคเลสเตอรอลในเนื้อ ซึ่งจากข้อมูลการศึกษาของอัตราการเติบโตและคุณภาพซากชี้ให้เห็นว่าโคเนื้อพันธุ์สามารถนำมาเลี้ยงเพื่อเป็นโคขุนทดแทนได้ และการเลี้ยงขุนโคเนื้อพันธุ์ส่วนใหญ่แล้วจะนิยมใช้โคเนื้อพันธุ์ HF ซึ่งจะให้น้ำหนักซากสูง และอัตราการเติบโตไม่แตกต่างกับโคเนื้อ และการเลี้ยงขุนโคลูกผสมระหว่างโคเนื้อพันธุ์ HF กับโคเนื้อจะให้คุณภาพซากที่ดีกว่าโคเนื้อ HF พันธุ์แท้

อิทธิพลของอายุและน้ำหนักโคนมเพศผู้ต่อประสิทธิภาพการเติบโตและคุณภาพซาก

อายุของโคเมื่อฆ่าเป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพเนื้อ โดยพบว่าเนื้อโคที่มีอายุอยู่ในวัยหนุ่มสาวจะมีคุณภาพดีและมีความนุ่ม เนื่องจากโมเลกุลของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันภายในเนื้อยังมีปริมาณไม่มากและโครงสร้างที่ทำให้เนื้อเหนียวอยู่ในระดับต่ำ (บุญชู, 2548) สอดคล้องกับ ซัยนรงค์ (2529) รายงานว่าความนุ่มของเนื้อโคจะลดลงจนเกือบเรียกได้ว่าเหนียวนั้น จะปรากฏชัดเจนเมื่อโคอายุ 30 เดือน (2 ปีครึ่ง) และโคที่อายุมากกว่านี้เนื้อจะเหนียวมากขึ้นตามลำดับแต่จะเป็นไปอย่างช้าๆและต่อเนื่อง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วโคขุนคุณภาพควรมีอายุเมื่อฆ่าไม่เกิน 3 ปี (จุฑารัตน์ และญาณิน, 2548) ซึ่ง Gullett et al. (1996) รายงานว่าเนื้อสันของโคที่มีอายุ 12 เดือน มีความนุ่มมากกว่าโคที่มีอายุ 17 และ 24 เดือน สอดคล้องกับ Kim et al. (2007) รายงานว่าน้ำหนักซากในโคที่มีอายุมากกว่า 36 เดือน แต่ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของโคที่อายุ 24-36 เดือน จะมีค่าต่ำกว่ากลุ่มโคที่อายุมากกว่า 36 เดือน (Table 2) ซึ่งในโคที่มีอายุน้อยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันจะมีความสัมพันธ์สูงกับ myofibrils โดยเฉพาะในส่วนเนื้อสัน และในโคที่มีอายุมากเนื้อเยื่อเกี่ยวพันจะมีความสัมพันธ์และมีจำนวนมากในเนื้อส่วนสะโพก (Schönfeldt and Strydom, 2011) ซึ่งปัจจัยด้านอายุต่อความนุ่มของเนื้อเป็นผลมาจากโครงสร้างและคุณสมบัติทางเคมีในกล้ามเนื้อลาย โดยเฉพาะ myofibrils และ intermediate filaments รวมทั้งเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในกล้ามเนื้อ (endomysium และ perimysium) ซึ่งประกอบด้วย collagen ซึ่งจะมีการสะสมมากขึ้นเมื่อโคมีอายุมากขึ้น (Takahashi, 1996)

Table 2 Carcass weight, intramuscular fat content, muscle pH and shear force values within age groups

Trait	Age group (months)		
	< 24	24–36	> 36
Hot carcass weight, lb	518.9 ^a	581.2 ^b	640.8 ^c
Intramuscular fat content, %	5.04	4.27	4.54
Muscle pH	5.68	5.73	5.73
Shear force value	5.23 ^{a,b}	4.97 ^a	5.51 ^b

^{a,b,c} Means within a row not sharing a common letter differ significantly ($P < 0.05$)

Source: Adapted from Kim et al. (2007)

โคนมเพศผู้เมื่อได้รับนมแม่เหลืองครบ 1 สัปดาห์ จะถูกเลี้ยงในคอกอนุบาลเป็นเวลา 60 วัน ก่อนทำการหย่านม และหลังจากนั้นจะทำการเลี้ยงด้วยอาหารชั้นพลังงานสูง จนน้ำหนักโคได้ 125 กิโลกรัม จึงย้ายเข้าสู่โปรแกรมการขุน (Duff and McMurphy, 2007) โดย Lengyel et al. (2003) ทำการศึกษาคุณภาพซากและองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อโคพันธุ์ Holstein-Friesian ที่อายุแตกต่างกันเมื่อฆ่า โดยนำลูกโคนมเพศผู้หย่านมที่อายุ 2 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 98 กิโลกรัม นำมาเลี้ยงขุนและให้กินอาหารอย่างเต็มที่ (ad libitum) และทำการฆ่าเพื่อหาองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อ เมื่อโคอายุครบ 7 เดือน (น้ำหนัก 245 ± 22.4 กิโลกรัม.), 14 เดือน (น้ำหนัก 396 ± 13.9 กิโลกรัม) และ 19 เดือน (น้ำหนัก 459 ± 21.0 กิโลกรัม) ผลการทดลองพบว่าอายุโคที่ฆ่าเมื่ออายุ 19 เดือน จะมีปริมาณเนื้อแดงสูงสุด (676.2, 700.8 และ 725.1 กิโลกรัม; $P < 0.05$) และ โคที่ฆ่าเมื่ออายุ 14 และ 19 เดือนจะมีเปอร์เซ็นต์ไขมันแทรกสูงกว่าโคที่ฆ่าเมื่ออายุ 7 เดือน ($P < 0.05$) และพบว่าเมื่อโคอายุมากขึ้นกรดไขมันไม่อิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ 1 ตำแหน่ง (monounsaturated fatty acids) จะเพิ่มขึ้น แต่กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่หลายตำแหน่ง (polyunsaturated fatty acids) จะลดลง และ Marti et al. (2013) รายงานว่าอายุเมื่อฆ่าของโคนม Holstein-Friesian เพศผู้ได้แก่ 10, 12, และ 14 เดือน มีผลต่อการเติบโตและคุณภาพซาก โดยพบว่าอายุเมื่อฆ่าที่สูงขึ้นส่งผลให้การกินได้ น้ำหนักซากอุ่น และไขมันแทรกในเนื้อสูงขึ้น ($P < 0.05$) Albrecht et al. (2006) ศึกษาการสะสมของไขมันแทรกในกล้ามเนื้อของโคเนื้อเพศผู้ไม่ตอนที่อายุเมื่อฆ่าแตกต่างกัน โดยใช้โค 4 สายพันธุ์คือ German Angus, Galloway, Holstein-Friesian และ Belgian Blue โดยทำการฆ่าเมื่ออายุ 2, 4, 6, 12, และ 24 เดือน พบว่าเมื่ออายุเพิ่มขึ้นการสะสมของไขมันแทรกจะสูงขึ้น นอกจากนี้ผู้รับซื้อโคส่วนใหญ่จะนิยมซากโคที่มีน้ำหนักประมาณ 273 – 432 กิโลกรัม หรือน้ำหนักโคมีชีวิตประมาณ 455 – 636 กิโลกรัม เนื่องจากการฆ่าที่น้ำหนักซากที่ต่ำกว่า 273 กิโลกรัม จะมีกำไรน้อยเนื่องจากทำให้

ต้นทุนการผลิตต่อน้ำหนักโคสูงชัน รวมทั้งน้ำหนักซากที่มากกว่า 432 กิโลกรัม จะทำให้ชิ้นส่วนตัดแต่งมีขนาดใหญ่เกินกว่าที่ผู้บริโภคต้องการ (USDA-AMS, 2011) ดังนั้นซากโคที่มีน้ำหนักมากหรือน้อยกว่าเกณฑ์นี้จะถูกผู้ซื้อขอลดราคา (Carr et al., 2015) โดยโค *Bos indicus* หรือโคลูกผสม *Bos indicus* ที่เลี้ยงในเขตร้อนจะนิยมนำมาเลี้ยงขุนเมื่อโคอายุ 18 - 24 เดือน เพื่อให้โคมีการเติบโตทางโครงสร้างได้เต็มที่ และทำการฆ่าเมื่ออายุได้ 30 - 36 เดือน (Amatayakul-Chantler et al., 2013) ซึ่งจากการศึกษาสรุปได้ว่าอายุและน้ำหนักโคนมเพศผู้ที่เหมาะสมเมื่อฆ่าคือ 24-36 เดือน และน้ำหนักมีชีวิต 455-636 กิโลกรัม ซึ่งจะทำให้เนื้อโคมีไขมันแทรกสูงและยังคงมีความนุ่มและขนาดซากเป็นที่ต้องการของตลาด ในขณะที่อายุโคเมื่อฆ่าต่ำกว่า 24 เดือน จะทำให้ได้น้ำหนักซากน้อยและไขมันแทรกในเนื้อต่ำ และหากฆ่าเมื่ออายุมากจะทำให้ความนุ่มเนื้อลดลง อีกทั้งซากมีขนาดใหญ่ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด

อิทธิพลของการตอนต่อประสิทธิภาพการให้ผลผลิตและคุณภาพซากโคนมเพศผู้

การตอนเป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลต่อการเติบโตและคุณภาพซากของโค จากรายงานวิจัยพบว่า การตอนโคจะช่วยให้โคมีการเติบโตและมีคุณภาพซากที่ดี โดยโคตัวผู้ตอนจะให้เนื้อที่มีความนุ่ม (Hanzelková et al., 2011) และมีไขมันแทรกในเนื้อสูงกว่าโคเพศผู้ไม่ตอน (Panjono et al., 2009) ซึ่งความแตกต่างในด้านคุณภาพซากเหล่านี้ระหว่างการตอนและไม่ตอนเป็นผลมาจากฮอร์โมนเพศผู้ที่ผลิตจากอัณฑะซึ่งส่วนใหญ่จะแสดงออกหลังจากโคเป็นหนุ่ม (Mach et al., 2009) โดยในสหรัฐอเมริกาพบว่า 77% ของโคตัวผู้ที่เลี้ยงคือโคเพศผู้ตอน และประมาณ 75% ของโคนมตัวผู้ตอนทำการตอนก่อนอายุ 3 เดือน (Hilton, 2009) การตอนโคนมเพศผู้สามารถทำได้ทุกช่วงอายุ โดยการตอนนิยมทำตั้งแต่อายุ แรกเกิด 3 เดือน 6 เดือน และมากกว่า 8 เดือน (Marti et al., 2013; Bretschneider, 2005) โดย Lents et al. (2006) รายงานว่าโคที่ทำการตอนเมื่ออายุ 6-7 เดือน แล้วทำการหย่านม มีอัตราการเติบโตต่ำกว่าโคที่ตอนเมื่ออายุ 2-3 เดือน ซึ่งการเติบโตที่ช้าลงนั้นเป็นผลเนื่องมาจากการกินได้ที่ลดลง อย่างไรก็ตามการตอนเมื่อโคอายุยังน้อยอาจส่งผลต่อการเติบโตของโคได้ เนื่องจากฮอร์โมน testosterone จะเริ่มหลั่งอย่างช้าๆเมื่ออายุ 7 เดือน จนถึงอายุ 10 เดือน และการตอนโคเมื่ออายุน้อยกว่า 1 ปี จะทำให้โคขาดฮอร์โมนเพศผู้ (testosterone) ซึ่งจะส่งผลให้การเติบโตของโคลดลง (Katz, 2007) และส่งผลให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารและน้ำหนักซากลดลง (Marti et al. 2011) โดยโคเพศผู้ตอนจะมีการเติบโตน้อยกว่าโคเพศผู้ไม่ตอนประมาณ 14-19% (Bretschneider, 2005; Field, 1971) สอดคล้องกับ McNamee et al. (2015) ศึกษาสมรรถนะการให้ผลผลิตของโคนมขุนเพศผู้ตอนและไม่ตอน โดยเปรียบเทียบระหว่างโคนม Holstein-Friesian (HF), Norwegian Red x Holstein-Friesian (NR) และ Jersey x Holstein-Friesian (JE) โดยระยะขุนให้โคกินอาหารครบส่วนสัดส่วนอาหารชั้น 67% น้ำหนักแห้ง พบว่า โคนมสายพันธุ์ HF และ NR มีอัตราการเพิ่มน้ำหนักสูงกว่าโคพันธุ์ JE (836, 828 และ 761 กรัม/วัน ตามลำดับ; $P < 0.001$) และโคเพศผู้ไม่ตอนมีอัตราการเพิ่มน้ำหนักสูงกว่าโคเพศผู้ตอน (848 และ 769 กรัม/วันตามลำดับ; $P < 0.001$) โดยสอดคล้องกับน้ำหนักซาก ซึ่งพบว่าโคนมสายพันธุ์ HF และ NR มีอัตราการเพิ่มน้ำหนักสูงกว่าโคพันธุ์ JE (314, 309 และ 277 กิโลกรัม ตามลำดับ; $P < 0.001$) และโคเพศผู้ไม่ตอนมีน้ำหนักซากสูงกว่าโคเพศผู้ตอน (312 และ 289 กิโลกรัม ตามลำดับ; $P < 0.01$) แต่ระดับของกรดไขมันในซากพบว่าโคเพศผู้ไม่ตอนสูงกว่าโคเพศผู้ตอน (7.52 และ 8.93 ตามลำดับ; $P < 0.001$) และ Marti et al. (2013) ทำการศึกษาอิทธิพลของการตอนและอายุเมื่อฆ่าต่อการเติบโตและคุณภาพซากของโคนม Holstein-Friesian ได้แก่ โคเพศผู้ไม่ตอน โคเพศผู้ตอนเมื่ออายุ 8 เดือน และ โคเพศผู้ตอนเมื่ออายุ 3 เดือน พบว่าการตอนที่อายุ 8 และ 3 เดือนส่งผลให้การเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และ น้ำหนักลดลง แต่การตอนทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันแทรกในกล้ามเนื้อสูงชัน ดังแสดงใน Table 3 ซึ่งจากการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการตอนโคนมเพศผู้เมื่ออายุ 1 ปีขึ้นไป จะทำให้มีน้ำหนักซากและอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าการตอนก่อนถึงวัยหนุ่มสาวและเป็นแนวทางการเพิ่มสัดส่วนไขมันแทรกในเนื้อโค

Table 3 Growth performances and carcass quality of Holstein bulls, animals castrated at 8 mo of age (CAS8), or animals castrated at 3 months of age (CAS3)

Item	Castration age ¹			SEM	P-value
	Bulls	CAS8	CAS3		
Initial age, d	98	98	95	1.4	0.25
Final age, d	354	354	351	1.4	0.26
Initial body weight, kg	116	117	114	2.2	0.79
Final body weight, kg	489 ^a	470 ^b	459 ^b	5.2	<0.001
ADG, kg/d	1.47 ^a	1.41 ^b	1.36 ^b	0.019	<0.001
Feed efficiency	0.22 ^a	0.21 ^b	0.21 ^b	0.002	<0.01
Hot carcass weight, kg	262 ^a	249 ^b	244 ^b	3.2	<0.001
Dressing percentage, %	53.2 ^a	52.0 ^c	52.5 ^b	0.20	<0.001
WBSF d0, kg	6.6 ^a	6.3 ^{ab}	5.7 ^b	0.28	0.05
WBSF d7, kg	5.0	5.2	5.3	0.27	0.76
Intramuscular fat, %	1.6 ^c	2.3 ^b	2.9 ^a	0.13	<0.001

¹ Bulls, CAS3 = bulls castrated at 3 months of age, CAS8= bulls castrated at 8 months of age

WBSF = Warner-Bratzler shear force

Source: adapted from Marti et al. (2013)

การให้อาหารโคนมเพศผู้และอิทธิพลของระบบการเลี้ยงขุนต่อการเติบโตและคุณภาพซาก

การให้อาหารลูกโคนมเพศผู้ขึ้นอยู่กับช่วงอายุของลูกโค โดย Fanatico (2000) รายงานว่าลูกโคต้องได้รับนมแม่เหลืองทันทีภายในเวลา 1 – 2 ชั่วโมงแรกเกิด และต้องให้กินได้ประมาณ 4 – 5% ของน้ำหนักตัวภายในเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นต้องเลี้ยงด้วยนมไปประมาณ 4 สัปดาห์หลังคลอด และให้โคเริ่มกินอาหารข้นตั้งแต่อายุได้ 10 วัน ซึ่งสามารถทำการหย่านมได้เมื่ออายุระหว่าง 4 – 8 สัปดาห์ เมื่อโคมีอายุระหว่าง 10 – 20 สัปดาห์ ลูกโคจะต้องการอาหารข้นที่มีโภชนะสูง และเมื่อลูกโคอายุ 20 สัปดาห์ขึ้นไปแล้วการให้อาหารจะทำได้ง่ายขึ้นและสามารถให้อาหารหยาบได้เต็มที่ และเมื่อลูกโคมีน้ำหนักได้ประมาณ 114 กิโลกรัม จะสามารถเริ่มเข้าขุนได้

การเลี้ยงขุนโค หมายถึง การเลี้ยงโคในช่วงระยะเวลาหนึ่ง โดยที่โคได้รับอาหารที่มีโภชนะสูงและมีคุณภาพดีอย่างเต็มที่เพื่อให้โคเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและได้เนื้อที่มีคุณภาพดี (กรมปศุสัตว์, 2546) การเลี้ยงขุนโคมี 3 ระบบ ได้แก่ ระบบการเลี้ยงขุนด้วยอาหารหยาบเป็นหลัก (forage-based feeding system) ระบบการเลี้ยงขุน 2 ระยะ โดยระยะแรกเน้นให้อาหารหยาบและระยะที่สองเลี้ยงด้วยอาหารพลังงานสูงอย่างเต็มที่ และระบบการเลี้ยงขุนด้วยอาหารข้นพลังงานสูงตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงขาย (Grant et al., 1993)

1) ระบบการขุนด้วยอาหารหยาบเป็นหลัก (Grass fed or forage base) ส่วนใหญ่ผู้เลี้ยงจะให้ลูกโคกินข้าวโพดหมักอย่างเต็มที่หรือปล่อยเลี้ยงในแปลงหญ้าตลอดระยะเวลาการขุน ซึ่งระบบนี้เป็นการเลี้ยงขุนเพื่อให้ได้เนื้อโคที่มีคุณลักษณะเฉพาะ เช่น ต้องการเพิ่มสัดส่วนของเนื้อแดงหรือเนื้อที่มีไขมันต่ำ (Elswyk and McNeill, 2014) มีสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัว และ กรดไขมันคอนจูเกตลิโนเลอิก (conjugated linoleic acid, CLA) สูง (Berthiaume et al., 2006) ทั้งนี้เนื่องจากในหญ้าสดมีกรดไขมันลิโนเลอิก (n-6 polyunsaturated fatty acid; PUFA) และ กรดไขมันลิโนเลนิก (n-3 PUFA) อยู่สูง ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์ CLA ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Wood et al., 2008) โดยจากงานทดลองของ Bressan et al. (2011) รายงานว่า เนื้อโคที่ได้จากการเลี้ยงขุนด้วยหญ้าสด มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิด monounsaturated fatty acid (MUFA) และ PUFA สูงกว่าเนื้อโคที่ได้จากการเลี้ยงขุนด้วยอาหารข้น (Table 4) สอดคล้องกับ Schmidt et al. (2013) และ Nuernberg et al. (2005) รายงานว่า เนื้อโคที่ได้จากการเลี้ยงขุนด้วยหญ้าสดมี CLA และ n-3 PUFA สูงกว่าเนื้อโคที่ได้จากการเลี้ยงขุนด้วยอาหารข้น

Table 4 Least squares means for sums of groups of fatty acids and nutritional relevant ratios by combinations of finishing system and genetic group

Item	Finishing system × genetic group			
	Grass		Grain	
	<i>Bos taurus</i>	<i>Bos indicus</i>	<i>Bos taurus</i>	<i>Bos indicus</i>
ΣSFA	49.22 ^a	47.94 ^a	51.43 ^b	54.95 ^c
ΣMUFA	42.84 ^a	42.47 ^a	43.50 ^a	40.39 ^b
ΣPUFA	7.94 ^a	9.59 ^b	5.06 ^c	4.66 ^c
Σn-6	4.22 ^a	4.80 ^a	3.24 ^b	2.90 ^b
Σn-3	2.33 ^a	3.14 ^b	0.66 ^c	0.53 ^c
Ratio PUFA/SFA	0.08 ^a	0.11 ^b	0.06 ^c	0.05 ^c
Ratio n-6/ n-3	1.74 ^a	1.41 ^a	4.82 ^b	5.61 ^c

^{a-c} For a given factor or combination of factors, means without a common superscript letter differ (P<0.05)

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

Source: Adapted from Bressan et al. (2011)

2) ระบบการเลี้ยงขุน 2 ระยะ (Two phase) โดยจะทำการแบ่งเป็นระยะของการให้อาหาร เช่น ให้อินแบบจำกัด (restrict feeding) ในระยะแรกและตามด้วยให้อินอย่างเต็มที่ (ad libitum) ในระยะที่สอง หรือให้อาหารที่มีสัดส่วนที่ต่างกันใน 2 ระยะของการขุน เช่น ระยะแรกจะเน้นให้อาหารหยาบ โดยให้โคกินข้าวโพดหมักอย่างเต็มที่และเสริมอาหารชั้น 1% ของน้ำหนักตัว จนโคมีน้ำหนักประมาณ 318 กิโลกรัม จากนั้นในระยะที่สองจะเลี้ยงด้วยอาหารพลังงานสูงอย่างเต็มที่จนถึงน้ำหนักเชือดที่ 455 - 591 กิโลกรัม หรือขุนด้วยอาหารครบส่วนโดยมีหญ้าหมัก 40% น้ำหนักแห้ง จนโคมีน้ำหนักถึง 386 กิโลกรัม จากนั้นขุนด้วยอาหารครบส่วนที่มีอาหารชั้น 90% จนถึงกำหนดส่งขาย (Grant et al., 1993) โดย Therkildsen et al. (2008) ทำการศึกษากระบวนการขุนโคนมเพศผู้พันธุ์ Holstein-Friesian โดยใช้โครุ่นอายุ 5 เดือน กลุ่มที่ 1) เลี้ยงขุนโดยให้อินอาหารครบส่วน (TMR) อย่างเต็มที่จนอายุครบ 10 เดือน เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ 2) ให้อาหารแบบจำกัดเป็นเวลา 3 เดือน แล้วจากนั้นให้อาหารแบบเต็มที่จนอายุครบ 10 เดือน ผลการทดลองพบว่าน้ำหนักเมื่อสิ้นสุดระยะจำกัดอาหาร โคกลุ่มที่ 1 มีน้ำหนักสูงกว่าโคกลุ่มที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญ (355 และ 276 กก. ตามลำดับ; P<0.01) และน้ำหนักเมื่อฆ่า โคกลุ่มที่ 1 มีน้ำหนักสูงกว่าโคกลุ่มที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญ (407 และ 327 กก. ตามลำดับ; P<0.01) อย่างไรก็ตามพบว่าอัตราการย่อยสลายของเส้นใยกล้ามเนื้อในโคกลุ่มที่ 2 มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มที่ 1 (1.60 และ 2.38% ตามลำดับ; P<0.1)

3) ระบบการขุนด้วยอาหารชั้นอย่างต่อเนื่อง (Continuous high or all-grain feeding) วิธีนี้จะทำให้โคมีอัตราการเติบโตอย่างรวดเร็ว เหมาะกับสภาพการขุนที่ขาดแคลนแรงงาน และภาวะที่ความต้องการเนื้อโคมีสูง ระบบนี้จะนิยมโคนมเพศผู้ น้ำหนักประมาณ 114-159 กิโลกรัม และจะขุนไปจนโคมีน้ำหนัก 477 - 545 กิโลกรัม ซึ่งใช้เวลาประมาณ 400 วัน แต่ปัญหามักพบปัญหาเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร ทำให้โคมีอัตราการตายเนื่องจากขุนโดยให้อาหารชั้นระดับสูง เป็นระยะเวลายาวนาน (Grant et al., 1993) โดย Barker et al. (1995) ศึกษากระบวนการเลี้ยงขุนโคเนื้อลูกผสม American Wagyu × Angus แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มแรกขุนแบบให้อาหารชั้นกินอย่างต่อเนื่อง 454 วัน กลุ่มที่สองเลี้ยงขุนแบบแบ่งเป็น 2 ระยะ โดย 224 วันแรกให้อินอาหารหยาบ หลังจากนั้นอีก 230 วัน ให้อินอาหารชั้นอย่างเต็มที่ ผลการทดลองพบว่าอัตราการเจริญเติบโตตลอดทั้ง 454 วัน ของทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับเปอร์เซ็นต์ซากพบว่ากลุ่มที่ 1 สูงกว่า กลุ่มที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) และค่าคะแนนของไขมันแทรกในเนื้อกลุ่มที่ 1 จะมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

Grant et al. (1993) ศึกษาการเลี้ยงขุนโดยทำการเลี้ยงขุนโคพันธุ์ Holstein-Friesian เพศผู้ตอน ตั้งแต่หย่านม โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 68 กิโลกรัม ซึ่งการเลี้ยงด้วยระบบ continuous high grain feeding โดยให้อาหารแบบ TMR ที่มีระดับโปรตีน 15% ของวัตถุดิบ เพื่อให้โคได้รับโปรตีนเพียงพอกับการเติบโตของโครงร่าง (NRC, 2001) ซึ่งมีสัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้น (R:C ratio) 20:80 โดยให้กินอย่างต่อเนื่อง ระยะนี้คาดว่าโคจะมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยสูงถึง 1.09 กิโลกรัม/วัน และจะสามารถกินอาหารได้เฉลี่ย 4.09 กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง/วัน โดยโคจะมีน้ำหนักถึง 205 กิโลกรัมโดยใช้เวลาเลี้ยงประมาณ 125 วัน ซึ่งใช้เวลาสั้นกว่าการขุนด้วยระบบ Two phase โดยจะใช้เวลานานถึง 165 วัน และมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยเพียง 0.82 กิโลกรัม/วัน ต่อมาในระยะที่ 2 เมื่อโคมีอายุและน้ำหนักที่มากขึ้นจะมีความต้องการโปรตีนสำหรับการเติบโตของโครงร่างลดลง (NRC, 2001) โดยจะเลี้ยงด้วยอาหาร TMR ที่มีระดับโปรตีน 12% ของวัตถุดิบ ซึ่งมีสัดส่วน R:C ratio เท่ากับ 30:70 โดยระยะนี้โคจะมีอัตราการเติบโตเฉลี่ย 1.36 กิโลกรัม/วัน และกินอาหารได้เฉลี่ย 7.32 กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง/วัน โดยโคจะมีน้ำหนักประมาณ 318 กิโลกรัม ใช้เวลาเลี้ยงประมาณ 85 วัน ซึ่งใช้เวลาสั้นกว่าการขุนด้วยระบบ Two phase โดยจะใช้เวลานานถึง 125 วัน และมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยเพียง 0.91 กิโลกรัม/วัน จากนั้นในระยะที่ 3 จะเลี้ยงด้วยอาหาร TMR 12% โปรตีน ซึ่งมีสัดส่วน R:C ratio เท่ากับ 15:85 โดยระยะนี้โคจะมีอัตราการเติบโตเฉลี่ย 1.36 กิโลกรัม/วัน และกินอาหารได้เฉลี่ย 10.64 กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง/วัน โดยใช้เวลาเลี้ยงประมาณ 135 วัน โคจะมีน้ำหนักประมาณ 500 กิโลกรัม ซึ่งระยะนี้การขุนด้วยระบบ Two phase จะใช้เวลาสั้นกว่า ระบบ continuous high grain feeding โดยจะใช้เวลา 120 วัน และมีอัตราการเติบโตเฉลี่ย 1.50 กิโลกรัม/วัน เนื่องจากเป็นช่วงที่โคมีการเติบโตชดเชยเมื่อได้รับอาหารที่ดีขึ้น (Compensatory growth) โดยรวมการขุนจากน้ำหนัก 68 ถึง 500 กิโลกรัม ระบบ continuous high grain feeding ใช้เวลาประมาณ 345 วัน ซึ่งโคมีอัตราการเติบโตเฉลี่ย 1.27 กิโลกรัม/ตัว/วัน และระบบ Two phase จะใช้เวลาประมาณ 410 วัน ซึ่งโคมีอัตราการเติบโตเฉลี่ย 1.05 กิโลกรัม/ตัว/วัน

ซึ่งจากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าการขุนโคนเพศผู้สามารถเริ่มได้ตั้งแต่โคหย่านม โดยระบบการขุนที่ทำให้โคเติบโตได้ดีและมีไขมันแทรกสูงคือ continuous high grain feeding และระบบการขุนเพื่อให้ได้เนื้อโคที่มีคุณลักษณะเฉพาะ เช่นการผลิตเนื้อแดงไขมันต่ำจะใช้ระบบการขุนด้วยอาหารหยาบเป็นหลัก

แนวทางการเพิ่มไขมันแทรกและสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในเนื้อโค

ไขมันแทรก (Marbling) หมายถึง จำนวนและขนาดของพื้นที่ไขมันสีขาวที่กระจายตัวแทรกอยู่ระหว่างเนื้อแดงส่วนสันนอก (longissimus dorsi) โดยไขมันที่แทรกเป็นคุณลักษณะสำคัญที่บ่งบอกถึงคุณภาพและความน่ากินของเนื้อ (Elmasry et al., 2012). โดยเนื้อที่มีไขมันแทรกจะมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับ ความฉ่ำ (Juiciness) ความนุ่ม (Tenderness) ความน่ากิน (Palatability) และรสชาติของเนื้อ (Flavor) (Cheng et al., 2015) นอกจากนี้ไขมันแทรกยังเป็นคุณลักษณะสำคัญในการตัดสินใจซื้อเนื้อของผู้บริโภค ซึ่งในหลายประเทศระดับของไขมันแทรกจะใช้เป็นดัชนีชี้วัดเกรดของคุณภาพเนื้อ และราคาของเนื้อจะสูงขึ้นเมื่อเกรดไขมันแทรกสูงขึ้น (Schönfeldt and Strydom, 2011). อย่างไรก็ตามการสะสมของไขมันแทรกในเนื้อมีปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้อง เช่น เพศ พันธุ์ อายุ เมื่อฆ่า และอาหาร เป็นต้น (Cheng et al., 2015) ปัจจัยด้านเพศส่งผลต่อคุณภาพซากและการสะสมของไขมันในเนื้อดังกล่าวมาแล้วในข้างต้น โดยโคเพศผู้ตอนและโคเพศเมียจะมีปริมาณไขมันในซากและเกรดไขมันแทรกสูงกว่าโคเพศผู้ไม่ตอน ในขณะที่โคเพศเมียจะมีเกรดไขมันแทรกสูงกว่าโคเพศผู้ตอน (Zhang et al., 2010) ปัจจัยด้านพันธุ์พบว่าโคพันธุ์ Japanese Black เป็นโคตระกูลเซตหนาว (*Bos taurus*) ที่มีความสามารถในการสะสมไขมันในกล้ามเนื้อได้สูงกว่าโคสายพันธุ์อื่นๆ (Yamada and Nakanishi, 2012) โดยจากการรายงานในข้างต้นพบว่า โคเนื้อเพศผู้ตอน พันธุ์ Japanese Black (JB) มีการสะสมของไขมันในเนื้อสูงกว่าโคพันธุ์ Holstein-Friesian (HF) ประมาณ 14% (Albrecht et al., 2011) อย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์ไขมันแทรกระหว่างโคเพศผู้พันธุ์ Italian Holstein (IH) และโคพันธุ์ Italian Simmental (IS) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Corazzin et al., 2012) ในด้านอายุเมื่อฆ่าของโคต่อเกรดไขมันแทรก เกียรติศักดิ์ และ มยุรินทร์ (2557) ทำการศึกษาระดับของเกรดไขมันแทรกในโคขุนของสหกรณ์โคขุนโพธิ์ยางคำ จำนวน 806 ตัว ที่มีอายุเมื่อฆ่า 2, 3 และ มากกว่า 3 ปีขึ้นไป พบว่าโคที่อายุเข้าฆ่า 2 ปี มีเกรดไขมันแทรก ต่ำกว่าโคที่อายุเข้าฆ่า 3 ปี และมากกว่า 3 ปีขึ้นไป โดยอายุที่เข้าฆ่า 3 ปี และมากกว่า 3 ปีขึ้นไปมีเกรดไขมันแทรกไม่แตกต่างกันทางสถิติ สำหรับปัจจัยด้านอาหารในการเลี้ยงขุนโค เพื่อให้มีการสะสมของไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ ส่วนหนึ่งได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาถึงระดับของวิตามินเอใน

อาหารที่โคจะได้รับ โดย Nozière et al. (2006) รายงานว่าโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าสดจะได้รับ carotenoids และ วิตามินเอ (retinol) ในระดับที่สูง โดยที่ β -carotene คือ pro-vitamin A ตัวหลัก ที่ดูดซึมในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Jin et al., 2015) แต่โคที่กินหญ้าแห้งและหญ้าหมักจะได้รับวิตามินเอไม่เพียงพอ เนื่องจาก carotenoids จะสูญเสียไปประมาณ 83% จากการตากแห้งและการหมัก อย่างไรก็ตามการที่โคได้รับวิตามินเอในระดับสูง (5-50 μ M) จะมีผลต่อการสะสมของไขมันแทรกในเนื้อ (Pyatt and Berger, 2005) ซึ่ง retinol จะเปลี่ยนรูปเป็น retinaldehyde และ retinoic acid (Figure 1) จากนั้นจะไปจับกับตัวรับในนิวเคลียสและมีผลในการยับยั้งยีนที่ทำให้หน้าทีสังเคราะห์ไขมันในขบวนการ adipogenesis (McGrane, 2007; Siebert et al., 2006)

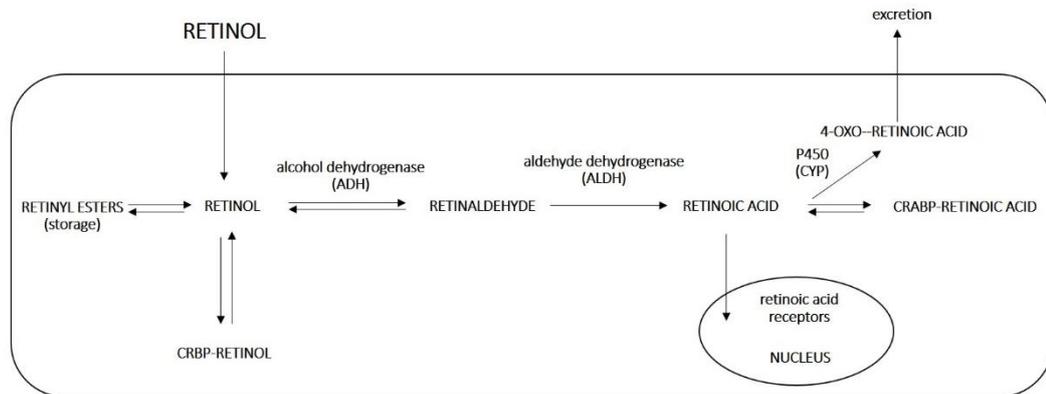


Figure 1 Schematic of retinol metabolism within the cell.

Source: Adapted from Molotkov et al. (2004)

โดย Kruk et al. (2008) ศึกษาการเสริม (retinyl palmitate, 60 IU /น้ำหนักตัวโค 100 กก./วัน) และไม่เสริมวิตามินเอในอาหารโคเนื้อพันธุ์แองกัสเพศผู้ตอน เป็นเวลา 308 วัน พบว่าหลังจากทำการให้อาหารเป็นเวลา 100 วัน ระดับ วิตามินเอ (retinol) ในพลาสมามีความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างกับเกรดไขมันแทรก และระดับ retinol ในพลาสมา มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับ ระดับของ retinol ในตับเมื่อฆ่า (Table 5) ซึ่งการเสริมวิตามินเอไม่มีผลกระทบต่อเกรดไขมันแทรก สีของเนื้อ น้ำหนักซากตัดแต่ง และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (r= 0.69, P<0.001) อย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์ไขมันแทรกในเนื้อของโคกลุ่มไม่เสริมวิตามินเอสูงกว่ากลุ่มเสริมวิตามินเอถึง 35% (13.0 และ 9.6%, ตามลำดับ, P<0.0026) สอดคล้องกับ Gibb et al. (2011) ศึกษาการลดระดับวิตามินเอในอาหารโคเนื้อที่เลี้ยงด้วยข้าวบาร์เลย์เป็นหลักต่อคุณภาพซาก โดยกลุ่มทดลองคือ 0 vitamin A (-VA) และ เสริม vitamin A 3640 IU kg¹ DM (+VA) พบว่าค่าคะแนนไขมันแทรกจากการประเมินด้วยกล้องหลังฆ่า 1 วัน ของกลุ่ม -VA เป็นเวลา 217 วัน มีระดับไขมันแทรกเพิ่มสูงขึ้นกว่ากลุ่ม +VA (480.6 และ 439.3 ตามลำดับ; P<0.02) แต่ไม่มีผลต่ออัตราการเติบโต เปอร์เซ็นต์ซาก และผลผลิตซาก และสอดคล้องกับ Gorocica-Buenfil et al. (2007) รายงานว่าการให้โค Holstein กินอาหารที่มีวิตามินเอต่ำในระยะยาว (243 วัน ก่อนฆ่า) จะทำให้ระดับไขมันแทรกเพิ่มขึ้นสูงกว่า (33%) กลุ่มที่กินอาหารที่มีวิตามินเอต่ำในระยะสั้น (131 วันก่อนฆ่า) และกลุ่มควบคุม

ซึ่งสรุปได้ว่าสามารถใช้โคผสมพันธุ์แท้ HF หรือ โคลูกผสมระหว่างพันธุ์ HF และโคเนื้อพันธุ์วากิว เพศเมียหรือเพศผู้ตอน และขุนด้วยอาหารข้นอย่างต่อเนื่อง โดยอายุเมื่อฆ่าไม่ต่ำกว่า 3 ปี และมีการจำกัดแหล่งหรือระดับของวิตามินเอในอาหารช่วงการเลี้ยงขุนอย่างน้อย 217 วันก่อนฆ่า จะเป็นแนวทางเพิ่มไขมันแทรกในเนื้อให้เพิ่มขึ้น

Table 5 Correlations between retinol measurements and various carcass parameters

Item	VitA blood	VitA liver	IMF% LD	IMF% ST	MbUSA	MbMSA	MbAM	Mpt SF	Mpt ST
Plasma retinol	X	0.58**	- 0.25	- 0.04	- 0.53*	- 0.48*	- 0.16	0.47*	0.27
Liver retinol		X	- 0.56**	0.06	- 0.47*	- 0.45*	- 0.39	0.35	0.54**
IMF% LD			X	0.23	0.74***	0.72***	0.59**	-0.46*	- 0.40
IMF% ST				X	0.38	0.41	0.71***	0.01	- 0.08
MbUSA					X	0.98***	0.72***	- 0.38	- 0.25
MbMSA						X	0.75***	- 0.37	- 0.25
MbAM							X	- 0.13	- 0.17
Mpt SF								X	0.19
Mpt ST									X

***P<0.001, **P<0.01, *P<0.05, IMF% LD = intramuscular fat percentage of *longissimus thoracis et lumborum*, IMF% ST = intramuscular fat percentage of *semitendinosus*, MbUSA = marbling score assessed based on the USDA scale, MbMSA = marbling score assessed by Meat Standards Australia scale, MbAM - marbling score as assessed by AUS-MEAT, Mpt SF = melting point of subcutaneous fat, Mpt ST = melting point of intramuscular fat extracted from *semitendinosus*

Source: Kruk et al. (2008)

แนวทางการเพิ่มสัดส่วนของกรดไขมันคอนจูเกตลิโนเลอิกในเนื้อโค

ผู้บริโภคในปัจจุบันให้ความใส่ใจกับอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพมากขึ้น (Kallas et al., 2014) โดยเนื้อโคได้มีการรายงานว่ามีสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงซึ่งส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภค เช่น เป็นสาเหตุของโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด โรคหัวใจ และโรคมะเร็งเป็นต้น (Torre et al., 2006) อย่างไรก็ตามเนื้อโคก็เป็นแหล่งของกรดไขมันคอนจูเกตลิโนเลอิก conjugated linoleic acid (CLA) ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่จัดอยู่ในกลุ่มโอเมก้า-6 โดย CLA มีจำนวนคาร์บอนในโครงสร้าง 18 อะตอม และมีพันธะคู่ 2 ตำแหน่ง ชนิดที่พบมากที่สุดคือ *cis-9,trans-11* และ *trans-10,cis-12* (Martins et al., 2007) โดย CLA มีคุณสมบัติต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative reaction) และยังสามารถช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันโรคอีกด้วย จากการศึกษาพบว่า CLA เป็นกรดไขมันเพียงตัวเดียวที่มีคุณสมบัติในการต้านมะเร็ง (NRC, 1996) และยังมีงานวิจัยได้กล่าวถึงบทบาทในการนำไขมันเข้าสู่เซลล์ เพื่อเผาผลาญให้เกิดเป็นพลังงานก่อนที่จะถูกเปลี่ยนไปเป็นไขมัน ส่งผลให้ลดปริมาณไขมันสะสมในร่างกายได้ และยังสามารถช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันโรค (Bauman et al., 2000) ซึ่งในช่วงหลายปีที่ผ่านมาจึงมีการศึกษาเพื่อหาแนวทางในการเพิ่มสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในเนื้อโค (Wood et al., 2003) โดย CLA ในผลิตภัณฑ์นมและเนื้อของสัตว์เคี้ยวเอื้องเกิดจากปฏิกิริยาทางชีวภาพตามธรรมชาติ อาจเรียก CLA อีกอย่างหนึ่งได้ว่า ruminic acid ซึ่งโดยทั่วไปพบภายในเซลล์ไขมันโดยรวมอยู่กับ triglyceride lipoprotein ซึ่ง CLA เกิดจากกระบวนการเมทาบอลิซึมโดยแบคทีเรียในกระเพาะรูเมน โดยสามารถสังเคราะห์ได้จากกรดไขมันลิโนเลอิก (linoleic acid) และกรดไขมันลิโนเลนิก (linoleic acid) โดยกระบวนการ ไบโอไฮโดรจิเนชัน (biohydrogenation) และ ไอโซเมอไรเซชัน (isomerization) โดยมีเอนไซม์ linoleate isomerase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyse) ทำให้พันธะคู่ของกรดลิโนเลอิก จากตำแหน่ง *cis-9,12* เปลี่ยนเป็น *cis-9,trans-11* (Steinhart, 1996) ดังนั้น CLA จึงพบในอาหารที่ผลิตได้จากผลผลิตของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Pariza et al., 2001) นอกจากนี้การสังเคราะห์ CLA ยังเกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์ $\Delta 9$ -desaturase ในเนื้อเยื่อของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งมีผลต่อปริมาณ CLA ในเนื้อเยื่ออีกด้วย โดย Griinari and Buaman (1999) รายงานว่า CLA สามารถผลิตได้จากเนื้อเยื่อของสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยมี *trans-11 C18:1* เป็นสารตั้งต้น ซึ่งเอนไซม์ $\Delta 9$ -desaturase ที่อยู่ในเซลล์ของเนื้อเยื่อสัตว์ จะทำให้เกิดพันธะคู่แบบ *cis* ระหว่างคาร์บอน 9 และ 10 และเปลี่ยนเป็น *cis-9,trans-11* ดัง **Figure 2**

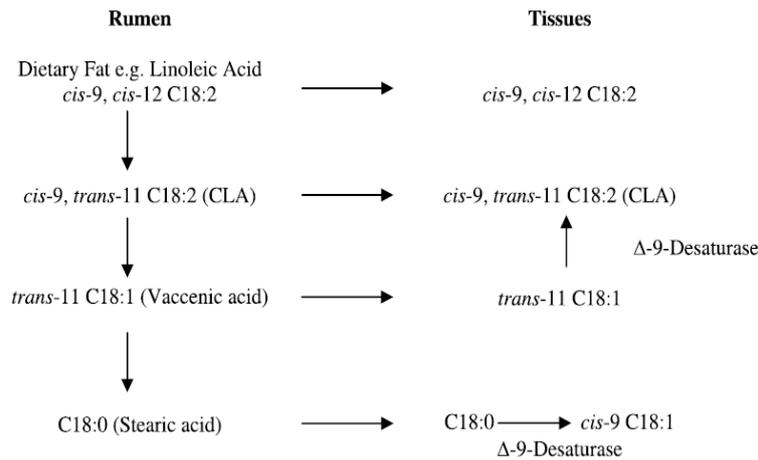


Figure 2 De novo synthesis of CLA from trans-11 C18:1 (vaccenic acid)

Source: Daley et al. (2010)

ในด้านปัจจัยของเพศ พันธุ์ และอายุ เมื่อฆ่าต่อสัดส่วนของกรดไขมัน CLA ในเนื้อนั้น Litwinczuk et al. (2015) ทำการศึกษาสัดส่วนของกรดไขมันในเนื้อส่วน *longissimus lumborum* และ *semitendinosus* ของโคพันธุ์ Polish Holstein-Friesian ที่มีอายุและเพศที่ต่างกัน ได้แก่ แม่โค โคสาว โคหนุ่มเพศผู้ และลูกโค ซึ่งเลี้ยงแบบกึ่งยังชีพ (semi-intensive farming) พบว่าสัดส่วนของกรดไขมัน CLA (*cis-9,trans-11* และ *trans-10,cis-12*) ไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งในระหว่างช่วงอายุและระหว่างชนิดกล้ามเนื้อ โดยมีสัดส่วนของ CLA 0.05-0.18% จากกรดไขมันทั้งหมด และ Dias et al. (2018) ศึกษาสัดส่วนของกรดไขมันในเนื้อส่วน *longissimus lumborum* ของโคพันธุ์ Holstein-Friesian ที่อายุเมื่อฆ่าต่างกัน (144.6 – 260.5 กิโลกรัม) พบว่าสัดส่วนของกรดไขมัน *cis-9,trans-11* CLA ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีสัดส่วน 0.17-0.29% จากกรดไขมันทั้งหมด อย่างไรก็ตาม Shirouchi et al. (2014) เปรียบเทียบสัดส่วนของกรดไขมันในซากของโคพันธุ์ Japanese Black และ Holstein-Friesian เพศผู้ตอนซึ่งพบว่าสัดส่วนของกรดไขมัน *cis-9,trans-11* CLA ในไขมันแทรกและในไขมันช่องท้องของโคพันธุ์ Japanese Black สูงกว่าโคพันธุ์ Holstein-Friesian อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังแสดงใน **Table 6**

Table 6 Fatty acid compositions (g/100 g) of *longissimus* muscle and different adipose tissues in Japanese Black (JB) and Holstein-Friesian (HF) steers

Tissue	Longissimus muscle (including IMF)		Intramuscular fat (IMF)		Intermuscular fat		Visceral fat		Perirenal fat	
Breed	JB	HF	JB	HF	JB	HF	JB	HF	JB	HF
CLA _{c9,t11}	0.33 ^c	0.28 ^b	0.53 ^{ab,A}	0.36 ^{ab,B}	0.54 ^a	0.45 ^a	0.52 ^{ab,A}	0.34 ^{ab,B}	0.39 ^{bc}	0.26 ^b
SFA	44.23 ^b	47.27 ^b	41.85 ^{b,B}	49.83 ^{b,A}	40.98 ^b	45.15 ^b	44.63 ^b	50.18 ^b	50.88 ^{a,B}	58.47 ^{a,A}
MUFA	52.04 ^{ab}	48.30 ^{ab}	54.02 ^{a,A}	41.97 ^{bc,B}	55.43 ^a	51.32 ^a	51.58 ^{ab}	46.62 ^{ab}	46.01 ^{b,A}	38.39 ^{c,B}
PUFA	3.73	4.42 ^b	4.13 ^B	8.20 ^{a,A}	3.60	3.53 ^b	3.79	3.20 ^b	3.10	3.14 ^b
<i>n</i> -3 FA	0.31	0.53 ^b	0.46 ^B	3.78 ^{a,A}	0.38	0.33 ^b	0.39	0.33 ^b	0.34	0.28 ^b
<i>n</i> -6 FA	3.01	3.49	2.72	3.72	2.49	2.62	2.62	2.29	2.18	2.43
<i>n</i> -6/ <i>n</i> -3	9.79	10.70 ^a	5.92	2.08 ^b	6.57	7.93 ^a	6.69	7.13 ^a	6.34	8.62 ^a

^{a,b,c} Different superscript lower-case letters indicate significant differences ($P \leq 0.05$) among tissues within breeds

^{A,B} Different superscript capital letters indicate significant differences ($P \leq 0.05$) between breeds within a tissue

FA = fatty acids, JB = Japanese Black, HF = Holstein-Friesian, MUFA = monounsaturated fatty acids, PUFA = polyunsaturated fatty acids, SFA = saturated fatty acids

Source: Adapted from Shirouchi et al. (2014)

จากการศึกษาพบว่าปริมาณของ CLA ในไขมันของเนื้อโคโดยทั่วไปจะมีค่าอยู่ระหว่าง 1.2 - 12.5 มิลลิกรัม/กรัม (Raes et al., 2004) โดยปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวสัตว์ เช่น เพศ พันธุ์ และอายุเมื่อฆ่า ต่อปริมาณของ CLA ในเนื้อโคนั้นข้อมูลยังมีความแปรปรวน ซึ่งปัจจัยหลักที่มีผลต่อปริมาณของ CLA ในเนื้อโค คืออาหารที่โคได้รับ ได้แก่ คุณภาพของหญ้า สัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้น หรือการเสริมเมล็ดพืชไขมัน (Torre et al., 2006) การเลี้ยงโคโดยใช้หญ้าเป็นอาหารหลักจะมีผลทำให้ระดับของกรดไขมัน vaccenic acid (C18:1 t11) ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ 1 ตำแหน่ง (Monounsaturated fatty acid, MUFA) สูงขึ้น โดย vaccenic acid เป็นสารตั้งต้นที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ CLA (C18:2 c-9, t-11) ในวิถี De novo synthesis (Daley et al., 2010) Figure 2 ซึ่งจากการศึกษาพบว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่หลายตำแหน่ง (polyunsaturated fatty acids, PUFA) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ CLA (Wood et al., 2008) ดังแสดงใน Figure 2 นอกจากนี้การเสริมเมล็ดพืชไขมันที่ในอาหารก็เป็นอีกแนวทางในการเพิ่มสัดส่วนของ CLA ในเนื้อโค โดยเมล็ดพืชไขมันส่วนใหญ่จะมีสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดที่มีพันธะคู่หลายตำแหน่ง (polyunsaturated fatty acids, PUFA) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ CLA (Wood et al., 2008) โดย Barahona et al. (2016) ศึกษาการเสริมเมล็ดพืชไขมัน (whole linseed) และ rumen-protected conjugated linoleic acid ในโครุ่น พันธุ์ Holstein-Friesian เพศผู้ น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 239.8 กิโลกรัม โดยทำการเลี้ยงขุนเป็นเวลา 123 วัน และทำการฆ่าเพื่อวัดคุณภาพซากที่น้ำหนักเฉลี่ย 458.4 กิโลกรัม โดยทำการเสริมอาหารทั้งหมด 4 สูตรการทดลองได้แก่ 1) Control (0% linseed, 0% CLA), 2) linseed (10% linseed, 0% CLA), 3) CLA (0% linseed, 2% CLA) และ 4) linseed + CLA (10% linseed, 2% CLA) พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมของการเสริมเมล็ด linseed และ protected CLA ต่อสัดส่วนของ CLA ในเนื้อ ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตามพบว่าการเสริม linseed หรือ protected CLA ในอาหาร ทำให้สัดส่วนของ CLA ในเนื้อเพิ่มสูงขึ้น ($P < 0.05$) เปรียบเทียบซากในกลุ่มทดลองที่ 4 สูงกว่ากลุ่มทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญ (51.9, 51.6, 52.2 และ 53.2%; $P < 0.05$) ซึ่งแนวทางการเพิ่มสัดส่วนของ CLA ในเนื้อโค สรุปได้ว่าปัจจัยด้านอาหารจะเป็นอิทธิพลหลักที่ส่งผลต่อสัดส่วนของ CLA ในเนื้อโค โดยการเลี้ยงโคโดยใช้หญ้าเป็นอาหารหลัก หรือการเสริมเมล็ดพืชไขมันในอาหาร จะเป็นแนวทางเพิ่มสัดส่วนของ CLA ในเนื้อโคให้สูงขึ้น

Table 7 Comparison of mean polyunsaturated fatty acid composition between grass-fed and grain-fed cattle

Author/treatment	C18:1 t11	Total PUFA	Total MUFA	Total n-6	Total n-3	Total CLA
Alfaia et al. (2009) ----- g/100 g lipid -----						
Grass	1.35	28.99*	24.69*	17.97*	10.41*	5.14*
Grain	0.92	19.06*	34.99*	17.08	1.97*	2.65*
Leheska et al. (2008) ----- g/100 g lipid -----						
Grass	2.95*	3.41	42.5*	2.3	1.07*	0.85*
Grain	0.51*	2.77	46.2*	2.58	0.19*	0.48*
Garcia et al. (2008) ----- % of total fatty acids -----						
Grass	3.22*	7.95	37.7*	5.00*	2.95*	0.72*
Grain	2.25*	9.31	40.8*	8.05*	0.86*	0.58*
Nuernberg et al. (2005) ----- % of total fatty acids -----						
Grass	na	14.29*	56.09	9.8	4.70*	0.87*
Grain	na	9.07*	55.51	7.73	0.90*	0.72*
Realini et al. (2004) ----- % fatty acid within intramuscular fat -----						
Grass	na	9.96*	40.96*	na	na	0.53*
Grain	na	6.02*	46.36*	na	na	0.25*

* Indicates a significant difference (at least P<0.05) between feeding regimens within each respective study reported na = the value was not reported in the original study

MUFA = monounsaturated fatty acid, PUFA = polyunsaturated fatty acid, CLA = conjugated linoleic acid

Source: Adapted from Daley et al. (2010)

สรุป

การเลี้ยงขุนโคนมเพศผู้ในประเทศไทยเพื่อผลิตเนื้อคุณภาพ ทั้งในรูปแบบการเลี้ยงขุนเพื่อผลิตเนื้อแดงหรือเนื้อไขมันแทรกสามารถใช้พันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียน หรือลูกผสมระหว่างโฮลสไตน์ฟรีเซียนกับโคเนื้อสายพันธุ์ต่างๆ ซึ่งจะได้น้ำหนักซากและเปอร์เซ็นต์ซากสูง โดยลูกโคสามารถเข้าสู่โปรแกรมการขุนตั้งแต่หย่านมโดยมีน้ำหนักประมาณ 68-114 กิโลกรัม และการเลี้ยงขุนโคเพศผู้ไม่ตอนด้วยหญ้าเป็นอาหารหลักจะเป็นแนวทางการผลิตเนื้อแดงไขมันต่ำ ซึ่งการตอนเมื่ออายุ 1 ปีขึ้นไปจะทำให้มีน้ำหนักซากและอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าการตอนก่อนถึงวัยหนุ่มสาวและทำให้โคมีไขมันแทรกในเนื้อสูงขึ้น และการเลี้ยงขุนต่อเนื่องด้วยอาหารชั้นพลังงานสูงจะทำให้โคมีอัตราการเติบโตที่ดี โดยการจำกัดแหล่งหรือระดับของวิตามินเอในอาหารช่วงการเลี้ยงขุนอย่างน้อย 217 วันก่อนฆ่า และอายุโคเมื่อฆ่าไม่ต่ำกว่า 3 ปี จะเป็นแนวทางเพิ่มไขมันแทรกในเนื้อให้สูงขึ้น อีกทั้งการเสริมเมล็ดพืชไขมันจะเป็นการเพิ่มสัดส่วนของกรดไขมัน CLA ในเนื้อ และซากโคที่มีน้ำหนักประมาณ 273 – 432 กิโลกรัม หรือน้ำหนักโคมีชีวิตประมาณ 455 – 636 กิโลกรัม จะเป็นที่ต้องการของตลาด

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2546. การเลี้ยงโคขุน. เอกสารคำแนะนำ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แหล่งข้อมูล: <http://pvlo-cmi.dld.go.th/Doc/เอกสารเผยแพร่/02cattle.pdf>. ค้นเมื่อ 24 พฤษภาคม 2564.
 กรมปศุสัตว์. 2558. โคเนื้อไทยต้องไปรอด. ข่าวกรมปศุสัตว์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แหล่งข้อมูล: <http://secretary.dld.go.th/index.php/informationdld/newsdld/714-41-2558>. ค้นเมื่อ 18 ตุลาคม 2563.

- กรมปศุสัตว์. 2563ก. ข้อมูลจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์และปศุสัตว์ ปี 2563. แหล่งข้อมูล:
http://ict.dld.go.th/webnew/images/stories/stat_web/monthly/2563/sum/63.03.20.xlsx. ค้นเมื่อ 17 มิถุนายน 2563.
- กรมปศุสัตว์. 2563ข. สถานการณ์ การผลิต การตลาดและแนวโน้มสินค้าปศุสัตว์ที่สำคัญ ประจำเดือน มิถุนายน 2563. แหล่งข้อมูล:http://extension.dld.go.th/th1/index.php?option=com_content&view=article&id=2217:2020-07-14-08-11-22&catid=188:2020-07-01-06-44-33&Itemid=112. ค้นเมื่อ 8 ธันวาคม 2563.
- เกียรติศักดิ์ เหลียงหนูดำ และ มยุรินทร์ รักษทอง. 2557. ลักษณะซากโคขุนที่เลี้ยงภายใต้ระบบการผลิตของสหกรณ์การเลี้ยงปศุสัตว์โพธารักษ์. น. 130-138. ใน: การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ครั้งที่ 5 เรื่องการผลิตเนื้อสัตว์ภายใต้การแข่งขันทางการค้าโลก 25-26 กรกฎาคม 2557. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และญาณิน โอภาสพัฒนกิจ. 2548. คุณภาพของเนื้อโคภายใต้ระบบการผลิตและการตลาดของประเทศไทย. บริษัท สุพีเรียฟรินติงเฮาส์ จำกัด. กรุงเทพมหานคร.
- ชัยณรงค์ คันทนิต. 2529. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 1. ไทยวัฒนาพานิช.
- บุญชู โสมไธสง. 2548. วัวขุน. มิวนิคซ์พลาซมฟรินตริง, เชียงใหม่.
- วิโรจน์ ภัทรจินดา. 2546. โคนม. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- Albrecht, E., F. Teuscher, K. Ender, and J. Wegner. 2006. Growth and breed related changes of marbling characteristics in cattle. *Journal of Animal Science*. 84: 1067-1075.
- Albrecht, E., T. Gotoh, F. Ebara, J. X. Xu, T. Viergutz, G. Nürnberg, S. Maak, and J. Wegner. 2011. Cellular conditions for intramuscular fat deposition in Japanese Black and Holstein steers. *Meat Science*. 89: 13-20.
- Amatayakul-Chantler, S., F. Hoe, J. A. Jackson, R. O. Roca, J. E. Stegner, V. King, R. Howard, E. Lopez, and J. Walker. 2013. Effects on performance and carcass and meat quality attributes following immunocastration with the gonadotropin releasing factor vaccine Bopriva or surgical castration of *Bos indicus* bulls raised on pasture in Brazil. *Meat Science*. 95: 78-84.
- Barahona, M., J. Olleta, C. Sañudo, P. Albertí, B. Panea, M. Pérez-Juan, C. E. Realini, and M. M. Campo. 2016. Effects of whole linseed and rumen-protected conjugated linoleic acid enriched diets on beef quality. *Animal*. 10(4): 709-717.
- Barker, B. P., W. L. Mies, J. W. Turner, D. K. Lunt, and S. B. Smith. 1995. Influence of production system on carcass characteristics of F1 Wagyu x Angus steers and heifers. *Meat Science*. 41: 1-5.
- Bauman, D. E., L. H. Baumgard, B. A. Corl, and J. M. Griinari. 2000. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. *Journal of Animal Science*. 77: 1-15.
- Berthiaume, R., I. Mandell, L. Faucitano, and C. Lafrenière. 2006. Comparison of alternative beef production systems based on forage finishing or grain-forage diets with or without growth promotants: 1. Feedlot performance, carcass quality, and production costs. *Journal of Animal Science*. 84: 2168-2177.
- Boler, D. D., S. F. Holmer, F. K. McKeith, J. Killefer, D. L. VanOverbeke, G. G. Hilton, R. J. Delmore, J. L. Beckett, J. C. Brooks, R. K. Miller, D. B. Griffin, J. W. Savell, T. E. Lawrence, N. A. Elam, M. N. Streeter, W. T. Nichols, J. P. Hutcheson, D. A. Yates, and D. M. Allen. 2009. Effects of feeding zilpaterol hydrochloride for twenty to forty days on carcass cutability and subprimal yield of calf-fed Holstein steers. *Journal of Animal Science*. 87: 3722-3729.
- Bozkurt, Y., and C. Dogan. 2016. Performance comparisons of Holstein and Brown Swiss cattle grown in a 12-month feedlot beef system. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 22(Suppl. 1): 143-145.

- Bressan, M. C., L. V. Rossato, E. C. Rodrigues, S. P. Alves, R. J. B. Bessa, E. M. Ramos, and L. T. Gama. 2011. Genotype × environment interactions for fatty acid profiles in *Bos indicus* and *Bos taurus* finished on pasture or grain. *Journal of Animal Science*. 89: 221-232.
- Bretschneider, G. 2005. Effects of age and method of castration on performance and stress response of beef male cattle: A review. *Livestock Production Science*. 97: 89–100.
- Brugiapaglia, A., C. Lussiana, and G. Destefanis. 2014. Fatty acid profile and cholesterol content of beef at retail of Piemontese, Limousin and Friesian breeds. *Meat Science*. 96: 568–573.
- Carr, C., D. Johnson, and M. Shuffitt. 2015. Ultrasound and Carcass Merit of Youth Market Cattle. Available: <http://edis.ifas.ufl.edu/an279>. Accessed Oct. 22, 2015.
- Cheng, W., J. H. Cheng, D. W. Sun, and H. Pu. 2015. Marbling analysis for evaluating meat quality: methods and techniques. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 14: 523–535.
- Chester-Jones, H., and A. DiCostanzo. 1996. Holstein feeding programs. University of Minnesota, Beef Cattle Management Update, Issue 35. Available: <https://fyi.extension.wisc.edu/wbic/files/2010/11/Holstein-Feeding-Programs-MN.pdf>. Accessed Dec. 2, 2020.
- Corazzin, M., S. Bovolenta, A. Sepulcri, and E. Piasentier. 2012. Effect of whole linseed addition on meat production and quality of Italian Simmental and Holstein young bulls. *Meat Science*. 90: 99-105.
- Cottle, D., and L. Kahn. 2014. *Beef Cattle Production and Trade*. CSIRO Publishing. Collingwood, Australia.
- Daley, C. A., A. Abbott, P. S. Doyle, G. A. Nader, and S. Larson. 2010. A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutrition Journal*. 9: 10.
- Dias, A. M. O., L. F. G. Menezes, W. Paris, F. L. M. Paula, G. R. Schmitz, S. S. Souza, A. M. Umezaki, and J. A. F. Filho. 2018. Performance and fatty acid profile of Holstein calves slaughtered at different weights. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 47: 1-7.
- Diler, A., R. Kocyigit, M. Yanar, R. Aydin, and N. Tuzemen. 2016. Effects of different initial weights on fattening performance, slaughter and carcass characteristics of Holstein Friesian and Brown Swiss young bulls. *Indian Journal of Animal Research*. 50 (1): 112-117.
- Duff, G. C., and C. P. McMurphy. 2007. Feeding Holstein steers from start to finish. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 23: 281–297.
- Elmasry, G., D. F. Barbin, D. W. Sun, and P. Allen. 2012. Meat quality evaluation by hyperspectral imaging technique: an overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 52(8): 689–711.
- Elmore, J. S., H. E. Warren, D. S. Mottram, N. D. Scollan, M. Enser, R. I. Richardson, and J. D. Wood. 2004. A comparison of the aroma volatiles and fatty acid compositions of grilled beef muscle from Aberdeen Angus and Holstein-Friesian steers fed diets based on silage or concentrates. *Meat Science*. 68: 27–33.
- Elswyk, M. E. V., and S. H. McNeill. 2014. Impact of grass/forage feeding versus grain finishing on beef nutrients and sensory quality: The U.S. experience. *Meat Science*. 96: 535-540.
- Fanatico, A. 2000. Dairy Beef. The National Center for Appropriate Technology. Available: <https://attra.ncat.org/attra-pub/viewhtml.php?id=204>. Accessed Oct. 19, 2015.
- Field, R. A. 1971. Effect of castration on meat quality and quantity. *Journal of Animal Science*. 32: 849–858.
- Garip, M., A. Akmaz, A. Yilmaz, S. Dere, T. Çağlayan, S. Inal, and F. Inal. 2010. Determination of optimum slaughter weight and profitability of Brown Swiss cattle in Turkey. *Journal of Food Agriculture and Environment*. 8: 864-868.
- Gibb, D., F. H. Van Herk, P. Mir, S. Loerch, and T. McAllister. 2011. Removal of supplemental vitamin A from barley-based diets improves marbling in feedlot heifers. *Canadian Journal of Animal Science*. 91: 669–674.

- Gorocica-Buenfil, M. A., F. L. Fluharty, C. K. Reynolds, and S. C. Loerch. 2007. Effect of dietary vitamin A restriction on marbling and conjugated linoleic acid content in Holstein steers. *Journal of Animal Science*. 85: 2243-2255.
- Grant, R., R. Stock, and T. L. Mader. 1993. Feeding and managing Holstein steers. Available: <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=1443&context=extensionhist>. Accessed Nov. 16, 2020.
- Griinari, J. M., and D.E.Buaman. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation in to meat and milk in ruminant. *Advances in Conjugated linoleic acid Research*. AOCS Press, Champaign, IL.
- Gullett, E. A., S. Battenham, and T. Hore. 1996. Effect of age and cut on consistency of tenderness and leanness of beef. *Food Quality and Preference*. 7: 37-45.
- Hanzelková, Š., J. Simeonovová, D. Hampel, A. Dufek, and J. Šubrt. 2011. The effect of breed, sex and aging time on tenderness of beef meat. *Acta Veterinaria Brno*. 80: 191-196.
- Hilton, W. M. 2009. Castration of beef calves: What does the science say about timing and technique?. Available: [http://veterinarycalendar.dvm360.com/castration-beef-calves-what-does-\(DABVP\)science-say-about-timing-and-technique-proceedings?id=&pageID=1&sk=&date=](http://veterinarycalendar.dvm360.com/castration-beef-calves-what-does-(DABVP)science-say-about-timing-and-technique-proceedings?id=&pageID=1&sk=&date=). Accessed Oct. 22, 2020.
- Huuskonen, A. K. 2013. Performance of growing and finishing dairy bulls offered diets based on whole-crop barley silage with or without protein supplementation relative to a grass silage-based diet. *Agricultural and Food Science*. 22: 424-434.
- Jin, Q., H. Cheng, F. Wan, Y. Bi, G. Liu, X. Liu, H. Zhao, W. You, Y. Liu, and X. Tan. 2015. Effects of feeding β -carotene on levels of β -carotene and vitamin A in blood and tissues of beef cattle and the effects on beef quality. *Meat Science*. 110: 293-301.
- Johnston, D. J., and H. U. Graser. 2010. Estimated gene frequencies of Gene STAR markers and their size of effects on meat tenderness, marbling, and feed efficiency in temperate and tropical beef cattle breeds across a range of production systems. *Journal of Animal Science*. 88: 1917-1935.
- Kallas, Z., C. E. Realini, and J. M. Gil. 2014. Health information impact on the relative importance of beef attributes including its enrichment with polyunsaturated fatty acids (omega-3 and conjugated linoleic acid). *Meat Science*. 97: 497-503.
- Katz, L. S. 2007. Sexual behavior of domesticated ruminants. *Hormones and Behavior*. 52: 56-63.
- Keane, M. G., and P. Allen. Moloney. 2002. A comparison of Friesian-Holstein, Piemontese X Friesian-Holstein and Romagnola X Friesian-Holstein steers for beef production and carcass traits. *Livestock Production Science*. 78: 143-158.
- Kim, Y. S., A. Ong, N. Bobbili, M. W. DuPont, and G. K. Fukumoto. 2007. Evaluation of meat tenderness of forage-finished cattle produced in Hawaii, and factors affecting the tenderness. *Food Safety and Technology*. 27: 1-7.
- Kruk, Z. A., C. D. K. Bottema, J. J. Davis, B. D. Siebert, G. S. Harper, J. Di, and W. S. Pitchford. 2008. Effects of vitamin A on growth performance and carcass quality in steers. *Livestock Science*. 119: 12-21.
- Lehmkuhler, J. W., and M. H. Ramos. 2008. Comparison of dairy beef genetics and dietary roughage levels. *Journal of Dairy Science*. 91: 2523-2531.
- Lengyel, Z., F. Husv eth, P. Polg ar, F. Szab o, and L. Magyar. 2003. Fatty acid composition of intramuscular lipids in various muscles of Holstein-Friesian bulls slaughtered at different ages. *Meat Science*. 65: 593-598.
- Lents, C. A., F. J. White, L. N. Floyd, D. L. Gay, and R. P. Wettemann. 2006. Effects of method and timing of castration and the use of an estrogenic growth stimulant on weight gain of bull calves. *The Professional Animal Scientist*. 22: 126-31.

- Litwinczuk Z., P. Domaradzki, T. Grodzicki, A. Litwinczuk, and M. Florek. 2015. The relationship of fatty acid composition and cholesterol content with intramuscular fat content and marbling in the meat of Polish Holstein-Friesian cattle from semi-intensive farming. *Animal Science Papers and Reports*. 33(2): 119–128.
- Mach, N., A. Bach, C. E. Realini, M. F. I. Furnols, A. Velarde, and M. Devant. 2009. Burdizzo pre-pubertal castration effects on performance, behavior, carcass characteristics, and meat quality of Holstein bulls fed high-concentrate diets. *Meat Science*. 81: 329–334.
- Marti, S., C. E. Realini, A. Bach, M. Pérez-Juan, and M. Devant. 2013. Effect of castration and slaughter age on performance, carcass, and meat quality traits of Holstein calves fed a high-concentrate diet. *Journal of Animal Science*. 91: 1129–1140.
- Marti, S., C. E. Realini, A. Bach, M. Pérez-Juan, and M. Devant. 2011. Effect of vitamin A restriction on performance and meat quality in finishing Holstein bulls and steers. *Meat Science*. 89: 412–418.
- Martins, S. V., P. A. Lopes, C. M. Alfaia, V. S. Ribeiro, T. V. Guerreiro, C. M. Fontes, M. F. Castro, G. Soveral, and J. A. Prates. 2007. Contents of conjugated linoleic acid isomers in ruminant-derived foods and estimation of their contribution to daily intake in Portugal. 2007. *British Journal of Nutrition*. 98(6): 1206-1213.
- McGrane, M. M. 2007. Vitamin A regulation of gene expression: molecular mechanism of a prototype gene. *The Journal of Nutritional Biochemistry*. 18: 497–508.
- McGuffey, R. K., and J. E. Shirley. 2011. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 2nd Edition. Elsevier Science Publishing Co. Inc., CA.
- McNamee, A., M. G. Keane, D. A. Kenny, A. P. Moloney, F. Buckley, and E. G. O’ Riordan. 2015. Beef production from Holstein–Friesian, Norwegian Red×Holstein–Friesian and Jersey×Holstein–Friesian male cattle reared as bulls or steers. *Livestock Science*. 173: 95–105.
- Molotkov, A., N.B. Ghyselinck, P. Chambon, and G. Duyster. 2004. Opposing actions of cellular retinol binding-protein and alcohol dehydrogenase control the balance between retinol storage and degradation. *Biochemical Journal*. 383: 295-302.
- Moreno, T., M. G. Keane, F. Noci, and A. P. Moloney. 2008. Fatty acid composition of M. Longissimus dorsi from Holstein-Friesian steers of New Zealand and European/American descent and from Belgian Blue×Holstein-Friesian steers, slaughtered at two weights/ages. *Meat Science*. 78: 157–169.
- Nozière, P., B. Graulet, A. Lucas, B. Martin, P. Grolier, and M. Doreau. 2006. Carotenoids for ruminants: From forages to dairy products. *Animal Feed Science and Technology*. 131: 418–450.
- NRC. 1996. *Carcinogens and Anticarcinogens in the Human Diet*. National Academy Press, Washington, DC.
- NRC. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th Rev. Ed. Natl. Acad. Sci. Washington, DC.
- Nuernberg, K., D. Dannenberger, G. Nuernberg, K. Ender, N. D. Scollan, J. D. Wood, G. R. Nute, R. I. Richardson, and J. Voigt. 2005. Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. *Livestock Production Science*. 94: 137-147.
- OECD-FAO. 2020. *OECD-FAO Agricultural Outlook 2020-2029*. FAO, Rome/OECD Publishing, Paris.
- Oliver, M., T. Bishop, and B. Marchant. 2013. *Precision Agriculture for Sustainability and Environmental Protection*. Routledge, NY.
- Panjono, S. M. K., I. S. Lee, and S. K. Lee. 2009. Carcass characteristics of Hanwoo (Korean cattle) from different sex conditions, raising altitudes and slaughter seasons. *Livestock Science*. 123: 283-287.
- Pariza, M. W., Y. Park, and M. E. Cook. 2001. The biologically active isomers of conjugate linoleic acid. *Progress in Lipid Research*. 40: 283-298.

- Pyatt N. A., and L. L. Berger. 2005. Review: potential effects of vitamins a and d on marbling deposition in beef cattle. *The Professional Animal Scientist*. 21: 174–181.
- Raes, K., S. D. Smet, and D. Demeyer. 2004. Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids, and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. *Animal Feed Science and Technology*. 113: 199–221.
- Rust, S. R., and C. S. Abney. 2005. Comparison of dairy versus beef steers. P. 161–174. In: Tigner R, Lehmkuhler J, editors. *Managing and marketing quality Holstein steers*. Madison, WI: Agricultural Service Association.
- Schmidt, J. R., M. C. Miller, J. G. Andrae, S. E. Ellis, and S. K. Duckett. 2013. Effect of summer forage species grazed during finishing on animal performance, carcass quality, and meat quality. *Journal of Animal Science*. 91: 4451-4461.
- Schönfeldt, H. C., and P. E. Strydom. Effect of age and cut on tenderness of South African beef. 2011. *Meat Science*. 87: 206-218.
- Shirouchi, B., E. Albrecht, G. Nuernberg, S. Maak, S. Olavanh, Y. Nakamura, M. Sato, T. Gotoh, and K. Nuernberg. 2014. Fatty acid profiles and adipogenic gene expression of various fat depots in Japanese Black and Holstein steers. *Meat Science*. 96: 157–164.
- Siebert, B. D., Z. A. Kruk, J. Davis, W. S. Pitchford, G. S. Harper, and C. D. K. Bottema. 2006. Effect of low vitamin a status on fat deposition and fatty acid desaturation in beef cattle. *Lipids*. 41: 365–370.
- Steinhart, C. 1996. Conjugate linoleic acid the good news about animal fat. *Journal of Chemical Education*. 73: 302-303.
- Takahashi, K. 1996. Structural weakening of skeletal muscle tissue during postmortem ageing of meat: the non-enzymatic mechanism of meat tenderization. *Meat Science*. 43: 67-80.
- Therkildsen, M., M. B. Houbak, and D. V. Byrne. 2008. Feeding strategy for improving tenderness has opposite effects in two different muscles. *Meat Science*. 80: 1037-1045.
- Torre, A. D. L., D. Gruffat, D. Durand, D. Micol, A. Peyron, V. Scislowski, and D. Bauchart. 2006. Factors influencing proportion and composition of CLA in beef. *Meat Science*. 73(2): 258-268.
- USDA. 2020. *Livestock and Poultry: World Markets and Trade*. Available: https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf. Accessed Dec. 12, 2020.
- USDA-AMS. 2011. National weekly direct slaughter cattle - premiums and discounts for the week of: 11/7/2011. Available: http://www.ams.usda.gov/mnreports/lm_ct155.txt. Accessed Nov. 7, 2011.
- Wardynski, F. 2012. Raising dairy steer calves for profitable beef production. MSU Ext. Available: http://msue.anr.msu.edu/news/raising_dairy_steer_calves_for_profitable_beef_production. Accessed Oct. 19, 2020.
- Wood, J. D., M. Enser, A. V. Fisher, G. R. Nute, P. R. Sheard, R. I. Richardson, S. I. Hughes, and F. M. Whittington. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*. 78: 343-358.
- Wood, J. D., R. I. Richardson, G. R. Nute, A. V. Fisher, M. M. Campo, E. Kasapidou, P. R. Sheard, and M. Enser. 2003. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*. 66: 21-32.
- Yamada, T., and N. Nakanishi. 2012. Effects of the roughage/concentrate ratio on the expression of angiogenic growth factors in adipose tissue of fattening Wagyu steers. *Meat Science*. 90: 807-813.
- Zhang, Y. Y., L. S. Zan, H. B. Wang, Y. P. Xin, C. M. Adoligbe, and J. A. Ujan. 2010. Effect of sex on meat quality characteristics of Qinchuan cattle. *African Journal of Biotechnology*. 9: 4504–4509.