รหัสโครงการ [SUT3-303-55-24-04]

รายงานการวิจัย

ผลของอาหารหยาบคุณภาพดีต่อคุณภาพเนื้อและสัดส่วนของกรดไขมันในเนื้อโค

Effect of high quality roughages on meat quality characteristics and fatty acid composition in beef cattle

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ [SUT3-303-55-24-04]

รายงานการวิจัย

ผลของอาหารหยาบคุณภาพดีต่อคุณภาพเนื้อและสัดส่วนของกรดไขมันในเนื้อโค

Effect of high quality roughages on meat quality characteristics and fatty acid composition in beef cattle

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

ผู้ร่วมวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร. วิศิษฐิพร สุขสมบัติ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2555

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

มีนาคม 2559

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของอาหารหยาบคุณภาพดีต่อคุณภาพเนื้อและสัดส่วนของกรดไขมันในเนื้อโค โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้ การศึกษาชนิดและปริมาณกรดไขมันในเนื้อโค โดยจัดแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) ทำการเก็บตัวอย่างเนื้อโคพื้นเมืองที่มีอายุประมาณ 2 ปี มีน้ำหนักระหว่าง 200 – 250 กิโลกรัม, เนื้อโคลูกผสมบราห์มันที่มีอายุประมาณ 3 ปี และมีน้ำหนักตัวประมาณ 450 กิโลกรัม และเนื้อโคลูกผสมยุโรปที่มีอายุประมาณ 3 ปี และมีน้ำหนักตัวประมาณ 550 - 650 กิโลกรัม จำนวน 96 ตัวอย่าง จากตลาดสดในเขตจังหวัดนครราชสีมา พบว่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อโคไม่แตกต่างกันทั้ง 3 ชนิด แต่เนื้อโคพื้นเมืองมีเปอร์เซ็นต์ไขมันและเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่ำและพบว่าองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อโคลูกผสมบราห์มันและเนื้อโคลูกผสมยุโรปมีปริมาณกรดไขมันชนิด SFA สูงกว่าเนื้อโคพื้นเมือง ในส่วนของกรดไขมันชนิด MUFA เนื้อโคทั้ง 3 ชนิดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนของกรดไขมันชนิด PUFA เนื้อโคพื้นเมืองมีปริมาณการสะสมของกรดไขมันชนิด PUFA สูงกว่าเนื้อโคลูกผสมยุโรป แต่ไม่แตกต่างกันกับเนื้อโคลูกผสมบราห์มันและกรดไขมันประเภท n-6 ในเนื้อโคพื้นเมืองและเนื้อโคลูกผสมยุโรป มีค่าต่ำกว่าเนื้อโคลูกผสมบราห์มัน แต่อย่างไรก็ตามพบว่าเนื้อโคพื้นเมืองมีกรดไขมันชนิด n-3 เนื้อโคสูงที่สุด และเนื้อโคพื้นเมืองมีการสัดส่วนของกรดไขมัน n-6/n-3 เนื้อโคต่ำกว่าเนื้อโคลูกผสมบราห์มันและเนื้อโคลูกผสมยุโรปตามลำดับ

ผลของอาหารหยาบคุณภาพดีต่อคุณภาพเนื้อ องค์ประกอบทางเคมีและการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของกรดไขมันในเนื้อโค โดยเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Pair t-test ใช้โคเนื้อ (พันธุ์บราห์มัน-พื้นเมือง) จำนวน 20 ตัว แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ได้รับอาหารข้นปริมาณสูงร่วมกับฟางข้าว (High Concentrate with Rice Straw; HCRS) และกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นปริมาณต่ำร่วมกับหญ้าสด (Low Concentrate with Fresh Grass; LCFG) พบว่าการกินได้วัตถุแห้ง โปรตีนและพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกันกับน้ำหนักตัว อัตราการเจริญเติบโต เปอร์เซ็นต์ซาก คุณภาพซาก และ องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อโค แต่อย่างไรก็ตามพบว่ากล้ามเนื้อส่วน *Semimembranosus* (SM) ในโคเนื้อได้รับ LCFG สามารถเพิ่มปริมาณกรดไขมันชนิด n-3 และลดสัดส่วนของกรดไขมัน n-6/n-3 ในเนื้อโคได้ทั้ง *Longissimus dorsi* (LD) และ SM อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

Abstract

The objective of this study was to investigate the effects of high quality roughage on meat quality and fatty acids composition in beef cattle. The experiment was divided into 2 experiments, types and levels of fatty acid in meat. The experiment was conducted as completely randomized designs (CRD). Nighty six beef sample from Thai-Native cattle (NB), averaging 2 years old, 200-250 kg body weight (BW); Brahman crossbred cattle (BC), averaging 3 years old, 450 kg BW and European crossbred cattle (EB), averaging 3 years old, 550-650 kg BW from local fresh food markets in Nakhon Ratchasima. The results showed that the protein was no different both three species of beef cattle, whereas the beef from NB had the fat and moisture lower. Beef from BC and EB were higher fatty acids composition (SFA) than NB, while MUFA of all cattle species with the BC, EB and NB remained unchanged among the treatments. NB have higher PUFA than EB; no significant differences were found for the BC. NB and EB were lower n-6 than BC. However, the highest quantity of fatty acid n-3 was observed in NB. NB found that the proportions of fatty acids n-6/n-3 in meat lower than the BC and EB respectively.

The results of the effects of high quality roughage on meat quality, chemical composition and fatty acids profile in beef cattle by using paired t-test, twenty Brahman crossbred cattle divided with 10 cows in 2 group. The first group received high level concentrate with rice straw, the 2nd group received low level concentrate with fresh grass as roughage. When cattle were fed both two groups, no significant differences were found for DM, CP and NE_{LP} intakes among groups and also BW, growth rate, carcass and meat quality. Therefore, cattle were fed the low level concentrate with fresh grass increased the fatty acids n-3 in *Semimembranosus* (SM) and decreased the proportion of fatty acids n-6 / n-3 both *Longissimus dorsi* (LD) and SM.

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย ……..…	ค
Abstract ……...…….……...	ง
สารบัญ ……..……	จ
สารบัญตาราง ……..……	ฉ
บทที่ 1 บทนำ ……..…….……..………	1
บทที่ 2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
บทที่ 3 การศึกษาชนิดและปริมาณกรดไขมันในเนื้อโค…….……..	8
อุปกรณ์และวิธีการ ……..…….……...….	8
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง……..……...	9
สรุปผลการทดลอง.....……..…….……..	13
บทที่ 4 ผลของอาหารหยาบคุณภาพดีต่อคุณภาพ องค์ประกอบทางเคมีและ	
การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของกรดไขมันในเนื้อโค…….……..….	14
อุปกรณ์และวิธีการ ……..…….……...….	14
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง……..……...	17
สรุปผลการทดลอง.....……..	30
บทที่ 5 สรุปและเสนอแนะ ……..……..	31
เอกสารอ้างอิง ……..…….	33
ประวัติผู้วิจัย ……..……..…..	39

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	Effect of diet on *Longissimus muscle* characteristic in beef cattle.....……	4
2.2	Effect of diet on *Longissimus muscle* sensory characteristic beef cattle.....	6
2.3	Effect of diet on fatty acid composition of *Longissimus muscle* in beef cattle ……..	7
3.1	องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อโค.....……..……	11
3.2	องค์ประกอบของกรดไขมันของเนื้อโค…….	12
4.1	องค์ประกอบทางเคมีและการประเมินค่าพลังงานของอาหารข้นสำเร็จรูป (14% CP) และอาหารหยาบ (% of DM)…….……..……..	18
4.2	องค์ประกอบทางเคมีและการประเมินค่าพลังงานของอาหารข้นสำเร็จรูป (14% CP) และอาหารหยาบ……..…….……...…	19
4.3	ผลของอาหารหยาบคุณภาพดีต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและปริมาณการกินได้ของโคเนื้อ …….……..……..	21
4.4	ผลของอาหารหยาบคุณภาพดีต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของโคเนื้อ…….……	23
4.5	ผลของอาหารหยาบคุณภาพดีต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อโค……..….	26
4.6	ผลของอาหารหยาบคุณภาพดีต่อองค์ประกอบกรดไขมันในกล้ามเนื้อตำแหน่ง *Longissimus dorsi* (% of total fatty acids) เมื่อโคเนื้อได้รับอาหาร HCRW และ LCFG …….……..	28
4.7	ผลของอาหารหยาบคุณภาพดีต่อองค์ประกอบกรดไขมันในกล้ามเนื้อตำแหน่ง *Semimembranosus* (% of total fatty acids) เมื่อโคเนื้อได้รับอาหาร HCRW และ LCFG ……..….	29

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาในการวิจัย

ในสถานการณ์ปัจจุบันนี้ ผู้บริโภคทั่วโลกได้มีความตื่นตัวและกระตุ้นให้คนเริ่มหันมารับประทานอาหารที่มีคุณค่าเพื่อสุขภาพที่ดี จนมีการผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพออกสู่ตลาดและขายตรงสู่ประชาชนเป็นจำนวนมาก รวมไปถึงผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจากการปศุสัตว์ซึ่งได้มีการพัฒนาคุณภาพตามความต้องการของตลาด เช่น ไข่โอเมก้า 3 หรือ ไข่ไก่ไอโอดีน เป็นต้น โดยเนื้อโคนั้นก็เป็นเนื้อสัตว์ที่มนุษย์นิยมบริโภคกันเป็นจำนวนมาก แต่พบว่าปัจจุบันนั้นเนื้อโคมีสัดส่วนของกรดไขมัน *n-6/n-3* ในสัดส่วนที่สูง (มากกว่า 5:1) โดยในทางการแพทย์พบว่าการที่มนุษย์บริโภคกรดไขมันในเนื้อสัตว์คือ *n-6/n-3* ในสัดส่วนที่สูงนั้นจะทำให้เพิ่มความเสี่ยงในการเกิดโรคต่างๆในมนุษย์ เช่น โรคเส้นเลือดหัวใจตีบ โรคมะเร็ง เป็นต้น อย่างไรก็ตามมีรายงานที่พบว่าการลดสัดส่วนของ *n*-6/*n*-3 จากการบริโภคเนื้อสัตว์ให้ลดต่ำลงกว่า 5 ต่อ 1 เท่า (DGE, 2000) และทำให้ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคในมนุษย์ลงได้ โดยวิธีการลดสัดส่วนของกรดไขมัน *n-6/n-3* นั้นทำได้โดยการเพิ่มปริมาณอาหารหยาบให้กับโคมากขึ้นและลดปริมาณอาหารข้นลง (Simopoulos, 2001, 2002 ; Wolfram, 2003) ดังนั้นในการรวบรวมเอกสารในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาเกี่ยวกับวิธีการให้อาหารโคเนื้อต่อ คุณภาพซาก และระดับของกรดไขมันในเนื้อของโคเนื้อ

ไขมันนั้นเป็นแหล่งพลังงานหลักของร่างกาย โดยไขมันที่อยู่ในเนื้อสัตว์นั้นจะทำให้เนื้อมีรสชาติดี มีกลิ่นน่ากิน และทำให้เนื้อมีความชุ่ม แต่ในปัจจุบันก็ได้เป็นที่ยอมรับแล้วว่าการบริโภคไขมันนั้นก็มีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์เช่นกัน ในประเทศสหรัฐอเมริกา Department of health (1994) ได้รณรงค์ให้ประชาชนลดการกินไขมันลงให้ได้ 10 -15% จากสัดส่วนของอาหารทั้งหมดที่มนุษย์กินเข้าไปเพื่อเป็นพลังงาน นอกจากนี้งานทดลองทางด้านเกี่ยวกับสัตว์ รวมไปถึงทางการแพทย์ยังได้มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับสัดส่วนของกรดไขมัน *n*-6/*n*-3 ที่ลดลงจากการบริโภคอาหารพวกไขมันนั้น จะสามารถลดความเสี่ยงที่จะเกิดโรคต่างในมนุษย์ (Abbott, 2004; Simopoulos, 2001, 2002; Wolfram, 2003) โดยพบว่าสัดส่วนของ *n-6/n-3* ที่เหมาะสมและไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์นั้นควรจะอยู่ที่ระดับ 1:1 (Abbott, 2004)

เนื้อโคนั้นเป็นอาหารที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายและมักเป็นสามารถเหตุที่ทำให้เกิดโรคอ้วน นอกจากนี้แล้วยังพบว่าเนื้อโคในปัจจุบันยังมีสัดส่วนของกรดไขมัน n-6/n-3 ที่ไม่สมดุลกัน เพราะในเนื้อโคนั้นมักพบกรดไขมันชนิด C18:2*n*-6 อยู่สูง ดังนั้นการเพิ่มกรดไขมันชนิด n-3 จึงเป็นเรื่องที่จำเป็น โดยในการเพิ่มกรดไขมันชนิด n-3 ในเนื้อโคนั้นทำได้โดยการเพิ่มสัดส่วนของอาหารหยาบ เพราะอาหารหยาบนั้นเป็นแหล่งของกรดไขมัน C18:3*n*-3 ดังนั้นการเพิ่มปริมาณของอาหารหยาบก็จะทำให้โคได้รับกรดไขมัน

ชนิด *n*-3 เพิ่มขึ้นตามไปด้วย (Scollan et al., 2001) โดย French et al. (2000), Frence et al. (2001) และ Molney et al. (2008) ได้ทดลองโดยการเพิ่มปริมาณอาหารหยาบให้กับโคเพิ่มขึ้นและลดปริมาณอาหารข้นลงพบว่าเมื่อปริมาณของอาหารหยาบเพิ่มขึ้นและอาหารข้นลดลงนั้นไม่ส่งผลต่อคุณภาพของเนื้อในการทดสอบด้าน Tenderness, Texture, Flavors, Juiciness, Chewiness และ Acceptability ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้อาหารหยาบคุณภาพดีเพื่อลดปริมาณอาหารข้นต่อประสิทธิภาพเจริญเติบโต คุณภาพเนื้อโคและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อโค

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณกรดไขมันในเนื้อโคพื้นเมืองและโคเนื้อลูกผสมที่มีจำหน่ายในเขตจังหวัดนครราชสีมา

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของการใช้อาหารหยาบคุณภาพดีเพื่อลดปริมาณอาหารข้นต่อประสิทธิภาพเจริญเติบโต คุณภาพ องค์ประกอบทางเคมีและการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของกรดไขมันในเนื้อโค

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาถึงชนิดและปริมาณกรดไขมันในเนื้อโคพื้นเมืองและโคเนื้อลูกผสมที่มีจำหน่ายในเขตจังหวัดนครราชสีมาและศึกษาผลของการใช้อาหารหยาบคุณภาพดีเพื่อลดปริมาณอาหารข้น โดยศึกษาผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสัดส่วนของกรดไขมันในเนื้อโค

1.4 สมมติฐานของโครงการวิจัย

1.4.1 การใช้อาหารหยาบคุณภาพดีเพื่อลดปริมาณอาหารข้น สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพเจริญเติบโต คุณภาพเนื้อโคและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อโค

1.4.2 การใช้อาหารหยาบคุณภาพดีเพื่อลดปริมาณอาหารข้นสามารถเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของกรดไขมันในเนื้อโคได้

บทที่ 2
เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 คำนำ

ผลิตภัณฑ์จากสัตว์เคี้ยวเอื้องมีปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวสูง (Saturated fatty acid, SFA) ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการ Biohydrogenation ที่เกิดขึ้นภายในกระเพาะหมัก (Nigel et al., 2001) โดยเฉพาะชนิด Palmitic acid (C16:0), Stearic acid (C18:0) อยู่สูง (Moloney et. al., 2008) ซึ่งการบริโภคอาหารประเภทที่มีไขมันที่ประกอบไปด้วยกรดไขมันชนิดอิ่มตัว เป็นสาเหตุก่อให้เกิดโรคหัวใจในมนุษย์ ขณะที่ผลิตภัณฑ์จากสัตว์เคี้ยวเอื้องมีปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ 2 ตำแหน่งขึ้นไปต่ำ (Polyunsaturated fatty acid, PUFA) ได้แก่ กรดไขมันโอเมก้า 6 (omega – 6, C18:2n – 6) และโอเมก้า 3 (omega – 3, C18:3n – 3) ซึ่งมีผลดีต่อสุขภาพผู้บริโภค (Parodi, 2005) สามารถยับยั้งการเกิดมะเร็งต่อมลูกหมากและมะเร็งเต้านม (Pandalai et al., 1996) ช่วยลดการเกิดโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด และลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคหัวใจ (Kris-Etherton et al., 2002; Harper and Jacobson, 2005) ได้ และยังเป็นการปรับสมดุลกรดไขมันที่ได้รับให้มีสัดส่วนของกรดไขมันชนิด *n-6* และ ชนิด *n-3* ที่เหมาะสมขึ้น

นอกจากนี้ Department of health (1994) แนะนำว่าผู้บริโภคควรจะได้รับอาหารที่มีปริมาณของกรดไขมันชนิด *n-3* สัมพันธ์กับปริมาณกรดไขมันชนิด *n-6* มากยิ่งขึ้น ซึ่งปัจจุบันผู้บริโภคได้รับอาหารที่ไม่มีความสมดุลของสัดส่วน *n*-6/*n*-3 (10:1) โดยสัดส่วนที่เหมาะสมควรมีค่าเป็น 1:1 (Eaton et al, 1996) แต่เนื่องจากกรดไขมันทั้งสองกลุ่มนี้ไม่สามารถสังเคราะห์ได้ในร่างกาย เพราะขาดเอนไซม์ delta-12 และ delta-15 desaturases ในการเพิ่มพันธะคู่ จึงทำให้กรดไขมันทั้งสองกลุ่มนี้จัดเป็นกรดไขมันที่จำเป็น ต้องได้รับโดยตรงจากการบริโภคอาหาร ปริมาณไขมันและสัดส่วนของไขมันในเนื้อ ได้รับอิทธิพลจากอาหารที่สัตว์ได้รับเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้สามารถเปลี่ยนสัดส่วนกรดไขมันในเนื้อได้

2.2 กรดไขมันชนิด *n-6* และ *n-3* ต่อการสะสมในเนื้อโค

กรดไขมันจำเป็น (Essential Fatty Acids, EFAs) โดยกรดไขมันจำเป็นนั้นจำเป็นอย่างยิ่งต่อการทำงานของร่างกาย โดยพบว่าการรับประทานอาหารที่มีกรดไขมัน *n-3* น้อยลงนั้นเป็นสาเหตุให้เกิดโรคหลายชนิด นับตั้งแต่โรคหัวใจวาย โรคครรภ์เป็นพิษ โรคไขข้ออักเสบชนิดรูห์มาตอยด์ (Rheumatoid arthritis) รวมทั้งโรคอื่นๆ อีกมาก แม้แต่โรคซึมเศร้า (Depression) และความก้าวร้าว (Aggression) รวมไปถึงเหนี่ยวนำให้เกิดความเครียด (รวีรุจและอริศร, 2547; Abbott, 2004)

อาหารที่โคกินเข้าไปนั้นโคจะย่อยและดูดซึมนำไปใช้ในการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโต ซึ่งถ้าอาหารที่มีคุณภาพดีและสัตว์ได้รับอย่างเพียงพอย่อมส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของเนื้อ ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาการจัดการด้านอาหารต่อคุณภาพซากของโคเนื้อ French et al. (2000) ได้ศึกษาถึงการเพิ่มระดับของอาหารหยาบให้กับโคเพิ่มขึ้นและลดลงปริมาณอาหารข้นลงในระดับต่างๆ ซึ่งพบว่าไม่มีผลต่อน้ำหนักซากของโครวมไปถึงองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ (Ash, Protein, Moisture และ Lipid) ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Moloney et al. (2008) แต่งานทดลองของ French et al. (2001) นั้นพบว่าเมื่อระดับของอาหารหยาบลดลงและอาหารข้นเพิ่มมากขึ้นนั้นจะทำให้ น้ำหนักของซากของโคเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่จะไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ (ตารางที่ 2.1)

ตาราง 2.1 Effect of diet on *Longissimus muscle* characteristic in beef cattle

Reference	Diet (kg DM)		Carcass	Muscle composition (g/kg)			
	Roughage	Concentrate	Weight (kg)	Ash	Protein	Moisture	Lipid
French et al. (2000)	Ad-libitum	4	330	10.7	222	719	40.8
	1	8	330	10.9	239	716	34.1
	6	5	326	10.7	226	711	44.9
	12	2.5	330	11.4	235	717	40.2
	Ad-libitum	-	324	13.5	233	711	43.6
French et al. (2001)	18	-	330[a]	12	225	737	-
	18	2.5	355[cd]	17	227	736	-
	18	5	363[bc]	12	224	733	-
	6	5	352[cd]	12	226	735	-
	12	2.5	348[d]	12	228	734	-
	-	Ad-libitum	371[b]	12	226	717	-
Moloney et al. (2008)	Ad-libitum	6.35	356	11	219	736	29
	Ad-libitum	Ad-libitum	364	11	223	741	21

หมายเหตุ: [a,b,c,d] มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ ($P< 0.05$)

นอกจากน้ำหนักซากและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อแล้วคุณภาพของเนื้อก็มีผลต่อการบริโภคของผู้บริโภคเช่นเดียวกัน โดย French et al. (2000) ได้ทดลองโดยการเพิ่มปริมาณอาหารหยาบให้กับโคเพิ่มขึ้นและลดปริมาณอาหารข้นลงพบว่าเมื่อปริมาณของอาหารหยาบเพิ่มขึ้นและอาหารข้นลดลงนั้นไม่ส่งผลต่อคุณภาพของเนื้อในการทดสอบด้าน Tenderness, Texture, Flavour, Juiciness, Chewiness และ Acceptability ซึ่งข้อมูลจากการทดลองนั้นสอดคล้องกับข้อมูลของ Frence et al. (2001) และ Molney et al. (2008) (ตารางที่ 2.2)

จากข้อมูลที่พบว่าการที่เนื้อมีปริมาณของกรดไขมัน *n*-6/*n*-3 ที่ไม่สมดุลจะทำให้เกิดผลเสียต่อผู้บริโภคคือ ปริมาณกรดไขมัน *n*-6/*n*-3 ควรจะต่ำกว่า 5/1 และพบว่าการให้สัตว์ได้รับอาหารหยาบเพิ่มขึ้นจะทำให้สัดส่วน *n*-6/*n*-3 ต่ำลงได้จึงมีผู้ได้ทดลองจัดการด้านอาหารข้นและอาหารหยาบในโคเนื้อโดย French et al. (2000) ได้ทดลองโดยการให้อาหารหยาบให้กับโคมากขึ้นและลดระดับของอาหารข้นลงพบว่าเมื่อระดับของอาหารหยาบเพิ่มขึ้นและอาหารข้นลดลงนั้นจะทำให้ระดับของ C18:2*n-6* และ *n-6* fatty acid ไม่เปลี่ยนแปลงแต่จะทำให้ปริมาณของ C18:3*n-3* และ *n-3* fatty acids เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจากปริมาณของ *n-3* fatty acids ที่เพิ่มขึ้นนั้นยังส่งผลให้สัดส่วนของกรดไขมัน *n-6/n-3* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอีกด้วย

ส่วนระดับของ Saturated fatty acids (SFA) และ Polyunsaturated fatty acids (PUFA) นั้นยังพบว่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน ส่วนงานทดลองของ Rule et al. (2002) ที่ทำการเปรียบเทียบปริมาณของกรดไขมันในเนื้อโคเมื่อให้อาหารที่เป็นอาหารหยาบเป็นหลัก (grass base) เปรียบเทียบกับการให้อาหารข้นเป็นหลัก (grain base) พบว่าโคที่ให้อาหารหยาบเป็นหลักนั้นจะมีระดับของ *n-6* fatty acid ไม่เปลี่ยนแปลง แต่ระดับของ *n-3* fatty acids นั้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสัดส่วนของกรดไขมัน *n-6/n-3* นั้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Nuenberg et al., (2005) ที่พบว่าจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงของระดับ C18:2*n-6*, *n-6* fatty acid, SFA และ PUFA แต่ระดับของ C18:3*n-3* และ *n-3* fatty acids จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและสัดส่วนของกรดไขมัน *n-6/n-3* นั้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2.3)

การจัดการด้านอาหารโดยการเพิ่มปริมาณของอาหารหยาบและลดการให้อาหารข้นในโคเนื้อนั้นพบว่าจะไม่ส่งผลต่อน้ำหนักซาก องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ (Ash, Protein, Moisture และ Lipid) รวมไปถึงคุณภาพของเนื้อที่ทดสอบในด้าน Tenderness, Texture, Flavour, Juiciness, Chewiness และ Acceptability แต่จะมีผลต่อสัดส่วนของกรดไขมันในเนื้อโดยพบว่า C18:2*n-6* และ *n-6* fatty acid จะไม่เปลี่ยนแปลงแต่ระดับของ C18:3*n-3* และ *n-3* fatty acids นั้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและสัดส่วนของกรดไขมัน *n-6/n-3* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอีกด้วย ซึ่งจากการที่สัดส่วนของกรดไขมัน *n-6/n-3* ลดลงนี้จะส่งผลให้ลดความเสี่ยงที่เกิดโรคต่างๆในผู้บริโภคได้

ตาราง 2.2 Effect of diet on *Longissimus muscle* sensory characteristic beef cattle

Reference	Diet (Kg DM)		Sensory characteristic														
	Roughage	Concentrate	Tenderness [c]			Texture[d]			Flavor[e]			Juiciness [c]			Chewiness [d]		
			2[T]	7[T]	14[T]	2	7	14	2	7	14	2[T]	7[T]	14[T]	2	7	14
French et al.	Ad-libitum	4	4.62	5.02	5.34	3.57	3.68	3.70	3.79	3.94	3.69	4.97	4.27	3.59	3.49	3.27	3.20
(2000)	1	8	4.44	5.43	5.73	3.42	3.69	4.03	3.76	3.97	3.99	4.34	4.54	4.03	3.67	3.21	2.77
	6	5	4.25	4.84	5.63	3.41	3.78	3.90	3.74	4.01	3.86	4.53	4.73	4.08	3.88	3.40	2.75
	12	2.5	5.10	5.83	5.60	3.77	3.91	3.57	3.83	3.90	3.72	4.20	4.33	4.64	3.43	2.87	3.53
	22	-	4.77	5.15	5.65	3.48	3.72	3.67	3.69	3.58	3.80	4.64	4.08	4.97	3.53	3.28	2.95
Frence et al.	18	-	3.5	4.8	5.2	2.9	3.4	3.6	3.5	3.7	3.8	4.8	4.6	5.3	4.2	3.5	3.1
(2001)	18	2.5	4.2	4.7	5.6	3.2	3.3	3.7	3.6	3.5	3.8	5.2	4.6	4.6	3.7	3.5	3.0
	18	5	4.5	5.2	5.8	3.3	3.4	3.7	3.7	3.8	3.8	5.3	4.3	4.8	3.7	3.2	2.8
	6	5	4.0	5.0	5.7	3.1	3.5	3.7	3.8	3..7	3.8	5.2	.4.7	5.2	4.0	3.3	3.0
	12	2.5	4.8	4.7	5.7	3.2	3.5	3.9	3.6	3.9	3.9	4.7	4.7	4.9	3.6	3.6	3.1
	-	Ad-libitum	4.4	5.2	6.2	3.3	3.5	3.8	3.7	3.8	3.9	5.2	5.1	5.0	3.9	3.3	2.7
Moloney et	Ad-libitum	6.35	4.57	5.06	5.82	3.26	3.60	3.83	3.87	4.09	4.09	5.43[a]	4.63[a]	5.40[a]	3.71	3.41	3.14
al. (2008)	Ad-libitum	Ad-libitum	4.18	5.54	5.81	3.26	3.60	3.83	3.81	3.97	3.98	4.94[b]	4.84[b]	4.99[b]	3.94	3.37	3.14

หมายเหตุ: [a,b] มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ (P< 0.05)

[c] Scale 1-8; 1=extremely dry, 8=extremely juicy; [d] Scale 1-6; 1=not chewy, 6=extremely chewy, [e] Scale 1-6; 1=not acceptable 6=extremely acceptable;

[T]=Time (days)

ตารางที่ 2.3 Effect of diet on fatty acid composition of *Longissimus muscle* in beef cattle

Reference	Diet (kg DM)		Fatty acids (g /100 g fatty acids)						
	Roughage	Concentrate	C18:2*n-6*	C18:3*n-3*	SFA	PUFA	*n-6* fatty acids	*n-3* fatty acids	*n-6/n-3* ratio
French et al. (2000)	Ad-libitum	4	2.60	0.71[a]	47.72[a]	4.14[a]	2.96	0.91[a]	3.61[a]
	1	8	2.96	0.72[a]	48.07[a]	4.93[b]	3.21	0.84[a]	4.15[a]
	6	5	2.60	0.87[b]	45.71[b]	4.53[b]	3.12	1.13[b]	2.86[b]
	12	2.5	2.32	1.01[c]	44.86[b]	4.71[b]	3.04	1.25[bc]	2.47[b]
	22	-	2.11	1.13[d]	42.82[c]	4.35[a]	3.14	1.36[c]	2.33[b]
Rule et al. (2002)	Grass – base/ ad-libitum		-	-	41.7[a]	9.53[a]	5.66	2.90[a]	1.95[a]
	Grain – base/ ad-libitum		-	-	44.0[b]	5.04[b]	3.92	0.64[b]	6.32[b]
Nuenberg et al. (2005)	Concentrate base ad-libitum	20.25 % CP/	4.11	0.34[a]	43.61	7.47	6.14	0.96[a]	6.49[a]
	Concentrate/grass base 14.78 % CP/ ad-libitum		4.32	1.67[b]	45.55	9.71	6.30	3.25[b]	1.94[b]

หมายเหตุ : [a,b,c,d] มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ ($P< 0.05$)

SFA = Saturated fatty acids; MUFA = Monounsaturated fatty acids; PUFA = Polyunsaturated fatty acids.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
การศึกษาชนิดและปริมาณกรดไขมันในเนื้อโค

3.1 บทนำ

ในทุกวันนี้นั้นผู้บริโภคได้หันมาสนใจบริโภคอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพมากขึ้น ซึ่งรวมไปถึงผลิตภัณฑ์อาหารที่มาจากสัตว์ด้วย โดยจะสนใจลักษณะการเลี้ยงดูสัตว์มากขึ้น เช่น สารอาหารต่างๆในอาหารของสัตว์ ปริมาณของกรดไขมันในเนื้อสัตว์ รวมไปถึงคุณภาพของนมและไข่ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภคด้วย (Dewhurst et al., 2003) เนื้อโคนั้นเป็นอาหารที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายและมักเป็นสามารถเหตุที่ทำให้เกิดโรคอ้วน นอกจากนี้แล้วยังพบว่าเนื้อโคในปัจจุบันยังมีสัดส่วนของกรดไขมัน *n-6/n-3* ที่ไม่สมดุลกัน โดยในทางการแพทย์พบว่าการที่มนุษย์บริโภคกรดไขมันในเนื้อสัตว์ คือ *n-6/n-3* ในสัดส่วนที่สูงนั้นจะทำให้เพิ่มความเสี่ยงในการเกิดโรคต่างๆ ในมนุษย์ เช่น โรคเส้นเลือดหัวใจตีบ โรคมะเร็ง เป็นต้น อย่างไรก็ตามมีรายงานที่พบว่าการลดสัดส่วนของ *n-6/n-3* จากการบริโภคเนื้อสัตว์ให้ลดต่ำลงกว่า 5 ต่อ 1 เท่า (DGE, 2000) และทำให้ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคในมนุษย์ลงได้

3.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณกรดไขมันในเนื้อโคพื้นเมืองและโคเนื้อลูกผสมที่จำหน่ายในเขตจังหวัดนครราชสีมา

3.3 อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาชนิดและปริมาณกรดไขมันในเนื้อโคที่จำหน่ายในเขตจังหวัดนครราชสีมา วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) ทำการเก็บตัวอย่างเนื้อโคพื้นเมือง (NB) ที่มีอายุประมาณ 2 ปี มีน้ำหนักระหว่าง 200 – 250 กิโลกรัม เนื้อโคขุนลูกผสมบราห์มัน (BC) ที่มีอายุประมาณ 3 ปี และมีน้ำหนักตัวประมาณ 450 กิโลกรัม และเนื้อโคลูกผสมยุโรป (EB) ที่มีอายุประมาณ 3 ปี และมีน้ำหนักตัวประมาณ 550 - 650 กิโลกรัม จำนวน 96 ตัวอย่างต่อกลุ่มตัวอย่าง (เก็บตัวอย่าง 4 เดือนต่อครั้ง จำนวน 3 ครั้งต่อปี) ทำการเก็บตัวอย่างจากโรงฆ่าสัตว์ที่ส่งเนื้อโคให้ตลาดสดในเขตจังหวัดนครราชสีมา โดยพิจารณาสายพันธุ์โคที่เข้าเชือด

การเก็บตัวอย่างเนื้อโคแต่ละครั้งจะทำการเก็บตัวอย่างเนื้อโคในส่วนเนื้อสะโพก ตัวอย่างๆ ละ 300 กรัม บรรจุลงในถุงพลาสติกชนิดหนาแล้วปิดปากถุงให้สนิท ปิดฉลากบนถุงตัวอย่าง โดยมีการระบุรายละเอียด ได้แก่ ชนิดเนื้อสัตว์ สถานที่เก็บตัวอย่าง หรือตลาดจำหน่ายเนื้อสัตว์ วันที่ทำการเก็บตัวอย่าง ผู้เก็บตัวอย่าง บรรจุตัวอย่างลงในถังพลาสติกหรือกล่องโฟมที่มีการควบคุมอุณหภูมิน้อยกว่า 4°C และนำ

ตัวอย่างเข้าตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ นำเนื้อโคที่ทำการเก็บตัวอย่างจากแหล่งต่างๆ มาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ ได้แก่

- การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ ตัวอย่างเนื้อโค นำมาบดปั่นให้ละเอียด และนำไป Freeze dried หลังจากนั้นนำไปบดผ่านตะแกรง 2 mm อีกครั้ง และทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ ประกอบด้วย ความชื้น โปรตีนและไขมัน โดยวิธี proximate analysis (AOAC, 1990)

- การวิเคราะห์กรดไขมัน การวิเคราะห์กรดไขมันตามวิธีของ Folch et al (1957) และ Metcalfe et al (1966) ซึ่งตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย อาหารสัตว์ โคเนื้อสันนอก (*Longissimus* muscle) และเนื้อสะโพก (*Semimembranosus*) ตัวอย่างจะถูกทำให้อยู่ในรูปของ methyl ester โดยการชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 15 กรัม เติม chloroform-methanol (2:1) ปริมาตร 90 มล. ปั่นด้วยเครื่อง homogenize นาน 2 นาที เติม chloroform 30 มล. และปั่นอีก 2 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง เติม deionize water ปริมาตร 30 มล. เติม 0.58% NaCl ปริมาตร 5 มล. เขย่าให้เข้ากันแล้ววางทิ้งไว้ 1 คืนให้แยกชั้น เก็บชั้นของไขมันใส่ขวดฝาเกลียว (หุ้มด้วยแผ่นฟอยด์) เก็บที่ -20 °C

ขั้นตอนการทำ methylation ทำการชั่งตัวอย่างไขมันประมาณ 25 มก. ใส่ลงในหลอดทดลอง โดยการดูดตัวอย่างใส่หลอดทดลองและนำไปทำให้แห้งด้วย N_2 gas จนตัวสารละลายแห้งเหลือเฉพาะกรดไขมันอยู่ นำไปชั่งน้ำหนักเพื่อใช้ในการคำนวณตัวอย่างไขมัน เติม 0.5N NaOH/MeOH ปริมาตร 1.5 มล. ทำการไล่อากาศด้วย N_2 gas ให้ความร้อน 100 °C 5 นาที เขย่า แล้วตั้งไว้ให้เย็น เติม 14% BF_3 in methanol ปริมาตร 2 มล. ไล่อากาศด้วย N_2 gas แล้วปิดฝา เติม C17:O (2.0 มก./มล. ใน Hexane) ปริมาตร 1 มล. ไล่อากาศด้วย N_2 gas แล้วปิดฝา ให้ความร้อน 100 °C 5 นาที เขย่า แล้วตั้งไว้ให้เย็น เปิดฝาเติม deionize water ปริมาตร 10 มล. และ hexane ปริมาตร 5 มล. ปิดฝาเขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งไว้ให้แยกชั้น ตัก Na_2SO_4 ประมาณปลายช้อนตักสารใส่ลงในหลอดทดลองขนาดเล็กหลอดใหม่ เมื่อสารละลายแยกชั้น ดูดชั้น hexane ใส่ลงในขวด Vial สีชาปริมาณ 1 มล. เพื่อนำไปฉีดเข้าเครื่อง gas chromatography ปริมาตร 1 ไมโครลิตร (Hewlett Packard, HP 6890 series GC system)

3.4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อโค

องค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วยเปอร์เซ็นต์ความชื้น โปรตีนและไขมัน จากผลการทดลองตัวอย่างเนื้อโคพื้นเมือง (NB), เนื้อโคขุนลูกผสมบราห์มัน (BC) และเนื้อโคลูกผสมยุโรป (EB) แสดงในตารางที่ 3.1 พบว่า เนื้อโค EB มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงกว่า NB และ BC (73.98, 72.84 และ 72.78 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างเนื้อโค NB และ BC เปอร์เซ็นต์ไขมันของเนื้อโคทั้งสามประเภทพบว่า เนื้อโค EB และ BC มีเปอร์เซ็นต์ไขมันกว่า NB อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ซึ่งจากรายงานของ Cooke et al. (2004) พบว่าเมื่อโคเนื้อได้รับอาหารที่แตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณการสะสมไขมันในกล้ามเนื้อที่แตกต่างกัน ซึ่งจากระบบการเลี้ยงโคเนื้อขุน

วัตถุประสงค์หลัก ได้แก่ การปรับปรุงประสิทธิภาพการเจริญเติบโต คุณภาพซาก และ คุณภาพเนื้อ ซึ่งอาหารเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อ (Sami et al., 2004) ในระบบฟาร์มที่ใช้หญ้าสดเป็นอาหารหยาบหลักช่วยในการลดต้นทุนการผลิตได้ (Keane and Allen, 1998) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อโคที่ได้จากระบบการเลี้ยงโดยใช้อาหารข้นมีคุณภาพเนื้อที่ต่างกัน (Nuernberg et al., 2005) ซึ่งการเลี้ยงโคเนื้อขุน NB ไม่มีระบบการจัดการอาหารเลี้ยงด้วยอาหารตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นเนื้อโคที่อยู่ในตลาดล่าง แต่ระบบฟาร์มที่เลี้ยงโคเนื้อขุนลูกผสมบราห์มันและลูกผสมยุโรป การจัดการอาหารโคเนื้อขุนระยะสุดท้ายก่อนส่งฆ่าเน้นการเร่งให้อาหารข้นปริมาณสูงเพื่อวัตถุประสงค์ในการเพิ่มระดับไขมันแทรก ตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคในตลาดระดับสูง (DLD, 2012) สอดคล้องกับ French et al., 2000 พบว่า ปริมาณไขมันในเนื้อโคมาจากปริมาณอาหารข้นที่โคเนื้อได้รับ ซึ่งจะมีปริมาณไขมันมากกว่าโคเนื้อที่ได้รับอาหารข้นปริมาณต่ำหรือไม่ได้รับอาหารข้น นอกจากนี้ปริมาณไขมันที่สะสมในซาก (Carcass) และในกล้ามเนื้อชั้นใน (Intramuscular) เป็นผลมาจากปัจจัยภายนอก (Phenotypic) และพันธุกรรม (Genetic) (Smet et al., 2004) การสะสมไขมันนั้นเป็นผลมาจากกระบวนการ de novo Fatty acid synthesis และการดูดซึมจากกรดไขมัน (Exogenous fatty acid) ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้เนื้อโค EB และ BC จึงมีระดับของเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงกว่า NB แต่อย่างไรก็ตามพบว่าปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อโคทั้งสองประเภทนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

องค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อโค

องค์ประกอบของกรดไขมัน จากการทดลองเก็บตัวอย่างเนื้อโค 3 ประเภท ได้แก่ เนื้อโคพื้นเมือง (NB), เนื้อโคขุนลูกผสมบราห์มัน (BC) และเนื้อโคลูกผสมยุโรป (EB) แสดงในตารางที่ 3.2 พบว่า เนื้อโค EB และ BC มีปริมาณกรดไขมันชนิด SFA สูงกว่า NB อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ซึ่งประกอบไปด้วยกรดไขมันชนิด C12:0, C16:0, C18:0 ในส่วนของกรดไขมันชนิด MUFA เนื้อทั้ง 3 ประเภทมีการสะสมของกรดไขมันชนิด MUFA แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และในส่วนของกรดไขมันชนิด PUFA พบว่า เนื้อโคประเภท NB มีปริมาณการสะสมของกรดไขมันชนิด PUFA สูงกว่า EB แต่ให้ผลไม่แตกต่างกันกับเนื้อโค BC ซึ่งจากการเก็บตัวอย่างเนื้อทั้ง 3 ชนิด พบว่า กรดไขมันประเภท PUFA ชนิดของกรดไขมัน n-6 (C18:2n6t, C18:2n6c และ C20:4n6) ในเนื้อโคประเภท NB และ EB มีการสะสมในกล้ามเนื้อแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่าต่ำกว่าเนื้อโค BC อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และพบว่าในส่วนของกรดไขมันชนิด n-3 (C18:3n3, C20:5n3) เนื้อโค NB มีการสะสมของกรดไขมันชนิด n-3 ในกล้ามเนื้อโคสูงกว่า BC และ EB (2.37, 0.35, และ 0.25 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ส่งผลต่อสัดส่วนของกรดไขมันชนิด n6/n3 เนื้อโค NB มีการสัดส่วนของกรดไขมัน n6/n3 ในกล้ามเนื้อโคต่ำกว่า BC และ EB (3.10, 28.5, และ 34.31 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อโค

Item	Treatments			SEM	Pr>F
	NB	BC	EB		
% Moisture	72.84±1.96[a]	72.78±1.65[a]	73.98±1.72[b]	0.182	<0.01
%Protein	22.04±1.09	21.99±0.89	22.37±1.00	0.102	0.26
%Fat	2.34±0.47[a]	3.84±0.57[b]	3.95±0.75[b]	0.062	<0.01

Mean±SD

การเลี้ยงโคขุนด้วยอาหารข้นซึ่งมีปริมาณของ n-6 สูง (BC และ EB) เชื่อว่าเชื่อมโยงกับเนื้อโคที่มีไขมันแทรกสูง มีผลต่อคุณภาพเนื้อและความชอบของผู้บริโภค (Mori, 2006; Truong et al., 2009; Massiera et al., 2010) เมื่อนำเนื้อโคที่มาจากระบบที่เลี้ยงโดยใช้หญ้าเพียงอย่างเดียว (NB) ซึ่งมีปริมารของกรดไขมันชนิด n-3 สูง นอกจากนี้รายงานของ Economic Research Service (2009) ประชาชนในประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา บริโภคเนื้อแดงเป็นปริมาณมากและมีอัตราการบริโภคเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Delgado, 2003; Popkin, 2009) ซึ่งมีความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็ง, หลอดเลือดอุดตัน ส่งผลให้มีอัตราการตายในวัยกลางคนและในวัยสูงอายุเพิ่มขึ้น (Givens et al., 2006; Ponnampalam et al., 2006; Scollan et al., 2006; Noci et al., 2007; Webb and O'Neill, 2008; Fincham et al., 2009; Sinha et al., 2009) เกิดจากการกินได้ของ n-3 ไม่เพียงพอ

Department of health (1994) แนะนำว่าผู้บริโภคควรจะได้รับอาหารที่มีปริมาณของกรดไขมันชนิด n-3 สัมพันธ์กับปริมาณกรดไขมันชนิด n-6 มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้เนื้อโค NB มีสัดส่วนของกรดไขมันชนิด n-6/n-3 ในระดับต่ำกว่า BC และ EB ซึ่งเป็นระดับที่งานวิจัยโดยส่วนใหญ่แนะนำเนื่องจากสามารถป้องกันการเกิดโรคหัวใจได้ (4:1 ถึง 7.5:1) (Simopoulos, 1998; Kafatos and Codrington, 1999; Fermandes, 2002) แต่อย่างไรก็ตามปัจจัยที่มีผลต่อการสะสมกรดไขมันในเนื้อ นอกจากปัจจัยด้านอาหารยังขึ้นอยู่กับสายพันธุ์เป็นส่วนประกอบ (Nurnberg et al., 1998)

ตารางที่ 3.2 องค์ประกอบของกรดไขมันของเนื้อโค

Fatty acid composition	**Treatments**			**SEM**	**Pr>F**
(% of total FA)	**NB**	**BC**	**EB**		
C12:0	0.25±0.14[a]	0.46±0.19[b]	0.48±0.37[b]	0.026	<0.01
C14:0	3.97±1.06	3.76±3.20	3.88±0.44	0.200	0.91
C15:0	0.69±0.32[a]	1.14±0.34[b]	0.70±0.06[a]	0.028	<0.01
C16:0	27.93±4.45[a]	28.05±1.93[a]	29.92±2.30[b]	0.316	0.02
C16:1	2.33±0.40[b]	0.20±0.10[a]	0.27±0.25[a]	0.029	<0.01
C18:0	25.39±2.99[a]	26.77±2.64[b]	26.84±1.63[b]	0.254	0.04
C18:1n9c	29.92±3.95	30.94±3.45	30.95±3.30	0.365	0.42
C18:2n6t	0.20±0.18[a]	0.49±0.39[b]	0.49±0.28[b]	0.031	<0.01
C18:2n6c	4.41±1.41	4.83±1.40	4.59±0.55	0.122	0.38
C20:1	0.21±0.09[b]	0.09±0.06[a]	0.11±0.09[a]	0.008	<0.01
C18:3n3	1.32±0.40[c]	0.08±0.04[a]	0.21±0.17[b]	0.026	<0.01
C9,T11	0.28±0.22[a]	1.06±0.37[b]	1.11±0.06[b]	0.026	<0.01
T10,C12	0.24±0.11[b]	0.30±0.14[c]	0.07±0.06[a]	0.011	<0.01
C22:0	0.18±0.18	0.20±0.19	0.17±0.26	0.022	0.88
C20:4n6	1.62±0.40[c]	1.37±0.69[b]	0.15±0.03[a]	0.047	<0.01
C20:5n3	1.05±0.50[c]	0.27±0.20[b]	0.05±0.02[a]	0.032	<0.01
SFA[1]	58.41±3.68[a]	60.38±4.44[b]	61.99±3.11[b]	0.386	<0.01
MUFA[2]	32.47±4.03	31.23±3.43	31.34±3.32	0.368	0.32
PUFA[3]	9.13±1.65[b]	8.39±2.12[b]	6.68±0.53[a]	0.161	<0.01
total n-3[4]	2.37±0.67[c]	0.35±0.17[b]	0.25±0.17[a]	0.042	<0.01
tatal n-6[5]	6.76±1.46[a]	8.04±1.99[b]	6.43±0.51[a]	0.149	<0.01
PUFA:SFA	0.16±0.03[b]	0.14±0.04[b]	0.11±0.01[a]	0.003	<0.01
n-6/n-3	3.10±1.28[a]	28.57±13.68[b]	34.31±16.40[c]	1.261	<0.01

Mean±SD

[a,b,c] Mean within row which different superscripts differ (P<0.01); SEM = Standard error of mean

[1] SFA = Sum of saturated fatty acid from C4:0 – C20:0; [2] MUFA = Sum of monounsaturated fatty acid from C14:1 – C22:1; [3] PUFA = Sum of polyunsaturated fatty acids from C18:2 – C22:6; [4] Sum of n3 fatty acids C18:3n-3 – C22:6n-3; [5] Sum of n6 fatty acids C18:2n-6 – C22:4n-6

3.5 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาชนิดและปริมาณกรดไขมันในเนื้อโคทั้ง 3 ชนิด ประกอบด้วย NB, BC และ EB พบว่าเนื้อโค NB มีปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันและเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่ำที่สุด แต่ปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนไม่แตกต่างกันทั้ง 3 ชนิด และ องค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อโค EB และ BC มีปริมาณกรดไขมันชนิด SFA สูงกว่า NB ในส่วนของกรดไขมันชนิด MUFA เนื้อทั้ง 3 ประเภทมีการสะสมของกรดไขมันชนิด MUFA ไม่แตกต่างกัน และในส่วนของกรดไขมันชนิด PUFA เนื้อโคประเภท NB มีปริมาณการสะสมของกรดไขมันชนิด PUFA สูงกว่า EB แต่ให้ผลไม่แตกต่างกันกับเนื้อโค BC และกรดไขมันประเภท PUFA ชนิดของกรดไขมัน n-6 ในเนื้อโคประเภท NB และ EB มีค่าต่ำกว่าเนื้อโค BC แต่อย่างไรก็ตามพบว่าในส่วนของกรดไขมันชนิด n-3 เนื้อโค NB มีการสะสมของกรดไขมันชนิด n-3 ในกล้ามเนื้อโคสูงที่สุด ส่งผลต่อสัดส่วนของกรดไขมันชนิด n6/n3 เนื้อโค NB มีการสัดส่วนของกรดไขมัน n6/n3 ในกล้ามเนื้อโคต่ำกว่า BC และ EB ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลของอาหารหยาบคุณภาพดีต่อคุณภาพ องค์ประกอบทางเคมีและการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของกรดไขมันในเนื้อโค

4.1 บทนำ

ไขมันเป็นแหล่งพลังงานหลักของร่างกาย โดยไขมันที่อยู่ในเนื้อสัตว์นั้นจะทำให้เนื้อมีรสชาติดี มีกลิ่นน่ากิน และทำให้เนื้อมีความชุ่มฉ่ำ แต่ในปัจจุบันก็ได้เป็นที่ยอมรับแล้วว่าการบริโภคไขมันนั้นก็มีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์เช่นกัน ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการรณรงค์ให้ประชาชนลดการกินไขมันลงให้ได้ 10 - 15% จากสัดส่วนของอาหารทั้งหมดที่มนุษย์กินเข้าไปเพื่อเป็นพลังงาน นอกจากนี้งานทดลองทางด้านเกี่ยวกับสัตว์ รวมไปถึงทางการแพทย์ยังได้มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับสัดส่วนของกรดไขมัน *n-6/n-3* ที่ลดลงจากการบริโภคอาหารพวกไขมันนั้น จะสามารถลดความเสี่ยงที่จะเกิดโรคต่างในมนุษย์ โดยวิธีการลดสัดส่วนของกรดไขมัน *n-6/n-3* นั้นทำได้โดยการเพิ่มปริมาณอาหารหยาบให้กับโคมากขึ้นและลดปริมาณอาหารข้นลง (Simopoulos, 2001, 2002 ; Wolfram, 2003) ดังนั้นในศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาเกี่ยวกับวิธีการให้อาหารต่อประสิทธิภาพเจริญเติบโต คุณภาพเนื้อ คุณภาพซาก และระดับของกรดไขมันในเนื้อโค

4.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้อาหารหยาบคุณภาพดีต่อประสิทธิภาพเจริญเติบโต คุณภาพเนื้อและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อโค
2. เพื่อศึกษาผลของการใช้อาหารหยาบคุณภาพดีต่อสัดส่วนของกรดไขมันในเนื้อโค

4.3 อุปกรณ์และวิธีการ

4.1.1. ใช้โคเนื้อ (พันธุ์บราห์มัน-พื้นเมือง) จำนวน 20 ตัว อายุประมาณ 2 ปี น้ำหนักประมาณ 337±54 กิโลกรัม โดยโคทุกตัวถูกเลี้ยงโดยขังในคอกเดี่ยว และมีน้ำให้กินตลอดเวลา

4.1.2. สุ่มสิ่งทดลอง ทั้ง 2 กลุ่มการทดลองให้กับโค และเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Pair t-test ดังนี้

T 1 ให้ฟางข้าว และอาหารข้น 5 – 6 กิโลกรัม/วัน (อาหารข้น 14% CP, High Concentrate with Rice Straw; HCRS)

T 2 ให้หญ้าสดและอาหารข้น 3 – 4 กิโลกรัม/วัน (หญ้าเนเปียร์ปากช่อง (*Pennisetum purpureum x Pennisetum americanum*) อายุ 35 - 45 วัน ที่ปลูกในฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และอาหารข้น 14% CP, Low Concentrate with Fresh Grass; LCFG)

4.1.3. การเก็บข้อมูล และวิเคราะห์ตัวอย่าง

จัดโคออกเป็น 2 กลุ่มตามแผนการทดลองแล้ว ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง ตามกลุ่มทดลอง โดยคำนวณจากความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคเนื้อ (NRC, 1996) ระยะเวลาในการปรับตัวของโคทดลองประมาณ 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นทำการเลี้ยงโคทดลองประมาณ 100 วัน โดยทำการบันทึกและเก็บข้อมูลต่างๆ ดังนี้

1. การศึกษาด้านประสิทธิภาพการเจริญเติบโต (Performance)

- น้ำหนักตัว

ทำการชั่งและบันทึกน้ำหนักโคแต่ละกลุ่มทดลองเป็นรายตัว 3 ครั้ง คือ ก่อนทดลอง สัปดาห์ที่ 3 และหลังการทดลอง โดยอดอาหารก่อนชั่งอย่างน้อย 16 ชั่วโมง

- การกินได้

บันทึกข้อมูลปริมาณอาหารที่กิน รวมถึงเก็บตัวอย่างอาหารก่อนกินและหลังกินเป็นรายตัว สัปดาห์ละ 1 ครั้ง เก็บ 2 วันติดต่อกันโดยสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารแต่ละชนิด (อาหารข้นกลุ่มควบคุม, อาหารข้นกลุ่มทดลอง และอาหารหยาบ) เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate analysis) (AOAC, 1990) และ Detergent analysis (Goering and Van Soest, 1970)

- สมรรถภาพการผลิต

อัตราการเจริญเติบโต (Average daily gain, ADG) = $\frac{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กิโลกรัม)}}{\text{จำนวนวัน}}$

Energy/Gain = Energy Intake/Body weight

2. การศึกษาด้านคุณภาพซาก (Carcass quality)

เมื่อครบระยะเวลาประมาณ 100 วัน ทำการชั่งและบันทึกน้ำหนักมีชีวิต (live weight) ที่ผ่านการอดอาหารมาแล้วอย่างน้อย 16 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำโคทุกกลุ่มการทดลองสุ่มเข้าฆ่าตามวิธีการฆ่าแบบสากล โดยสุ่มฆ่ากลุ่มการทดลองละ 4 ตัว เพื่อทำการวัดและบันทึกคุณภาพซากต่างๆ ได้แก่ น้ำหนักซากหลังจากการชำแหละ ตัดส่วนหัวและนำอวัยวะภายในออกทั้งหมด Dressing percentage, Loin eye area, Back fat thickness, Firmness และ Color

- เปอร์เซ็นต์ซาก (Dressing percentage) ข้อมูลเปอร์เซ็นต์ซาก เป็นตัวบ่งชี้ผลผลิตแบบหยาบๆ เพราะน้ำหนักซากเป็นน้ำหนักรวมของเนื้อแดง ไขมัน เอ็น พังผืด กระดูก ไม่ได้บอกรายละเอียดถึงปริมาณเนื้อแดง ไขมัน กระดูกหรือเอ็น ข้อมูลจึงผันแปรมากขึ้นอยู่กับระดับของการระเหยน้ำออกจากตัวสัตว์ขณะชั่งก่อนฆ่า และปริมาณอาหารหรือสิ่งบรรจุอื่นๆ ในอวัยวะย่อยอาหาร การคำนวณเปอร์เซ็นต์ซากสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{Dressing percentage} = \frac{(\text{น้ำหนักซากสด} - 3\% \text{ ของน้ำหนักซากสด}) \times 100}{\text{น้ำหนักมีชีวิต}}$$

$$\text{หรือ} \quad \text{เปอร์เซ็นต์ซาก} = \frac{\text{น้ำหนักซากเย็น} \times 100}{\text{น้ำหนักมีชีวิต}}$$

- การวัดความหนาของไขมันหุ้มซาก (Fat thickness) วัดระหว่างซี่โครงที่ 12 และ 13 ณ จุด ¾ ของความยาวกล้ามเนื้อสันจากระดูกสันหลัง และตั้งฉากกับผิวชั้นนอกของไขมัน วัดด้วย เวอร์เนียร์

- การประเมินสีของเนื้อแดง ใช้ตัวอย่างจากเนื้อสันนอก (*Longissimus* muscle) และเนื้อสะโพก (*Semimembranosus*) โดยตัวอย่างเนื้อตัดจากซี่โครงที่ 12 ใส่ใน vacuum package เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 0 – 4 องศาเซลเซียส โดยจะวัดค่าสีของเนื้อที่ 14 วัน หลังฆ่า เมื่อครบเวลานำตัวอย่างออกจาก vacuum package ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 60 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าสีของเนื้อด้วยเครื่อง Minolta colorimeter (CR-300 MINOLTA, Japan) โดยจัดค่าสีของเนื้อตัวอย่าง 3 ตำแหน่ง บันทึกค่าเฉลี่ย L* , a*และ b* โดยที่ค่า L* เป็นค่าความสว่าง ถ้าค่า L ต่ำแสดงว่ามีสีเข้มคล้ำ แต่ถ้าค่า L สูงหมายถึง สีอ่อนค่อนไปทางสีขาว ส่วนค่า a* และ b* มีทั้งเป็นบวกและลบ โดยที่ a+ เป็นสีแดง ที่ศูนย์เป็นสีเทา และ a- เป็นสีขาว ค่า b+ เป็นสีเหลือง สีเทาเมื่อเป็นศูนย์และสีน้ำเงินเมื่อเป็นลบ (Madron et al., 2002)

- การวัดความคงตัว (Firmness) การวัดความคงตัวหรือความแน่นของเนื้อสันและเนื้อสะโพกของเนื้อโค โดยใช้เครื่อง Texture analyzer

- การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ (ตามวิธีการในหัวข้อ 3.3)

- การวิเคราะห์ค่า Thiobarbituric acid reactive substances analysis (TBA-RS) โดยการชั่งตัวอย่างของเนื้อสันนอก (*Longissimus* muscle) และเนื้อสะโพก (*Semimembranosus*) ที่บดแล้ว 10 กรัม ไปใส่ในโถปั่น ร่วมกับน้ำกลั่น 70 มล. ทำการ homogenize 15 นาที และล้างหลอดด้วยน้ำกลั่น 30 มล. ลงใน flask เติม 4M HCl 2.5 มล. เติม antifoaming 1-2 หยด และนำไปกลั่นให้เหลือประมาณ 50 มล. แล้วทำการปิเปตสารละลายที่กลั่นมา 5 มล. (หลอด blank ใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายตัวอย่าง 5 มล.) เติม TBA solution 5 มล. นำไปต้มใน water bath 100 °C นาน 35 นาที ทิ้งให้เย็น และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 538 nm ด้วยเครื่อง spectrophotometer ค่า TBA จะเพิ่มขึ้น 7.843 การ oxidation จะเท่ากับปริมาณ malonaldehyde (MDA mg/kg muscle)

การคำนวณค่า TBA number = malonaldehyde (MDA mg/kg muscle)

= 7.8 x OD

- การวิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอล การวิเคราะห์ทำตามวิธีของ Rowe, Macedo, Visentainer, Souza and Matsushita (1999) เนื้อสันนอก (*Longissimus* muscle) และเนื้อสะโพก (*Semimembranosus*) จะนำมาสกัดปริมาณไขมันด้วยสาร chloroform-methanol และสกัดปริมาณคอเลสเตอรอลออกจากไลโปโปรตีน โดยทำการชั่งตัวอย่างโคเนื้อสันนอก (*Longissimus* muscle) และเนื้อสะโพก (*Semimembranosus*) ที่บดละเอียด 5 กรัม ใส่ลงใน round bottom flask เติม chloroform-methanol-isopropanal (90:5:5v/v/v) ปริมาตร 20 มล. เติม 60% KOH ปริมาตร 5 มล. (1 มล.ต่อตัวอย่าง 1 กรัม) เขย่าให้เข้ากัน ทำการ reflux เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำมาวางให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง และทำการถ่ายตัวอย่างใส่ลงใน separating funnel เติม hexane ปริมาตร 100 มล. และเติมน้ำกลั่นปริมาตร 25 มล. และเขย่าให้เข้ากันเป็นเวลา 15 นาที จะเห็นการแยกชั้นของ hexane อย่างชัดเจนซึ่งจะอยู่ชั้นบน แยกสารละลาย hexane ใส่ erlenmeyer Flask และทำการปิเปตสารมา 12.5 มล. ทำให้แห้งด้วยการ dry ด้วย N_2 แล้วนำสารส่วนที่แห้งมาละลายด้วย internal standard ปริมาตร 1 มล. ดูดสารใส่ vial นำไปวิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอลด้วย gas chromatography (Hewlett Packard, HP 6890 series GC system)

- การวิเคราะห์กรดไขมัน (ตามวิธีการในหัวข้อ 3.3)

4.4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีและการประเมินค่าพลังงานของอาหารข้นสำเร็จรูปและอาหารหยาบ

โคเนื้อทั้งสองกลุ่มการทดลองจะได้รับอาหารข้นสำเร็จรูปที่มีคุณค่าทางโภชนะที่เหมือนกัน ซึ่งได้แก่ วัตถุแห้งมีค่าเท่ากับ 93.91% โปรตีนมีค่าเท่ากับ 14.63% ไขมันมีค่าเท่ากับ 4.07% เถ้ามีค่าเท่ากับ 7.00% เยื่อใยมีค่าเท่ากับ 17.13% NDF มีค่าเท่ากับ 42.59% ADF มีค่าเท่ากับ 26.33% ADL มีค่าเท่ากับ 10.95% NDIN มีค่าเท่ากับ 1.09% ADIN มีค่าเท่ากับ 0.89% และ ได้รับอาหารหยาบซึ่งมาจาก 2 แหล่ง ได้แก่ ฟางข้าวและหญ้าสด พบว่า หญ้าสดมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนและไขมัน (10.07% และ 1.78% ตามลำดับ) สูงกว่าฟางข้าว (4.00% และ 0.81% ตามลำดับ) แต่ เปอร์เซ็นต์เถ้า, เยื่อใย, ADF และ ADL ต่ำกว่า ฟางข้าว (ตารางที่ 4.1)

เมื่อนำค่าองค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้นสำเร็จรูป และ อาหารหยาบ มาคำนวณหาค่าโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (Total digestible nutrient, TDN_{1X}), ค่าพลังงานการย่อยได้ (DE_{1X}) ตามสมการของ NRC (2001) พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME_p) และ ค่าพลังงานสุทธิ (NE_m, NE_g) ตามสมการของ NRC (1996) พบว่า ค่าโภชนะของการย่อยได้ทั้งหมดของอาหารข้น มีค่าเท่ากับ 60.23% พลังงานการย่อยได้มีค่าเท่ากับ 2.79 Mcal/kgDM ส่วนพลังงานใช้ประโยชน์ได้ มีค่าเท่ากับ 2.74 Mcal/kgDM และพลังงานสุทธิมีค่าเท่ากับ 1.44 และ 0.86 Mcal/kgDM ตามลำดับ นอกจากนี้ค่าโภชนะของการย่อยได้ทั้งหมดของฟางข้าว

มีค่าเท่ากับ 46.14% พลังงานการย่อยได้มีค่าเท่ากับ 2.03 Mcal/kgDM ส่วนพลังงานใช้ประโยชน์ได้ มีค่าเท่ากับ 2.03 Mcal/kgDM และพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการเจริญเติบโต มีค่าเท่ากับ 0.77 และ 0.23 Mcal/kgDM และ ค่าโภชนะของการย่อยได้ทั้งหมดของหญ้าสด มีค่าเท่ากับ 55.05% พลังงานการย่อยได้มีค่าเท่ากับ 2.55 Mcal/kgDM ส่วนพลังงานใช้ประโยชน์ได้ มีค่าเท่ากับ 2.08 Mcal/kgDM และพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการเจริญเติบโต มีค่าเท่ากับ 1.23 และ 0.66 Mcal/kgDM (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีและการประเมินค่าพลังงานของอาหารข้นสำเร็จรูป (14% CP) และอาหารหยาบ (% of DM)

	14%CP	**ฟางข้าว**	**หญ้าสด**
Dry matter	93.91	92.31	12.50
Ash	7.00	10.85	12.40
Crude protein	14.63	4.00	10.07
Ether extract	4.07	0.81	1.78
Crude fiber	17.13	39.79	36.04
Neutral detergent fiber	42.59	76.31	64.42
Neutral detergent insoluble N	1.09	0.51	0.32
Acid detergent fiber	26.33	52.34	34.83
Acid detergent insoluble N	0.89	0.41	0.35
Acid detergent lignin	10.95	6.34	2.62
TDN_{1x}(%)[1]	60.23	46.14	55.05
DE_{1x} (Mcal/kg)[2]	2.79	2.03	2.51
ME_p (Mcal/kg)[3]	2.74	2.03	2.08
NE_m (Mcal/kg)[4]	1.44	0.77	1.23
NE_g (Mcal/kg)[5]	0.86	0.23	0.66

[1]Total digestible nutrients, TDN_{1X} (%) = tdNFC + tdCP + (tdFA x 2.25) + tdNDF – 7 (NRC, 2001); [2]Digestible energy, DE_{1X} (Mcal/kg) = [(tdNFC/100)x4.2]+[(tdNDF/100) x 4.2]+[(tdCP/100) x 5.6]+[(FA/100) x 9.4] –0.3; [3]Metabolisable energy, ME = 0.82 x DE (NRC, 1996); [4]Net energy for maintenance, Ne_m = 1.37ME – 0.138ME2 + 0.0105ME3 – 1.12 (NRC, 1996); [5]Net energy for growth, Ne_g = 1.42ME – 0.174ME2 + 0.0122ME3 – 1.65 (NRC, 1996)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบทางเคมีและการประเมินค่าพลังงานของอาหารข้นสำเร็จรูป (14% CP) และอาหารหยาบ

กรดไขมัน (% of total FA)	14%CP	หญ้าสด	ฟางข้าว
C8:0	0.74	ND	ND
C10:0	1.14	ND	ND
C12:0	17.96	1.42	ND
C14:0	6.38	0.74	1.28
C16:0	17.85	19.66	47.49
C18:0	2.71	3.18	8.57
C18:1n9c	31.90	6.55	16.76
C18:2n6c	20.33	19.03	19.88
C20:0	0.00	0.54	0.00
C18:3n3	0.35	48.89	6.03
C18:3n6	0.66	ND	ND
SFA[1]	46.77	25.53	57.34
MUFA[2]	31.90	6.55	16.76
PUFA[3]	21.34	67.92	25.91
total n3[4]	0.35	48.89	6.03
total n6[5]	20.99	19.03	19.88
PUFA:SFA	0.46	2.66	0.45
n6/n3	60.01	0.39	3.30

[1] SFA = Sum of saturated fatty acid from C4:0 – C20:0

[2] MUFA = Sum of monounsaturated fatty acid from C14:1 – C22:1

[3] PUFA = Sum of polyunsaturated fatty acids from C18:2 – C22:6

[4] Sum of n6 fatty acids C18:2n-6 – C22:4n-6

[5] Sum of n3 fatty acids C18:3n-3 – C22:6n-3

องค์ประกอบของกรดไขมันในอาหารที่ใช้ในการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2 พบว่า อาหารข้นสำเร็จรูปที่ ใช้ในการทดลองมีองค์ประกอบของกรดไขมันดังต่อไปนี้ C12:0 มีค่าเท่ากับ 17.96% of total fatty acids C14:0 มีค่าเท่ากับ 6.38% of total fatty acids C16:0 มีค่าเท่ากับ 17.85% of total fatty acids C18:0

มีค่าเท่ากับ 2.71% of total fatty acids C18:1n9 มีค่าเท่ากับ 31.90% C18:2n6 มีค่าเท่ากับ 20.33% of total fatty acids และ C18:3n3 มีค่าเท่ากับ 0.35% of total fatty acids สำหรับหญ้าสดที่ใช้ในการทดลองพบว่ามีองค์ประกอบของกรดไขมันดังต่อไปนี้กรดไขมันC12:0 มีค่าเท่ากับ 1.42% of total fatty acids C14:0 มีค่าเท่ากับ 0.74% of total fatty acids C16:0 มีค่าเท่ากับ 19.66% of total fatty acids C18:1n9 มีค่าเท่ากับ 6.55% of total fatty acids C18:2n6 มีค่าเท่ากับ 19.63% of total fatty acids C18:3n3 มีค่าเท่ากับ 48.89% of total fatty acids ฟางข้าวที่ใช้ในการทดลองมีองค์ประกอบของกรดไขมันดังต่อไปนี้ กรดไขมัน C14:0 มีค่าเท่ากับ 1.28%of total fatty acids C16:0 มีค่าเท่ากับ 47.49% of total fatty acids C18:2n6 มีค่าเท่ากับ 19.88% of total fatty acids C18:3n3 มีค่าเท่ากับ 6.03% of total fatty acids

ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและปริมาณการกินได้ของโคเนื้อ

น้ำหนักตัวและการเจริญเติบโตของโคเนื้อลูกผสมบราห์มัน x พื้นเมือง ในกลุ่ม HCRS และกลุ่ม LCFG ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.3 พบว่าน้ำหนักตัวของโคก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 337.22 และ 338.30 กิโลกรัมตามลำดับ น้ำหนักตัวของโคหลังการทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 414.44 และ 406.30 กิโลกรัมตามลำดับ ส่วนการเจริญเติบโตต่อวันของโคมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.10 และ 0.97 กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งจากการทดลองพบว่า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ปริมาณการกินได้ของโคเนื้อต่อตัวต่อวันเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลอง กลุ่ม HCRS และ LCFG แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 พบว่าปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งทั้งหมดของทั้งสองกลุ่มการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่า ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งของอาหารข้นในกลุ่มของ HCRS สูงกว่า LCFG อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ปริมาณการกินได้ของโปรตีนทั้งหมดต่อตัวต่อวันจากอาหารทีโคได้รับเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม HCRS และ กลุ่ม LCFG มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,118.85 และ 1,113.01กรัมต่อวันตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามพบว่า การกินได้ของโปรตีนของอาหารหยาบในกลุ่ม LCFG มีค่าสูงกว่ากลุ่ม HCRS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และการกินได้ของโปรตีนของอาหารข้นในกลุ่ม HCRS มีค่าสูงกว่ากลุ่ม LCFG อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ปริมาณการกินได้ของไขมันทั้งหมด พบว่าในกลุ่มของ HCRS สูงกว่า LCFG อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และกลุ่มของ HCRS มีปริมาณการกินได้ไขมันของอาหารข้นสูงกว่า LCFG แต่พบว่า HCRS มีปริมาณการกินได้ไขมันของอาหารหยาบต่ำกว่า LCFG อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้ปริมาณการกินได้ของพลังงานสุทธิต่อตัวต่อวันเมื่อเปรียบเทียบทั้งสองกลุ่มการทดลอง พบว่า กลุ่ม HCRS ปริมาณการกินได้ของพลังงานสุทธิจากอาหารข้นที่โคได้รับที่สูงกว่า LCFG และ ปริมาณการกินได้ของพลังงานสุทธิจากอาหารหยาบต่ำกว่า LCFG อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่อย่างไรก็ตามพบว่า โคทั้งสองกลุ่มการทดลองได้รับปริมาณการกินได้ของพลังงานสุทธิทั้งหมด แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.3 ผลของอาหารหยาบคุณภาพดีต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและปริมาณการกินได้ของโคเนื้อ

Item	Treatments		Pr>T
	HCRS	LCFG	
Initial body weight, kg	337.22±67.85	338.30±42.38	0.967
Final body weight, kg	414.44±64.91	406.30±41.18	0.745
Average daily gain, kg/d	1.10±0.31	0.97±0.20	0.274
Energy gain	5.06±1.59	4.33±1.03	0.250
Feed : Gain ratio	0.14±0.04	0.15±0.05	0.806
Dry matter intake, kg/d			
Concentrate	4.91±1.47[b]	3.65±0.02[a]	0.015
Roughage	5.25±1.14	5.75±0.56	0.235
Total	10.16±1.48	9.40±0.57	0.151
Crude protein intake , g/d			
Concentrate	718.62±215.13[b]	534.06±3.35[a]	0.015
Roughage	400.23±208.39[a]	578.96±56.82[b]	0.018
Total	1,118.85±70.23	1,113.01±57.07	0.844
Ether extract intake, g/d			
Concentrate	19.99±5.98[b]	14.86±0.09[a]	0.015
Roughage	7.29±3.46[a]	10.23±1.00[b]	0.020
Total	27.28±3.03[b]	25.09±1.01[a]	0.045
NE_g intake, Mcal/d			
Concentrate	4.22±1.26[b]	3.14±0.02[a]	0.015
Roughage	2.56±1.44[a]	3.79±0.37[b]	0.017
Total	6.78±0.44	6.93±0.37	0.429

Mean±SD,

[a, b] Mean within row which different superscripts differ (P<0.05)

คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของโคเนื้อ

คุณภาพซากของเนื้อโคเมื่อโคเนื้อได้รับ HCRS และกลุ่ม LCFG ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.4 พบว่าการได้รับอาหารที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับผลต่อน้ำหนักซาก, เปอร์เซ็นต์ซาก และ 12^{th} rib fat Back fat นอกจากนี้สำหรับค่า pH ของกล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi*, LD) และสะโพก (*Semimembranosus*, SM) หลังจากการฆ่าและชำแหละโค อาหารทั้งสองกลุ่มที่โคเนื้อได้รับส่งผลให้ค่าการเปลี่ยนแปลงของ pH ของกล้ามเนื้อทั้งสองชนิด ภายหลังจากการฆ่าและชำแหละ 45 นาที (6.24 และ 6.43 สำหรับ LD; 6.73 และ 6.60 สำหรับ SM) และ 24 ชั่วโมง (5.59 และ 5.53 สำหรับ LD; 5.91 และ 5.72 สำหรับ SM) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยทางสถิติ ส่วนในการศึกษาด้านคุณภาพของเนื้อโค พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของกล้ามเนื้อทั้งสองตำแหน่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระดับความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้นในชั่วโมงที่ 24 เกิดจากกล้ามเนื้อทำงานภายใต้สภาวะไม่มีอากาศจึงทำให้ไพรูเวตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการไกลโคไลซีสถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดแลกติก ซึ่งต่อมาอาจแทรกซึมเข้าสู่เนื้อเยื่ออื่นและถูกนำไปโดยระบบหมุนเวียนโลหิตเพื่อสร้างเป็นไกลโคเจนโดยประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ไกลโคเจนจะถูกเปลี่ยนต่อไปเป็นกรดแลกติก ปริมาณกรดแลกติกที่เกิดขึ้นจะมากหรือน้อยเพียงใดจะขึ้นอยู่กับสภาวะร่างกายการอดอาหาร การพักผ่อนและความเครียด ของสัตว์ก่อนที่จะถูกฆ่า ปริมาณกรดแลกติกที่เกิดขึ้นจะมีผลต่อการลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง (เยาวลักษณ์, 2536)

นอกจากนี้การประเมินค่าสีของเนื้อแดง (L^*, a^*, b^*) ของกล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi*, LD) และสะโพก (*Semimembranosus*, SM) แสดงไว้ในตารางที่ 4.4 พบว่า อาหารที่โคเนื้อได้รับส่งผลให้การประเมินค่าสีของเนื้อแดงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าการสูญเสียน้ำจากการเก็บรักษา (% Drip loss) ของกล้ามเนื้อสันนอก และ สะโพก แสดงไว้ในตารางที่ 4.4 พบว่าในกลุ่มที่ได้รับอาหาร LCFG มีค่าการสูญเสียน้ำในกล้ามเนื้อทั้งสองชนิดสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหาร HCRS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำจาการเก็บรักษาของกล้ามเนื้อสันนอก 6.89 และ 5.64 ตามลำดับ กล้ามเนื้อสะโพก 8.95 และ 8.11 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่าการสูญเสียน้ำจากการปรุงอาหาร (% Boiling loss, %Thawing loss, %Grill loss) ของกล้ามเนื้อสันนอก และ สะโพก เมื่อได้รับอาหารที่แตกต่างกันทั้งสองกลุ่ม พบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เนื้อที่เส้นใยกล้ามเนื้ออุ้มน้ำไว้ได้ดีเมื่อนำมาหุงต้มก็ทำให้เสียน้ำแต่น้อยทำให้เนื้อนุ่มมีรสดีเนื้อจากสัตว์อายุน้อยจะมีความชุ่มน้ำสูงกว่าเนื้อจากสัตว์อายุมากและไขมันเส้นใยกล้ามเนื้อจะทำให้เกิดความรู้สึกว่าเนื้อชุ่มน้ำกว่าเนื้อที่มีไขมันค่าของการสูญเสียน้ำจากการปรุงอาหาร Ueda et al. (2007) ได้รายงานไว้ว่าปริมาณของไขมันมีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าการสูญเสียน้ำจากการปรุงอาหารซึ่งความชุ่มฉ่ำจะทำให้มีความรู้สึกว่าเนื้อนั้นอร่อยรวมทั้งยังมีรสชาติดีร่วมอยู่ด้วยและนอกจากนั้นในขณะที่เคี้ยวบดในปากจะช่วยหล่อลื่นทำให้การเคี้ยวเป็นไปได้ง่าย จนกระทั่งก่อนจะกลืนเข้าไปซึ่งในระหว่างบดเคี้ยวยังทำให้เกิดการเร่งเร้าให้น้ำลายไหล (salivation) (ชัยณรงค์, 2529)

ตารางที่ 4.4 ผลของอาหารหยาบคุณภาพดีต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของโคเนื้อ

Item	Treatments		Pr>T
	HCRS	LCFG	
Live weight (kg)	429.00±76.75	399.75±48.58	0.543
Hot carcass weight (kg)	234.15±38.58	213.28±22.73	0.387
Dressing (%)	53.03±1.04	51.83±0.99	0.146
12^{th} rib fat	0.55±0.36	0.51±0.35	0.893
pH 45 min			
LD	6.24±0.20	6.43±0.07	0.132
SM	6.73±0.23	6.60±0.34	0.531
pH 24 hr			
LD	5.59±0.08	5.53±0.12	0.460
SM	5.91±0.29	5.72±0.03	0.248
Color trait			
*Lightness, L**			
LD	42.41±2.86	44.09±11.81	0.792
SM	44.00±1.92	41.23±3.09	0.719
*Redness, a**			
LD	7.16±1.03	7.76±2.65	0.687
SM	7.10±1.40	8.25±1.86	0.317
*Yellowness, b**			
LD	4.60±1.86	7.90±2.87	0.102
SM	6.13±1.48	5.61±1.92	0.685

Mean±SD

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.4 ผลของอาหารหยาบคุณภาพดีต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของโคเนื้อ (ต่อ)

Item	Treatments		Pr>T
	HCRS	LCFG	
Water-holding capacity			
Drip loss, %			
LD	5.64±0.55	6.89±0.30	0.007
SM	7.11±0.82	8.95±0.16	0.005
Boiling loss, %			
LD	32.79±0.22	32.54±0.32	0.259
SM	33.46±0.72	33.82±0.40	0.419
Thawing loss, %			
LD	4.41±0.09	4.37±0.38	0.863
SM	5.69±0.48	5.57±0.22	0.646
Grilling loss, %			
LD	31.85±0.29	31.80±0.26	0.778
SM	34.22±0.80	33.91±0.42	0.517
Warner-Bratzler shear force (N)			
LD	5.75±1.39	4.43±0.39	0.117
SM	3.58±0.30	3.56±0.36	0.935
TBARS (mg)			
Day 0			
LD	0.37±0.05[b]	0.22±0.07[a]	0.012
SM	0.55±0.03[b]	0.47±0.04[a]	0.014
Day 6			
LD	0.43±0.04[b]	0.25±0.05[a]	<0.01
SM	0.66±0.08[b]	0.52±0.06[a]	0.033

[a, b] Mean within row which different superscripts differ (P<0.05)

Mean±SD

การวัดความคงตัว (Firmness) ของกล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi*, LD) และสะโพก (*Semimembranosus*, SM) แสดงไว้ในตารางที่ 4.4 พบว่า อาหารที่โคเนื้อได้รับส่งผลให้การประเมินค่าความคงตัวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ความคงตัวของเนื้อแดงขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ พันธุ์สัตว์อายุ

ชนิดของกล้ามเนื้อ ปริมาณของไขมันที่แทรกอยู่ในเนื้อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในกล้ามเนื้อสัตว์ภายหลังการฆ่าและระยะเวลาในการบ่มเนื้อความนุ่มของเนื้อมีผลโดยตรงต่อเนื้อสัมผัสของเนื้อซึ่งส่งผลต่อความน่ารับประทานของเนื้อด้วย (Bennion, 1995) สำหรับค่าแรงตัดเฉือน (Shear force) ณ ตำแหน่งกล้ามเนื้อสันนอกและกล้ามเนื้อสะโพกแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ อันเนื่องมาจากระดับของไขมันแทรกมีผลต่อความนุ่มของเนื้อเพียงร้อยละ 5-10 เท่านั้น นอกจากนั้นเป็นอิทธิพลทางด้านอายุมากกว่า (Tommy et al., 1993)

คุณภาพซากของเนื้อโคเมื่อโคเนื้อได้รับอาหารข้นปริมาณสูงร่วมกับฟางข้าว (HCRS) และกลุ่มการทดลองที่ได้รับอาหารข้นปริมาณต่ำร่วมกับหญ้าสดเป็นแหล่งของอาหารหยาบ (LCFG) ต่อค่า TBAR ของกล้ามเนื้อโค แสดงในตารางที่ 4.4 พบว่าค่า TBAR ภายหลังจาการฆ่า (Day 0) และเมื่อผ่านไป 6 วัน (Day 6) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของกล้ามเนื้อโคทั้งสองชนิด ($P<0.05$) ซึ่งจากรายงานของ Descalzo et al. (2005) พบว่าค่า TBAR ของเนื้อโคที่ได้รับอาหารหยาบประเภทหญ้าสด มีค่าต่ำกว่าเนื้อโคในกลุ่มที่โคเนื้อได้รับอาหารข้นปริมาณสูง ซึ่งเป็นไปได้ว่าในหญ้าสดประกอบไปด้วย alpha-tocopherol และ วิตามินต่างๆ ส่งผลให้มีค่า TBAR ต่ำกว่า

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อโค

จากการทดลองกลุ่มที่ได้รับอาหาร HCRS และ LCFG ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของกล้ามเนื้อของเนื้อสันและเนื้อสะโพก ($P>0.05$, ตารางที่ 4.5) Johnson et al. (2003) รายงานว่าโดยทั่วไปองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ เป็นผลมาจากสมดุลของโภชนะโดยเฉพาะปริมาณพลังงานทั้งหมดในอาหารและปริมาณพลังงานทั้งหมดที่สัตว์กิน จะมีผลต่อการสะสมไขมันในเนื้อสัตว์ ดังนั้นถ้าสัตว์ได้รับพลังงานไม่แตกต่างกันส่งผลต่อองค์ประกอบของไขมันในเนื้อที่ไม่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยของ Marques et al. (2006) ทำการศึกษาในกล้ามเนื้อส่วน *Longissimus dosi* พบว่าปริมาณการกินได้ของโปรตีนทั้งหมด มีผลต่อปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อสัตว์ประมาณ 20% ซึ่งปริมาณองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อสัตว์ขึ้นอยู่กับ องค์ประกอบทางโภชนะที่สัตว์ได้รับ, ลักษณะทางพันธุกรรม และ โครงสร้างทางสรีระวิทยาของสัตว์ ซึ่งในการทดลองครั้งนี้พบว่าปริมาณการกินได้ของโภชนะทั้งหมดของทั้งสองกลุ่มการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จึงส่งผลให้องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสัตว์ทั้งสองกล้ามเนื้อ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน

องค์ประกอบของกรดไขมันของเนื้อโค

องค์ประกอบของกรดไขมันในกล้ามเนื้อโคทั้งสองชนิด Longgisimus dorsi (LD) และ Semimembranosus (SM) เมื่อได้รับอาหารที่แตกต่างกันสองกลุ่มการทดลอง (HCRS และ LCFG) แสดงในตารางที่ 4.6 และ 4.7 ปริมาณของกรดไขมันชนิด PUFA ใน LD และ SM แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทาง

สถิติ เมื่อได้รับอาหารที่แตกต่างกันสองกลุ่มการทดลอง เนื่องจากมีปริมาณของ total n-6 สูงกว่า total n-3 ซึ่งมี C18:2n6 เป็นชนิดของ PUFA ที่มีปริมาณสูงที่สุด และพบว่าปริมาณของ n-6 PUFA แต่ละชนิด ในกล้ามเนื้อส่วน LD และ SM แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในกลุ่มที่ได้รับอาหาร LCFA สามารถเพิ่มปริมาณ total n-3 ในกล้ามเนื้อส่วน SM เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับอาหาร HCRS (1.15 และ 0.45 ตามลำดับ) ได้อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$; ตารางที่ 4.7) องค์ประกอบทางโภชนะในอาหารโค มีไขมันประมาณเป็นองค์ประกอบประมาณ 1 - 4% ซึ่งในส่วนที่เป็น PUFA ประกอบไปด้วย linoleic acid (LA, 18:2n-6) และ α-Linolenic acid (ALA, C18:3n3) และเมื่อโคได้รับอาหารประเภทไขมันจะถูกย่อยโดยเอนไซม์จากจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก (microbial lipases) ได้ผลผลิตเป็นกรดไขมันชนิด PUFA ซึ่งมีความเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก (Jenkins et al., 2008) ลดกระบวนการ biohydrogenation ของกรดไขมันชนิด PUFA ส่งผลให้ PUFA ไหลผ่านไปยังทางเดินอาหารส่วนล่างดูดซึมและสะสมในเนื้อโคได้

ตารางที่ 4.5 ผลของอาหารหยาบคุณภาพดีต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อโค

Chemical composition (%)	Treatments		Pr>T
	HCRS	LCFG	
Moisture			
LD	72.48±0.85	72.14±0.79	0.578
SM	72.25±0.23	71.80±0.36	0.082
Protein			
LD	22.16±0.41	22.24±0.30	0.769
SM	21.36±0.58	21.48±0.12	0.698
Fat			
LD	3.30±0.11	3.16±0.19	0.268
SM	4.30±0.10	4.20±0.22	0.437
Cholesterol (g/100 g beef)			
LD	60.51±3.52	56.25±9.10	0.416
SM	65.05±5.47	72.30±7.20	0.160

Mean±SD

ปริมาณของ SFA และ MUFA ในกล้ามเนื้อโคทั้งสองชนิด เมื่อโคเนื้อได้รับอาหาร LCFG และ HCRS แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องมาจากจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักและโคมี

ความสามารถสังเคราะห์กรดไขมันทั้ง 2 ประเภทได้เอง จึงทำให้ระดับปริมาณของกรดไขมันไม่แตกต่างกัน (Kucuk et al., 2008; Kucuk et al., 1970)

ปริมาณของ C18:2n6 และ PUFA ในกล้ามเนื้อโค (LD และ SM) เมื่อโคเนื้อได้รับอาหารที่แตกต่างกันสองกลุ่มการทดลอง (HCRS และ LCFG) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากโคเนื้อได้รับอาหารที่มีองค์ประกอบของ PUFA ที่สูง ได้แก่ C18:2n6 ซึ่ง PUFA ที่อยู่ในผลิตภัณฑ์สัตว์จะเกิดขึ้นเมื่อสัตว์ได้รับจากอาหารที่มีองค์ประกอบของ PUFA อยู่สูง (Duckket et al., 2009) โดยทั่วไป PUFA ไม่สามารถสังเคราะห์ได้โดยแบคทีเรียยกเว้น cyanobacteria ดังนั้น PUFA ที่พบได้ในกระเพาะหมัก มาจากการให้อาหาร และพบว่าปริมาณของกรดไขมัน 65% เกิด Biohydrogenation อีก 35% ถูกนำไปสังเคราะห์เป็นองค์ประกอบของไขมันในจุลินทรีย์ (microbial lipid) ประกอบด้วย branched –chain fatty acids ได้แก่ isobutyrate, isovalerate และ 2–methylbutyrate ซึ่งเป็นผลผลิตสุดท้ายจากกระบวนการหมักของคาร์โบไฮเดรตและประมาณ 5% เป็นไขมันไหลผ่านที่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงจากจุลินทรีย์ส่วนใหญ่เป็น PUFA (Jenkins et al., 2008)

ปริมาณของ C18:3n3 ในกล้ามเนื้อ SM ในกลุ่มที่ได้รับอาหาร LCFG สูงกว่า HCRS อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) สอดคล้องกับงานวิจัย Daley et al. (2010) พบว่าโคเนื้อที่ได้รับอาหารหยาบปริมาณสูงส่งผลให้เนื้อโคมีองค์ประกอบของ n-3 เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นกรดไขมันที่ดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค นอกจากนี้ Scollan et al (2006) พบว่าในโคขุนระยะสุดท้ายที่ได้รับหญ้าสดเป็นแหล่งของอาหารหยาบมีปริมาณของ n-3 ในเนื้อสูงกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นร่วมกับอาหารหยาบ เนื่องจากหญ้าสดประกอบไปด้วยไขมันที่มี α-linolenic acid (C18:3 n-3, ALA) ในปริมาณสูง ซึ่งกรดไขมันชนิด n-3 สามารถเกิดกระบวนการ desaturated และ elongated เป็น long-chain fatty acid (n-3 LC-PUFA) ส่งผลดีต่อสุขภาพมากว่า ALA แต่ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนค่อนข้างต่ำ ขึ้นอยู่กับปริมาณของกรดไขมันชนิด n-6 ที่มีมากในอาหารข้น เนื่องจากใช้เอนไซม์ชนิดเดียวกัน (Crawford et al., 1984)

ปริมาณของ CLA ในกล้ามเนื้อโค (LD และ SM) เมื่อโคเนื้อได้รับอาหารที่แตกต่างกันสองกลุ่มการทดลอง (HCRS และ LCFG) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากสารตั้งต้นในการผลิต CLA คือ C18:2n6 ซึ่งจะเกิดกระบวนการ Isomerization เป็น c9, t11-C18:2 และกระบวนการ Hydrogenate ได้ t11-18:1 (Liavonchanka et al., 2006) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ CLA ในกล้ามเนื้อ (Doreau and Ferlsy, 1994) และจากผลของ C18:2n6 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จึงส่งผลให้ปริมาณของ CLA ในกล้ามเนื้อทั้งสองชนิดไม่แตกต่างทางสถิติด้วยเช่นเดียวกัน

ปริมาณสัดส่วนของ n-6/n-3 ในกล้ามเนื้อ LD และ SM ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ในกลุ่มที่ได้รับอาหาร LCFG (ตารางที่ 4.6, 4.7) ซึ่งเป็นที่น่าสนใจว่าการที่โคเนื้อได้รับอาหารที่มีปริมาณของ n-3 สูงขึ้น ส่งผลต่อการลดลงของสัดส่วน n-6/n-3 ในเนื้อโค และ ในระบบการเลี้ยงโดยใช้หญ้าสดและ เสริมด้วยน้ำมันดอกทานตะวัน พบว่ามีสัดส่วนของกรดไขมันชนิด n-6/n-3 ในเนื้อเป็นสัดส่วน 1.46 และ 2.24 ตามลำดับ ($P<0.05$) (Noci, 2007) ซึ่งในกล้ามเนื้อโคส่วน SM นั้นลดลงในระดับที่แนะนำต่อ

ผู้บริโภค (4.62:1; ตารางที่ 4.7) ซึ่งเป็นระดับที่งานวิจัยโดยส่วนใหญ่แนะนำเนื่องจากสามารถป้องกันการเกิดโรคหัวใจได้ (4:1 ถึง 7.5:1) (Simopoulos, 1998; Kafatos and Codrington, 1999; Fermandes, 2002)

ตารางที่ 4.6 ผลของอาหารหยาบคุณภาพดีต่อองค์ประกอบกรดไขมันในกล้ามเนื้อตำแหน่ง *Longissimus dorsi* (% of total fatty acids) เมื่อโคเนื้อได้รับอาหาร HCRS และ LCFG

Item	Treatments		Pr>T
	HCRS	LCFG	
C10:0	0.13±0.24	0.04±0.03	0.315
C12:0	0.46±0.24	0.38±0.23	0.532
C14:0	6.28±0.73	6.10±0.69	0.622
C15:0	0.95±0.29	1.08±0.45	0.502
C16:0	32.62±1.40	32.82±1.63	0.789
C16:1	0.21±0.03	0.23±0.10	0.683
C18:0	19.61±2.97	17.78±3.64	0.288
C18:1n9c	34.33±4.19	36.88±3.05	0.185
C18:2n6t	0.27±0.20	0.25±0.17	0.874
C18:2n6c	2.78±0.85	1.82±1.04	0.063
C20:1	0.08±0.05	0.12±0.04	0.071
C18:3n3	0.10±0.05	0.14±0.03	0.054
C9,T11	0.36±0.28	0.30±0.17	0.571
T10,C12	0.25±0.17	0.32±0.11	0.345
C22:0	0.29±0.29	0.22±0.15	0.540
C20:4n6	1.05±0.56	1.08±0.48	0.914
C20:5n3	0.17±0.18	0.28±0.23	0.295
SFA[1]	60.38±3.45	58.42±4.44	0.342
MUFA[2]	34.62±4.21	37.28±3.03	0.168
PUFA[3]	5.00±1.99	4.29±1.74	0.462
total n-3[4]	0.29±0.16	0.52±0.30	0.068
tatal n-6[5]	5.02±2.09	3.85±1.55	0.224
n-6:n-3	19.74±7.82	8.67±3.03	<0.01

[a,b] Mean within row which different superscripts differ (P<0.01); SEM = Standard error of mean

[1] SFA = Sum of saturated fatty acid from C4:0 – C20:0; [2] MUFA = Sum of monounsaturated fatty acid from C14:1 – C22:1; [3] PUFA = Sum of polyunsaturated fatty acids from C18:2 – C22:6; [4] Sum of n3 fatty acids C18:3n-3 – C22:6n-3; [5] Sum of n6 fatty acids C18:2n-6 – C22:4n-6

ตารางที่ 4.7 ผลของอาหารหยาบคุณภาพดีต่อองค์ประกอบกรดไขมันในกล้ามเนื้อตำแหน่ง *Semimembranosus* (% of total fatty acids) เมื่อโคเนื้อได้รับอาหาร HCRS และ LCFG

Item	Treatments		Pr>T
	HCRS	LCFG	
C10:0	0.03±0.04	0.02±0.04	0.56
C12:0	0.42±0.13	0.38±0.08	0.43
C14:0	5.87±0.77	5.50±1.11	0.46
C15:0	1.26±0.20	1.29±0.32	0.82
C16:0	31.62±1.52	32.22±2.61	0.58
C16:1	0.23±0.10	0.11±0.12	0.05
C18:0	16.10±1.64	16.05±2.23	0.96
C18:1n9c	38.38±2.82	38.19±2.41	0.88
C18:2n6t	0.24±0.17	0.04±0.11	0.01
C18:2n6c	3.00±0.84	2.48±2.03	0.52
C20:1	0.09±0.06	0.05±0.08	0.33
C18:3n3	0.14±0.03	0.38±0.18	<0.01
C9,T11	0.30±0.23	0.18±0.21	0.29
T10,C12	0.31±0.11	0.31±0.17	0.92
C22:0	0.19±0.10	0.09±0.13	0.10
C20:4n6	1.41±0.52	1.94±0.83	0.51
C20:5n3	0.25±0.16	0.39±0.21	0.17
SFA[1]	55.58±3.14	55.55±3.95	0.99
MUFA[2]	38.70±2.90	38.35±2.29	0.79
PUFA[3]	5.72±1.76	6.10±2.77	0.75
total n-3[4]	0.45±0.20	1.15±0.44	<0.01
tatal n-6[5]	5.26±1.58	5.21±2.66	0.91
n-6:n-3	12.51±2.93	4.62±2.07	<0.01

[a,b] Mean within row which different superscripts differ (P<0.01); SEM = Standard error of mean

[1] SFA = Sum of saturated fatty acid from C4:0 – C20:0; [2] MUFA = Sum of monounsaturated fatty acid from C14:1 – C22:1; [3] PUFA = Sum of polyunsaturated fatty acids from C18:2 – C22:6; [4] Sum of n3 fatty acids C18:3n-3 – C22:6n-3; [5] Sum of n6 fatty acids C18:2n-6 – C22:4n-6

4.5 สรุปผลการทดลอง

การทดลองผลของใช้หญ้าสดเพื่อลดปริมาณอาหารข้น ต่อคุณภาพเนื้อโค, องค์ประกอบทางเคมีและการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของกรดไขมันในเนื้อโค เมื่อโคเนื้อได้รับอาหารที่แตกต่างกันสองกลุ่มการทดลอง (HCRS และ LCFG) พบว่าการกินได้ทั้งหมดของ วัตถุแห้ง, โปรตีน และ พลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต ไม่มีความแตกต่างกัน เช่นเดียวกันกับน้ำนักตัว การเจริญเติบโต เปอร์เซ็นต์ซาก คุณภาพซาก และองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อโค แต่อย่างไรก็ตามสำหรับกล้ามเนื้อส่วน SM เมื่อโคเนื้อได้รับอาหารกลุ่ม LCFG สามารถเพิ่มปริมาณกรดไขมันชนิด n-3 และ ลดสัดส่วนของกรดไขมัน n-6/n-3 ในเนื้อโคได้ทั้งสองส่วนกล้ามเนื้อ (LD และ SM)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลของอาหารหยาบคุณภาพดีต่อคุณภาพเนื้อและสัดส่วนของกรดไขมันในเนื้อโค โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

การศึกษาชนิดและปริมาณกรดไขมันในเนื้อโค โดยทำการเก็บตัวอย่างเนื้อโคพื้นเมือง (NB) ที่มีอายุประมาณ 2 ปี มีน้ำหนักระหว่าง 200 – 250 กิโลกรัม, เนื้อโคลูกผสมบราห์มัน (BC) ที่มีอายุประมาณ 3 ปี และมีน้ำหนักตัวประมาณ 450 กิโลกรัม และเนื้อโคลูกผสมยุโรป (EB) ที่มีอายุประมาณ 3 ปี และมีน้ำหนักตัวประมาณ 550 - 650 กิโลกรัม จำนวน 30 ตัวอย่าง จากตลาดสดในเขตจังหวัดนครราชสีมา พบว่า เนื้อโค NB มีเปอร์เซ็นต์ไขมันและเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่ำที่สุด แต่เปอร์เซ็นต์โปรตีนไม่แตกต่างกันทั้ง 3 ชนิด และองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อโค EB และ BC มีปริมาณกรดไขมันชนิด SFA สูงกว่า NB ในส่วนของกรดไขมันชนิด MUFA เนื้อทั้ง 3 ประเภทมีการสะสมของกรดไขมันชนิด MUFA ไม่แตกต่างกัน และในส่วนของกรดไขมันชนิด PUFA เนื้อโคประเภท NB มีปริมาณการสะสมของกรดไขมันชนิด PUFA สูงกว่า EB แต่ให้ผลไม่แตกต่างกันกับเนื้อโค BC และกรดไขมันประเภท PUFA ชนิดของกรดไขมัน n-6 ในเนื้อโคประเภท NB และ EB มีค่าต่ำกว่าเนื้อโค BC แต่อย่างไรก็ตามพบว่าในส่วนของกรดไขมันชนิด n-3 เนื้อโค NB มีการสะสมของกรดไขมันชนิด n-3 ในกล้ามเนื้อโคสูงที่สุด ส่งผลต่อสัดส่วนของกรดไขมันชนิด n-6/n-3 เนื้อโค NB มีการสัดส่วนของกรดไขมัน n-6/n-3 ในกล้ามเนื้อโคต่ำกว่า BC และ EB ตามลำดับ

ผลของอาหารหยาบคุณภาพดีต่อคุณภาพเนื้อ องค์ประกอบทางเคมีและการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของกรดไขมันในเนื้อโค โดยใช้โคเนื้อ (พันธุ์บราห์มัน-พื้นเมือง) จำนวน 20 ตัว (10 ตัว/กลุ่มการทดลอง) แบ่งออกเป็นกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นปริมาณสูงร่วมกับฟางข้าว (HCRS) และกลุ่มการทดลองที่ได้รับอาหารข้นปริมาณต่ำร่วมกับหญ้าสดเป็นแหล่งของอาหารหยาบ (LCFG) พบว่าเมื่อโคเนื้อได้รับอาหารที่แตกต่างกันสองกลุ่มการทดลอง (HCRS และ LCFG) พบว่าการกินได้ทั้งหมดของ วัตถุแห้ง, โปรตีน และ พลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกันกับน้ำหนักตัว การเจริญเติบโต เปอร์เซ็นต์ซาก คุณภาพซาก และ องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อโค ($P>0.05$) แต่อย่างไรก็ตามสำหรับกล้ามเนื้อส่วน SM เมื่อโคเนื้อได้รับอาหารกลุ่ม LCFG สามารถเพิ่มปริมาณกรดไขมันชนิด n-3 ($P<0.01$) และ ลดสัดส่วนของกรดไขมัน n-6/n-3 ในเนื้อโคได้ทั้งสองส่วนกล้ามเนื้อ (LD และ SM) ($P<0.01$) ซึ่งเป็นระดับที่แนะนำต่อผู้บริโภค (4.62:1) โดยเป็นระดับที่งานวิจัยโดยส่วนใหญ่แนะนำเนื่องจากสามารถป้องกันการเกิดโรคหัวใจได้ (4:1 ถึง 7.5:1)

ข้อเสนอแนะ

การเปลี่ยนแปลงชนิดหรือองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อโค ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของกรดไขมันในอาหารที่โคเนื้อได้รับ และควรทำในช่วงระยะสุดท้ายก่อนการฆ่า เนื่องจากระยะนี้เป็นระยะในการสะสมและเพิ่มการสังเคราะห์ไขมันในกล้ามเนื้อ (intramuscular fat) และควรเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของกรดไขมันในอาหารให้กินต่อเนื่องอย่างน้อย 70 วันก่อนส่งฆ่า ซึ่งสามารถเพิ่มปริมาณกรดไขมันชนิด n-3 และ ลดสัดส่วนของกรดไขมันชนิด n-6/n-3 ได้ ซึ่งการเพิ่มปริมาณ n-3 ในอาหารโคเนื้อสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแหล่งของอาหารหยาบ เป็นอาหารหยาบคุณภาพดี ได้แก่ หญ้าสด และลดปริมาณอาหารข้น หรือการเสริมแหล่งของกรดไขมันชนิด n-3 เช่น ลินสีด เป็นต้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

ชัยณรงค์ คันธพนิต. (2529). วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. ภาควิชาสัตวบาลคณะเกษตรศาสตร์หาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.276 น.

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. (2536). เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์.พิมพ์ครั้งที่ 2.กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สหมิตรออฟเซต.

รวีรุจ อภิบาลภูวนารถ และอริศร์ เทียนประเสริฐ. (2547). การศึกษากรดไขมันในเยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดงของผู้ที่ได้อาหารเสริมโอเมก้า -3. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

AOAC. (1998). Official Method of Analysis. Washington D. C.Association of Official Analytical Chemist

Abbott, A., M., Basurto, C.A., Daley, G., Nader and S. Larson. (2004). Enhanced nutrient content of Grass Fed Beef: Justification for Health Benefit Label Claim. College of Agriculture, California State University, Chico. University of California Cooperative Extension Service.

Baggio, R.S. and N. Bragagnolo. (2006). Cholesterol oxide, cholesterol, total lipid and fatty acid contents in processed meat products during storage. LWT. 39: 513-520.

Bennion, M. (1995). Introductory Foods. New Jersey: Englewood Cleffs. Western Sydney Hawkesbury, University. Meat and Milk Processing Workshop, Monday 26th May-Friday 18th July. Western Sydney: Australia.

Crawford, M., Galli, C., Visioli, F., Renaud, S., Simopoulos, A. P. and Spector, A. A. (2000). Role of plant-derived omega-3 fatty acids in human nutrition. Ann. Nutr. Metab. 44, 263–265.

Daley, C. A., Abbott, A., Doyle, P.S., Nader, G. A., and Larson, S. (2010). A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. Nutr J. 9:10. doi:10.1186/1475-2891-9-10

Department of Health. (1994). Nutritional aspects of cardiovascular disease. Report of the Health and Social Subject, vol. 46. Her Majesty's Stationery Office, London.

Descalzo, A., Insani, E.M., Biolatto, A., Sancho A.M., Garcia, P.T., Pensel, N.A. (2005). Influence of pasture or grain-based diets supplemented with vitamin E on antioxidant/oxidative balance of Argentine beef. Meat Sci. 70: 35-44.

Deutsche Gesellschaft für Ernâhrung. (2000). Referenzwerte für die Nâhrstoffzufuhr. Umschau, Brauns, Frankfurt am Main, pp. 53– 57.

Dewhurst, R.J., N.D., Scollan, M.R.F., Lee, H.J., Ougham and M.O., Humphreys. (2003). Forage feeding and management to increase the beneficial fatty acid content of ruminant products. Proc. Nutr. Soc. 62 (2): 329– 336.

Duckett, S. K., Andrae, J. G., and Owens, F. N. (2002). Effect of high oil corn or added corn oil on ruminal biohydrogenation of fatty acids and conjugated linoleic acid formation in beef steers fed finishing diets. J. Anim. Sci. 80: 3353–3360.

French, P., E.G.O., O'Riordan, F.J., Monahan, P.J., Caffrey, M.T., Mooney, D.J., Troy and A.P., Moloney. (2001). The eating quality of meat of steers fed grass and/or concentrates. Meat Sci.57, 379– 386.

French. P., C., Stanton, F., Lawless, E. G., O'Riordan, F. J., Monahan, P. J., Caffrey and A. P., Moloney. (2000). Steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. J. Anim. Sci. 2000. 78, 2849-2855.

Folch, J., M. Lees, and G.H. Sloane-Stanley. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226 : 495 - 509.

Goering, H. K. and P.J. Van Soest. (1970). Forage Fibre Analysis. A RS./USDA Agric. Handbook, Washington.

Jenkins, T., Wallace, R., Moate, P., and Mosley E. (2008). Board-invited review: Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. J. Anim. Sci. 86:397-412.

Kucuk, O., Hess, B. W., and Rule, D. C. (2008). Fatty acid compositions of mixedruminal microbes isolated from sheep supplemented with soybean oil. J. Vet. Sci.84: 215–224.

Kucuk, O., Hess, B. W., and Rule, D. C. (2004). Soybean oil supplementation of a high concentrate diet does not affect site and extent of organic matter, starch, neutral detergent fiber, or nitrogen digestion, but influences both ruminal metabolism and intestinal flow of fatty acids in limit-fed lambs. J. Anim. Sci.82: 2985–2994.

Madron, M. S., Peterson, D. G., Dwyer, D. A., Corl, B. A., Baumgard, L. H., Beerman,n D. H., and Bauman, D. E. (2002). Effect of extruded full-fat soybeans on conjugated linoleic acid content of intramuscular, intermuscular and subcutaneous fat in beef steers. J. Anim. Sci. 80: 1135 - 1143.

Metcalfe, L. D., Schmitz, A. A., and Pelka, J. R. (966). Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. Anal. Chem. 38: 514 - 515.

Moloney, A, P., M.G., Keane, P.G., Dunne, M.T., Mooney and D.J., Troy. (2008). Effect of concentrate feeding pattern in a grass silage/concentrate beef finishing system on performance, selected carcass and meat quality characteristics. Meat Sci. 79: 355– 364.

NRC, (1996). Nutrient Requirements of Beef Cattle, 7th Revised Edition, Washington, D.C., National Academy Press.

Noci, F., Freach, P., Monahan, F. J., and Moloney, A. P. (2007). The fatty acid composition of muscle fat and subcutaneous adipose tissue of grazing heifers supplemented with plant oil-enriched concentrates. J. Anim. Sci. 85: 1062-1073.

Nuernberg, K., D., Dannenberger, G., Nuernberg, K., Ender, J., Voigt, N.D., Scollan, J.D., Wood, G.R., Nute, and R.I. Richardson. (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. Livest. Prod. Sci. 94, 137– 147.

Ostrowska, E., F.R. Dunshea, M. Muralitharan and R.F. Cross. (2000). Comparison of silver-ion high-performance liquid chromatographic quantification of free and methylated conjugated linoleic acids. Lipids. 35: 1147 - 1153.

Rule, D, C., K. S., Broughton, S. M., Shellito and G., Maiorano. (2002). Comparison of muscle fatty acid profiles and cholesterol concentrations of bison, beef cattle, elk, and chicken. J. Anim Sci. 80, 1202-1211.

SAS. (1996). User' Guide: Statistics. SAS Institute Inc., North Carolina. 231p.

Scollan, N.D., Choi, N.J., Kurt, E., Fisher, A.V., Enser, M., Wood, J.D., (2001). Manipulating the fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. Br. J. Nutr. 85, 115–124.

Simopoulos, A.P. (2001). N-3 fatty acids and human health: defining strategies for public policy. Lipids 36, S83–S89.

Simopoulos, A.P. (2002). Omega-3 fatty acids in inflammation and autoimmune diseases. J. Am. Coll. Nutr. 21, 495–505.

Tommy L. W., Cundiff, L. V., and Koch, R. M. (1993). Effect of Marbling Degree on Palatability and Caloric Content of Beef. Roman L. Hruska U.S. Meat Animal Research Center. Paper 126.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B., and Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal production. J. Dairy Sci. 74:3583-3597.

Wolfram, G. (2003). Dietary fatty acids and coronary heart disease. Eur. J. Med. Res. 8, 321– 324.