รหัสโครงการ SUT 3-303-48-24-34

รายงานการวิจัย

การเพิ่มปริมาณ CLA (conjugated linoleic acid) ในเนื้อโคขุน โดยการเสริมน้ำมันถั่วเหลืองหรือเมล็ดฝ้ายในอาหารข้นสำหรับโคขุน

(Increased CLA (conjugated linoleic acid) in beef through supplementation of soybean oil or whole cottonseed in the concentrate for fattening beef)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร. วิศิษฐิพร สุขสมบัติ

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

นายพิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2548-49

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กรกฎาคม 2551

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำแหล่งของไขมันที่มีปริมาณกรดลิโนเลอิก (linoleic acid) สูง ได้แก่ น้ำมันจากพืช (plant oils) และเมล็ดพืชน้ำมัน (oilseeds) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง น้ำมันถั่วเหลือง (soybean oil) และเมล็ดฝ้าย (whole cottonseed) มาเสริมในอาหารโคขุน เพื่อพิจารณาผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของ fatty acids และการสะสม CLA ในเนื้อ การเสริมน้ำมันถั่วเหลือง 170 กรัมต่อวัน และน้ำมันจากเมล็ดฝ้าย 170 กรัมต่อวัน ในโคขุน พบว่า ไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และลักษณะต่างๆ ของซาก เมื่อพิจารณาปริมาณกรดไขมันในเนื้อ พบว่า การเสริมน้ำมันถั่วเหลืองทำให้การสะสมกรดไขมัน C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA เพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเนื้อสันเพิ่มขึ้น 116 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อสะโพกเพิ่มขึ้น 240 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามการเสริมน้ำมันจากเมล็ดฝ้าย ไม่ส่งผลต่อการสะสม CLA ในเนื้อทั้งสองส่วน นอกจากนี้เมื่อพิจารณาผลการเปลี่ยนแปลงสภาวะภายในกระเพาะหมัก พบว่า ไม่ส่งผลกระทบในเชิงลบเมื่อเสริมทั้งน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันจากเมล็ดฝ้ายในอาหารโคขุน

Abstract

The objective of this study interested in the effects of sources of fat rich in linoleic acid, especially, soybean oil (SBO) and whole cottonseed (WCS) supplemented in cattle on fatty acid profile and conjugated linoleic acid (CLA) accumulation in beef. The treatments were 1) control 2) control plus supplemented with 170 g SBO/d, and 3) control plus 170 g of oil from WCS/d. The results showed that the feeding SBO significantly increased ($P<0.01$) C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA in *longissimus* muscle by 116%, and in *semimembranosus* muscle by 240%. Moreover, there were no significantly differences in performance parameters and carcass characteristics among treatments. Addition of SBO and WCS did not significantly affect ruminal ecology. This study has successfully increased the C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA content in beef compared with WCS.

สารบัญ

			หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย			ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ			ข
สารบัญ			ค
สารบัญตาราง			จ
สารบัญภาพ			ช
บทที่	1	บทนำ	1
		1.1 ความนำ	1
		1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
		1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
บทที่	2	การตรวจเอกสาร	3
		2.1 โครงสร้างของ Conjugated linoleic acids (CLA)	3
		2.2 การสังเคราะห์ CLA	4
		2.3 การเสริมน้ำมันจากพืช (plant oils) และเมล็ดพืชน้ำมัน (oilseeds) ต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพซาก รวมถึงชนิดและปริมาณ fatty acid ในเนื้อโค	8
บทที่	3	การศึกษาผลของการเสริมเมล็ดฝ้าย และน้ำมันถั่วเหลืองในอาหารโคขุนต่อการเจริญเติบโต คุณภาพซาก รวมถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณ fatty acids และการสะสมของ CLA ในเนื้อโค	20
		3.1 บทนำ	20
		3.2 วัตถุประสงค์	20
		3.3 อุปกรณ์และวิธีการ	21
		3.4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	25
		3.5 สรุปผลการทดลอง	35
บทที่	4	การศึกษาผลของการเสริมเมล็ดฝ้าย และน้ำมันถั่วเหลืองในอาหารโคต่อนิเวศวิทยากระเพาะหมัก	36
		4.1 บทนำ	36
		4.2 วัตถุประสงค์	36
		4.3 อุปกรณ์และวิธีการ	36
		4.4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	38

4.5 สรุปผลการทดลอง 40

เอกสารอ้างอิง 45

ประวัติผู้วิจัย 50

สารบัญตาราง

		หน้า
Table 2.1	Fatty acid profile of common ruminant feeds	6
Table 2.2	Effect of dietary treatment of supplementation on performance of feedlot heifers	9
Table 2.3	Effect of diet on carcass quality of beef	10
Table 2.4	Effect of diet on muscle tissue fatty acid composition of beef	12
Table 2.5	Growth and carcass characteristics of steers fed diets supplemented with oilseeds.	14
Table 2.6	Growth and carcass characteristics of steers fed diets supplemented with oilseeds.	15
Table 2.7	Effect of supplemental sunflower seed on performance and carcass characteristics of finishing steer.	15
Table 2.8	Effect of supplemental sunflower seed on performance and carcass characteristics of finishing steer.	16
Table 2.9	Fatty acid profiles of loin eye samples from steers fed diets supplemented with oilseeds	17
Table 2.10	Effect of diet on muscle tissue fatty acid composition of adipose tissue	17
Table 2.11	Fatty acid profiles of subcutaneous fat from cattle fed diets with and without sunflower seed (SS)	18
Table 2.12	Fatty acid profiles in perinephric (PN) and subcutaneous (SC) fat from steers fed diets with whole cottonseed (WCS)	19
Table 3.1	Chemical composition of diets	29
Table 3.2	Fatty acid compositions of experimental diets, soybean oil, whole cotton s straw (% of total lipid)	30
Table 3.3	Effect of SBO or WCS supplementation on feed intake and growth perform	31
Table 3.4	Effect of SBO or WCS supplementation on carcass composition and carcass characteristics	32
Table 3.5	Effect of SBO or WCS supplementation on fatty acid composition of *Longissimus* muscle (% of total fatty acids)	33

Table 3.6	Effect of SBO or WCS supplementation on fatty acid composition of *Semimembranosus* muscle (% of total fatty acids)	34
Table 4.1	Effect of soybean oil and whole cottonseed on pH, NH_3-N and protozoa.	41
Table 4.2	Effect of soybean oil and whole cottonseed on volatile fatty acids	42
Table 4.3	Effect of soybean oil and whole cottonseed on fatty acid composition in rumen digesta at 0 h.	43
Table 4.4	Effect of soybean oil and whole cottonseed on fatty acid composition in rumen digesta at 2 h.	43
Table 4.5	Effect of soybean oil and whole cottonseed on fatty acid composition in rumen digesta at 4 h.	44
Table 4.6	Effect of soybean oil and whole cottonseed on fatty acid composition in rumen digesta at 6 h.	44

สารบัญภาพ

หน้า

Figure 2.1 Structure of linoleic acid and two isomers of conjugated linoleic acid (CLA) 3

Figure 2.2 Mechanism for CLA synthesis from ruminal biohydrogenation or endogenous synthesis 8

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความนำ

ปัจจุบันมนุษย์ได้คำนึงถึงสุขภาพมากขึ้น โดยให้ความสนใจเกี่ยวกับสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้จากสัตว์เคี้ยวเอื้อง ได้แก่ เนื้อและน้ำนม ซึ่งจัดเป็นแหล่งสารอาหารที่สำคัญ เนื่องจากมีโปรตีนและพลังงานคุณภาพสูง รวมถึงมีวิตามินและแร่ธาตุหลายชนิด และที่ผ่านมาได้มีการศึกษาถึงองค์ประกอบของกรดไขมันไว้มากมายทั้งในเนื้อและน้ำนม เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสำหรับผู้บริโภค (De La Torre et al., 2006) โดยทั่วไปเนื้อโคเป็นอาหารที่มีไขมันสูง โดยเฉพาะมีสัดส่วนของ saturated fatty acids (SFA) สูง และมีระดับ polyunsaturated fatty acid (PUFA) ต่ำ อาจส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้ เนื่องจากเมื่อบริโภคอาหารที่มี SFA ประกอบอยู่สูง จะส่งผลทำให้เพิ่มระดับของ serum cholesterol และเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเกี่ยวกับหัวใจและหลอดเลือดหัวใจ (cardiovascular) (Hegsted et al., 1965 อ้างโดย Gillis et al., 2004) ดังนั้นการหาวิธีการเพื่อเพิ่มสัดส่วน healthy fatty acid ได้แก่ PUFA และ conjugated linoleic acids (CLA) ในผลิตภัณฑ์จากสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเนื้อและน้ำนม จึงน่าจะเป็นสิ่งที่มีประโยชน์ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพสำหรับผู้บริโภค เนื่องจากจัดเป็นแหล่งของ CLA ที่สำคัญสำหรับผู้บริโภค โดยเฉพาะในรูป *cis*-9, *trans*-11 CLA และ *trans*-10, *cis*-12 CLA ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการยับยั้ง carcinogenesis ลดการเกิด atherosclerosis และการปรับปรุง immune response รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของ body fat (Bauman et al., 1999; McGuire and McGuire, 1999; Wahle et al., 2004; De La Torre et al., 2006) และ Ritzenthaler et al. (2001) ยังได้รายงานไว้ว่า มนุษย์มีความต้องการบริโภค CLA (*cis*-9, *trans*-11) มากกว่า 400 mg/วัน จะส่งผลดีต่อสุขภาพ แต่โดยเฉลี่ยได้รับ *cis*-9, *trans*-11 CLA น้อยกว่า 200 mg/วัน

CLA เป็นสารตัวกลางที่สามารถผลิตขึ้นจากกระบวนการ biohydrogenation ของ linoleic acid ไปเป็น stearic acid โดยการทำงานของกลุ่มจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก เพราะฉะนั้นเนื้อและน้ำนมที่ได้จากสัตว์เคี้ยวเอื้อง จึงจัดเป็นแหล่งอาหารที่มี CLA อยู่สูงด้วย ดังนั้น การเสริมอาหารโคด้วยแหล่งไขมันที่มี linoleic acid สูง ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ *cis*-9, *trans*-11 CLA ในกระเพาะหมัก ได้แก่ น้ำมันจากพืช (plant oils) ที่มีปริมาณ linoleic acid เช่น soybean oils และ sunflower oils เป็นต้น อาจจะทำให้เพิ่มสัดส่วนของ *cis*-9, *trans*-11 CLA ในเนื้อได้ (Engle et al., 2000; Mir et al. 2002; Mir et al., 2003; Noci et al., 2005) และความเข้มข้นของ *cis*-9, *trans*-11 CLA และ total CLA เพิ่มขึ้นในน้ำนมเช่นกัน (Leonardi et al., 2005; Loor et al., 2005; Zheng et al., 2005; Shingfield et al., 2006) นอกจากนี้การเสริมเมล็ดพืชน้ำมัน (oilseeds) เช่น full fat extruded soybeans, sunflower seeds และ whole cottonseeds เป็นต้น ทำให้ความเข้มข้นของ CLA isomer และ

precursor สำหรับการสังเคราะห์ CLA ภายในเซลล์ (C 18:1 *trans*-11 vaccenic acid) เพิ่มขึ้นเช่นกัน (Madron et al., 2002; Gibb et al., 2004; McNiven et al., 2004) รวมถึงได้มีการศึกษาวิจัยในโคนม มีข้อมูลรายงานว่า การเสริมเมล็ดพืชน้ำมัน ทำให้ CLA content เพิ่มขึ้นหลายเท่าโดยเฉลี่ยเพิ่ม 12 – 25 mg of CLA/g of FA (Dhiman et al., 1999; Solomon et al., 2000)

ดังนั้นจึงสนใจนำแหล่งของไขมันที่มีปริมาณ linoleic acid สูง ได้แก่ น้ำมันจากพืช (plant oils) และเมล็ดพืชน้ำมัน (oilseeds) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมล็ดฝ้ายและน้ำมันถั่วเหลือง มาเสริมในอาหารโคขุน เพื่อพิจารณาผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของ fatty acids และการสะสม CLA ในเนื้อ น่าจะเป็นวิธีการที่น่าสนใจในการเพิ่มระดับของ CLA ที่เป็นองค์ประกอบในเนื้อ ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งที่ดีในการส่งเสริมให้ผู้บริโภคได้รับ CLA อย่างเพียงพอ เพื่อสุขภาพที่ดีของผู้บริโภคต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของการเสริมเมล็ดฝ้าย และน้ำมันถั่วเหลืองในอาหารโคขุน ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ fatty acids และการสะสมของ conjugated linoleic acid ในเนื้อโค

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของการเสริมเมล็ดฝ้ายและน้ำมันถั่วเหลืองในอาหารโคขุน ต่อการเปลี่ยนแปลงของ fatty acids และนิเวศวิทยาในกระเพาะหมัก

1.3 ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาถึง ผลของการเสริมเมล็ดฝ้าย และน้ำมันถั่วเหลืองในอาหารโคขุนโดยศึกษาผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ fatty acids และการสะสมของ conjugated linoleic acid ในเนื้อโค

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

ผลผลิตของสัตว์เคี้ยวเอื้องที่สำคัญคือ เนื้อ และน้ำนม จัดเป็นแหล่งของสารอาหารที่จำเป็นสำหรับสุขภาพของมนุษย์ (MacRae et al., 2005; Bauman et al., 1999). โดยเฉพาะกรดไขมันที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ หรือ healthy fatty acid ได้แก่ PUFA และ CLA โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลผลิตจากโคทั้งเนื้อและน้ำนมถือเป็นแหล่ง conjugated linoleic acids (CLA) ที่สำคัญสำหรับมนุษย์ (Bauman et al., 1999; McGguire and McGuire, 1999; Wahle et al., 2004; De La Torre et al., 2006). ซึ่ง Ritzenthaler et al. (2001) ได้รายงานไว้ว่า มนุษย์มีความต้องการบริโภค CLA (*cis*-9, *trans*-11) มากกว่า 400 mg/วัน จะส่งผลดีต่อสุขภาพ แต่โดยเฉลี่ยได้รับ CLA (cis-9, trans-11) น้อยกว่า 200 mg/วัน ดังนั้นการเพิ่ม CLA ในเนื้อและน้ำนม น่าจะเป็นสิ่งที่ดีในการส่งเสริมให้ผู้บริโภคได้รับ CLA อย่างเพียงพอ เพื่อสุขภาพที่ได้ของมนุษย์ต่อไป

2.1 โครงสร้างของ CLA

CLA คือ กลุ่มของกรดไขมันที่พบตามธรรมชาติในอาหารหลายชนิดโดยเฉพาะน้ำนมและเนื้อที่ได้มาจากสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งพบครั้งแรกโดย Pariza และคณะ (1987) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับ carcinogenic ซึ่งเป็นส่วนประกอบของ grilled beef (Wahle et al., 2004) CLA เป็นกลุ่มของกรดไขมันที่มีโครงสร้างลักษณะผสม มีความแตกต่างในกลุ่มของ linoleic acid จะขึ้นอยู่กับชนิดและการจัดตำแหน่งของพันธะ โดยปกติกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acid) จะมีตำแหน่งของพันธะคู่อยู่ห่างกันมากกว่าหนึ่งคาร์บอนอะตอมที่มีพันธะเดี่ยว ซึ่งเป็น unconjugated แต่เมื่อพันธะคู่อยู่ห่างกันหนึ่งคาร์บอนอะตอมที่มีพันธะเดี่ยวจะเรียกว่า conjugated และโครงสร้างของ CLA *cis*-9, *trans*-10 and *trans*-10, *cis*-12 isomer (Figure 1)

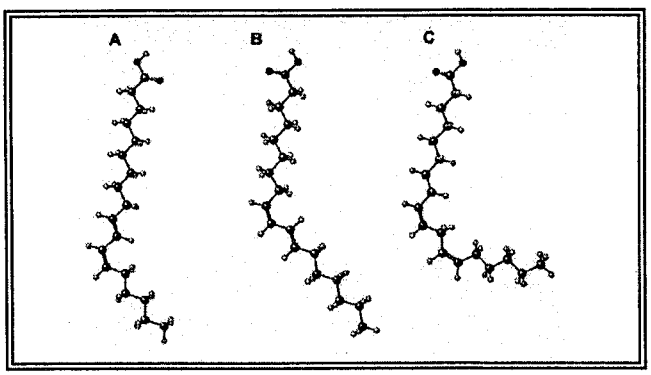

Figure 2.1 Structure of linoleic acid and two isomers of conjugated linoleic acid (CLA).

Source : Bauman et al. (1999)

2.2 การสังเคราะห์ CLA

การสังเคราะห์ CLA เกิดขึ้นได้จากการกระบวนการ biohydrogenation ของ polyunsaturated fatty acid (PUFA) ในกระเพาะหมัก และการเกิด desaturation ของ *trans*-fatty acid ใน adipose tissue และ mammary gland โดย CLA ในกระเพาะหมัก จะเป็นสาร intermediate ที่เกิดขึ้นระหว่างการเกิดกระบวนการ biohydrogenation ของ linoleic acid (C 18:2) จนได้เป็น stearic acid (C 18:0) และภายในเซลล์ CLA จะสังเคราะห์จาก *trans*-11 vaccenic acid (C 18:1) (TVA) ซึ่งเป็นสาร intermediate จากกระบวนการ biohydrogenation โดยอาศัยเอนไซม์ Δ^9-desaturase (Figure 2) (Dhiman et al., 2005a)

Ruminal biohydrogenation

ไขมันในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง จะได้จากอาหารหยาบ เมล็ดพืช และน้ำมันที่เสริมในสูตรอาหาร ดังนั้นองค์ประกอบไขมันในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องทั้งหมดจะมีประมาณ 3-7 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ซึ่ง fatty acid profiles ของอาหารบางชนิดของสัตว์เคี้ยวเอื้องที่รายงานไว้ใน Table 2.1 ประกอบด้วย linoleic acid (C 18:2) และ/หรือ linolenic acid (C 18:3) ซึ่งเป็น fatty acids ที่สำคัญที่พบในอาหารหลายชนิด จะเห็นว่าหญ้าจะมี C 18:3 สูง ประมาณ 48 – 56% ของ total fatty acid ส่วนข้าวโพดหมักและหญ้าหมักจะมี C 18:2 (40.9 % of total FA) และ C 18:3 (46.2 % of total FA) ปริมาณสูง ตามลำดับ และในถั่ว alfalfa hay ประกอบด้วยสัดส่วนของ C 18:3 ที่สูง ขณะที่ unsaturated FA อื่นๆ ในอาหารหยาบสีเขียวอาจจะถูก oxidized ไปในระหว่างกระบวนการทำแห้ง สำหรับเมล็ดและน้ำมันจากพืชทั้งหมด จะมี C 18:2 สูง อยู่ในช่วง 53 – 69 % of total FA (Table 2.1) อย่างไรก็ตามในน้ำมันถั่วลิสง จะมี C 18:1 สูงถึง 51.5 % of total FA และน้ำมันลินซีดจากเมล็ดของต้น flax ประกอบด้วย C 18:3 สูงถึง 51.4 % of total FA นอกจากนี้ในน้ำมันปลา จะมีปริมาณของ C 18:2 และ C 18:3 ต่ำ แต่มี long chain polyunsaturated fatty acids สูง ส่วนไขมันจากสัตว์ จะมีสัดส่วนของ C 18:1 ในปริมาณที่สูง (45.9 % of total FA)

ไขมันที่เป็นองค์ประกอบในอาหารหยาบจะประกอบด้วย glycolipids และ phospholipids ซึ่ง fatty acid ส่วนใหญ่คือกลุ่มของ unsaturated fatty acid ที่สำคัญได้แก่ linoleic acid (C 18:2) และ linolenic acid (C 18:3) ส่วนไขมันที่เป็นองค์ประกอบของเมล็ดพืชน้ำมัน (seedoils) ที่ใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารข้น คือ พวก triglycerides ประกอบด้วย linoleic acid และ oleic acid (*cis*-9 C 18:1) เมื่อสัตว์เคี้ยวเอื้องกินอาหารดังกล่าวเข้าไป อาหารจำพวกไขมันจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ 2 กระบวนการภายในกระเพาะหมัก ขั้นแรก ไขมันจากพืชหรือ triglycerides ที่ถูก esterified แล้ว จะถูก hydrolyzed ที่พันธะ ester linkages อย่างรวดเร็วโดยเอนไซม์ lipase ของจุลินทรีย์ (microbial lipases) ได้เป็น free fatty acid และในขั้นที่ 2 คือ unsaturated free fatty acid จะถูก hydrogenated อย่างรวดเร็วโดยกลุ่มจุลินทรีย์ภายในกระเพาะหมักจนได้ผลผลิตสุดท้ายเป็น saturated fatty acid โดย

cis-9, *trans*-11 CLA isomer เป็นสาร intermediate ชนิดแรกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการ biohydrogenation ของ linoleic acid (C 18:2) โดยการทำงานของเอนไซม์ linoleate isomerase (Figure 2) ผลิตโดยจุลินทรีย์ *Butyrivibrio fibrisolvens* และแบคทีเรียชนิดอื่นๆ ในส่วนของ *cis*-9, *trans*-11 CLA isomer จะถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็น *trans*-11 C 18:1 (vaccenic acid) หรือ C 18:0 (stearic acid) อย่างรวดเร็ว ส่งผลทำให้ถูกดูดซึมไปใช้ประโยชน์ในลำไส้เล็กได้ ซึ่งก็คล้ายกับการเกิด biohydrogenation ของ linoleic acid (C 18:2), FA α and γ-C 18:3 ซึ่งเป็น unsaturated fatty acid ที่พบมากในอาหารหยาบ จะเกิดขึ้นภายในในกระเพาะหมัก (Figure 2) เริ่มจากเกิดการเปลี่ยนแปลง isomer ของ *cis*-12 ที่พันธะคู่ ได้เป็น *cis*-9, *trans*-11 CLA (isomerization) ส่วนปฏิกิริยาที่ 2 เกิด hydrogenate ที่ *cis*-9, *trans*-11 CLA เปลี่ยนเป็น *trans*-11 vaccenic acid (C 18:1) และขั้นสุดท้ายคือ เกิดการ hydrogenate ครั้งที่ 2 ได้เป็น stearic acid ซึ่งเป็นกลุ่ม saturated fatty acid (C 18:0) สำหรับขั้นตอนแรกและขั้นตอนที่ 2 ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นเร็ว ขณะที่ขั้นสุดท้ายปฏิกิริยาเกิดขึ้นช้า ดังนั้น *cis*-9, *trans*-11 CLA และ *trans*-11 vaccenic acid ที่ผ่านจากการเกิดกระบวนการ biohydrogenation อย่างสมบูรณ์ จะถูกดูดซึมไปใช้โดยลำไส้เล็กและส่งเข้าไปใน milk fat (Figure 2) (Bauman et al., 1999; Dhiman et al., 2005a)

Table 2.1 Fatty acid profile of common ruminant feeds

Feed	----Fatty acid, % of total reported fatty acids----							
	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	Others
Pasture								
Grass	0.5	19.2	0.2	1.6	2.2	20.4	55.9	0.0
Clover	0.5	22.9	0.3	3.4	3.6	21.1	48.2	0.0
Grass + legume	1.5	20.0	1.2	2.6	4.2	18.9	51.6	0.0
Silage								
Grass	5.4	24.0	0.6	2.9	6.3	14.5	46.2	0.0
Corn	1.1	15.2	0.5	3.5	18.9	40.9	6.1	13.8
Hay alfalfa	1.2	22.9	0.4	4.0	4.9	18.1	23.5	25.0
Concentrates								
Barley	0.0	27.6	0.9	1.5	20.5	43.3	4.3	1.9
Corn	0.0	16.3	0.0	2.6	30.9	47.8	2.3	0.0
Oats	0.0	22.1	1.0	1.3	38.1	34.9	2.1	0.5
Wheat	0.0	20.0	0.7	1.3	17.5	55.8	4.5	0.2
By product								
Gluten meal	0.0	17.2	0.9	0.8	26.7	53.0	1.4	0.0
Distillers grains	0.0	15.6	0.0	2.7	24.2	54.5	1.8	1.2
Plant seed/oils								
Soybean	0.0	11.0	0.0	3.8	23.3	54.5	5.9	1.5
Extruded soybean	0.0	14.5	0.0	3.8	19.5	53.2	9.1	0.0
Extruded cottonseed	0.0	23.4	0.5	2.2	16.5	57.4	0.0	0.0
Sunflower	0.0	4.0	0.0	5.4	21.2	69.4	0.0	0.0
Peanut	0.0	12.3	0.0	3.2	51.5	30.2	0.0	2.8
Linseed	0.0	6.5	0.0	4.0	22.7	15.4	51.4	0.0
Fish oil	8.0	22.0	11.0	3.0	21.0	2.0	1.0	32.0
Animal tallow	3.2	24.8	5.3	14.5	45.9	5.9	0.3	0.0

Source : Dhiman et al. (2005a)

Endogenous synthesis

cis-9, *trans*-11 CLA ใน milk fat พบครั้งแรกในกระเพาะหมัก อย่างไรก็ตาม *cis*-9, *trans*-11 CLA เพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่สามารถผ่านกระบวนการ biohydrogenation ในกระเพาะหมัก และส่วนของ *cis*-9, *trans*-11 CLA หลักๆ ในน้ำนมได้มาจากการสังเคราะห์ขึ้นภายในเซลล์ของ mammary gland โดยอาศัยการทำงานของเอนไซม์ Δ^9-desaturase ผ่าน pathway การเกิด desaturation ของ *trans*-

11 vaccenic acid โดยเอนไซม์ Δ^9-desaturase (Griinari et al., 2000; Corl et al., 2001) ได้มีการศึกษาไว้ค่อนข้างมากซึ่งยืนยันว่าการสังเคราะห์ CLA เกิดขึ้นภายในเซลล์ของ mammary gland โดยเอนไซม์ Δ^9-desaturase Corl et al. (2001) รายงานว่า การเกิด hydrogenated ของ plant oil จะได้แหล่งของ *trans*-11 vaccenic acid, *cis*-9, *trans*-11 CLA ใน milk fat เพิ่มขึ้น 17% อย่างไรก็ตาม ตัวยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Δ^9-desaturase เช่น sterculic oil [(sterculic acid, C 19:1) ร่วมกับ malvalic acid (C 18:1)] หรือ sterculic acid อย่างเดียว เมื่อฉีดเข้าไปใน abomasum ของโคกำลังให้นม จะมีความสำคัญต่อเอนไซม์ desaturase ในการผลิต CLA ซึ่งการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ดังกล่าว จะมีผลไปลด *cis*-9, *trans*-11 CLA ใน milk fat ลงประมาณ 60-70% ซึ่งส่งผลเช่นเดียวกันกับ milk fatty acid อื่นๆ ที่ประกอบด้วย *cis*-9 double bond โดยปกติการสังเคราะห์ *cis*-9, *trans*-11 CLA ขึ้นภายในเซลล์ใน milk fat จะพบประมาณ 64% (Griinari et al., 2000) หรือ 80% (Corl et al., 2001) ของ *cis*-9, *trans*-11 CLA และในสัตว์เคี้ยวเอื้องที่กำลังให้นมจะมีการทำงานของเอนไซม์ Δ^9-desaturase สูงที่สุดพบใน mammary tissue (Corl et al., 2001)

แหล่งของไขมันที่มีปริมาณ linoleic acid สูง ที่เหมาะสมนำมาเสริมในอาหารโคเพื่อเพิ่มการสะสม conjugated linoleic acid (CLA) ในเนื้อและน้ำนม ได้แก่ ไขมัน (fats) น้ำมัน (oils) และเมล็ดพืชน้ำมัน (oilseeds) ซึ่งจะมีองค์ประกอบของ fatty acid ที่แตกต่างกัน ดังนั้นผลที่ได้จากการเสริมแหล่งของไขมันดังกล่าว ต่อการสะสม CLA ทั้งในเนื้อและน้ำนมก็จะแตกต่างกันด้วย

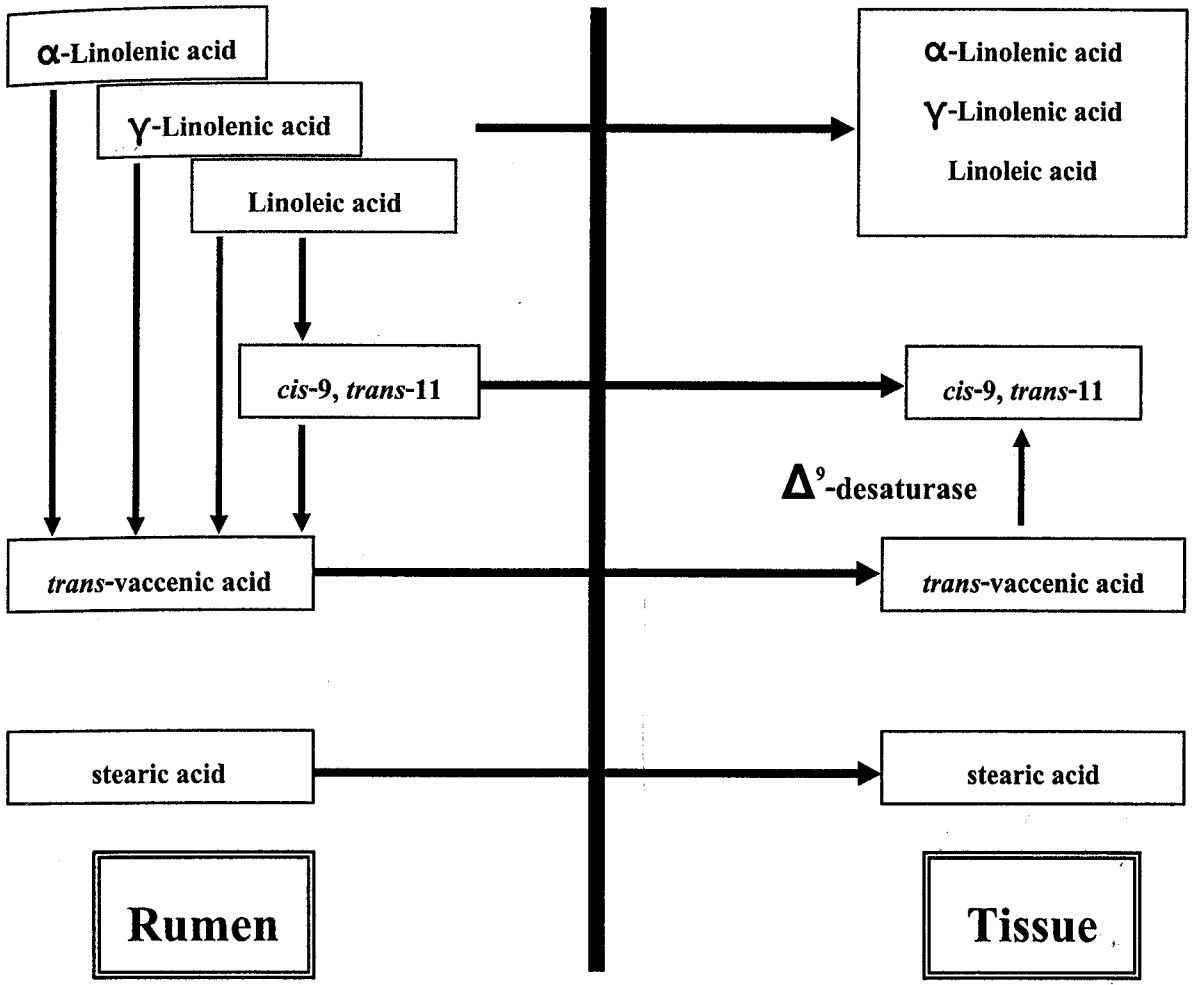

Figure 2.2 Mechanism for CLA synthesis from ruminal biohydrogenation or endogenous synthesis

Source : Schmid et al. (2006)

2.3 การเสริมน้ำมันจากพืช (plant oils) และเมล็ดพืชน้ำมัน (oilseeds) ต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพซาก รวมถึงชนิดและปริมาณ fatty acid ในเนื้อโค

2.3.1 การเสริมน้ำมันจากพืช ต่อการเจริญเติบโตของโคขุน

การเสริมน้ำมันจากพืช ต่อคุณภาพซาก แสดงใน Table 2.2 สรุปได้ว่า การเสริมน้ำมันจากพืช ส่งผลใดๆ ต่อ DMI ADG และ Feed efficiency ยกเว้นการทดลองของ Engle et al. (2000) พบว่า เมื่อเสริม soybean oil 4% ในสูตรอาหาร ทำให้ DMI และ ADG ลดลงแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกลุ่มควบคุม ($P<0.01$)

Table 2.2 Effect of dietary treatment of supplementation on performance of feedlot heifers

References	Source of oil	Items		
		DMI (kg/d)	ADG (kg/d)	Gain : Feed
Griswold et al. (2003)	Control (C:F = 80:20)	11.8	1.45	0.12
	Control+ 4% soybean oil	11.5	1.40	0.12
	C:F = 60:40 + 4% soybean oil	11.4	1.56	0.14
	C:F = 60:40 + 8% soybean oil	10.8	1.38	0.13
Mir et al. (2002)	Control	8.40	1.20	0.14
	Sunflower oil 6%	8.60	1.33	0.15
Beaulieu et al. (2002)	Control	8.80	1.40	0.13
	Soybean oil 5%	9.40	1.60	0.14
Engle et al. (2000)	control	9.61^{h}	1.60^{e}	0.17
	Soybean oil 4%	8.61^{g}	1.41^{d}	0.16

หมายเหตุ : ^{d,e} $P<0.01$; ^{g,h} $P<0.001$

2.3.2 การเสริมน้ำมันจากพืช ต่อคุณภาพซาก

การเสริมน้ำมันจากพืช ต่อคุณภาพซาก แสดงใน Table 2.3 สรุปได้ว่า การเสริมน้ำมันจากพืช ไม่ส่งผลใดๆ ต่อ carcass quality ได้แก่ carcass weight, dressing percentage และ fat thickness รวมถึง marbling score และ quality grade เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ยกเว้น Engle et al. (2000) พบว่า carcass weigt, marbling score และ quality grade ลดลง ($P<0.01$) เมื่อให้อาหารข้นสูงร่วมกับการเสริม 4.0% soybean oil ในโคเพศผู้ตอน (ลดลง 6.9, 10.0 และ 5.6% ตามลำดับ) แต่ Andrae et al. (2001) รายงานว่า การเสริม high-oil corn ในโคเพศผู้ตอน พบว่า ส่งผลให้ marbling score และ quality grade สูงขึ้น (9.0 และ 13.0% ตามลำดับ) ($P<0.05$)

Table 2.3 Effect of diet on carcass quality of beef

References	Source of oil	Carcass weight (kg)	Dressing percentage	Fat Thickness (cm)	Marbling score	Quality grade
Noci et al.	Control	295	-	-	-	-
(2005)	5.5% sunflower oil	304	-	-	-	-
	11.5% sunflower oil	302	-	-	-	-
Garcia et al.	Control	178	-	-	-	-
(2003)	High oil 5%	172	-	-	-	-
Griswold et al.	Control (C:F = 80:20)	341	58.6	-	4.66	4.70
(2003)	Control + 4% soybean oil	334	58.0	-	4.40	4.00
	C:F = 60:40 + 4% soybean oil	337	58.3	-	4.71	3.90
	C:F = 60:40 + 8% soybean oil	329	57.1	-	4.32	3.50
Beaulieu et al.	Control	317.8	64.2	1.37	1,139.0	-
(2002)	Soybean oil 5%	316.4	62.9	1.31	1,172.0	-
Andrae et al.	Control (typical corn 82%)	337	60.35	1.30	5.20^{a}	4.60^{a}
(2001)	High oil corn 82%	334	60.71	1.2	5.67^{b}	5.20^{b}
	Isocaloric (High oil corn 74%)	332	59.80	1.2	5.25^{a}	4.70^{a}
Engle et al.	control	334^{e}	58.9	-	6.0^{e}	17.8^{e}
(2000)	Soybean oil 4%	311^{d}	57.9	-	5.4^{d}	16.8^{d}

หมายเหตุ : ^{a,b} $P<0.05$; ^{d,e} $P<0.01$

Griswold et al. (2003) : Marbling score: 4 = slight; Quality grade: 3 = low select, 4 =high select, 5 = low choice, 6 = choice, 7 = high choice

Beaulieu et al. (2002) : Marbling score: 1,000.0 = small, 1,100.0 = modest, 1,200.0 = moderate

Andrae et al. (2001) : Marbling score and quality grade code: 4.0 to 4.99 = slight: Select, 5.0 to 5.99 = small: Choice and 6.0 to 6.99 = modest: $Choice^{0}$

Engle et al. (2000) : Marbling score: 4 = slight, 5 = small, 6 = modest; USDA quality grade : 16 = $select^{+}$, 17 = $choice^{-}$, 18 = choice

2.3.3 การเสริมน้ำมันจากพืช ต่อปริมาณ fatty acid ในเนื้อโค

การเสริมน้ำมันจากพืช ต่อปริมาณ fatty acid ในเนื้อ แสดงใน Table 2.4 สรุปได้ว่า จาก 6 การทดลอง ที่ได้ศึกษาผลต่อความเข้มข้นของ CLA พบว่า มี 3 การทดลอง เมื่อเสริมน้ำมันจากพืชในสูตรอาหาร จะส่งผลต่อการเพิ่มความเข้มข้นของ CLA ในกล้ามเนื้อ ดังนี้ Noci et al. (2005) พบว่า เมื่อระดับของ sunflower oil ในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น (5.5 และ 11.5% SFO) ทำให้ความเข้มข้นของ *cis*-9, *trans*-11 CLA isomer และ linoleic acid ใน intramuscular fat เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงไปด้วย ($P<0.001$) โดยความเข้มข้นของ *cis*-9, *trans*-11 CLA isomer เพิ่มขึ้น 45.6% และ 109.7% ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ส่วนความเข้มข้นของ linoleic acid เพิ่มขึ้น 13.0% และ 31.0% ตามลำดับ สอดคล้องกับ Mir et al. (2002) พบว่า ความเข้มข้นของ CLA ใน muscle lipid เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยจาก 0.28 เป็น 1.23% หรือเพิ่มขึ้น 339% เมื่อเสริม sunflower oil 6% ในอาหารของโคเพศผู้ตอน ($P<0.05$) ส่วนความเข้มข้นของ linoleic acid เพิ่มขึ้นเช่นกัน จาก 1.66 เป็น 2.23% หรือเพิ่มขึ้น 34% และ Engle et al. (2000) พบว่า การเสริม soybean oil 4% ในอาหารของโคเพศผู้ตอน ทำให้ CLA ใน longissimus muscle เพิ่มขึ้น 45% (0.20 vs. 0.29%) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P<0.05$) นอกจากนี้ได้มีรายงานไว้คือ *cis*-9, *trans*-11 CLA isomer สามารถวิเคราะห์ได้ในส่วน subcutaneous fat และ kidney, heart and pelvic (KHP) fat พบว่า ความเข้มข้นของ CLA ใน KHP ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลอง อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของ *cis*-9, *trans*-11 CLA isomer จะเพิ่มขึ้นในส่วน subcutaneous fat จากโคสาวที่ได้รับอาหารไขมันสูงเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P<0.05$) (เพิ่มขึ้น 135.5%) (Garcia et al. (2003) รวมถึง Mir et al. (2003) รายงานไว้ว่า ความเข้มข้นของ CLA ใน longissumus muscle fat จากโคเนื้อกลุ่มที่เสริม 6% SFO สูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P<0.05$)

แต่อย่างไรก็ตาม Dhiman et al. (2005b) รายงานว่า เมื่อเสริม soybean oil ที่ระดับ 2 และ 4% ในสูตรอาหารโคเพศผู้ตอน ไม่ส่งผลใดๆ ต่อความเข้มข้นของ linoleic acid, *cis*-9, *trans*-11 CLA isomer และ SFA ใน longissimus muscle สอดคล้องกับ Beaulieu et al. (2002) สรุปว่า การเสริม soybean oil 5% ในอาหารโคสาว ไม่ส่งผลใดๆ ต่อสัดส่วนของ *cis*-9, *trans*-11 CLA isomer ใน muscle lipid จากส่วน Forequarter, Loin และ Hindquarter เช่นกัน แต่สัดส่วนของ *trans*-10, *cis*-12 CLA isomer จะเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) ใน tissue lipids จากส่วน Forequarter และ Hindquarter อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของ *trans*-10, *cis*-12 CLA isomer ใน muscle lipid ก็ไม่สามารถตรวจพบได้ในหลายตัวอย่าง เนื่องจากมีปริมาณน้อยกว่า 0.02% of total long chain fatty acid

Table 2.4 Effect of diet on muscle tissue fatty acid composition of beef

References	Source of oil	Fatty acids (%)					
		LA (C 18:2)	CLAs	*c*-9, *t*-11	*t*-10, *c*-12	SFA	PUFA
Dhiman et al. (2005b)	Control	6.00	-	0.23	-	39.40	-
	2% soybean oil	6.80	-	0.29	-	39.80	-
	4% soybean oil	7.40	-	0.31	-	40.20	-
Noci et al. (2005)	Control	4.16[g]	-	0.43[g]	-	45.57	7.08[g]
	5.5% sunflower oil	4.70[h]	-	0.63[h]	-	44.94	7.84[h]
	11.5%sunflower oil	5.44[i]	-	0.91[i]	-	44.60	8.93[i]
Griswold et al. (2003)	Control (C:F = 80:20)	-	-	0.31	-	45.4	8.35
	Control+ 4% SBO	-	-	0.25	-	49.8	8.46
	C:F = 60:40 +4% SBO	-	-	0.28	-	47.3	9.58
	C:F = 60:40 +8% SBO	-	-	0.31	-	45.5	11.5
Mir et al. (2002)	Control	1.18	0.27[a]	-	-	-	-
	Sunflower oil 6%	1.19	1.29[b]	-	-	-	-
	Control	1.52	0.28[a]	-	-	-	-
	Sunflower oil 6%	1.95	1.19[b]	-	-	-	-
	Control	1.66[a]	0.29[a]	-	-	-	-
	Sunflower oil 6%	2.23[b]	1.22[b]	-	-	-	-
Beaulieu et al. (2002)	Control	4.33	-	0.35	ND[a]	-	-
	Soybean oil 5.0%	4.44	-	0.33	0.01[b]	-	-
	Control	3.91	-	0.32	ND	-	-
	Soybean oil 5.0%	3.93	-	0.36	0.004	-	-
	Control	6.32	-	0.33	0.001[a]	-	-
	Soybean oil 5.0%	7.00	-	0.35	0.02[b]	-	-
Andrae et al. (2001)	Control (typical corn82%)	3.78[a]	-	-	-	46.41[a]	4.69[a]
	High oil corn 82%	4.63[b]	-	-	-	44.30[b]	5.86[b]
Engle et al. (2000)	Control	5.51	0.20[a]	-	-	47.40	5.94
	Soybean oil 4.0%	6.60	0.29[b]	-	-	48.50	7.11

หมายเหตุ : [a,b] $P<0.05$; [g,h,i] $P<0.001$

LA = linoleic acid C 18:2; CLA = conjugated linoleic acid; *c*-9, *t*-11 = *cis*-9, *trans*-11 CLA; *t*-10, *c*-12 = *trans*-10, *cis*-12 CLA; SFA = saturated fatty acid; PUFA = polyunsaturated fatty acid; ND = not detect

สำหรับบางการทดลองที่ความเข้มข้นของ conjugated linoleic acid ในเนื้อไม่เพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากปริมาณของ linoleic acid ซึ่งเป็น precursor ของการสังเคราะห์ CLA ในกระเพาะหมัก ระหว่างกลุ่มทดลองมีปริมาณใกล้เคียงกัน ทั้งกลุ่มที่เสริมและไม่เสริมน้ำมันจากพืช เช่น มีองค์ประกอบของ linoleic acid ในสูตรอาหารเท่ากับ 54.8 vs. 53.0, 52.0% (Dhiman et al., 2005b) และ 53.5 vs. 48.13, 49.42% (Andrae et al., 2001) ส่วนในกลุ่มที่เสริมน้ำมันจากพืชในสูตรอาหารแล้วทำให้ความเข้มข้นของ CLA ในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ระหว่างกลุ่มที่ทำการทดลองมีองค์ประกอบของ linoleic acid ในสูตรอาหารแตกต่างกัน เช่น Noci et al. (2005) มีองค์ประกอบของ linoleic acid ในสูตรอาหารเท่ากับ 27.9 vs. 48.1, 64.9% of FA และ 0.82 vs. 3.36% DM (Mir et al., 2002) นอกจากนี้ Griswold et al. (2003) กล่าวว่า การเสริม soybean oil ในสูตรอาหารเพื่อพิจารณาผลต่อการเพิ่ม CLA ในเนื้อเยื่อ อาจจะไม่ส่งผลที่ดี เมื่อสูตรอาหารดังกล่าวมีปริมาณของ polyunsaturated fatty acid เพียงพอต่อการผลิตของ CLA และ *trans*-11 vaccenic acid ในกระเพาะหมัก หรืออาจเป็นผลจากการลดการแสดงออกรวมถึงการทำงานของเอนไซม์ stearoyl-CoA desaturated ในเนื้อเยื่อ นอกจากนี้อาจเกิดจากกระบวนการ biohydrogenation ในกระเพาะหมักเกิดขึ้นโดยสมบูรณ์ ทำให้ CLA เปลี่ยนแปลงไปเป็น *trans*-11 vaccenic acid และ stearic acid (C 18:0) ซึ่งสารทั้งสองชนิดดังกล่าวจึงพบได้ในปริมาณที่สูงในกลุ่มที่เสริมน้ำมัน

Garcia et al. (2003) พบว่า โคสาวที่ได้รับอาหารที่มีไขมันสูง (High fat diet) จะมีเปอร์เซ็นต์ของ linoleic acid (C 18:2) เพิ่มขึ้นใน tissue ทั้งหมดที่ศึกษา คือ longisssimus muscle, subcutaneous fat และ kidney, heart and pelvic (KHP) fat ($P<0.01$) (เพิ่มขึ้น 60.6%, 40.9% และ 47.8% ตามลำดับ) นอกจากนี้ Andrae et al. (2001) รายงานว่า เปอร์เซ็นต์ total fatty acid ใน longissimus muscle ไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง แต่ Saturated fatty acid ลดลง ($P<0.05$) (ลดลง 4.5%) ส่วน linoleic acid (C 18:2) และ polyunsaturated fatty acid เพิ่มขึ้น ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (เพิ่มขึ้น 24.9%) และ Bock et al. (1991) กล่าวไว้ว่า ในการเสริม 3.5% tallow หรือ soybean oil soapstock (SS) ในอาหารโคขุน ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบไขมันที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ เพราะ linoleic และ arachidonic acid ซึ่งเป็น essential fatty acid จะเพิ่มขึ้นใน tissue ซึ่งแนะนำว่าเมื่อ linoleic acid ที่มากจะถูกส่งผ่านไปยังลำไส้เล็กมาก และถูกดูดซึมไปใช้ประโยชน์และเก็บสะสมไว้ได้ การที่จะเพิ่ม linoleic acid ในลำไส้เล็กนั้น เป็นผลมาจากทั้งการเกิดกระบวนการ ruminal biohydrogenation ของ fatty acid ลดลง และการเพิ่มอาหารที่มีกลุ่ม unsaturated fatty acid ขึ้น หรือเกิดจากทั้งสองปัจจัย นอกจากนี้เมื่อเสริม oil มากเกินไป อาจจะมีผลไปยับยั้งการย่อยได้ในกระเพาะหมัก ซึ่งเป็นการป้องกันการเกิดกระบวนการ biohydrogenation

2.3.4 การเสริมเมล็ดพืชน้ำมัน ต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพซากของโค

ผลการเสริมเมล็ดพืชน้ำมัน ต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพซากของโค สรุปไว้ใน Table 2.5, 2.6, 2.7 และ 2.8 ไว้ว่า ADG, DMI และ Gain : Feed ratio ไม่แตกต่างกันทางสถิติในระหว่างกลุ่มทดลอง สอดคล้องกับการทดลองของ Madron et al. (2002) พบว่า น้ำหนักเริ่มต้นของโคเพศผู้ตอนเฉลี่ย 417±6 kg (mean±SE) ส่วนค่าเฉลี่ยของ ADG ทุกกลุ่มทดลองเท่ากับ 1.7±0.1 kg อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึง DMI พบว่า DMI แตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง ($P<0.01$) แต่ความแตกต่างที่พบน้อยมาก ซึ่งในกลุ่มโคที่ได้รับอาหาร high extruded full fat soybeans ต่ำที่สุด และกลุ่มโคที่ได้รับ low extruded full fat soybeans ในสูตรอาหารจะมี DMI สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่ Gibb et al. (2004) รายงานไว้ว่า การเสริม whole sunflower seed ในโคขุน ทำให้ DMI ($P=0.05$), ADG ($P=0.01$) และ Gain : Feed ratio ($P=0.01$) เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรง แต่เมื่อเสริม rolled sunflower seed ทดแทน whole sunflower seed ในอาหารโคขุน ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติของ DMI, ADG หรือ Gain : Feed ratio (8.55 vs. 8.30 kg/d; 1.36 vs. 1.31 kg; 0.157 vs. 0.158 ตามลำดับ) (Table 7) นอกจากนี้ Gibb et al. (2004) ยังรายงานไว้อีกว่า โคเพศผู้ตอนที่ได้รับ 14% RSS เสริมในอาหาร จะส่งผลทำให้ DMI, ADG หรือ Gain : Feed ratio ลดต่ำลงกว่ากลุ่มที่เสริม 14% WSS (Table 7) อาจเนื่องมาจากอาหารที่ประกอบด้วย whole SS มีค่าพลังงาน ME สูงกว่าอาหารที่มี rolled SS เป็นส่วนประกอบ (3.02 vs. 2.93 Mcal/kg) และ Huerta-Leidenz et al. (1991) พบว่า การเสริม whole cottonseed (WCS) ที่ระดับ 15 และ 30% ในอาหารโค ไม่ส่งผลใดๆ ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของโคเพศผู้ตอนระหว่างกลุ่มทดลอง ได้แก่ live weight, DMI, ADG หรือ Gain : Feed (Table 2.8)

Table 2.5 Growth and carcass characteristics of steers fed diets supplemented with oilseeds.

Item	Megalac	Soybean		
		Extrude	Raw	Roasted
Performance variables				
ADG, kg/d	1.1	1.0	1.0	1.0
DMI, kg/d	8.9	8.9	8.9	8.3
Gain : feed	0.12	0.12	0.12	0.12
Carcass characteristics				
Carcass weight, kg	320.7	317.4	316.4	312.6
Lean yield, %	57.3	57.3	58.2	58.2
Dressing percentage, %	54.4	54.9	54.3	54.5

Source : McNiven et al. (2004)

Table 2.6 Growth and carcass characteristics of steers fed diets supplemented with oilseeds.

Item	Dietary treatment		
	control	**LESB**	**HESB**
Performance variables			
Final weight, kg	592.0	598.8	618.2
ADG, kg/d	1.6	1.7	1.7
DMI, kg/d	10.3[e]	10.5[f]	10.1[d]
Carcass characteristics			
Hot carcass weight, kg	366.0	369.8	377.8
Dressing percentage, %	61.9	61.8	61.1
Quality grade	5.8	6.0	6.3

หมายเหตุ : [d,e,f] $P<0.01$

LESB = low-extruded full fat soybean; HESB = high- extruded full fat soybean

Source : Madron et al. (2002)

Table 2.7 Effect of supplemental sunflower seed on performance and carcass characteristics of finishing steer.

Item	Treatment			
	Control	**9% WSS**	**14% WSS**	**14% RSS**
Performance variables				
DMI, kg/d	7.42	8.19	8.55	8.30
ADG, kg/d	0.96	1.22	1.36	1.31
Gain : feed	0.129	0.149	0.160	0.156
Carcass characteristics				
Carcass weight, kg	338.2	360.4	368.0	362.0
Dressing percentage, %	58.3	59.0	59.7	59.1
Back fat, mm	10.7	11.3	13.7	13.7
LM area, cm^2	84.8	87.3	93.7	84.2
Quality grade	2.4	2.5	2.4	2.8

หมายเหตุ : Linear effect of including whole SS in the diet (0, 9 or 14%)

WSS = whole sunflower seed; RSS = rolled sunflower seed

Source: Gibb et al. (2004)

Table 2.8 Effect of supplemental sunflower seed on performance and carcass characteristics of finishing steer.

Item	Treatment		
	Control	**15% WCS**	**30% WCS**
Performance variables			
DMI, kg/d	7.89	8.97	8.45
ADG, kg/d	0.95	1.15	1.03
Gain : feed	0.12	0.12	0.12
Carcass characteristics			
Carcass weight, kg	223.9	234.3	231.2

หมายเหตุ : WCS = whole cottonseed

Source : Huerta-Leidenz et al. (1991)

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงคุณภาพซากพบว่า ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลองทั้งใน carcass weight, lean yield และ dressing percentage ซึ่งสอดคล้องกับ Madron et al. (2002) พบว่า น้ำหนักซากหลังฆ่ามีน้ำหนักเฉลี่ย 603±11.6 kg และไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง hot carcass weight หรือ dressing percentage นอกจากนี้ yield grade และ quality grade ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลองเมื่อเสริม extruded full fat soybeans ในสูตรอาหาร (Table 6) และ Gibb et al. (2004) รายงานว่า ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของคุณภาพซากลักษณะต่างๆ ระหว่างกลุ่มทดลอง ได้แก่ dressing percentage และ backfat ยกเว้น carcass weight พบว่า เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรง (P=0.03) ส่วน longissimus muscle area พบว่า เพิ่มขึ้นในกลุ่มโคที่เสริม 14% WSS ในอาหาร เปรียบเทียบกับกลุ่มที่เสริม 14%RSS (P<0.05) (Table 2.7)

2.3.5 การเสริมเมล็ดพืชน้ำมัน (Oilseeds) ต่อปริมาณ fatty acid ในเนื้อโค

ผลของการเสริมเมล็ดพืชน้ำมันในอาหาร ต่อปริมาณ fatty acid ของเนื้อโค แสดงไว้ใน Table 9 และ 10 สรุปได้ว่า ความเข้มข้นของ CLA ในเนื้อในกลุ่มที่เสริมด้วย extruded soybeans เพิ่มขึ้น 44% (P<0.05) และ precursor สำหรับการสังเคราะห์ CLA ภายในเซลล์ (C 18:1 *trans*-11 vaccenic acid) เพิ่มขึ้น 25% เช่นกันในกลุ่มที่เสริมด้วย extruded soybeans เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองเสริม raw soybeans (P<0.05) (Table 2.9) จากผลที่เกิดขึ้นดังกล่าวอาจอธิบายได้ว่า ในกระเพาะหมักเมื่อเกิดกระบวนการ hydrogenation โดยมี linoleic acid ซึ่ง fatty acid ชนิดหลักของ soybeans จะทำให้ได้ *trans*-11 vaccenic acid (เป็น precursor สำหรับสังเคราะห์ CLA) ในระดับที่สูง ดังนั้น การสังเคราะห์ CLA ภายในเซลล์จะเพิ่มขึ้นเช่นกันตามทฤษฎี ส่งผลทำให้ระดับของ CLA ภายในเซลล์สูงขึ้นตามไป

ด้วย ส่วนระดับของ CLA และ *trans*-11 vaccenic acid ในเนื้อจากกลุ่มโคเพศผู้ตอนที่ได้รับ raw soybean เสริมในอาหารจะต่ำกว่า แสดงให้เห็นว่า การเกิดกระบวนการ biohydrogenation ในกระเพาะหมักเกิดขึ้นโดยสมบูรณ์มากกว่าสำหรับกลุ่มโคที่ได้รับ untreated soybean เสริมในอาหาร เปรียบเทียบกับกลุ่มโคที่ได้รับ heated soybean นอกจากนี้พบว่า soybean ที่ผ่านกระบวนการ roasting process จะสามารถป้องกัน linoleic acid จากการเกิด hydrogenation เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการ extrusion ซึ่งส่งผลทำให้ระดับของ linoleic acid ในเนื้อสูงกว่า ส่วนความเข้มข้นของ CLA isomers และ *trans*-11 vaccenic acid ต่ำกว่า

สอดคล้องกับ Madron et al. (2002) พบว่า ความเข้มข้นของ *cis*-9, *trans*-11 CLA ในกลุ่มที่เสริม high extruded full fat soybeans สูงกว่ากลุ่มควบคุม (เพิ่มขึ้น 17%) แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) เนื่องจากการเสริม extruded full fat soybeans ในอาหาร จะทำให้ได้ polyunsaturated fatty acids โดยเฉพาะ linoleic acid ซึ่งเป็น substrate ที่สำคัญในกระบวนการเกิด biohydrogenation ในกระเพาะหมัก ตามทฤษฎี ผลดังกล่าว จะทำให้การผลิต CLA ในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้นเหมือนกับการผลิต C 18:1 *trans*-11 vaccenic acid สำหรับสังเคราะห์ CLA ภายในเซลล์ แต่การเพิ่มขึ้นของ CLA ใน muscle lipid ยังน้อยมาก (Table 2.10)

Table 2.9 Fatty acid profiles of loin eye samples from steers fed diets supplemented with oilseeds

Item	Megalac	Soybean		
Total fatty acid, g/100g FA		**Extrude**	**Raw**	**Roasted**
C18:1*trans*-11 vaccenic acid	1.75^{ab}	2.11^{c}	1.69^{a}	1.85^{b}
C 18:2 Linoleic acid	2.80^{a}	2.81^{a}	2.94^{a}	4.06^{b}
C 18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA	0.33^{a}	0.46^{b}	0.32^{a}	0.35^{a}
C 18:2 *trans*-10, *cis*-12 CLA	0.008	0.003	<0.001	0.03

หมายเหตุ : ^{a,b,c} $P<0.05$

Source : McNiven et al. (2004)

Table 2.10 Effect of diet on muscle tissue fatty acid composition of adipose tissue

Item	Dietary treatment		
Total fatty acid, g/100g FA	**Control**	**LESB**	**HESB**
C18:1*trans*-11 vaccenic acid	1.33^{g}	1.42^{h}	1.71^{i}
C 18:2 Linoleic acid	1.61^{g}	1.67^{gh}	1.91^{h}
C 18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA	0.66^{d}	0.69^{d}	0.77^{e}

หมายเหตุ : ^{d,e} $P<0.01$; ^{g,h,i} $P<0.001$ **Source** : Madron et al. (2002)

นอกจากนี้ Gibb et al. (2004) ได้รายงานไว้ว่า เมื่อเสริม sunflower seed ทั้งในรูป whole และ rolled SS ทำให้ความเข้มข้นของ *cis*-9, *trans*-11 CLA และ *trans*-10, *cis*-12 CLA ใน subcutaneous fat เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P<0.05$ และ $P<0.001$ ตามลำดับ) ส่วน linoleic acid พบว่า กลุ่มที่เสริม 14% WSS มีความเข้มข้นสูงที่สุด ($P<0.005$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองอื่นๆ (Table 2.11)

Table 2.11 Fatty acid profiles of subcutaneous fat from cattle fed diets with and without sunflower seed (SS)

Item	Subcutaneous fat		
Total fatty acid, %	**Control**	**14% WSS**	**14% RSS**
C 18:2 linoleic acid	1.15^{j}	1.84^{k}	1.40^{j}
C 18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA	0.78^{a}	0.92^{b}	0.91^{b}
C 18:2 *trans*-10, *cis*-12 CLA	0.03^{g}	0.08^{h}	0.07^{h}

หมายเหตุ : $^{a,b}P<0.05$; $^{g,h}P<0.001$; $^{j,k}P<0.005$

WSS = whole sunflower seed; RSS = rolled sunflower seed

Source : Gibb et al. (2004)

Huerta-Leigenz et al. (1991) รายงานว่า การเสริม WCS ในอาหารโคเพศผู้ตอน ไม่ได้ทำให้ความเข้มข้นของ linoleic acid และ total polyunsaturated fatty acid ใน perinephric fat แตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง แต่ความเข้มข้นของ linoleic acid ใน perinephric adipose tissue เพิ่มขึ้น 0.55% ($P<0.05$) เมื่อเสริม 30% WSC ในอาหารโคเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ส่วน polyunsaturated fatty acid พบว่า ความเข้มข้นจะสูงกว่า ($P<0.05$) ในกลุ่มที่เสริม 30% WSC เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริม 15% WSC (Table 2.12)

Table 2.12 Fatty acid profiles in perinephric (PN) and subcutaneous (SC) fat from steers fed diets with whole cottonseed (WCS)

Item	Diet					
Fatty acid	**Control**		**15% WCS**		**30% WCS**	
	PN	**SC**	**PN**	**SC**	**PN**	**SC**
C 18:2 linoleic acid	4.06[a]	3.23	4.14[ab]	3.14	4.61[b]	3.61
SFA	52.50	40.38	54.76	40.91	53.50	40.67
UFA	47.47	57.32	45.23	56.59	46.49	56.00
PUFA	4.57[a]	3.75	4.60[a]	3.62	5.05[b]	4.06

หมายเหตุ : [a,b] $P<0.05$

Source : Huerta-Leigenz et al. (1991)

บทที่ 3

การศึกษาผลของการเสริมเมล็ดฝ้าย และน้ำมันถั่วเหลืองในอาหารโคขุน ต่อการเจริญเติบโต คุณภาพซาก รวมถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณ fatty acids และการสะสมของ CLA ในเนื้อโค

3.1 บทนำ

CLA เป็นกรดไขมันที่พบในอาหารที่ได้จากสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยเฉพาะเนื้อและน้ำนม นักวิจัยหลายๆ ท่านสนับสนุนประโยชน์ในทางสุขภาพเมื่อผู้บริโภคได้รับผลิตภัณฑ์ดังกล่าว เช่น ต้านมะเร็ง (anticarcinogenesis) (Ip et al., 1999; Belury, 2002; Corl et al., 2003), ลดการสะสมไขมัน (antiobese effect) (Park et al., 1997), ปรับเปลี่ยนระบบภูมิคุ้มกันโรค (modulation of the immune system) (Cook et al., 1993), ลดการสะสมไขมันในเส้นเลือด (antiatherosclerosis) (Nicolosi et al., 1997), ต้านอาการปัสสาวะมาก (antidiabetes) (Houseknecht et al., 1998) และลดมวลไขมันในร่างกาย (decreased body fat mass) ในมนุษย์ (Blankson et al., 2000; Gaullier et al., 2005). CLA เป็นส่วนผสมของ geometric และ positional isomers ของกรดลิโนลิอิก ซึ่ง conjugated double bonds CLA เป็นสารตัวกลางในกระบวนการ biohydrogenation ของกรดลิโนลิอิกซึ่งเกิดจากการ biohydrogenation ที่ไม่สมบูรณ์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในกระเพาะหมัก (Baumam et al., 1999) อย่างไรก็ตามงานวิจัยยังพบว่าโคนมสามารถสังเคราะห์ CLA จาก trans-11 octadecadienoic acid ซึ่งเป็นสารตัวกลางในกระบวนการbiohydrogenation ในกระเพาะหมัก ด้วยเอนไซม์ Δ^9 desaturase ในเนื้อเยื่อ (Griinari et al., 1998; Corl et al., 2001).

งานวิจัยหลายๆงานประสบผลสำเร็จในการเพิ่มองค์ประกอบของ *cis*-9, *trans*-11 CLA ในไขมันในกล้ามเนื้อจากการเสริมน้ำมันพืช (Engle et al., 2000; Mir et al., 2002; Mir et al., 2003; Noci et al., 2007) และเมล็ดพืชน้ำมัน (Bolte et al., 2002) ดังนั้นการเสริมแหล่งไขมันที่มีส่วนประกอบของ linoleic acid อยู่สูง เช่น น้ำมันพืช และเมล็ดพืชน้ำมัน อาจทำให้สัดส่วนของ CLA ในเนื้อสัตว์เพิ่มขึ้น วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาผลของการเสริมน้ำมันถั่วเหลือง หรือเมล็ดฝ้ายต่อการสะสม CLA ในเนื้อโค

3.2 วัตถุประสงค์

3.2.1 เพื่อศึกษาผลการเสริมเมล็ดฝ้าย และน้ำมันถั่วเหลืองในอาหารโคขุน ต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพซาก

3.2.2 เพื่อศึกษาผลการเสริมเมล็ดฝ้าย และน้ำมันถั่วเหลืองในอาหารโคขุน ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ fatty acids ในเนื้อโค

3.2.3 เพื่อศึกษาผลการเสริมเมล็ดฝ้าย และน้ำมันถั่วเหลืองในอาหารโคขุน ต่อการสะสมของ CLA ในเนื้อโค

3.3 อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้โคขุน จำนวน 18 ตัว (โคนมเพศผู้ จำนวน 9 ตัว และโคเนื้อ จำนวน 9 ตัว) โดยโคทุกตัวถูกเลี้ยงโดยขังในคอกเดี่ยว และมีน้ำให้กินตลอดเวลา จัดแผนการทดลองแบบ Randomized completely block design (RCBD) โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มทดลอง (block) ตามพันธุ์โค และจัดกลุ่มทดลองตามน้ำหนักตัว (กิโลกรัม) ให้มีค่าใกล้เคียงกัน (stratified random balance group) จากนั้นสุ่มสิ่งทดลอง (treatment) ทั้ง 3 ทรีตเมนต์ ให้กับโคในแต่ละพันธุ์ดังนี้

T 1 อาหารควบคุม (อาหารข้น 14% CP)

T 2 อาหารควบคุมร่วมกับเสริมน้ำมันถั่วเหลือง 300 กรัม/ตัว/วัน

T 3 อาหารควบคุมร่วมกับเสริมเมล็ดฝ้าย 1.9 กิโลกรัม/ตัว/วัน (น้ำมันจากเมล็ดฝ้ายประมาณ 300 กรัม/ตัว/วัน)

การเก็บข้อมูล และวิเคราะห์ตัวอย่าง

จัดโคออกเป็นกลุ่มตามแผนการทดลองแล้ว ให้อาหารหยาบ (ฟางข้าว) และอาหารข้นวันละ 2 ครั้ง โดยอาหารข้นเสริมร่วมกับเมล็ดฝ้ายและน้ำมันถั่วเหลืองตามกลุ่มทดลอง ระยะเวลาในการปรับตัวของโคทดลองประมาณ 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นทำการทดลอง จำนวน 84 วัน (12 สัปดาห์) โดยทำการบันทึกและเก็บข้อมูลต่างๆ ดังนี้

การศึกษาด้านประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

1 น้ำหนักตัว

ทำการชั่งและบันทึกน้ำหนักโคแต่ละกลุ่มทดลองเป็นรายตัว 3 ครั้ง ทุกๆ 3 สัปดาห์ โดยอดอาหารก่อนชั่งอย่างน้อย 16 ชั่วโมง

2 การกินได้

บันทึกข้อมูลปริมาณอาหารที่กิน รวมถึงเก็บตัวอย่างอาหารก่อนกินและหลังกิน เป็นรายตัว เก็บทุก 2 สัปดาห์ (2 วันติดต่อกัน) โดยสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารแต่ละชนิด (อาหารข้นกลุ่มควบคุม, อาหารข้นกลุ่มทดลอง และอาหารหยาบ) เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate analysis) (AOAC, 1990) และ Detergent analysis (Georing and Van Soest, 1970)

3 สมรรถภาพการผลิต

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

Energy/Gain = Energy Intake/Body weight

การศึกษาด้านคุณภาพซาก (Carcass quality)

เมื่อครบระยะเวลาทดลอง 84 วัน ทำการชั่งและบันทึกน้ำหนักมีชีวิต (live weight) ที่ผ่านการอดอาหารมาแล้วอย่างน้อย 16 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำโคทุกกลุ่มการทดลองสุ่มเข้าฆ่าตามวิธีการฆ่าแบบสากล โดยสุ่มฆ่ากลุ่มการทดลองละ 4 ตัว เพื่อทำการวัดและบันทึกคุณภาพซากต่างๆ ได้แก่ น้ำหนักซากหลังจากการชำแหละ Dressing percentage, Loin eye area, Back fat thickness, Color, Firmness, Drip loss และ Marbling score

1 เปอร์เซ็นต์ซาก (Dressing percentage)

ข้อมูลเปอร์เซ็นต์ซาก (ตัดส่วนหัวและนำอวัยวะภายในออกทั้งหมด) เป็นตัวบ่งชี้ผลผลิตแบบหยาบๆ เพราะน้ำหนักซากเป็นน้ำหนักรวมของเนื้อแดง ไขมัน เอ็น พังผืด กระดูก ไม่ได้บอกรายละเอียดถึงปริมาณเนื้อแดง ไขมัน กระดูกหรือเอ็น ข้อมูลจึงผันแปรมากขึ้นอยู่กับระดับของการระเหยน้ำออกจากตัวสัตว์ขณะชั่งก่อนฆ่า และปริมาณอาหารหรือสิ่งบรรจุอื่นๆ ในอวัยวะย่อยอาหาร การคำนวณเปอร์เซ็นต์ซาก สามารถคำนวณได้จากสูตร

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

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

น้ำหนักซากเย็น หมายถึง น้ำหนักซากที่ผ่านการแช่เย็นที่ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

น้ำหนักมีชีวิต หมายถึง น้ำหนักสัตว์ที่ชั่งก่อนฆ่าหลังจากกักไว้ โดยอดอาหารเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยมีน้ำสะอาดให้กินตลอดเวลา

2 การวัดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (Loin eye area)

วัดระหว่างซี่โครงที่ 12 และ 13 โดยใช้ Plastic grid

3 การวัดความหนาของไขมันหุ้มซาก (Fat thickness)

วัดระหว่างซี่โครงที่ 12 และ 13 ณ จุด ¾ ของความยาวกล้ามเนื้อสันจากกระดูกสันหลัง และตั้งฉากกับผิวชั้นนอกของไขมัน โดยใช้ Vernier caliper

4 การประเมินสีของเนื้อแดง (Color of lean)

เนื้อโคที่ดีควรมีสีแดงสด จะแสดงให้เห็นถึงโคที่มีอายุน้อย เพราะโคที่มีอายุมากสีจะคล้ำไม่น่ารับประทาน เพราะมีการสะสมเม็ดสีมาก สำหรับการประเมินสี ใช้ตัวอย่างจากเนื้อสันนอก

(longissimus muscle) และเนื้อสะโพก (semimembranosus) โดยตัวอย่างเนื้อตัดจากซี่โครงที่ 12 ใส่ใน vacuum package เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 0 – 4 องศาเซลเซียส โดยจะวัดค่าสีของเนื้อที่ 14 วัน หลังฆ่า เมื่อครบเวลานำตัวอย่างออกจาก vacuum package ทิ้งไว้ที่อุณภูมิห้องนาน 60 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าสีของเนื้อด้วยเครื่อง Minolta colorimeter (CR-300 MINOLTA, Japan) โดยจัดค่าสีของเนื้อตัวอย่าง 3 ตำแหน่ง บันทึกค่าเฉลี่ย L* , a*และ b* (Madron et al., 2002)

5 การวัดความคงตัว (Firmness)

การวัดความคงตัวหรือความแน่นของเนื้อสันและเนื้อสะโพกของเนื้อโค โดยใช้เครื่อง Texture analyzer

6 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำ (Drip loss)

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างชิ้นเนื้อสันนอก และเนื้อสะโพก บันทึกน้ำหนักเริ่มต้น (D1) และนำชิ้นเนื้อใส่ในถุงพลาสติกมัดปากถุง แล้วแขวนไว้ที่อุณหภูมิ 0 – 4 องศาเซลเซียส เมื่อครบ 24 ชั่วโมงนำชิ้นเนื้อมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง บันทึกน้ำหนักสุดท้าย (D2) เพื่อนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากสูตรคำนวณ

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำ (% drip loss) = [(D1 –D2) / D1] x 100

7 การวัดไขมันแทรก (Marbling score)

ไขมันแทรกภายในมัดกล้ามเนื้อ ทำให้เนื้อนุ่มขึ้น เนื่องจากไขมันแทรกระหว่างเซลล์ ทำให้แรงยึดระหว่างเซลล์ของกล้ามเนื้อน้อยลง และไขมันเหล่านี้จะทำหน้าที่เป็นตัวหล่อลื่นขณะเคี้ยวเนื้อ ทำให้เกิดความชุ่มฉ่ำภายในปากและรู้สึกว่าเนื้อนุ่มขึ้น เกิดรสชาติ และเพิ่มความน่ารับประทาน ถ้าเนื้อมีคุณภาพสูงส่วนมากจะมีปริมาณไขมันแทรกสูง จะวัดในเนื้อสันนอกและสะโพก โดยทำการประเมินจากปริมาณการสะสมของไขมันแทรกอยู่ในกล้ามเนื้อบนพื้นหน้าตัดกล้ามเนื้อสันนอกระหว่างกระดูกซี่โครงซี่ที่ 12 และ 13 โดยกำหนดคะแนนระดับไขมันแทรก ตามมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช. 6001-2547) (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2547) โดยใช้ trained committee อย่างน้อย 5 คนในการประเมิน ดังนี้

ระดับไขมันแทรกที่ 5	มาก
ระดับไขมันแทรกที่ 4	ปานกลาง
ระดับไขมันแทรกที่ 3	น้อย
ระดับไขมันแทรกที่ 2	น้อยมาก
ระดับไขมันแทรกที่ 1	ไม่มีเลย

8 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ

ตัวอย่างเนื้อโคส่วนเนื้อสันนอกและเนื้อสะโพก นำมาบดปั่นให้ละเอียด และนำไป freeze dried หลังจากนั้นนำไปบดผ่านตะแกรง 2 mm อีกครั้ง และทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ ประกอบด้วย ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า โดยวิธี proximate analysis (AOAC, 1990)

การศึกษาด้านองค์ประกอบและปริมาณของ fatty acids และการสะสมของ CLA ในเนื้อโค

1 อาหารสัตว์

สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารแต่ละชนิด (อาหารข้นกลุ่มควบคุม, อาหารข้นกลุ่มทดลอง และอาหารหยาบ) ตัวอย่างอาหารนำมาสกัดน้ำมัน ดัดแปลงจากวิธีของ Folch et al. (1957) และ Metcalfe et al. (1966) โดยนำตัวอย่างที่ได้จากการทดลอง ตัวอย่างละ 15 g สกัดด้วย chloroform – methanol (2:1 v/v) ปริมาณ 90 ml นำไปปั่น (homogenize) เป็นเวลา 2 นาที (Nissei AM-8 Homoginizer, Nihonseiki kaisha, LTD., Japan) แล้วเติม chloroform ปริมาณ 30 ml และปั่นอีกครั้งเป็นเวลา 2 นาที หลังจากนั้นกรองตัวอย่างใส่ separating funnel แล้วเติมน้ำกำจัดไอออน (deionize water) ปริมาณ 30 ml และ 0.58% NaCl ปริมาณ 5 ml เขย่าให้เข้ากันแล้วทิ้งไว้จนสารละลายแยกชั้นอย่างชัดเจน ปล่อยสารละลายส่วนล่างใส่ evaporating flask ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ทำการแยกตัวทำละลายออกจากไขมันโดยระเหยที่อุณหภูมิ 40 $^{\circ}$C ด้วย Rotary Evaporator (BUCHI Rotavapor R-200, BUCHI Labortecnnik AG, Switzerland) บันทึกน้ำหนักไขมันที่ได้ จากนั้นเก็บไว้ภายใต้ N_2 gas ที่อุณหภูมิ -20 $^{\circ}$C จนกว่าจะนำมาทำ methylation

การทำ methylation ดัดแปลงจากวิธีของ Ostrowska et al. (2000) ดังนี้ ชั่งตัวอย่างน้ำหนักแน่นอน ประมาณ 30 mg ใส่ในหลอดทดลองฝาเกลียวขนาด 15 ml จากนั้นเติม 1.5 ml ของ 0.5 N NaOH/MeOH ใส่ในหลอด แล้วไล่อากาศภายในหลอดด้วยแก๊สไนโตรเจน ปิดฝาหลอดทดลองให้สนิทและให้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส ใน water bath นาน 5 นาที ระหว่างนี้ควรเขย่าอย่างแรง 1-2 ครั้ง แล้วทำให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิปกติ การทำ saponification ที่สมบูรณ์สังเกตจากการได้สารละลายใส ไม่มีหยดน้ำมันเหลืออยู่ จากนั้นเติม 14% BF_3 /MeOH ปริมาตร 2 ml ใส่ในหลอดทดลอง แล้วไล่อากาศภายในหลอดด้วยแก๊สไนโตรเจน (ถ้าต้องการหาปริมาณ CLA ด้วยวิธีการใช้ internal standard ให้ไปเปต 1 ml ของ C_{17} ความเข้มข้นแน่นอน 2.00 mg/ml ใน hexane) และ ให้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส ใน water bath นาน 5 นาที ระหว่างนี้ควรเขย่าอย่างแรง 1-2 ครั้ง แล้วทำให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิปกติ เติมน้ำกลั่น 10 ml จากนั้นย้าย solution ที่ได้จากการทำ methylation ลงในหลอดเซนตริฟิวจ์ฝาเกลียวขนาด 50 ml ปั่นเหวี่ยงที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 5000 rpm นาน 15 นาที เพื่อทำให้ liquid-liquid phase แยกได้ดีขึ้นและทำการย้ายชั้น hexane (ชั้นบน) และ dry น้ำที่อาจติดออกมาด้วย Na_2SO_4 จากนั้นเก็บสารละลาย CLA methyl ester ในขวดสีชา ไล่อากาศ

ด้วยแก๊สไนโตรเจน หลังจากนั้นนำตัวอย่าง fatty acid methyl ที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณ fatty acids โดยเครื่อง Gas chromatography (Hewlett Packard GC system HP 6890)

2 เนื้อโค

การวิเคราะห์ปริมาณ free fatty acids และ CLA ในเนื้อโคส่วนเนื้อสันนอกและเนื้อสะโพก โดยเครื่อง Gas chromatography (Hewlett Packard GC system HP 6890) ซึ่งตัวอย่างเนื้อนำมาสกัดน้ำมัน ดัดแปลงจากวิธีของ Folch et al. (1957) และ Metcalfe et al. (1966) และการทำ methylation ดัดแปลงจากวิธีของ Ostrowska et al. (2000) หลังจากนั้นนำตัวอย่าง fatty acid methyl ที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณ free fatty acids ตามขั้นตอนและวิธีการเช่นเดียวกับที่ทำในอาหารสัตว์ ข้อ 1

3.4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบของอาหารทดลอง เมล็ดฝ้าย และฟางข้าวแสดงไว้ในตารางที่ 3.1 อาหารที่เสริมน้ำมันถั่วเหลืองมีองค์ประกอบของไขมันมากกว่าอาหารชนิดอื่นๆ ความเข้มข้นของกรดไขมัน C18:2 เพิ่มขึ้นเมื่อเสริมน้ำมันถั่วเหลืองและเมล็ดฝ้าย ในขณะที่กรดไขมัน C18:3 ตรวจไม่พบในอาหารทุกสูตร

น้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และการกินได้วัตถุแห้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม การกินได้โปรตีนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเสริมน้ำมันถั่วเหลืองและเมล็ดฝ้าย การกินได้โปรตีนของโคที่ได้รับเมล็ดฝ้ายต่ำกว่า ($P<0.05$) โคในกลุ่มควบคุมและโคที่ได้รับน้ำมันถั่วเหลืองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการทดลองในการศึกษาครั้งนี้เป็นเช่นเดียวกับการทดลองอื่นๆ ยกตัวอย่างเช่น การเสริมน้ำมันถั่วเหลืองที่ระดับ 3 และ 6% ในโคเนื้อสาว ไม่มีผลต่อการกินได้วัตถุแห้ง น้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (Whitney et al., 2000) มีรายงานผลการทดลองทำนองเดียวกันเมื่อเสริมน้ำมันถั่วเหลืองที่ระดับ 4% (Griswold et al., 2003), 5% (Beaulieu et al., 2002), น้ำมันทานตะวัน 3 หรือ 6% (Mir et al., 2003), 5.5% (Noci et al., 2005), 150 g/d (Noci et al., 2007), และน้ำมันดอกคำฝอย 5% (Hristov et al., 2005) ในทางตรงกันข้าม บางรายงานพบว่าการกินได้วัตถุแห้ง น้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และอัตราการเจริญเติบโตลดลง เมื่อเสริมน้ำมัน 8.5% ในอาหาร (Andrae et al., 2000) และน้ำมันถั่วเหลือง 4% (Engle et al., 2000) การลดลงของการกินได้วัตถุแห้งเมื่อเสริมน้ำมันถั่วเหลืองอาจเนื่องมาจากในน้ำมันถั่วเหลืองมีองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่สูง ซึ่งไปมีผลต่อกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก และยับยั้งการย่อยได้เยื่อใย ทำให้จำกัดการกินได้วัตถุแห้ง (Engle et al., 2000)

Huerta-Leidenz et al. (1991) เสริมเมล็ดฝ้ายที่ระดับ 15 และ 30% ไม่พบความแตกต่างของน้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน มีรายงานผลการทดลองทำนองเดียวกันเมื่อโคเพศผู้ตอนได้รับเมล็ดฝ้ายที่ระดับ 15% (Cranston et al., 2006) เมล็ดทานตะวัน (Gibb et

al., 2004) อย่างไรก็ตาม การเสริมเมล็ดทานตะวันที่ระดับ 9 และ 14% มีผลทำให้การกินได้วัตถุแห้ง (P=0.02) และอัตราการเจริญเติบโต (P=0.01) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Gibb et al., 2004) การเสริมเมล็ดฝ้ายที่ระดับ 8, 16 และ 24% มีผลทำให้การกินได้วัตถุแห้ง (P=0.041) และการกินได้โปรตีน (P=0.015) ลดลง (Luginbuhl et al., 2000) การลดลงของการกินได้วัตถุแห้งเมื่อทำการเสริมเมล็ดฝ้ายอาจเป็นเพราะเมล็ดฝ้ายถูกย่อยในกระเพาะหมักได้น้อย เนื่องจากเมล็ดฝ้ายมีเปลือกหุ้มเมล็ดที่มีองค์ประกอบของเยื่อใย เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง และเยื่องใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (27.4, 47.8 และ 38.5 ตามลำดับ) นอกจากนี้เมล็ดฝ้ายยังมีคุณสมบัติไหลผ่านกระเพาะหมักได้ช้า ทำให้ระยะเวลาที่อยู่ในกระเพาะหมักนาน ทำให้จำกัดการกินได้ Palmquist (1995) แนะนำว่าการย่อยได้ใยฝ้ายช้านั้นเนื่องมาจากใยฝ้ายมีองค์ประกอบของโครงสร้างเป็น crystalline structure ซึ่งมีการซึมได้ของน้ำต่ำมาก จึงจำกัดการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่มที่ย่อยเซลลูโลส ทำให้การย่อยได้ของเมล็ดฝ้ายถูกจำกัดด้วย

การศึกษาครั้งนี้ไม่พบความแตกต่างขององค์ประกอบโปรตีน ไขมัน และความชื้นใน LM และ SM เมื่อเสริมน้ำมันถั่วเหลือง หรือเมล็ดฝ้าย ลักษณะซาก ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ซาก พื้นที่หน้าตัด *Longissimus dorsi* area, shear force, color และ marbling score ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน

Beaulieu et al. (2002) รายงานว่าการเสริมน้ำมันถั่วเหลืองที่ระดับ 5% ไม่มีผลกระทบต่อน้ำหนักและคุณภาพซาก เช่น ความหนาไขมันสันหลัง LM area และ marbling score อย่างไรก็ตาม Engle et al. (2000) ชี้ให้เห็นว่าmarbling score ของซากร้อนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเสริมน้ำมันถั่วเหลืองที่ระดับ 4% Griswold et al. (2003) แสดงให้เห็นว่าเมื่อเสริมน้ำมันถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นเปอร์เซ็นต์ซากลดลง (P = 0.04) Rib eye area ลดลงเมื่อเสริมน้ำมันทานตะวัน 6% (Mir et al., 2003) การเสริมน้ำมันทานตะวันที่ระดับ 5.5 หรือ 11.0% ในอาหารข้นไม่มีผลต่อน้ำหนักซาก องค์ประกอบความชื้นและไขมัน ของ LM (Noci et al., 2005) มีรายงานผลการทดลองทำนองเดียวกันเมื่อเสริม 150 g/d SFO (Noci et al., 2007), high oil corn diet (Andrae et al., 2001), whole sunflower seed (Gibb et al., 2004) และ high fat diet (Garcia et al., 2003) ในทางตรงกันข้าม Cranston et al. (2006) รายงานการลดลงของ dressing percentage และ marbling score อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเสริมเมล็ดฝ้ายที่ระดับ 15% ในโคเพศผู้ตอน

CLA isomers ที่พบในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อส่วนใหญ่ได้แก่ *cis*-9, *trans*-11 CLA โดย *trans*-10, *cis*-12 CLA นั้นตรวจพบน้อย หรือไม่พบเลย การศึกษาครั้งนี้พบว่า CLA (*cis*-9, *trans*-11) ใน LM เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) ถึง 116% และ 214% เมื่อเสริมน้ำมันถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมเมล็ดฝ้าย ตามลำดับ การเสริมเมล็ดฝ้ายไม่เพิ่ม *cis*-9, *trans*-11 CLA ในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ในขณะที่การเสริมทั้งน้ำมันถั่วเหลืองและเมล็ดฝ้ายไม่มีผลต่อ *trans*-10, *cis*-12 CLA

งานวิจัยหลายงานประสบความสำเร็จในการเพิ่ม *cis*-9, *trans*-11 CLA ใน muscle lipids โดยการเสริมน้ำมันจากแหล่งต่างๆ (Engle et al., 2000; Mir et al., 2002, 2003; Noci et al., 2007) องค์ประกอบ CLA ในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น 45% เมื่อเสริม 4% SBO (Engle et al., 2000), 339% เมื่อเสริม 6% SFO (Mir et al., 2002), 30 หรือ 75% เมื่อเสริม 3 หรือ 6% SFO (Mir et al., 2003) และ 144 หรือ 73% เมื่อเสริม SFO หรือ linseed oil (LSO) ตามลำดับ (No ci et al., 2007) อย่างไรก็ตามบางรายงานไม่พบความแตกต่างขององค์ประกอบ CLA ในเนื้อเยื่อไขมันและเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ (Dhiman et al., 1999; Beaulieu et al., 2000; Dhiman et al., 2005)

การเพิ่มการสะสม *cis*-9, *trans*-11 CLA ในกล้ามเนื้อเมื่อเสริมน้ำมันถั่วเหลืองนั้นเนื่องมาจากน้ำมันถั่วเหลืองมีองค์ประกอบของ C18:2 fatty acid อยู่สูง ซึ่งมีส่วนในการสังเคราะห์ CLA กระบวนการ biohydrogenation ในกระเพาะหมักไม่สมบูรณ์ ทำให้ CLA isomer และ C18:1 trans-11 vaccenic acid ซึ่งเป็น intermediate หลบเลี่ยงจากกระเพาะหมัก และถูกเปลี่ยนให้เป็นCLA (C18:2 *cis*-9, *trans*-11) ในเนื้อเยื่อ โดยการทำหน้าที่ของ Δ^9 desaturase (Griinari *et al.*, 1998; Baumam *et al.*, 1999; Corl *et al.*, 2001) การเสริมเมล็ดฝ้ายในการทดลองครั้งนี้ไม่มีผลต่อองค์ประกอบ CLA ในกล้ามเนื้อ ถึงแม้เมล็ดฝ้ายจะมีองค์ประกอบของ C18:2 fatty acid อยู่สูง Palmquist et al. (1995) แนะนำว่าการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของกรดไขมันในเมล็ดฝ้ายและเมล็ดทานตะวันขึ้นอยู่กับกระบวนการเคี้ยวเอื้องและการบดเคี้ยว เพื่อที่จะให้จุลินทรีย์เข้าถึงเนื้อเมล็ด Page et al. (1997) ประเมินว่าเมล็ดฝ้ายจะลดกิจกรรมของ stearoyl-coenzyme A desaturase ใน subcutaneous adipose tissue และ liver เนื่องจากในเมล็ดฝ้ายมีองค์ประกอบ cyclopropene fatty acid ซึ่งถ้าให้โคได้รับเป็นระยะเวลานานพอสมควร Madron *et al.* (2002) แนะนำว่าความเป็นไปได้ของกระบวนการ biohydrogenation ในกรเพาะหมักอาจสมบูรณ์ เป็นผลให้ได้ผลผลิตจากการย่อยไขมันเป็น stearic acid เสียส่วนใหญ่ ทำให้ได้ C18:1 trans-11 vaccenic acid และ CLA น้อย

กรดไขมัน C12:0, C14:0 และ C14:1 ใน LM และ SM ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเสริมเมล็ดฝ้ายเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมน้ำมันถั่วเหลือง (Table 3.5) การเสริมน้ำมันถั่วเหลืองและเมล็ดฝ้ายทำให้กรดไขมัน C16:0 และ C16:1 ใน LM และ C16:1 ใน SM ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) งานวิจัยครั้งนี้ยืนยันผลการทดลองของ Engle et al. (2000) ซึ่งพบว่ากรดไขมัน C16:1 ในกล้ามเนื้อและในเนื้อเยื่อไขมันลดลง แต่กรดไขมัน C16:0 ไม่ลด เมื่อโคเพศผู้ตอนได้รับการเสริม 4% SBO มีรายงานผลการทดลองทำนองเดียวกันเมื่อเสริม 5% SBO (Beaulieu et al., 2002), 6% SFO (Mir et al., 2002) และ 3 หรือ 6% SFO (Mir et al., 2003) อย่างไรก็ตาม Noci et al. (2007) ชี้ให้เห็นว่ากรดไขมัน C12:0, C14:0 และ C16:0 ในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นเมื่อโคเนื้อได้รับการเสริม SFO และ LSO Dhiman et al. (2005) รายงานว่ากรดไขมัน C12:0 – C16:0 ในเนื้อเยื่อไขมันและในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อโคเพศผู้ตอนได้รับการเสริม 2 หรือ 4% SBO ในขณะที่กรดไขมัน C14:0 เพิ่มขึ้น และกรดไขมัน C16:1 ลดลง การลดลงของกรดไขมัน C16:0

และ C16:1 เนื่องจากการเสริม SBO หรือน้ำมันพืชอื่นๆ อาจเป็นสาเหตุมาจาก negative feedback inhibition of fatty acid synthesis โดย exogenous fatty acid

Stearic acid (C18:0) ใน LM and SM ของโคที่ได้รับเมล็ดฝ้ายสูงกว่าโคในกลุ่มควบคุม และโคที่ได้รับน้ำมันถั่วเหลือง (Table 3.5) อย่างไรก็ตาม ไขมันทั้งใน LM และ SM ไม่มีความแตกต่างของกรดไขมัน C18:1, C18:2 และ C18:3 ในขณะที่งานวิจัยอื่นๆ รายงานว่ากรดไขมัน C18:0 เพิ่มขึ้น 10 – 12% เมื่อเสริม 5% SBO (Beaulieu et al., 2002) และกรดไขมัน C18:0 เพิ่มขึ้น 10% เมื่อเสริม 4% SBO (Dhiman et al., 2005) Griswold et al. (2003) รายงานการเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงของกรดไขมัน C18:2 ในขณะที่กรดไขมัน C18:3 ไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อเสริม 0, 4 or 8% SBO Mir et al. (2003) พบการเพิ่มขึ้นของกรดไขมัน C18:2 เช่นเดียวกัน เมื่อเสริม 3 หรือ 6% SFO Noci et al. (2007) ชี้ให้เห็นว่ากรดไขมัน C18:1 และ C18:2 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่กรดไขมัน C18:0 ลดลง เมื่อเสริม SFO และ LSO

Short – และ medium – chain fatty acids (< 16 carbons) ใน LM และ SM lipids ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) เมื่อเสริม SBO หรือ WCS อย่างไรก็ตาม long – chain fatty acids (>16 carbons) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Saturated และ unsaturated fatty acids ไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากการเสริม SBO หรือ WCS.

Table 3.1 Chemical composition of diets

	Control	+SBO	+WCS	WCS	Rice straw
DM (%)	92.9	94.3	93.8	91.3	92.2
Ash (%)	6.9	6.4	5.6	3.6	11.7
CP (%)	15.2	14.8	16.7	19.5	3.9
EE (%)	4.1	8.6	5.7	15.4	0.8
CF (%)	16.7	16.5	17.0	27.4	40.9
NDF (%)	46.5	41.4	42.4	47.8	71.0
ADF (%)	28.2	26.5	26.3	38.5	44.9
ADL (%)	10.6	11.2	11.7	11.8	6.9
TDN_{IX} (%)	63.0	71.0	66.8	78.2	45.9
DE_{IX} (Mcal/kg of DM)	2.84	3.17	3.01	3.52	1.95
ME (Mcal/kg of DM)	2.33	2.60	2.46	2.89	1.60
NE_M (Mcal/kg of DM)	1.46	1.65	1.58	1.94	0.76
NE_G (Mcal/kg of DM)	0.87	1.08	0.98	1.29	0.22

TDN_{IX} (%) = tdNFC + tdCP + (tdFA x 2.25) + tdNDF – 7 (NRC, 2001)

DE_{IX} (Mcal/kg) = [(tdNFC/100)x4.2]+[(tdNDF/100) x 4.2]+[(tdCP/100) x 5.6]+[(FA/100) x 9.4] –0.3

ME = 0.82 x DE (NRC, 1996)

$NE_M = 1.37ME - 0.138ME^2 + 0.0105ME^3 - 1.12$ (NRC, 1996)

$NE_G = 1.42ME - 0.174ME^2 + 0.0122ME^3 - 1.65$ (NRC, 1996)

Table 3.2 Fatty acid compositions of experimental diets, soybean oil, whole cotton seed and rice straw (% of total lipid)

	Control	+SBO	+WCS	SBO	WCS	Rice straw
C 12:0	36.37	18.31	6.74	0.01	0.03	4.48
C 14:0	13.18	6.64	2.84	0.08	0.61	2.95
C 16:0	12.13	11.16	24.68	10.42	26.58	28.05
C 18:0	2.84	3.20	2.43	3.57	2.44	15.07
C 18:1	18.84	18.95	15.71	19.01	13.07	14.84
C 18:2	11.32	34.02	45.76	57.82	55.38	12.33
C 18:3	0.00	1.14	0.02	7.67	0.19	2.26
Others	5.32	6.57	1.84	1.43	1.71	20.00

Others = Sum of C 6:0, C 8:0, C 10:0, C 16:1, C 17:1, C 20:1, C 20:2, C 20:3n3, C 20:3n6, C 20:5n3, C 22:0, C 22:1n9, C 23:0, C 24:1

Table 3.3 Effect of SBO or WCS supplementation on feed intake and growth performance

	Control	+SBO	+WCS	SEM	P-value
DM intake (kg/d)					
Concentrate	3.04	3.04	3.02	0.01	0.396
Rice straw	3.65	3.74	3.54	0.29	0.882
Total	6.69	6.78	6.56	0.29	0.856
CP intake (g/d)					
Concentrate	460b	450c	505a	2.86	0.001
Rice straw	143	146	138	11.5	0.885
Total	603b	596b	643a	12.3	0.011
Fat intake (g/d)					
Concentrate	125c	261a	172b	7.7	0.001
Rice straw	30	31	29	0.5	0.455
Total	155c	292a	201b	9.4	0.001
Initial BW (kg)	242	239	241	9.44	0.971
Final BW (kg)	296	305	312	8.42	0.449
BW change (kg)	54	66	70	4.66	0.062
ADG (g/d)	500	610	650	48.7	0.096

Table 3.4 Effect of SBO or WCS supplementation on carcass composition and carcass characteristics

	Control	+SBO	+WCS	SEM	P-value
Carcass composition (% wet weight)					
Longissimus muscle					
Protein					
Lipid	22.07	22.22	21.89	0.24	0.650
Moisture	5.18	5.27	6.99	1.22	0.533
Semimembranosus muscle	72.43	72.11	72.35	0.28	0.723
Protein					
Lipid	22.20	22.53	23.08	0.22	0.073
Moisture	4.17	4.54	4.14	0.86	0.937
	72.26	72.60	72.28	0.38	0.787
Carcass characteristics					
Dressing percentage	44.66	45.55	45.05	0.44	0.395
Longissimus muscle area (cm^2)	83.45	79.83	84.52	5.29	0.811
Longissimus muscle					
Shear force (kg)	5.76	7.12	6.14	0.52	0.246
Color L*	45.52	44.40	48.39	5.43	0.869
a*	14.34	14.58	13.50	1.11	0.779
b*	6.18	7.53	6.63	0.59	0.554
Semimembranosus muscle					
Shear force (kg)	9.69	14.44	8.88	2.07	0.202
Color L*	44.87	43.12	47.09	6.08	0.900
a*	15.12	14.32	14.10	0.83	0.678
b*	7.66	9.54	8.14	0.57	0.126
Marbling score	1	1	1	-	-

Table 3.5 Effect of SBO or WCS supplementation on fatty acid composition of *Longissimus* muscle (% of total fatty acids)

	Control	+SBO	+WCS	SEM	P-value
C 12:0	1.09[a]	0.91[a]	0.35[b]	0.14	0.019
C 14:0	7.13[a]	5.64[a]	3.88[b]	0.56	0.018
C 14:1	0.94[a]	0.69[ab]	0.35[b]	0.12	0.002
C 15:0	0.66	0.53	0.55	0.06	0.343
C 15:1	0.26	0.14	0.19	0.07	0.478
C 16:0	29.37[a]	25.92[b]	27.63[ab]	0.62	0.022
C 16:1	3.64[a]	2.62[b]	2.60[b]	0.24	0.034
C 17:1	0.83	0.56	0.57	0.07	0.072
C 18:0	17.51[c]	21.06[b]	25.21[a]	1.13	0.008
C 18:1	29.51	31.38	29.52	1.23	0.504
C 18:2	4.15	5.29	4.78	0.79	0.621
C 18:3	0.33	0.33	0.15	0.05	0.060
□ C 20:0	4.27	4.26	4.02	0.68	0.958
cis-9, *trans*-11 CLA	0.32[b]	0.69[a]	0.22[b]	0.04	0.001
Summation by source[1/]					
< C 16:0	10.08[a]	7.90[b]	5.30[c]	0.73	0.010
C 16:0 and C 16:1	33.00[a]	28.54[c]	30.23[b]	0.66	0.008
> C 16:0	56.92[b]	63.57[a]	64.47[a]	1.19	0.007
Saturated fatty acids	57.05	55.03	58.57	1.81	0.435
Unsaturated fatty acids	42.95	44.97	41.43	1.81	0.435

[1/] fatty acids: < C 16:0 originated from de novo synthesis fatty acids; > C 16:0 were performed fatty acids

Table 3.6 Effect of SBO or WCS supplementation on fatty acid composition of *Semimembranosus* muscle (% of total fatty acids)

	Control	+SBO	+WCS	SEM	P-value
C 12:0	0.69[a]	0.62[a]	0.32[b]	0.05	0.005
C 14:0	5.28[a]	4.53[ab]	3.42[b]	0.39	0.040
C 14:1	0.68[a]	0.63[a]	0.20[b]	0.13	0.041
C 15:0	0.50	0.43	0.48	0.03	0.307
C 15:1	0.34	0.00	0.13	0.09	0.083
C 16:0	27.92	25.64	26.85	0.76	0.189
C 16:1	3.39	2.65	2.54	0.21	0.059
C 17:1	1.03	0.51	0.51	0.17	0.113
C 18:0	16.25[b]	18.30[b]	24.00[a]	0.91	0.002
C 18:1	30.85	32.94	29.81	1.09	0.196
C 18:2	6.07	7.13	6.32	1.15	0.801
C 18:3	0.36	0.32	0.16	0.11	0.408
□ C 20:0	6.45	5.61	5.15	1.17	0.739
Cis-9, *trans*-11 CLA	0.20[b]	0.68[a]	0.14[b]	0.03	0.001
Summation by source[1/]					
< C 16:0	7.49[a]	6.21[b]	4.54[c]	0.48	0.014
C 16:0 and C 16:1	31.30	28.30	29.39	0.85	0.114
> C 16:0	61.21	65.50	66.07	1.26	0.052
Saturated fatty acids	52.31	50.42	55.71	1.55	0.125
Unsaturated fatty acids	47.69	49.58	44.29	1.55	0.125

[1/] fatty acids: < C 16:0 originated from de novo synthesis fatty acids; > C 16:0 were performed fatty acids

3.5 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นชัดเจนว่าการเสริมน้ำมันถั่วเหลืองในอาหารโคเนื้อสามารถเพิ่ม conjugated linoleic acid (CLA) ในเนื้อโคได้ อย่างไรก็ตามทั้งน้ำมันถั่วเหลืองและเมล็ดฝ้ายไม่ส่งผลกระทบต่อการกินได้ น้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน การเพิ่ม CLA ในเนื้อโคสามารถเพิ่มได้โดยการเสริมน้ำมันถั่วเหลือง แต่เมล็ดฝ้ายไม่ทำให้ CLA ในเนื้อโคเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้เสริมน้ำมัน

บทที่ 4

การศึกษาผลของการเสริมเมล็ดฝ้าย และน้ำมันถั่วเหลืองในอาหารโคต่อนิเวศวิทยากระเพาะหมัก

4.1 บทนำ

CLA เป็นส่วนผสมของ geometric และ positional isomers ของกรดลิโนลิอิก ซึ่ง conjugated double bonds นอกจากนี้ CLA ยังเป็นสารตัวกลางในกระบวนการ biohydrogenation ของกรดลิโนลิอิกซึ่งเกิดจากการ biohydrogenation ที่ไม่สมบูรณ์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในกระเพาะหมัก (Baumam et al., 1999) ด้วยเหตุนี้จึงมีความสนใจที่จะตรวจสอบว่านิเวศวิทยาในกระเพาะหมักเปลี่ยนแปลงไปตามการเสริมน้ำมันถั่วเหลือง หรือเมล็ดฝ้ายหรือไม่

4.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการสังเคราะห์ conjugated linoleic cid โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของโค เมื่อเสริมด้วยน้ำมันถั่วเหลือง หรือเมล็ดฝ้ายในโคเจาะกระเพาะ

4.3 อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลองและการจัดการอาหาร

ใช้โคเจาะกระเพาะจำนวน 3 ตัว จัดแผนการทดลองแบบ latin square design ประกอบด้วย 3 กลุ่มการทดลอง คือกลุ่มควบคุม กลุ่มเสริมด้วยน้ำมันถั่วเหลือง 170 กรัม/ตัว/วัน และกลุ่มเสริมด้วยน้ำมันจากเมล็ดฝ้าย 170 กรัม/ตัว/วัน และ 3 ช่วงระยะเวลา ช่วงระยะเวลาละ 14 วัน โดย 12 วันแรกเป็นระยะปรับตัว ตามด้วย 2 วัน สำหรับการสุ่มเก็บตัวอย่าง คือในช่วงวันที่ 13 และ 14 ของแต่ละช่วงการทดลองทำการเก็บ rumen digesta จากโคเจาะกระเพาะแต่ละตัว ผ่านทาง rumen cannula ที่เวลา 0 (ก่อนให้อาหาร) 2, 4 และ 6 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร ทำการบีบกรอง rumen digesta ผ่านผ้ากรองไนล่อน นำส่วนของเหลวจากกระเพาะอาหารไปวิเคราะห์หา pH, ammonia nitrogen (NH_3-N), volatile fatty acids (VFAs), protozoa population และ rumen digesta fatty acids

การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์

สุ่มเก็บตัวอย่าง rumen digesta โดยปรับแปลงใช้วิธีการของ Abughazaleh et al. (2002) กล่าวคือสุ่มเก็บตัวอย่าง rumen digesta จากหลายๆ ตำแหน่งภายในกระเพาะหมัก ผ่านทางช่องเจาะกระเพาะ ประมาณ 450 กรัม ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันดี สุ่มเก็บตัวอย่าง rumen digesta อีกส่วนหนึ่งนำมาบีบกรองด้วยผ้ากรองไนล่อน ให้ได้ของเหลวประมาณ 100 มิลลิลิตร นำไปผสมกับ rumen digesta ส่วนแรก ของแต่ละตัวอย่าง บรรจุตัวอย่างที่ผสมแล้วในถุงพลาสติก แช่ในถังบรรจุน้ำแข็ง

แล้วรีบนำไปยังห้องปฏิบัติการ ผสมคลุกเคล้าตัวอย่างแต่ละตัวอย่างให้เข้ากันดี สุ่มเก็บตัวอย่างประมาณ 200 กรัม นำไปแช่แข็งไว้จนกว่าจะนำมาวิเคราะห์ หลังจากนั้นนำตัวอย่างแช่แข็งไปอบแห้งและบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เก็บไว้วิเคราะห์ fatty acids ด้วยเครื่อง gas chromatography

การวิเคราะห์กรดไขมัน

ทำการสกัดไขมันจากตัวอย่างอบแห้งของ rumen digesta โดยใช้วิธีการของ Folch et al. (1957) และ Metcalfe et al. (1966) กล่าวคือ นำตัวอย่างแต่ละตัวอย่างประมาณ 15 กรัม ไปผสมให้เข้ากันดีกับ chloroform-methanol (2:1) ปริมาตร 90 มิลลิลิตร ด้วยเครื่อง homogenizer (Nissel AM-8 Homoginizer, Nihonseikikaisha, LTD., Japan) เป็นเวลา 2 นาที หลังจากนั้นผสมต่อโดยเติม chloroform ปริมาตร 30 มิลลลิตร เป็นระยะเวลาอีก 2 นาที นำตัวอย่างไปแยกด้วย separating funnel เติม deionized water ปริมาตร 30 มิลลิลิตร และ 0.58% NaCl ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างของเหลวชั้นล่าง บรรจุในหลอดทดลอง ปิดด้วยจุกเกลียว นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 °C จนกว่าจะนำไปทำ methylation

ทำการเตรียม Fatty acid methyl esters (FAME) ตามวิธีการของ Ostrowska et al. (2000) กล่าวคือนำไขมันที่สกัดได้ประมาณ 30 มิลลิกรัม บรรจุใน reaction tube ที่มี Teflon-lined screw cap ขนาด 15 มิลลิลิตรเติม0.5 M sodium hydroxide in methanol ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ทำการบรรจุไนโตรเจนในหลอดทดลอง ปิดจุก และนำไปให้ความร้อนที่ 100°C เป็นระยะเวลา 5 นาที โดยทำการเขย่าเป็นครั้งคราว หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติม C17:0 internal standard (2.00 mg/mL in hexane) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และ boron trifluoride in methanol ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ทำการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100°C เป็นระยะเวลา 5 นาที โดยทำการเขย่าเป็นครั้งคราว หลังจากกระบวนการทำ methylation สมบูรณ์ เติม deionized water ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ถ่ายสารละลายใส่ 40-ml centrifuged tube แล้วเติม hexane ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เพื่อสกัด Fatty acid methyl esters (FAME) ทำการปั่นเหวี่ยงสารละลายที่ 2000g อุณหภูมิ 10°C เป็นระยะเวลา 20 นาที หลังจากนั้นทำการระเหย hexane ออก โดยใช้ sodium sulfate นำสารละลายใส่ในขวด vial เพื่อทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง gas chromatography (GC) (Hewlett Packard GC system HP6890 A; Hewlett Packard, Avondale, PA)

นำตัวอย่างที่ผ่านการทำ Methylation แล้วจัดเข้าเครื่อง GC โดยที่สภาวะของเครื่อง GC ตั้งไว้ดังนี้

Column: GC column ของ Supelco 2560 ชนิด fused silica capillary column สำหรับวิเคราะห์ isomer ของกรดไขมัน มี dimension 100 m x 0.25 mm x 0.2 μm film thickness

Carrier gas: Helium 18 cm/sec 1.0 ml/min. constant flow

Injection: Split 30:1, volume 1 μl, Inlet 240°C

Temperature program: เริ่มที่ 70°C นาน 4 นาที และเพิ่มขึ้น 13°C/นาที จนถึงอุณหภูมิ 175°C และคงไว้ นาน 27 นาที จากนั้นเพิ่ม 4°C/นาที จนถึงอุณหภูมิ 215°C และคงไว้ นาน 31 นาที

ทำการวัดระดับความเป็นกรด - ด่าง ของของเหลวจากกระเพาะหมักด้วยเครื่อง pH meter ทันทีที่ทำการเก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะหมัก ทำการเก็บตัวอย่างของของเหลวจากกระเพาะหมักอีกส่วนหนึ่งปริมาตร 20 มิลลิลิตร เติม 6N HCl ปริมาตร 5 มิลลิลิตร แช่แข็งไว้ที่อุณหภูมิ -20°C จนกว่าจะวิเคราะห์ volatile fatty acids (VFAs) และammonia N เมื่อต้องการวิเคราะห์ นำตัวอย่างมาทิ้งไว้ให้ละลาย ที่อุณหภูมิตู้เย็น (ประมาณ 4 °C) นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที นำของเหลวใส (supernatant) ไปวิเคราะห์ ammonia N ด้วยวิธี Kjeldahl และความเข้มข้น VFA (acetate, propionate and butyrate) ด้วยเครื่อง gas chromatography (Hewlett Packard GC system HP6890 A; Hewlett Packard, Avondale, PA) ที่ติดตั้งด้วย 30 m x 0.25 mm x 0.25 μm film (DB-FFAP) นำของเหลวปริมาตร 1 มิลลิลิตร เจือจางด้วย 10% formal saline solution ปริมาตร 9 มิลลิลิตร แล้วไปทำการตรวจนับประชากรโปรโตซัวด้วยเครื่อง Hematocytometer.

การวิเคราะห์ทางสถิติ (Statistical Analysis)

ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดนำไปวิเคราะห์ทางสถิติตามแผนการทดลองแบบ 3 x 3 Latin square design โดยใช้ Proc. GLM ของ SAS (SAS, 1998)

4.4 ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง

Ruminal fermentation parameters

ตารางที่ 4.1 แสดง Ruminal pH, ammonia N, total protozoa และ VFAs ในของเหลวจากกระเพาะหมักที่ระยะเวลา 2, 4 และ 6 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร ไม่พบความแตกต่างของ pH, rumen ammonia, acetate, propionate, butyrate และ total VFAs เมื่อทำการเสริมน้ำมันถั่วเหลือง หรือ เมล็ดฝ้าย ระดับความเป็นกรด – ด่างในกระเพาะหมักอยู่ระหว่าง 6.57 ถึง 7.05 ประชากรโปรโตซัวก็ไม่ได้รับผลกระทบจากทรีทเมนต์ แสดงว่า ruminal parameters ต่างๆ ไม่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเสริมน้ำมันถั่วเหลือง หรือน้ำมันจากเมล็ดฝ้าย ความเข้มข้นของ VFAs ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อทำการเสริมเมล็ดฝ้ายอาจเนื่องมากจาก 1) อาหารที่เสริมเมล็ดฝ้ายมีองค์ประกอบไขมันต่ำ 2) ไขมันในเมล็ดฝ้ายถูกปลดปล่อยช้า และ 3) เมล็ดฝ้ายอาจไม่ถูกย่อยในกระเพาะหมัก แต่ไหลผ่านไปยังกระเพาะส่วนล่างทั้งๆ ที่เมล็ดยังไม่แตก (Dayani et al., 2007)

Kryal et al. (1991) รายงานว่าความเข้มข้นของ ruminal NH_3-N, total VFAs และ acetate production ไม่ถูกกระทบ ในขณะที่ ruminal pH ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) และ propionate production เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเสริมน้ำมันถั่วเหลือง 300 มิลลิลิตร อย่างไรก็ตาม Brokaw et al. (2006) พบว่าเมื่อเสริมน้ำมันถั่วเหลือง 12.5% ไม่ทำให้ ruminal pH, NH_3-N และ total VFA concentrations เปลี่ยนแปลง ในทางตรงกันข้าม Leupp et al. (2005) รายงานว่า ruminal pH ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเสริม whole หรือ ground canola ในขณะที่ ruminal NH_3-N และ total VFA concentration ไม่เปลี่ยนแปลง Dayani et al. (2006) แสดงให้เห็นว่า NH_3- N ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) เมื่อเสริมเมล็ดฝ้าย 20% ในขณะที่ ruminal pH และ total VFA concentration ไม่แตกต่างกัน

ภายในกระเพาะหมัก butyrate จะถูกผลิตจาก acetate ซึ่งจะพบว่า molar productions ของ butyrate ในโคสาวที่ได้รับน้ำมันจะเพิ่มขึ้น ในขณะที่ molar proportion ของ acetate จะลดลง นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของ butyrate proportions จะเกิดขึ้นร่วมกับการเพิ่มขึ้นของประชากรโปรโตซัว (Brokaw et al., 2006) อาหารข้นจะประกอบไปด้วยแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่หมักย่อยได้รวดเร็ว ได้กรดไขมันระเหยได้ง่าย ทำให้ระดับความเป็นกรด – ด่างลดลง ถ้าระดับความเป็นกรด – ด่างไม่เหมาะสม การกินได้วัตถุแห้งจะลดลง การเกิด acidosis จะส่งผลต่อปัญหาสุขภาพของโค และลดผลผลิตโปรตีนและพลังงานจากจุลินทรีย์ ระดับความเป็นกรด – ด่างเป็นปัจจัยสำคัญประการแรกต่อการเจริญและการดำรงอยู่ของประชากรโปรโตซัว ประชากรเหล่านี้จะเริ่มลดลง เมื่อระดับการให้อาหารข้นเกินกว่า 60% การศึกษาครั้งนี้อาหารประกอบด้วยอาหารข้นน้อยกว่า 60% และโคมีระบบการควบคุมความเป็นกรด – ด่างที่ซับซ้อน ซึ่งทำให้ระดับความเป็นกรด – ด่างอยู่ระหว่าง 5.5 ถึง 7.0 ซึ่งไม่มีผลกระทบต่อการเจริญของโปรโตซัว การศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า การเสริม 170 g/d SBO และ 170 g/d oil จาก WCS ไม่ส่งผลกระทบต่อการหมักย่อยในกระเพาะหมัก

องค์ประกอบของกรดไขมันในอาหารจากกระเพาะหมัก (Fatty acid composition in rumen digesta)

กระเพาะหมักเป็นแหล่งเมแทบอลิซึมของไขมันโดยจุลินทรีย์ กระบวนการ lipolysis ของ glycolipids, phospholipids และ triglycerides จากอาหาร ได้กรดไขมันอิสระ ซึ่งจะถูก hydrogenated โดยจุลินทรีย์ ได้ผลผลิตสุดท้ายเป็นกรดไขมัน conjugated linoleic acid และ *trans* vaccenic acid เป็นสารตัวกลางซึ่งถูกformed ระหว่างกระบวนการ biohydrogenation ของ linoleic acid ที่ได้จากอาหาร Abughazaleh et al. (2002a) รายงานว่าปริมาณของการ biohydrogenation ของ unsaturated fatty acids เป็นผลจาก : 1) การสะสมของ trans fatty acids ในกระเพาะหมัก ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ C18:1 *trans* vaccenic acid 2) การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์ของ saturated และ unsaturated fatty acid ของอาหารจากกระเพาะหมักเอเปรียบเทียบกับกรดไขมันที่ได้จากอาหาร และ 3) ความเข้มข้นที่มากกว่าของ C18:0 ในกระเพาะหมักเปรียบเทียบกับกรดไขมันที่ได้จากอาหาร

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาผลของการเสริมน้ำมันถั่วเหลือง หรือเมล็ดฝ้ายต่อองค์ประกอบกรดไขมันในอาหารจากกระเพาะหมัก องค์ประกอบของกรดไขมันในอาหารจากกระเพาะหมักแสดงไว้ในตารางที่ 4.3, 4.4, 4.5 และ 4.6 การเสริมน้ำมันถั่วเหลือง 170 กรัมต่อตัวต่อวันสามารถตรวจพบ C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA ในขณะที่กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมเมล็ดฝ้ายตรวจไม่พบ C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA การเสริมน้ำมันถั่วเหลืองทำให้องค์ประกอบของ C18:1 oleic acid ในอาหารจากกระเพาะหมักสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมเมล็ดฝ้าย อย่างไรก็ตามการเสริมน้ำมันจากเมล็ดฝ้าย 170 กรัมต่อตัวต่อวันทำให้มีองค์ประกอบของ C18:0 stearic acid ต่ำกว่า และ C18:2 linoleic acid สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมน้ำมันถั่วเหลือง งานวิจัยที่ผ่านมาการศึกษาถึงองค์ประกอบของกรดไขมันในอาหารจากกระเพาะหมักค่อนข้างจำกัด

4.5 สรุปผลการทดลอง

การเสริมน้ำมันถั่วเหลือง หรือเมล็ดฝ้ายไม่ทำให้นิเวศวิทยาในกระเพาะหมักเปลี่ยนแปลงไป ไม่ว่าจะเป็นระดับความเป็นกรด – ด่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน กรดไขมันระเหยได้ง่าย รวมทั้งกรดไขมันชนิดอื่นๆ

Table 4.1 Effect of soybean oil and whole cottonseed on pH, NH_3-N and protozoa.

Item	Treatment			SEM	P-value
	Control	+SBO	+WCS		
pH					
0 h	7.02	7.05	6.87	0.07	0.3171
2 h	6.71	6.90	6.81	0.08	0.4034
4 h	6.57	6.81	6.80	0.06	0.1796
6 h	6.57	6.86	6.78	0.08	0.2179
NH_3-N (mg/dl)					
0 h	5.33	4.88	6.07	0.56	0.4656
2 h	6.49	5.03	5.34	0.40	0.2155
4 h	3.93	4.74	3.71	1.05	0.7878
6 h	3.31	3.03	3.30	0.25	0.7143
Protozoa (x 10^5 cells/ml)					
0 h	1.21	2.67	4.33	14.52	0.4630
2 h	2.17	2.96	3.13	3.70	0.3435
4 h	3.33	4.38	1.50	5.24	0.1148
6 h	2.54	3.54	2.38	5.42	0.4247

Table 4.2 Effect of soybean oil and whole cottonseed on volatile fatty acids

Item	Treatment			SEM	P-value
	Control	+SBO	+WCS		
Acetate, C_2 (mM)					
0 h	49.86	48.90	58.19	2.65	0.2121
2 h	61.33	58.75	57.95	2.34	0.6361
4 h	59.59	55.03	51.63	2.67	0.3090
6 h	58.31	54.48	52.89	4.74	0.7430
Propionate, C_3 (mM)					
0 h	9.18	10.72	15.21	1.14	0.1162
2 h	12.96	14.66	15.53	1.57	0.5905
4 h	12.44	13.02	13.40	1.47	0.9027
6 h	12.43	12.71	13.42	0.55	0.5375
Butyrate, C_4 (mM)					
0 h	5.13	7.10	8.14	0.76	0.1968
2 h	6.50	9.48	8.27	1.69	0.5585
4 h	8.05	9.03	7.39	1.62	0.7946
6 h	7.56	9.47	7.79	0.96	0.4563
Acetate : Propionate					
0 h	5.51	4.59	3.82	0.32	0.1237
2 h	4.80	4.01	3.74	0.32	0.2494
4 h	4.97	4.24	3.87	0.33	0.2545
6 h	4.64	4.29	3.95	0.30	0.4366

[1]T1 = control; T2 = soybean oil 170 g/day; T3 = 170 g/d oil from whole cottonseed

Table 4.3 Effect of soybean oil and whole cottonseed on fatty acid composition in rumen digesta at 0 h.

Item	Fatty acid (% of total fatty acid)			SEM	P-value
	Control	+SBO	+WCS		
C 12:0	6.84	1.84	ND	2.70	0.3678
C 14:0	11.17	4.52	1.18	1.18	0.0507
C 16:0	34.08	24.16	34.05	2.15	0.1243
C 18:0	48.51	28.06	44.28	5.70	0.2181
C 18:1	3.63	16.78	10.39	3.30	0.2013
C 18:2	ND[b]	0.90[b]	25.41[a]	1.00	0.0048
c-9,t-11CLA	ND	3.28	0.92	1.69	0.5000

[1]T1 = control; T2 = soybean oil 170 g/day; T3 = 170 g/d oil from whole cottonseed

Table 4.4 Effect of soybean oil and whole cottonseed on fatty acid composition in rumen digesta at 2 h.

Item	Fatty acid (% of total fatty acid)			SEM	P-value
	Control	+SBO	+WCS		
C 12:0	18.64	7.38	2.09	4.79	0.2430
C 14:0	11.52	5.28	2.59	1.15	0.0593
C 16:0	23.74	19.92	30.61	3.12	0.2495
C 18:0	33.28	33.91	25.62	5.20	0.5595
C 18:1	9.06[b]	23.83[a]	12.94[b]	1.35	0.0303
C 18:2	1.18	8.07	26.67	4.92	0.1270
C 20:0	0.68	0.23	ND	0.28	0.3886
c-9,t-11CLA	ND	0.48	ND	0.28	0.5000
t-10,c-12 CLA	ND	0.22	ND	0.13	0.5000
Other	1.89	0.66	ND	0.98	0.5112

[1]T1 = control; T2 = soybean oil 170 g/day; T3 = 170 g/d oil from whole cottonseed

Table 4.5 Effect of soybean oil and whole cottonseed on fatty acid composition in rumen digesta at 4 h.

Item	Fatty acid (% of total fatty acid)			SEM	P-value
	Control	+SBO	+WCS		
C 12:0	21.32	7.61	2.93	3.94	0.1452
C 14:0	19.95	6.06	2.96	1.08	0.0532
C 16:0	21.07	18.52	27.89	1.96	0.1436
C 18:0	33.02[a]	36.92[a]	26.65[b]	0.79	0.0226
C 18:1	8.12[b]	27.44[a]	11.11[b]	1.31	0.0156
C 18:2	0.63[b]	2.48[b]	27.78[a]	3.03	0.0383
C 20:0	1.36	0.24	0.25	0.21	0.0938
c-9,t-11CLA	ND	0.36	ND	0.24	0.5000
Other	2.52	0.37	0.42	0.41	0.1025

[1]T1 = control; T2 = soybean oil 170 g/day; T3 = 170 g/d oil from whole cottonseed

Table 4.6 Effect of soybean oil and whole cottonseed on fatty acid composition in rumen digesta at 6 h.

Item	Fatty acid (% of total fatty acid)			SEM	P-value
	Control	+SBO	+WCS		
C 12:0	18.96[a]	8.55[ab]	0.41[b]	1.82	0.0369
C 14:0	11.66[a]	6.91[b]	1.57[c]	0.32	0.0040
C 16:0	22.78	21.25	30.40	1.76	0.1145
C 18:0	36.28	38.63	21.84	5.39	0.2599
C 18:1	7.02	23.65	11.39	2.85	0.0823
C 18:2	1.17[b]	0.62[b]	34.39[a]	1.86	0.0092
C 20:0	0.77	ND	ND	0.22	02001
c-9,t-11CLA	ND	0.39	ND	0.22	0.5000
Other	1.35	ND	ND	0.40	0.5000

[1]T1 = control; T2 = soybean oil 170 g/day; T3 = 170 g/d oil from whole cottonseed

เอกสารอ้างอิง (References)

AbuGhazaleh, A.A., Schingoethe, D.J., Hippen, A.R., Kalscheur, K.F., and Whitlock, L.A. (2002). Fatty acid profiles of milk and rumen digesta from cows fed fish oil, extruded soybeans or their blend. J. Dairy Sci. 85:2266-2276.

Andrae, J.G., Duckett, S.K., Hunt, C.W., Pritchard, G.T., and Owens, F.N. (2001). Effects of feeding high-oil corn to beef steers on carcass characteristics and meat quality. J. Anim. Sci. 79:582-588.

Association of Official Analytical Chemists. (1995). Official Methods of Analysis. 16th ed. AOAC, Arlington, VA, USA. 1,110p.

Bauman, D.E., Baumgard, L.H., Corl, B.A., Griinari, J.M., 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. Proc. Am. Soc. Anim. Sci. E30: 1-15. Available: http://www.asas.org/symposia/1998-1999.htm.

Beaulieu, A.D., Drackley, J.K., and Merchen, N.R. (2002). Concentrations of conjugated linoleic acid (*cis*-9, *trans*-11-octadecadienoic acid) are not increased in tissue lipids of cattle fed a high-concentrate diet supplemented with soybean oil. J. Anim. Sci. 80:847-861.

Belury, M.A. (2002). Inhibition of carcinogenesis by conjugated linoleic acid: potential mechanisms of action. J. Nutr. 132:2995-2998.

Blankson, H., Stakkestad, J.A., Fagertun, H., Thom, E., Wadstein, J., and Gudmundsen, O. (2000). Conjugated linoleic acid reduces body fat mass in overweight and obese humans. J. Nutr. 130:2943-2948.

Bolte, M.R., Hess, B.W., Means, W.J., Moss, G.E., and Rule, D.C. (2002). Feeding lambs high-oleate or high-linoleate safflower seeds differentially influences carcass fatty acid composition1. J. Anim. Sci. 80:609-616.

Brokaw, L., Hess, B.W., and Rule, D.C. (2001). Supplemental soybean oil or corn for beef heifers grazing summer pasture: Effects on forage intake, ruminal fermentation, and site and site and extent of digestion. J. Anim. Sci. 79:2704-2712.

Cook, M.E., Miller, C.C., Park,Y., and Pariza, M. (1993). Immune modulation by altered nutrient metabolism–nutritional control of immune-induced growth depression. Poultry Sci. 72:1301-1305.

Corl, B.A., Barbano, D.M., Bauman, D.E., and Ip, C. (2003). *cis*-9, *trans*-11 CLA derived endogenously from *trans*-11 18:1 reduces cancer risk in rats. J. Nutr. 133:2893-2900.

Corl, B.A., Baumgard, L.H., Dwyer, D.A., Giinari, J.M., Phillips, B.S., and Bauman, D.E., 2001. The role of $\triangle^9$-desaturase in the production of *cis*-9, *trans*-11 CLA. J. Nutr. Biochem. 12:622-630.

Craston, J.J., Rivera, J.D., Galyean, M.L., Brashears, M.M., Brooks, J.C., Markham, C.E., McBeth, L.J., and Krehbiel, C.R. (2006). Effects of feeding whole cottonseed and cottonseed products on performance and carcass characteristics of finishing beef cattle. J. Anim. Sci. 84:2186-2199.

Dayani, O., G.R., Ghorbani, M., Alikhani, H.R. Rahmani, and P.S. Mir. (2007). Effects of dietary whole cottonseed and crude protein level on rumen protozoal population and fermentation parameters. Small Rumin. Res. 69:36-45.

Dhiman, T.R., Zaman, S., Olson, K.C., Bingham, H.R., Ure A.L., and Pariza, M.W. (2005). Influence of feeding soybean oil on conjugated linoleic acid content in beef. J. Agric. Food Chem. 53:684-689.

Engle, T.E., Spears, J.W., Fellner, V., and Odle, J. (2000). Effects of soybean oil and dietary copper on ruminal and tissue lipid metabolism in finishing steers. J. Anim. Sci. 78:2713-2721.

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

Garcia, M.R., Amstalden, M., Morrison, C.D., Keisler, D.H., and Williams, G.L. (2003). Age at puberty, total fat and conjugated linoleic acid content of carcass and circulating metabolic hormones in beef heifers fed a diet high in linoleic acid beginning at four months of age. J. Anim. Sci. 81:261-268.

Gaullier, J., Halse, J., Hoye, K., Kristiansen, K., Fagertun, H., Vik, H., and Gudmundsen, O. (2005). Supplementation with conjugated linoleic acid for 24 months is well tolerated by and reduces body fat mass in healthy, overweight humans. J. Nutr. 135:778-784.

Gibb, D.J., Owens, F.N., Mir, P.S., Mir, Z., Ivan, M., and McAllisster, T.A. (2004). Value of sunflower seed in finishing diets of feedlot cattle. J. Anim. Sci. 82:2679–2692.

Griinari, J.M., Dwyer, D.A., McGuire, M.A., Bauman, D.E., Palmouist, D.L., and Nurmela, K.V.V., 1998. *Trans*-octadecenoic acids and milk fat depression in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 81:1251-1261.

Griswold, K.E., Apgar, G.A., Robinson, R.A., Jacobson, B.N., Johnson, D., and Woody, H.D. (2003). Effectiveness of short-term feeding strategies for altering conjugated linoleic acid content of beef. J. Anim. Sci. 81:1862-1871.

Houseknecht, K.L., Vanden Heuvel, J.P., Moya-Camarena, S.Y., Portocarrero, C.P., Peck, L.W., Nickel, K.P., and Belury, M.A. (1998). Dietary conjugated linoleic acid normalizes impaired glucose tolerance in the Zucker diabetic fatty *fa/fa* rat. Biochem Biophys Res. Commun. 244:678-682.

Huerta-Leidenz, N.O., Cross, H.R., Lunt, D.K., Pelton, L.S., Savell, J.W., and Smith, S.B. (1991). Growth, carcass traits and fatty acid profiles of adipose tissues from steers fed whole cottonseed. J. Anim. Sci. 69:3665-3672.

Ip, C., Banni, S., Angioni, E., Carta, G.J., McGinley, H.J., Thompson, Barbano, D., and Bauman, D. (1999). Conjugated linoleic acid-enriched butter fat alters mammary gland morphogenesis and reduces cancer risk in rats. J. Nutr. 129:2135-2143.

Krysl, L.J., Judkins, M.B., and Bohman, V.R. (1991). Influence of ruminal or duodenal oybean oil infusion on intake, ruminal fermentation, site and extent of digestion, and microbial protein synthesis in beef heifers consuming grass hay. J. Anim. Sci. 69:2585-2590.

Leupp, J.L., G.P., Lardy, S.A., Soto-Navarro, M.L., Bauer, and J.S. Caton. (2006). Effects of canola seed supplementation on intake, digestion, duodenal protein supply and microbial efficiency in steers fed forage-based diets. J. Anim. Sci. 84:499-507.

Luginbuhl, J.M., Poore, M.H., and Conrad, A.P. (2000). Effect of level of whole cottonseed on intake, digestibility and performance of growing male goats fed hay-based diets. J. Anim. Sci. 78:1677-1683.

Madron, M.S., Peterson, D.G., Dwyer, D.A., Corl, B.A., Baumgard, L.H., Beermann, 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., A.A. Schmitz, and Pelka, J.R. (1966). Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. Analytical Chemistry. 38:514-515.

Mir, P.S., Mir, Z., Kuber, P.S. Gaskins, C.T., Martin, E.L., Dodson, M.V., Elias Calles, J.A., Johnson, K.A. Busboom, J.R., Wood, A.J., Pittenger, G.J., and Reeves, J.J. (2002). Growth, carcass characteristics, muscle conjugated linoleic acid (CLA) content, and response to intravenous glucose challenge in high percentage Wagyu, Wagyu x Limousin, and Limousin steers fed sunflower oil-containing diets. J. Anim. Sci. 80:2996-3004.

Mir, P.S., McAllister, T.A., Zaman, S., S.D.M., Jones, He, M.L., Aalhus, J.L., Jeremiah, L.E., Goonewardene, L.A., Weselake, R.J., and Mir, Z. (2003). Effect of dietary sunflower oil and

vitamin E on beef cattle performance, carcass characteristics and meat quality. Can. J. Anim. Sci. 83:53-66.

Moore, J.A., Swingle, R.S., and Hale, W.H. (1986). Effects of whole cottonseed, cottonseed oil or animal fat on digestibility of wheat straw diets by steers. J. Anim. Sci. 63:1267-1273.

Noci, F., French, 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.

Noci, F., O'Kiely, P., Monahan, F.J., Stanton, C., and Moloney, A.P. (2005). Conjugated linoleic acid concentration in *M. Longissimus dorsi* from heifers offered sunflower oil-based concentrates and conserved forages. Meat Sci. 69:509-518.

Nicolosi, R.J., Rogers, E.J.. Kritchevsky, D., Scimeca, J.A., and Huth, P.J. (1997). Dietary conjugated linoleic acid reduces plasma lipoproteins and early aortic atherosclerosis in hypercholesterolemic hamsters. Artery. 22:266-277.

NRC, 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th ed. (revised): update 2000. National Academic Science, Washington,DC, USA. 223 p.

NRC, 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th ed. (revised). National Academic Science, Washington,DC, USA. 408 p.

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

Page, A.M., Sturdivant, C.A., D.K., Lunt, and Smith, S.B. (1997). Dietary whole cottonseed depresses lipogenesis but has no effect on stearoyl coenzyme desaturase activity in bovine subcutaneous adipose tissue. Comp. Biochem. Physiol. 118(1):79-84.

Palmquist, D.L. (1995). Digestibily of cotton lint fiber and whole oilseeds by ruminal microorganism. Anim. Feed. Sci. 56:231-242.

Park, Y., Albright, K.J., Storkson, J.M., Cook, M.E., and Pariza, M.W. (1997). Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. Lipids. 32:853-858.

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

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

Whitney, M.B., Hess, B.W., Burgwald-Balstad, L.A., Sayer, J.L., Tsopito, C.M., Talbott, C.T., and Hallford, D.M. (2000). Effects of supplemental soybean oil level on in vitro digestion and performance of prepubertal beef heifers. J. Anim. Sci. 78:504-514.

ประวัติผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. **ชื่อ – สกุล:** นาย วิศิษฐิพร สุขสมบัติ
2. **รหัสประจำตัวประชาชน:** 3-1911-00164-31-0
3. **ตำแหน่งปัจจุบัน:** รองศาสตราจารย์ / ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายวางแผน
4. **หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมเลขหมายโทรศัพท์ และ E- mail**

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ 0-4422-4378
E- mail: wisitpor@ccs.sut.ac.th

5. **ประวัติการศึกษา**

ระดับการศึกษา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
ป.ตรี	วท.บ. วิทยาศาสตรบัณฑิต	เกษตรศาสตร์	สัตวบาล	ม.เกษตรศาสตร์	ไทย
ป. โท	M.Agr.Sc. Master of Agricultural Science	Animal Science	Dairy Production	Massey Univ.	NZ
ป. เอก	Ph.D. Doctor of Philosophy	Animal Science	Dairy Production And Nutrition	Massey Univ.	NZ

6. **สาขาวิชาที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ**

1. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง
2. โภชนศาสตร์โคนม
3. การจัดการโคนม
4. การจัดการโรงงานอาหารสัตว์ (โคนม)
5. การผลิตพืชอาหารสัตว์
6. A309 Range Management
7. A522 Cattle Feed Industry facilities
8. C307D Range Livestock
9. C307E Intensive Livestock
10. C307F Dairy Products Livestock

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

สถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย เป็นต้น

a. สถานภาพผู้ร่วมโครงการ :

1. โครงการ "การผลิตอาหารหยาบ อาหารข้น และอาหารผสมสำหรับโคนม" (ผู้ร่วมโครงการ) ระยะเวลา พฤษภาคม 2538 – เมษายน 2541 งบประมาณ 15 ล้านบาท แหล่งทุน สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
2. โครงการ "การผลิตอาหารรวมที่มีคุณภาพและแนวทางการประเมินความต้องการโภชนะโคนมไทย" (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา พฤศจิกายน 2542 – ตุลาคม 2544 งบประมาณ 2.0 ล้านบาท แหล่งทุน สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
3. โครงการ "ผลการเสริมสารโมเนนซินต่อผลผลิตของโคนม" (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา ตุลาคม 2541 – กันยายน 2543 งบประมาณ 425,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
4. โครงการ "การศึกษากรรมวิธีการผลิตอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นอาหารสำหรับโคนม" (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา ตุลาคม 2542 – กันยายน 2544 งบประมาณ 350,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
5. โครงการ "การนำใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารสำหรับโคนม" (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา ตุลาคม 2543 – กันยายน 2546 งบประมาณ 749,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
6. โครงการ "การศึกษาผลผลิตของถั่วไมยราและการใช้ถั่วไมยราเป็นอาหารไก่ไข่ (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา ตุลาคม 2544 – กันยายน 2546 งบประมาณ 436,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
7. โครงการ "การเพิ่ม conjugated linoleic acid ในน้ำนมโคโดยการเสริมน้ำมันพืชในอาหารโคนม" (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา ตุลาคม 2545 – กันยายน 2547 งบประมาณ 500,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
8. โครงการ "ผลของการเสริม conjugated linoleic acid ในอาหารสัตว์ต่อผลผลิตและคุณภาพเนื้อสุกร เนื้อไก่กระทงและไข่" (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา ตุลาคม 2546 – กันยายน 2549 งบประมาณ 700,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)

9. โครงการเพิ่ม conjugated linoleic acid ในน้ำนมโคและผลิตภัณฑ์นม (ผู้อำนวยการโครงการ) แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
10. โครงการเพิ่ม conjugated linoleic acid ในผลิตภัณฑ์สัตว์ (ผู้อำนวยการโครงการ) แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
11. โครงการ "การเพิ่ม conjugated linoleic acid ในเนื้อโคขุนโดยการเสริมน้ำมันพืชในอาหารโคขุน" (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา ตุลาคม 2547 – กันยายน 2549 งบประมาณ 900,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
12. โครงการ "การศึกษาการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ในกระเพาะหมักโคนมโดยใช้สารสกัดจากก้านและใบมะขามป้อม" (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา ตุลาคม 2547 – กันยายน 2550 งบประมาณ 1,000,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
13. โครงการ "การใช้ยีสต์จากกระเพาะโคเสริมในอาหารสัตว์ต่อการลดความเป็นพิษของสารพิษจากเชื้อราในไก่กระทง" (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา ตุลาคม 2549 – กันยายน 2551 งบประมาณ 1,500,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
14. โครงการ "การศึกษาการเสริมไขมันไหลผ่านชนิดต่างๆ และผลต่อผลผลิตโคนม" (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา ตุลาคม 2549 – กันยายน 2550 งบประมาณ 800,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
15. โครงการ "การศึกษาการเสริมโคลีนและไบโอตินต่อผลผลิตโคนม" (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา ตุลาคม 2549 – กันยายน 2551 งบประมาณ 500,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
16. โครงการ "การศึกษาการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ผลิตแอมโมเนียในกระเพาะหมักของโค และผลต่อผลผลิตโคนม โดยใช้สารสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชในท้องถิ่น" (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา ตุลาคม 2549 – กันยายน 2552 งบประมาณ 800,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)

b. งานตีพิมพ์ :

1. วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2541. ผลของการใช้พืชอาหารสัตว์สด และอาหารหยาบผสมอัดก้อนต่อผลผลิตโคนมในช่วงกลางระยะให้นมในฤดูฝน: ฟาร์มมหาวิทยาลัย. วารสารเทคโนโลยีสุรนารี. 5(3):179-187.

2. วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2542. ผลของการใช้พืชอาหารสัตว์สด และอาหารหยาบผสมอัดก้อนต่อผลผลิตโคนมในช่วงกลางระยะให้นมในฤดูฝน: ฟาร์มเกษตรกร. วารสารเทคโนโลยีสุรนารี. 6(2):104-113.

3. Suksombat, W., Holmes, C. W. and Wilson, G. F. 1994. Effects of herbage allowance and a high protein supplement on performance of dairy cows grazing autumn-winter pasture. Proc. NZ. Soc. Anim. Prod. 54:83-86.

4. Suksombat, W. 1995. Growth rate of calves fed different types of calf milk replacer. Suranaree J. Technol. 2(3):157-160.

5. Suksombat, W. 1996. The effect of four different roughage-mixed on dairy cow performances in late lactation. Suranaree J. Technol. 3(3):139-145.

6. Suksombat, W. 1997. Production, growth and nutritive value of 6 forage species grown at Suranaree University of Technology. I. Initial growth. Suranaree J. Technol. 4(1):23-28.

7. Suksombat, W. 1997. Production, growth and nutritive value of 6 forage species grown at Suranaree University of Technology. II. First regrowth. Suranaree J. Technol. 4(2):109-114.

8. Suksombat, W. 1998. The effect of feeding fresh forage and 3 roughage-mixed rations on dairy cow performances in early lactation during rainy season. Suranaree J. Technol. 5(2):80-87.

9. Suksombat, W. 1998. Effect of feeding fresh forage and 3 roughage-mixed rations on dairy cow performances in mid lactation during rainy season. Thai J. Agric. Sci. 31(2):224-234.

10. Suksombat, W. 1999. Effect of feeding fresh forage and 3 roughage-mixed rations on dairy cow performances in early lactation during dry season. Suranaree J. Technol. 5:150-157.

11. Suksombat, W. 2000. Effect of feeding fresh forage and 3 pelleted roughage-mixed rations on dairy cow performances in mid lactation during dry season. Suranaree J. Technol. 7(2):130-136.

12. Suksombat, W. 2000. Performances of lactating cows fed 3 different total mixed rations. In: Proceedings of Quality Control in Animal Production: Nutrition, management, health and products. Chiang Mai University, Thailand.

13. Suksombat, W. 2004. Comparison of different alkali treatment of bagasse and rice straw. Asian-Aust. J. of Anim. Sci. 17(10):1430-1433.

14. Suksombat, W. and Buakeeree, K. 2006. Effect of Cutting Interval and Cutting Height on Yield and Chemical Composition of Hedge Lucerne (*Desmanthus virgatus*). Asian-Aust. J. of Anim. Sci. 19(1):31-34.

15. Suksombat, W. and Buakeeree, K. 2006. Utilization of hedge lucerne (*Desmanthus* virgatus) meal as protein supplement in layer diets. Suranaree J. Technol. 13(2):181-187.

16. Suksombat, W. and Janpanichcharoen, P. 2005. Feeding of sugar cane silage to dairy cattle during the dry season. Asian-Aust. J. of Anim. Sci. 18(8):1125-1129.

17. Suksombat, W. and Karnchanatawee, S. 2005. Effect of various sources and levels of chromium on performances of broilers. Asian-Aust. J. of Anim. Sci. 18(11):1628-1633.

18. Suksombat, W. and Lounglawan, P. 2004. Silage from agricultural by-products for dairy cattle in Thailand: processing and storage. Asian-Aust. J. of Anim. Sci. 17(4):473-478.

19. Suksombat, W., Lounglawan, P., and Noosen, P. 2006. Energy Evaluation of 5 Feedstuffs and Utilization of Cassava Pulp as Energy Source for Lactating Dairy Cows. Suranaree J. Technol. 14(1):99-107.

20. Suksombat, W. and Mernkrathoke, P. 2005. Feeding of whole sugar cane to dairy cattle during the dry season. Asian-Aust. J. of Anim. Sci. 18(3):345-349.

21. Suksombat, W., and Srangarm, D. 1998. Effect of intraruminal monensin capsule on dairy cow performances in early lactation. Thai J. Agric. Sci. 31(3):402-410

22. Suksombat, W., Jullanand, K., Utaida, N., and Piasangka, S. 2000. Various chemical treatments of bagasse. In: Proceedings of Quality Control in Animal Production: Nutrition, management, health and products. Chiang Mai University, Thailand.

23. Suksomabat, W., Samitayothin, S., and Lounglawan, P. 2006. Effects of Conjugated Linoleic Acid Supplementation in Layer Diet upon Fatty Acid Compositions of Egg Yolk and Layer Performance. Poult. Sci. 85(9):1603-1609.

24. Suksomabat, W., Boonmee, T., and Lounglawan, P. 2007. Effects of Various Levels of Conjugated Linoleic Acid Supplementation on Performance of Broilers. Poult. Sci. 86: (2):318-324.

25. Suksomabat, W., Yowa, C., and Lounglawan, P. 2008. Effects of Conjugated Linoleic Acid (CLA) Supplementation on Performances, Carcass Quality and Fatty Acid Composition in Meat of Finishing Pigs. . J. Anim. Sci. (in press).

26. Lounglawan, P., Suksombat, W., and Chullanandana, K. 2006. The Effect of Ruminal Bypass Fat on Milk Yield, Composition and Milk Fatty Acid of Lactating Dairy Cows. Suranaree J. Technol. 14(1) :109-117.

8. การบริการวิชาการ/ฝึกอบรม/ให้คำปรึกษา

1. ที่ปรึกษาสหกรณ์โคนมวังน้ำเย็น จำกัด (2539 - ปัจจุบัน)
2. ที่ปรึกษาสหกรณ์โคนมพิมาย จำกัด (2542 – ปัจจุบัน)
3. ที่ปรึกษาสหกรณ์โคนมอ่าวน้อย จำกัด (2542 – ปัจจุบัน)
4. ที่ปรึกษาสหกรณ์โคนมมวกเหล็ก จำกัด (2543 – 2545, 2547-ปัจจุบัน)
5. ที่ปรึกษาสหกรณ์โคนมสอยดาว จำกัด (2546 - ปัจจุบัน)
6. ที่ปรึกษาสหกรณ์การเกษตรพิมาย จำกัด (2548 - ปัจจุบัน)
7. ที่ปรึกษานิตยสารฟาร์มโคนม สัตว์เศรษฐกิจ (2539 – ปัจจุบัน)
8. ที่ปรึกษาวารสารโคนม อ.ส.ค. (2537 – 2546)
9. ที่ปรึกษานิตยสารวัวควาย (2539 – ปัจจุบัน)
10. ที่ปรึกษาวารสารสยามบราห์มัน (2548-ปัจจุบัน)

9. การเสนอผลงานทางวิชาการ การเขียนบทความทางวิชาการและการเป็นวิทยากร

1. นำเสนอผลงานทางวิชาการในระดับชาติและนานาชาติ มากกว่า 30 เรื่อง
2. เขียนบทความทางวิชาการลงตีพิมพ์ในวารสารภายในประเทศ มากกว่า 80 เรื่อง
3. เป็นวิทยากรบรรยายทั่วประเทศมากกว่า 500 ครั้ง

ประวัติผู้ร่วมโครงการวิจัย

8. **ชื่อ – สกุล:** นาย พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์
9. **ตำแหน่งปัจจุบัน:** อาจารย์
10. **หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมเลขหมายโทรศัพท์ และ E- mail**

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ 0-4422-4378
E- mail: pipat_l2000@yahoo.com ; pipat@sut.ac.th

11. **ประวัติการศึกษา**

ระดับการศึกษา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา/ปี	ประเทศ
ป.ตรี	วท.บ. วิทยาศาสตรบัณฑิต	เทคโนโลยีการผลิตสัตว์	เทคโนโลยีการผลิตสัตว์	ม.เทคโนโลยีสุรนารี, 2541	ไทย
ป.โท	วท.ม. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	เทคโนโลยีการผลิตสัตว์	โภชนศาสตร์สัตว์	ม.เทคโนโลยีสุรนารี, 2544	ไทย
ป.เอก	วท.ด. วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต	เทคโนโลยีการผลิตสัตว์	โภชนศาสตร์สัตว์	ม.เทคโนโลยีสุรนารี, 2548	ไทย

12. **สาขาวิชาที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ**
    1. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง
    2. โภชนศาสตร์โคนม
    3. การจัดการโคนม
13. **ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ**

สถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย เป็นต้น

c. หัวหน้าโครงการ:

1. โครงการ "การศึกษาผลของการเสริมน้ำมันถั่วเหลืองและ Rumen-protected CLA (RP-CLA) ในอาหารโคต่อการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบ fatty acids และนิเวศวิทยาในกระเพาะหมัก" ระยะเวลา กันยายน 2549 – สิงหาคม 2550 แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)

d. ผู้ร่วมโครงการ :

1. โครงการ "การเพิ่ม conjugated linoleic acid ในน้ำนมโคโดยการเสริมน้ำมันพืชในอาหารโคนม" ระยะเวลา ตุลาคม 2545 – กันยายน 2547 แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
2. โครงการ "ผลของการเสริม conjugated linoleic acid ในอาหารสัตว์ต่อผลผลิตและคุณภาพเนื้อสุกร เนื้อไก่กระทงและไข่" ระยะเวลา ตุลาคม 2546 – กันยายน 2549 แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
3. โครงการ "การเพิ่ม conjugated linoleic acid ในเนื้อโคขุนโดยการเสริมน้ำมันพืชในอาหารโคขุน" ระยะเวลา ตุลาคม 2547 – กันยายน 2549 แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
4. โครงการ "การศึกษาการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ในกระเพาะหมักโคนม โดยใช้สารสกัดจากก้านและใบมะขามป้อม" ระยะเวลา ตุลาคม 2547 – กันยายน 2550 แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
5. โครงการ "การใช้ยีสต์จากกระเพาะโคเสริมในอาหารสัตว์ต่อการลดความเป็นพิษของสารพิษจากเชื้อราในไก่กระทง" ระยะเวลา ตุลาคม 2549 – กันยายน 2551 แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
6. โครงการ "การศึกษาการเสริมไขมันไหลผ่านชนิดต่างๆ และผลต่อผลผลิตโคนม" ระยะเวลา ตุลาคม 2549 – กันยายน 2550 แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)

e. งานตีพิมพ์ :

รายชื่อรายงานผลการวิจัยและเอกสารวิชาการ

พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์, ปิตุนาถ หนูแสน และ ชิดชนก นวลฉิมพลี. 2547. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. เอกสารประกอบการเรียนในรูปแบบสื่ออิเล็กทรอนิกส์: โครงการส่งเสริมให้นิสิต/นักศึกษาสรุปเนื้อหารายวิชาในรูปแบบสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. 160 หน้า.

วิศิษฐิพร สุขสมบัติ และ **พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์.** 2548. การใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารสำหรับโคนม (Utilization of sugar cane stalk as dairy cattle feeds) รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิศิษฐิพร สุขสมบัติ และ **พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์.** 2549. การศึกษาผลผลิตของถั่วไมยราและการใช้ถั่วไมยราป่นเป็นอาหารไก่ไข่ (Study of Hedge Lucerne *(Desmanthus virgatus)* Production

and Utilization of Hedge Lucerne Meal in Layer Diets) รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

วิศิษฐิพร สุขสมบัติ และ **พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์**. 2549. การเพิ่มปริมาณ CLA (Conjugated Linoleic Acid) ในน้ำนมโค โดยการเสริมน้ำมันพืช และ *Lactobacillus* sp. (Increased Conjugated Linoleic Acid Content of Cow's Milk through Supplementation of Plant Oil and *Lactobacillus* sp.) รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

รายชื่อบทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการ

พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์, ปราโมทย์ แพงคำ, วรพงษ์ สุริยภัทร และ วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2548. ผลการเสริมน้ำมันพืชในอาหารต่อการให้ผลผลิต และปริมาณ Conjugated linoleic acid (CLA) ในน้ำนมของโคนม. ในเอกสารการประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 5: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.

พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์, ปราโมทย์ แพงคำ, วรพงษ์ สุริยภัทร และ วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2548. ผลการเสริมน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันทานตะวันต่อการให้ผลผลิตของโคนมและปริมาณ Conjugated linoleic acid (CLA) ในน้ำนม. ในเอกสารการประชุมวิชาการ สาขาสัตวบาล/สัตวศาสตร์/สัตวแพทย์ ครั้งที่ 5 ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.

พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์, คู่ขวัญ จุลละนันทน์ และ วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2549. ผลของการเสริมไขมันไหลผ่านต่อผลผลิตโคนม. ในเอกสารการประชุมวิชาการโคนม 2549. ขอนแก่น: คณะสัตวแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์, ปราโมทย์ แพงคำ, วรพงษ์ สุริยภัทร และ วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2549. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของ Conjugated linoleic acid ในน้ำนมโค. ในเอกสารการประชุมวิชาการโคนม 2549. ขอนแก่น: คณะสัตวแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์, ปิตุนาถ หนูเสน และ วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2549. ผลการใช้กากมันสำปะหลังต่อผลผลิตโคนม. ในเอกสารการประชุมวิชาการโคนม 2549. ขอนแก่น: คณะสัตวแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Lounglawan, P. and W. Suksombat. 2003. Ensiled agricultural by product as Total Mixed Ration for dairy cattle in Thailand. Proceeding of Seminar on SUT Research and Cooperation Between Associations of Higher Education Institutes in Nakhon Ratchasima. 18 Aug 2003. Suranaree University of Technology Thailand. P. 124-125.

Lounglawan, P. and W. Suksombat. 2004. Effect of supplemental of vegetable oil in dairy cattle diet on performances. Research Consortium and Research Network of Higher Education Alliance in Nakhon Ratchasima. 23 Sep 2004. Suranaree University of Technology Thailand. pp.

Lounglawan, P., W. Suksombat and K. Chullanandana. 2006. The Effect of feeding rumen-protected fat on dairy cow performance. In: Proc. 12th AAAP Conference, Busan, Korea.

Suksombat, W., **P. Lounglawan** and P. Noosen. 2006. Energy evaluation and utilization of cassava pulp for lactating dairy cows. In: Proc. 12th AAAP Conference, Busan, Korea.

รายชื่อบทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

Suksombat, W. and **P. Lounglawan.** 2004. Silage from agricultural by-products in Thailand: processing and storage. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 17(4):473-478.

Lounglawan, P. 2006. The effect of soybean oil or sunflower oil supplementation on dairy cow performance and conjugated linoleic acid (CLA) in milk. Suranaree J. Sci. Technol. (accepted).

Lounglawan, P., W. Suksombat and K. Chullanandana. 2006. The Effect of feeding rumen-protected fat on dairy cow performance. Suranaree J. Sci. Technol. 14(1) :109-117.

Suksombat, W., **P. Lounglawan** and P. Noosen. 2006. Energy evaluation and utilization of cassava pulp for lactating dairy cows. Suranaree J. Sci. Technol. 14(1):99-107.

Suksombat, W., S. Samitayotin and **P. Lounglawan**. 2006. Effect of conjugated linoleic acid (CLA) supplementation in layer diets on fatty acid compositions of egg yolk and layer performances. Poult. Sci. 85:1603-1609.

Suksombat, W., T. Boonmee and **P. Lounglawan**. 2006. Effect of various levels of conjugated linoleic acid supplementation on performances of broiler. Poult. Sci. 86: (2):318-324.

Suksomabat, W., C. Yowa and **P. Lounglawan**. 2008. Effects of Conjugated Linoleic Acid (CLA) Supplementation on Performances, Carcass Quality and Fatty Acid Composition in Meat of Finishing Pigs. . J. Anim. Sci. (in press).