รหัสโครงการ SUT3 – 303 – 55 – 24 - 19

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของการเสริม rumen-protected methionine หรือ rumen-protected methionine ร่วมกับแร่ธาตุอินทรีย์ต่อผลผลิตน้ำนมของโคนม

(Effects of rumen-protected methionine or rumen-protected methionine plus organic minerals supplementation on performance of dairy cows)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT3 – 303 – 55 – 24 - 19

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของการเสริม rumen-protected methionine หรือ rumen-protected methionine ร่วมกับแร่ธาตุอินทรีย์ต่อผลผลิตน้ำนมของโคนม

(Effects of rumen-protected methionine or rumen-protected methionine plus organic minerals supplementation on performance of dairy cows)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร. วิศิษฐิพร สุขสมบัติ

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2555

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กุมภาพันธ์ 2558

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ที่ระดับ 0, 11 และ 22 กรัม/ตัว/วัน และการศึกษาผลของการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ที่ระดับ 22 กรัม/ตัว/วัน ร่วมกับแร่ธาตุอินทรีย์ (MINTREX®) ที่ระดับ 14 กรัม/ตัว/วัน ต่อผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมตลอดจนปริมาณของกรดไขมันในน้ำนม และเซลล์เม็ดเลือดขาวในน้ำนม รวมถึงการศึกษาเกี่ยวกับการหมักย่อยในกระเพาะหมัก โดยทำการทดลองในโคนมลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชียน

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ในอาหารโคนมต่อการกินได้ของวัตถุแห้ง การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว ผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบทางเคมีในน้ำนม กรดไขมันในน้ำนม และการหมักย่อยในกระเพาะหมักของโคนม โดยใช้โคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีจำนวน 21 ตัว โดยมีจำนวนวันของการให้นมเฉลี่ย 103±53 วัน ปริมาณน้ำนมเฉลี่ย 12.5±3 กิโลกรัม/วัน อายุเริ่มต้นในการทดลองเฉลี่ย 58±19 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 412±56 กิโลกรัม แบ่งสัตว์ออกเป็น 3 กลุ่มการทดลอง กลุ่มละ 7 ตัว โดยทำการ block ด้วย จำนวนท้อง และทำการปรับสมดุลในแต่ละกลุ่มด้วยจำนวนวันที่ให้นม ปริมาณน้ำนมเริ่มต้นและน้ำหนักตัวเริ่มต้น โดยที่กลุ่มควบคุมไม่ได้รับการเสริม MHA® และได้รับอาหาร TMR วันละ 17.4 kgDM (อาหารข้น ข้าวโพดหมัก และหญ้าสด 7, 6 และ 30 กิโลกรัม ตามลำดับ) กลุ่มการทดลองที่ 1 ได้รับการเสริม MHA® ที่ระดับ 11 กรัม/ตัว/วัน และกลุ่มการทดลองที่ 2 ได้รับการเสริม MHA® ที่ระดับ 22 กรัม/ตัว/วัน จากผลการทดลองพบว่า การกินได้ของวัตถุแห้ง โปรตีนที่ได้รับจากอาหาร ความต้องการพลังงานเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ของโคนม การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว รวมไปถึงระดับความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน และความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ภายในของเหลวในกระเพาะหมัก ผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และในการเสริม MHA® ที่ระดับ 11 กรัม/ตัว/วัน มีผลทำให้การกินได้ของวัตถุแห้ง และโปรตีนต่อน้ำหนักตัวเมแทบอลิก (g/kg $W^{0.75}$) ลดต่ำลง แต่มีผลทำให้สัดส่วนของกรดไขมันในน้ำนม ได้แก่ C4:0, C18:1n9c, C21:0 และ UFA (unsaturated fatty acid) เพิ่มขึ้น ส่วน C18:3n3 และ SFA (saturated fatty acid) ลดต่ำลง โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และการเสริม MHA®ที่ระดับ 22 กรัม/ตัว/วัน ไม่มีผลต่อ C18:1n9c, C18:3n3, UFA และ SFA แต่มีผลทำให้ C4:0 และ C21:0 เพิ่มสูงขึ้น โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ร่วมกับแร่ธาตุอินทรีย์ (MINTREX®) ในอาหารโคนมต่อประสิทธิภาพในการผลิตโคนม โดยใช้โคนมลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชียน 24 ตัว ซึ่งมีจำนวนวันของการให้นมเฉลี่ย 38.8±5.9 วัน ปริมาณน้ำนมเฉลี่ย 16.6±1.13 กิโลกรัม/วัน น้ำหนักเฉลี่ย 402±16 กิโลกรัม ทำการจัดสัตว์เข้างานทดลองโดยปรับสมดุลใน

แต่ละกลุ่มการทดลองด้วยจำนวนวันที่ให้นม ปริมาณน้ำนม และน้ำหนักเริ่มต้น โดยทำการแบ่งโคออกเป็น 2 กลุ่มการทดลอง ในแต่ละกลุ่มการทดลองจะมีโคกลุ่มละ 12 ตัว โดยที่กลุ่มควบคุมไม่ได้รับการเสริมเสริม MHA®และ MINTREX® กลุ่มการทดลอง ได้รับการเสริม MHA® ที่ระดับ 22 กรัม/ตัว/วัน ร่วมกับ MINTREX® ที่ระดับ 14 กรัม/ตัว/วัน จากผลการทดลองพบว่า การกินได้ของวัตถุแห้ง การกินได้ของโปรตีน การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว ผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม และจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวในน้ำนม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Abstract

The objective of this study was to determine the effects of rumen-protected methionine or rumen-protected methionine plus organic minerals supplementation on milk production milk composition milk fatty acids and somatic cell count in crossbred Holstein Friesian dairy cows. This research was divided into 2 experiments.

The first experiment to investigate the effects of feeding Met hydroxy analog (MHA®) supplementation to dairy cow on dry matter intake, live weght chance, milk yield, milk composition, milk fatty acid and rumen ecology. Twenty one Holstein Friesian crossbred (>87.5% Holstein Friesian) lactating dairy cows, averaging 103 $\pm$ 53 days in milk, 12.5 $\pm$ 3.0 kg of milk, 58 $\pm$ 19 mo old and 412 $\pm$ 56 kg body weight (BW), were blocked by parity first and then milking days, milk yield, age and body weight into three groups of 7 cows. The first group (control) received approximately 17.4 kgDM of total mixed ration (TMR). TMR comprised approximately 7, 6 and 30 kg of commercial concentrate, corn silage and fresh cut grass respectively. The second group was fed the basal diet as the control group and supplemented with 11 g/d of Met hydroxy analog (MHA®). The third group was fed as control group with 22 g/d of Met hydroxy analog (MHA®). Performance parameters showed that DM, CP and NE_L intakes, final body weight and live weight change were similar in all treatments. Milk yield and milk composition were unaffected, however, The second group supplemented with 11 g/d of Met hydroxy analog (MHA®) showed significant statistical differences in C4:0, C18:1n9c, C21:0 and UFA was increased while C18:3n3 and SFA was reduced. The third group supplemented with 22 g/d of Met hydroxy analog (MHA®) showed significant statistical differences in C4:0 and C21:0 increased.

The second experiment to investigate the effects of feeding Met hydroxy analog (MHA®) plus MINTREX® Dairy on performance of lactating dairy cows were studied. Twenty four Holstein Friesian crossbred lactating dairy cows, averaging 38.8 ± 5.9 days in milk, 16.6 ± 1.13 kg of milk and 402 ± 16 kg body weight were stratified randomly to two treatments of 12 cows each. The treatments were control and 22 g/d of MHA® + 14 g/d of MINTREX® Dairy supplementation. Performance parameters showed that DM and CP intakes, final body weight, live weight change, milk yield, milk composition and somatic cell count were similar in all groups.

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)		ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)		ค
สารบัญ		ง
สารบัญตาราง		จ
บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
	2.1 Limiting essential amino acid	2
	2.2 Ruminally protected amino acid	6
	2.3 แร่ธาตุปลีกย่อย	10
	2.4 แร่ธาตุอินทรีย์	16
บทที่ 3	การศึกษาผลของการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ในอาหารโคนมต่อผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบทางเคมี และกรดไขมันในน้ำนมของโคนม	21
	3.1 บทนำ	21
	3.2 อุปกรณ์และวิธีการ	22
	3.3 ผลการทดลอง	27
	3.4 วิจารณ์ผลการทดลอง	43
	3.5 สรุปผลการทดลอง	49
บทที่ 4	การศึกษาผลของการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ร่วมกับแร่ธาตุอินทรีย์ (MINTREX®) ในอาหารโคนมต่อประสิทธิภาพในการผลิตโคนม	50
	4.1 บทนำ	50
	4.2 อุปกรณ์และวิธีการ	51
	4.3 ผลการทดลอง	53
	4.4 วิจารณ์ผลการทดลอง	58
	4.5 สรุปผลการทดลอง	61
บทที่ 5	สรุปและข้อเสนอแนะ	62
เอกสารอ้างอิง		64
ประวัตินักวิจัย		78

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ผลการเสริม ruminally protected Met ต่อผลผลิตในโคนม.....	9
2.2	ผลของการเสริม mineral proteinate (Bioplex) ต่อจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาว.	19
3.1	แสดงลักษณะที่ใช้ในการจัดกลุ่มโคก่อนการทดลอง.....	23
3.2	องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร TMR.....	28
3.3	คุณค่าทางพลังงานในสูตร TMR.....	28
3.4	การย่อยสลายวัตถุแห้งของอาหาร TMR (อาหารข้น, ข้าวโพดหมัก และหญ้าสด).	29
3.5	การย่อยสลายโปรตีนของอาหาร TMR (อาหารข้น, ข้าวโพด และหญ้าสด).....	30
3.6	เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายวัตุถแห้งและการย่อยสลายโปรตีนของอาหาร TMR.....	31
3.7	ผลของการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ต่อปริมาณการกินได้ของโคนม.....	32
3.8	ปริมาณโปรตีนที่ได้รับจากอาหารและความต้องการของโคนม.....	34
3.9	พลังงานที่โคนมต้องการเพื่อกิจกรรมต่างๆและที่โคนมได้รับจากอาหาร.....	35
3.10	ผลของการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว.....	36
3.11	ผลของการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับความเป็นกรด-ด่าง และแอมโมเนียไนโตรเจน ภายในกระเพาะหมัก.....	37
3.12	ผลของการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ต่อความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ของของเหลวในกระเพาะหมัก.....	39
3.13	ผลของการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ต่อปริมาณผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมในโคนม.....	40
3.14	ผลของการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ต่อองค์ประกอบของน้ำนมในโคนม.....	40
3.15	ปริมาณของกรดไขมันในอาหาร TMR (% of total fatty acid).....	42
3.16	ผลของการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนม.....	42
4.1	แสดงลักษณะที่ใช้ในการจัดกลุ่มโคก่อนการทดลอง.....	51
4.2	องค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้นสำเร็จรูป และหญ้าสด.....	54
4.3	คุณค่าทางพลังงานในสูตรอาหารข้นสำเร็จรูป และหญ้าสด.....	54
4.4	การเสริม MHA® ร่วมกับ MINTREX® ต่อปริมาณการกินได้ของโคนม.....	55

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.5	พลังงานที่โคนมต้องการเพื่อกิจกรรมต่างๆและที่โคนมได้รับจากอาหาร.....	56
4.6	การเสริม MHA® ร่วมกับ MINTREX® ต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว.....	56
4.7	การเสริม MHA® ร่วมกับ MINTREX® ต่อปริมาณผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนม.....	57
4.8	การเสริม MHA® ร่วมกับ MINTREX® ต่อองค์ประกอบน้ำนมแล้เซลล์เม็ดเลือดขาว.....	58

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

การเลี้ยงโคนมในประเทศไทยนั้นเป็นอาชีพหนึ่งที่เกษตรกรนิยมเลี้ยงเป็นจำนวนมาก ปัจจุบันมีการเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในทุกภูมิภาคของประเทศ โดยหลังจากที่รัฐบาลได้มีการส่งเสริมการทำการปศุสัตว์มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 เป็นต้นมา การเลี้ยงโคนมในประเทศก็มีการเติบโตและมีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง แต่พบว่าปัญหาที่เกี่ยวกับการเลี้ยงโคนมในประเทศไทยนั้น มีอัตราการให้ผลผลิตน้ำนมต่ำ และองค์ประกอบของน้ำนมรายฟาร์มโดยรวมนั้นยังถือว่าต่ำกว่ามาตรฐาน โดยพบว่ามีจำนวนฟาร์มที่มีค่าไขมันต่ำกว่ามาตรฐานอยู่ระหว่างร้อยละ 24-39 และค่าโปรตีนต่ำกว่ามาตรฐานอยู่ระหว่างร้อยละ 13-39 (สุรยุทธ ทรงสุหมัด และคณะ, 2548) ซึ่งคุณภาพและองค์ประกอบของน้ำนมนั้นสามารถปรับปรุงได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น การจัดการด้านพันธุกรรม สิ่งแวดล้อม อาหาร แต่การจัดการด้านอาหารถือว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากต้นทุนของการผลิตน้ำนมดิบประมาณ 70% เป็นต้นทุนของค่าอาหาร อย่างไรก็ตาม การเสริมกรดอะมิโนและ แร่ธาตุปลีกย่อยในอาหารโคนมสามารถแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่กล่าวมาได้ มีงานวิจัยหลายงานพบว่าการเสริม ruminally protected Met สามารถเพิ่มผลผลิตน้ำนมให้สูงขึ้น โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่มีการเสริม (Samuelson et al., 2001; St-Pierre and Sylvester, 2005; Lara et al., 2006; Broderick et al., 2008) Met ที่เสริมในรูปของ RP-Met ยังสามารถเพิ่มผลผลิตของโปรตีนในน้ำนม (Samuelson et al., 2001; Leonardi et al., 2003: Noftsger et al., 2005; St-Pierre and Sylvester, 2005; Socha et al., 2005; Lara et al., 2006; Rulquin et al., 2006;) เนื่องจาก Met เป็นกรดอะมิโนที่มีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนในน้ำนม Socha et al. (2005) พบว่าเมื่อทำการเสริม RP-Met สามารถเพิ่มไขมันในน้ำนม เนื่องจาก Met เป็น methyl donor ในการสังเคราะห์โคลีน ซึ่งโคลีนนั้นเป็นส่วนประกอบของ phospholipid phosphatidylcholine มีความสำคัญต่อการ metabolism ไขมันที่ตับ และลำเลียง triacylglycerol ออกจาก hepatocytes ไปยัง mammary gland เพื่อเข้าสู่กระบวนการสังเคราะห์ไขมันในน้ำนม และในการเสริม rumen-protected methionine ร่วมกับ organic minerals เช่น Zn, Cu, Mn และ Se ยังสามารถเพิ่มองค์ประกอบ ผลผลิตของโปรตีนในน้ำนม ผลผลิตน้ำนม และประสิทธิภาพการใช้อาหาร (Garthwaite et al., 1998) นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มอัตราการผสมติดในโคนม และลดจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวในน้ำนมได้อีกด้วย ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริม rumen-protected methionine หรือแร่ธาตุอินทรีย์ หรือ rumen-protected methionine ร่วมกับแร่ธาตุอินทรีย์ต่อผลผลิตโคนม

บทที่ 2
เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สารอาหารที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์น้ำนมและองค์ประกอบน้ำนมในสัตว์เคี้ยวเอื้อง ประกอบด้วย กลูโคส, acetate, β-hydroxybutrate, long- chain fatty acid และ กรดอะมิโน (amino acid) (Schwab, 1994) กรดอะมิโนที่ถูกดูดซึมไปยังเซลล์สร้างน้ำนม (mammary gland) จะต้องเป็นกรดอะมิโนที่อยู่ใน metabolizable protein ได้แก่ โปรตีนแท้หรือโปรตีนที่สัตว์นำไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งแหล่งของ metabolizable protein จะประกอบไปด้วย 1) โปรตีนที่ได้จากการสังเคราะห์ของจุลินทรีย์ 2) โปรตีนที่ไม่ถูกย่อยในกระเพาะหมัก (RUP) และ 3) โปรตีนที่เกิดจากการหลุดลอกของเซลล์ (endogenous protein) (NRC, 2001) จุลินทรีย์โปรตีนนั้นเป็นผลผลิตที่ได้จากจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก ได้แก่ แบคทีเรีย โปรโตซัว และฟังใจ แบคทีเรียในกระเพาะหมักจะนำเอา N ไปใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งความต้องการ N ของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักนั้นจะเป็นตัวกำหนดปริมาณของโปรตีนในอาหารและโปรตีนที่ถูกย่อยในกระเพาะหมัก (RDP) จุลินทรีย์จะนำโปรตีนเหล่านี้ไปใช้ในการปรับปรุงกระบวนการหมักย่อยเพื่อให้ได้จุลินทรีย์โปรตีนในปริมาณที่สูงขึ้น (NRC, 2001) ถ้าหากมีความสมดุลของกรดอะมิโนในกระเพาะหมักและการได้รับโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมักในปริมาณเหมาะสม (RUP) จะทำให้สัตว์ได้รับโปรตีนที่เพียงพอต่อความต้องการ (Schwab,1995) ดังนั้นนักวิจัยจึงได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับการนำกรดอะมิโนผ่านไปดูดซึมที่บริเวณลำไส้เล็กส่วนต้นของสัตว์เคี้ยวเอื้องเป็นอย่างมาก เพื่อต้องการให้สัตว์ได้รับในปริมาณที่เพียงพอต่อการดำรงชีพและสร้างผลผลิต ซึ่งประกอบไปด้วย 1) การเพิ่มจำนวนโปรตีนจากจุลินทรีย์ 2) การเพิ่มปริมาณโปรตีนในอาหาร 3) การใช้อาหารโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยในกระเพาะหมัก 4) การใช้ rumen-protected AA

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.1 Limiting Essential Amino Acids

วิธีการศึกษาเพื่อจะทราบว่า กรดอะมิโน lysine (Lys) และ methionine (Met) เป็น first-limiting essential amino acids (EAA) ใน metabolizable protein (MP)ในโคนมหรือไม่ ทำได้โดยการฉีด individual AA หรือส่วนผสมของ EAA เข้าสู่ abomasum หรือ duodenum และทำการวัดผลต่อการเก็บกักไนโตรเจน (N retention) และผลผลิตโปรตีนในน้ำนม หรือการให้สารเสริมที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมักจำพวก ruminally protected Met (RPMet) และ ruminally protected Lys (RPLys) แล้วทำการวัดการเพิ่มน้ำหนักตัวของโคที่กำลังเจริญเติบโต และผลผลิตโปรตีนในโคที่กำลังรีดนม (Abe et al., 1998)

การใช้วิธีการดังกล่าวข้างต้นชี้ให้เห็นว่าลำดับของการจำกัด Lys และ Met ถูกกำหนดโดยความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกรดอะมิโนทั้งสองใน RUP (rumen undegradable protein) ยกตัวอย่างเช่น Lys ถูกจำแนกว่าเป็น first limiting ในลูกโคหลังหย่านม (Abe et al., 1997) โคกำลัง

เจริญเติบโต (Hill et al., 1980) และโคที่กำลังรีดนม (King et al., 1991) เมื่อ RUP ส่วนใหญ่ หรือทั้งหมดมาจากข้าวโพด หรืออาหารที่มาจากข้าวโพด ในทางตรงกันข้าม Met ถูกจำแนกว่าเป็น first-limiting ในลูกโคหลังหย่านม (Donahue et al., 1985) โคที่กำลังเจริญเติบโต (Hopkins et al, 1999; Robert et al., 1999) และโคที่กำลังรีดนม (Rulquin and Delaby, 1997) เมื่อมีข้าวโพดเป็นอาหารอยู่ในปริมาณน้อย หรือ เมื่อโคได้รับอาหารหยาบในปริมาณมาก หรือ เมื่อ RUP ส่วนใหญ่มาจากผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง โปรตีนจากสัตว์ หรือส่วนผสมของทั้งสอง เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นของ กรดอะมิโนที่มีอยู่ในแบคทีเรียในกระเพาะหมัก อาหารที่มาจากข้าวโพดจะมี Lys ต่ำ แต่จะมี Met เท่ากัน ในขณะที่ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองและอาหารโปรตีนจากสัตว์ส่วนใหญ่จะมี Lys เท่ากัน แต่มี Met ต่ำ ดังนั้น Lys และ Met จึงถูกจัดเป็น co-limiting เมื่อโคกำลังรีดนมได้รับอาหารที่ไม่มี (Schwab et al., 1976) หรือมีการเสริมโปรตีนในระดับต่ำ (Rulquin, 1987)

ดังนั้น Lys และ Met มักจะเป็น first two limiting EAA สำหรับการเจริญเติบโตและผลผลิตโปรตีนในน้ำนม ประการแรก Met ถูกจัดเป็น first limiting (Titgemeyer and Merchen, 1990) และ Lys ถูกจัดเป็น second limiting (Richardson and Hatfield, 1978) ใน MCP สำหรับ N retention ของโคที่กำลังเจริญเติบโต ประการที่สอง วัตถุดิบอาหารสัตว์ส่วนใหญ่จะมีปริมาณ Lys และ Met โดยเฉพาะ Lys ใน total EAA ต่ำกว่าใน MCP และประการสุดท้าย การสะสมของ Lys และ Met ใน total EAA ในเนื้อเยื่อของเนื้อแดง และในน้ำนมนั้นเท่ากัน โคที่กำลังเจริญเติบโต เมื่อได้รับการเสริม Lys และ Met ใน MP จะมีน้ำหนักตัวเพิ่มมากขึ้นและประสิทธิภาพการใช้อาหารเพิ่มขึ้น (Hopkins et al., 1999; Robert et al., 1999) และการขับถ่ายไนโตรเจนทางปัสสาวะลดลง (Abe et al., 1998) การเสริม Lys และ Met ใน MP สามารถเพิ่มองค์ประกอบและผลผลิตของโปรตีนในน้ำนม ผลผลิตน้ำนม และการกินได้อาหาร ได้มีการรวบรวมผลของการเสริม Lys และ Met ไหลผ่าน ต่อผลผลิตของโครีดนม (Garthwaite et al., 1998) รายงานเหล่านี้ และรายงานอื่นๆ ที่เป็นการศึกษาในระยะต่อมา (Piepenbrink et al., 1999) ชี้ให้เห็นว่า (1) การเสริม Lys และ Met จะมีผลต่อองค์ประกอบโปรตีนในน้ำนมมากกว่าผลผลิตน้ำนม โดยเฉพาะในโคนมในช่วงหลัง peak (2) การเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์โปรตีนในน้ำนมเป็นอิสระต่อผลผลิตน้ำนม (3) เคซีนเป็นส่วนประกอบที่มีผลต่อองค์ประกอบของโปรตีนในน้ำนม (4) สามารถทำนายการเพิ่มขึ้นของผลผลิตโปรตีนในน้ำนมต่อการเสริม Lys หรือ Met ใน MP ได้ เมื่อปริมาณการเสริม AA อื่นๆ ใน MP นั้นใกล้เคียง หรือเท่ากับความต้องการ (Sloan et al., 1998) (5) การเสริม Lys และ Met จะมีผลต่อผลผลิตโคนมในช่วงต้นระยะให้นมมากกว่าในช่วงกลางและปลายระยะให้นม และ (6) การเสริม Lys และ Met ใน MP จะมีผลต่อผลผลิตโคนมมากกว่า เมื่อ CP ใน diet DM อยู่ในระดับปกติ (14 - 18 %) เปรียบเทียบกับระดับที่ต่ำกว่า หรือสูงกว่า การเสริม Lys และ Met ใน MP ของโครีดนมในช่วงหลัง peak ของการให้นม จะมีผลต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีนในน้ำนมมากกว่าผลผลิตน้ำนม (Chapoutot et al., 1992) โดยใช้การทดลองแบบ multiple switch-back experiment เพื่อหาผลตอบสนองรายตัวของโครีดนมในระยะหลัง peak ของการให้นม ต่อ ruminally protected Lys and

Met โคได้รับส่วนผสมของ RPAA 23 g/d digestible Lys และ 7 g/d digestible Met การทดลองพบว่าโครีดนม 37 ตัว ให้นมที่มีองค์ประกอบโปรตีนในน้ำนมมากกว่า ในขณะที่โครีดนม 31 ตัว ให้ผลผลิตโปรตีนนมมากกว่า และโครีดนม 16 ตัว ให้ผลผลิตน้ำนมมากกว่า

นอกจากผลต่อผลผลิตโปรตีนในน้ำนม มีรายงานการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์ไขมันน้ำนม เมื่อเสริม Met หรือ Met + Lys ใน MP เปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมที่เพิ่มขึ้นมักพบในการศึกษาโดยการฉีดกรดอะมิโนหลังกระเพาะหมัก (Socha et al., 1994b) หรือ เมื่อเสริม Met (Brunschwig et al.,1995) หรือ Met และ Lys (Xu et al., 1998) ในรูปป้องกันการย่อยสลายในกระเพาะหมัก การเพิ่มขึ้นของไขมันในน้ำนมมักเกิดขึ้นพร้อมกับการเพิ่มขึ้นของโปรตีนในน้ำนม แต่บางครั้งพบว่าไขมันในน้ำนมนมเพิ่มขึ้นแต่โปรตีนในน้ำนมไม่เพิ่มขึ้น (Varvikko et al., 1999) การเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมเนื่องจากการเสริม Met และ Lys สามารถคาดเดาได้ ยกตัวอย่างเช่น การฉีด Met (0, 3.5, 7.0, 10.5, and 16.0 g/d) เข้าสู่ duodenum ของโคนมระยะหลัง peak ที่ได้รับอาหารที่มีข้าวโพดเป็นหลักและเสริมด้วยผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง และเลือดป่น สามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของไขมัน (3.73, 3.86, 3.78, 3.91, และ 4.15) และโปรตีนแท้ (3.00, 3.07, 3.09, 3.13, และ 3.15) ในน้ำนม (Socha et al., 1994b) อย่างไรก็ตาม เมื่อโคเหล่านี้ได้รับอาหารเช่นเดียวกันและได้รับการฉีด Met ในปริมาณที่เท่ากัน ในช่วง peak (Socha et al., 1994c) หรือช่วงกลางระยะให้นม (Socha et al., 1994a) เปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมไม่เปลี่ยนแปลงแต่เปอร์เซ็นต์โปรตีนเพิ่มขึ้น

ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดว่า ทำไมการเสริม Met และ Lys ใน MP เพิ่มขึ้น บางครั้งองค์ประกอบของไขมันในน้ำนมเพิ่มขึ้น เหตุผลหนึ่งอาจเกี่ยวข้องกับความเป็นไปได้ที่ Met จะมีผลต่อการสังเคราะห์ short-และ medium-chain fatty acids ภายในต่อมสร้างน้ำนม ซึ่งกลไกนี้แนะนำโดย Pisulewski et al. (1996) ที่ชี้ให้เห็นว่าการฉีด Met เข้าสู่ duodenum ของโคในช่วงต้นระยะให้นม สามารถเพิ่มสัดส่วนของ short-chain และ medium-chain fatty acids และลดสัดส่วนของ long-chain fatty acids ในไขมันนม อย่างไรก็ตาม รายงานอื่นๆ ไม่พบผลของการฉีด Met หลังกระเพาะหมัก ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนม (Kowalski et al., 1999; Varvikko et al., 1999) เหตุผลอีกประการหนึ่งอาจเกี่ยวข้องกับบทบาทของ AA ในลำไส้ และการสังเคราะห์ chylomicrons และ very low density lipoproteins (VLDL) ในตับ ซึ่งต้องการสารอาหารนอกเหนือจากการมี long-chain fatty acids ในการกระตุ้นการสร้าง chylomicrons และ very low density lipoproteins (VLDL) (Bauchart et al., 1996) การสังเคราะห์ apolipoproteins ต้องการ AA และการสังเคราะห์ phosphatidylcholine (lecithin) ที่เป็น phospholipid ที่มีมากที่สุด มีรายงานว่าส่วนหนึ่งของความต้องการ Met ของโคนม เพื่อเป็น methyl donor ในการสังเคราะห์โคลีน (Sharma and Erdman, 1988) และเช่นเดียวกับการศึกษาบางการศึกษา (Erdman, 1994) แต่บางการศึกษาไม่ยืนยัน (Erdman and Sharma, 1991) โคลีนเป็นโภชนะที่จำเป็นสำหรับการสังเคราะห์ไขมันนม ดังนั้น Met และ Lys ในบางครั้งอาจจำเป็นต่อการสังเคราะห์ chylomicrons หรือ VLDL อย่างไรก็ตาม มีรายงานค่อนข้างจำกัด

เกี่ยวกับการเพิ่มการสร้าง หรือเพิ่มการหลั่ง lipoproteins เหล่านี้เมื่อเสริม Met และ Lys (Auboiron et al., 1995) นอกจากนี้มีรายงานว่าการเสริม Met ใน MP สามารถลดความเข้มข้นของ plasma nonesterified fatty acids ในลูกโค (Auboiron et al., 1995) และโครีดนม (Rulquin and Delaby, 1997) อย่างไรก็ตาม การลดลงของความเข้มข้น plasma nonesterified fatty acids นั้น พิจารณาโดยทั่วไปแล้ว เป็นผลมาจากการลดลงของการเคลื่อนย้ายไขมันจากเนื้อเยื่อไขมันมากกว่าการเพิ่มการใช้ประโยชน์ของ plasma nonesterified fatty acids

การศึกษาถึงความต้องการกรดอะมิโนชนิดอื่นๆ นอกเหนือจาก Lys และ Met ในโคนมค่อนข้างมีจำกัด Fraser et al. (1991) ใช้ intragastric nutrition technique สรุปว่า His เป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อจาก Met และ Lys สำหรับโคนม เมื่อใช้เคซีนเป็นแหล่งโปรตีนในการฉีดหลังกระเพาะหมัก อย่างไรก็ตาม การทดลองของ Schwab et al. (1976) และ Rulquin (1987) โดยการฉีด AA เข้าสู่กระเพาะจริง เมื่อโครีดนมได้รับอาหารที่มีส่วนประกอบปกติ Rulquin (1987) สรุปว่า Thr ไม่ใช่ limiting amino acid ต่อจาก Lys และ Met ในขณะที่ Schwab et al. (1976) สรุปจากการทดลองฉีด AA จำนวน 5 การทดลอง Piepenbrink et al. (1999) พบว่า Phe และ Ile มักจะเป็น limiting AA ต่อจาก Lys และ Met (Liu et al., 2000) เมื่อโคได้รับอาหารที่มีข้าวโพดเป็นหลัก และเสริมด้วยอาหารโปรตีนปกติ เช่น กากถั่วเหลือง CDDGS กากคาโนลา หรือส่วนผสมของกากคาโนลา กากข้าวโพด เลือดป่น และปลาป่น

ถึงแม้ว่าจะมีงานวิจัยจำกัด ยังมีงานวิจัยอยู่บางงานที่ชี้ให้เห็นว่า EAA อื่นๆ อาจเป็น limiting AA นอกจาก Lys หรือ Met ซึ่งอาจเป็น Arg และ His การฉีด Arg (13.7 g/d) เพิ่ม N retention ของ 159-kg Holstein steers ที่ได้รับต้นข้าวสาลีหมัก (12.3% CP) เป็นอาหารหลัก ในทางตรงกันข้าม การฉีด Arg เข้าสู่กระเพาะจริง (178 g/d) และเข้าเส้นเลือด (112 g/d) ไม่มีผลต่อผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนมในโครีดนมพันธุ์ Holstein (544 kg) ในช่วงหลัง peak ของระยะให้นม ที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 15.3% CP ประกอบด้วย alfalfa-grass silage, corn silage, corn, and soybean meal (Vicini et al., 1988) Vanhatalo et al., (1999) สรุปว่า His เป็น first-limiting EAA เมื่อโครีดนมพันธุ์ Finnish Aryshire ในช่วงหลัง peak ของระยะให้นม ได้รับอาหารที่มีหญ้าหมักเป็นหลัก โดยไม่มีการเสริมข้าวโพด หรืออาหารโปรตีนชนิดอื่น อาหารประกอบด้วย 56 % grass silage เสริมด้วยกรด, 18% barley, 18% oats, 6.7% beet pulp, และ 1.3% minerals และ vitamins การฉีด 6.5 g/d His เข้าสู่กระเพาะจริง สามารถเพิ่มผลผลิตน้ำนม (23.6 vs. 22.9 kg/d) และผลผลิตโปรตีนในน้ำนม (721 vs. 695 g/d) แต่ไม่เพิ่มองค์ประกอบของโปรตีนในน้ำนม การฉีด 6.0 g/d Met หรือ 19.0 g/d Lys หรือส่วนผสมของทั้งสองร่วมกับ 6.5 g/d His ไม่เพิ่มผลผลิตโปรตีนในน้ำนมขึ้นไปอีก ปัจจัยที่อาจทำให้ His เป็น first limiting AA ในการศึกษาของ Vanhatalo et al. (1999) ได้แก่: (1) ใน DM ของอาหารมีองค์ประกอบของ RUP ต่ำ (2) ใน microbial protein มีองค์ประกอบของ His ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนในอาหาร และ (3) ใน barley และ oats มีองค์ประกอบของ His ต่ำ เมื่อ

เปรียบเทียบกับข้าวโพด Mackle et al. (1999) พบว่าเมื่อฉีด branched-chain AA (55.5, 39.0, และ 55.5 g/d ของ Leu, Ile, และ Val, ตามลำดับ) เข้าสู่กระเพาะจริงขอ โคนมพันธุ์ Holstein ในช่วงต้นระยะให้นมที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 16.2% (ประกอบด้วย alfalfa hay, corn, และ soybean products) ไม่มีผลต่อผลผลิตน้ำนม หรือองค์ประกอบของน้ำนม Hopkins et al. (1994) ทำการฉีด branched-chain AA ร่วมกับ Arg (46.1, 31.4, 38.3, และ 25.0 g/d Leu, Ile, Val, และ Arg ตามลำดับ) ในช่วงเวลา 2 ชั่วโมงในแต่ละวัน ให้กับโคนมพันธุ์ Holstein ในช่วงต้นระยะให้นม ที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 13.6% หรือมี ADF 22.4% ตามลำดับ การฉีด AA ไม่เพิ่มองค์ประกอบ หรือผลผลิตโปรตีนในน้ำนม แต่ทำให้องค์ประกอบของไขมันและผลผลิตไขมันในน้ำนมลดลง เมื่อโคได้รับอาหารที่มีเยื่อใยต่ำ การวิเคราะห์กรดไขมันในไขมันนมชี้ให้เห็นว่าการฉีด AA อาจเพิ่มการสังเคราะห์กรดไขมันชนิด C4 ถึง C16 โดยเฉพาะกรดไขมันชนิด C16 เป็นที่ทราบกันดีว่า Arg และ branched-chain AA จะถูกจับโดยต่อมสร้างน้ำนมในปริมาณที่เกินกว่าที่มีอยู่ในโปรตีนในน้ำนม (Piepenbrink et al., 1999) และสามารถเปลี่ยนไปเป็น NEAA หรือถูกใช้ประโยชน์เป็นแหล่งพลังงานในต่อมสร้างน้ำนม (Mepham, 1982)

2.2 Ruminally Protected Amino Acid

จากที่กล่าวมาแล้วในข้างต้นว่า Lys และ Met เป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นที่สุดในการสังเคราะห์โปรตีนในน้ำนมของโคนม การประกอบสูตรอาหารโคนมโดยการใช้วัตถุดิบอาหารโปรตีนเป็นสิ่งที่ท้าทาย โดยเฉพาะในกรณีที่โคนมต้องการอาหารที่มี RUP สูง เพื่อให้ได้ความเข้มข้นของทั้ง Lys และ Met ใน MP เพียงพอ การเสริม crystalline Lys และ Met ไม่มีประสิทธิภาพ เพราะว่าจะเกิด deamination อย่างรวดเร็วในกระเพาะหมัก (Chalupa, 1976; Onodera, 1993) ดังนั้นจึงมีความพยายามที่จะพัฒนาเทคโนโลยีในการเสริม Met และLys ในรูปซึ่งมีการหลบเลี่ยงการย่อยสลายในกระเพาะหมัก และให้มีการย่อยได้ในลำไส้เล็ก

มีการรวบรวมรายงานวิจัยที่เกี่ยวกับวิธีการที่จะประเมินประสิทธิภาพการป้องกัน free AA จากการย่อยสลายในกระเพาะหมัก (Schwab, 1995) เทคโนโลยีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนั้นจำแนกได้ 3 กลุ่ม คือ (1) surface coating with a fatty acid/pH-sensitive polymer mixture (2) surface coating or matrices involving fat or saturated fatty acids and minerals และ (3) liquid sources of Met hydroxy analog (DL-2-hydroxy-4-methylthiobuta-noic acid; HMB)

เทคโนโลยีแรก ใช้ postruminal delivery system ซึ่งเป็นอิสระต่อ digestive enzyme function และขึ้นอยู่กับความแตกต่างของ pH ระหว่างกระเพาะหมักและกระเพาะจริง ทำให้ ruminally inert products มีสัมประสิทธิ์การป้องกันการย่อยสลายในกระเพาะหมักสูง และมีสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย coated AA ในลำไส้สูง เทคโนโลยีนี้มีประสิทธิภาพมากในการเพิ่ม Met ใน MP ซึ่งเห็นได้จากความเข้มข้นของ Met ในเลือดเพิ่มมากขึ้น (Blum et al., 1999)

ได้มีการประเมินความผันแปรของเทคโนโลยีที่สอง คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของ Lys ทำให้เทคโนโลยีที่สองนี้จำกัดต่อ Met เทคโนโลยีนี้ขึ้นอยู่กับการทำงานร่วมกันของกระบวนการ และวัสดุ ซึ่งเคลือบ และความสามารถในการป้องกันการย่อยสลายในกระเพาะหมัก โดยสัมพันธ์กับคุณสมบัติความเฉื่อยของ saturated fat ในกระเพาะหมัก ในขณะที่มีผลสนับสนุน intestinal release นอกจากนี้ apparent bioavailability ของ Met (ruminal escape × intestinal release) จากผลิตภัณฑ์ RPMet โดยใช้เทคนิดนี้น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ RPMet ที่ใช้เทคโนโลยีแรก (Bach and Stern, 2000; Berthiaume et al., 2000)

เทคโนโลยีที่สาม (i.e., liquid HMB) ปัจจุบันใช้เป็นตัวเลือกแทน coated หรือ encapsulated forms of Met เกลือแคลเซียมของ HMB ปกติจะรู้จักกันในชื่อ Met hydroxy analog ได้มีการศึกษาอย่างกว้างขวางในการใช้เสริมเพื่อเพิ่มผลผลิตน้ำนมและไขมันนม เป็นที่ทราบกันดีว่าในสัตว์กระเพาะเดี่ยว หลังจากการดูดซึม HMB จะถูกเปลี่ยนเป็น α-keto analog ของ Met ก่อน หลังจากนั้นจะถูก transaminated เป็น L-Met (Baker, 1994) การรวมประสิทธิภาพของอัตราการดูดซึมและการเปลี่ยนเป็น Met ในสัตว์กระเพาะเดี่ยวยังเป็นที่สงสัยอยู่ Baker (1994) สรุปการประเมินประสิทธิภาพของ dietary HMB และสรุปว่า ค่า ‘‘Met bioavailability’’ (molar basis) ที่เหมาะสมสำหรับ หนู ไก่ และสุกร คือ 70, 80, และ 100% ตามลำดับ การเปรียบเทียบข้อมูล ‘‘Met bioavailability’’ (ruminal escape × intestinal absorption × conversion to Met) ในสัตว์เคี้ยวเอื้องยังไม่มี อย่างไรก็ตาม การศึกษาชี้ให้เห็นว่า HMB มีความต้านทานต่อการย่อยสลายในกระเพาะหมักมากกว่า free Met (Belasco, 1972, 1980) ซึ่งจะถูกดูดซึมผ่าน ruminal และ omasal epithelium ได้ (McCollum et al., 2000) และสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถหลั่งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยน HMB ไปเป็น Met (Belasco, 1972, 1980; Papas et al., 1974) การศึกษาของ Koenig et al. (1999) เป็นเพียงรายงานเดียวที่พยายามหาปริมาณ ruminal escape และ intestinal absorption ของ liquid HMB ในโคนม ในการทดลองนี้โครีดนมได้รับอาหารที่มี 30 g/d HMB กำหนดให้ fractional rate คงที่สำหรับ ruminal และ duodenal disappearance of HMB และ passage of liquid ผลสรุปพบว่า 50% ของ HMB หลบเลี่ยงการย่อยสลายในกระเพาะหมัก อย่างไรก็ตาม การแทนที่ ของ dietary HMB เพื่อ absorbed Met สำหรับ protein synthesis ยังไม่ทราบแน่ชัด เพราะว่า ความเข้มข้นของ Met ในเลือดเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย (Johnson et al., 1999) และองค์ประกอบของโปรตีนในน้ำนมเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเช่นกัน (Johnson et al., 1999; Rode et al., 1998)

ผลของการเสริม ruminally protected methionine ต่อผลผลิตน้ำนม Noftsger et al. (2005) ทำการศึกษาผลของการเสริม HMB, HMBi และ DL-Met ที่ระดับ 25, 32.5 และ 22 กรัม/วัน พบว่า HMBi มีผลทำให้โปรตีนในน้ำนมเพิ่มขึ้นโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อ ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่มีการเสริม HMB และกลุ่มควบคุม แต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติกับกลุ่มที่มีการเสริม DL-Met ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Rulquin et al. (2006) และ St-Pierre and

Sylvester (2005) ที่ทำการเสริม HMBi ในอาหารโคนมทำให้โปรตีนในน้ำนมเพิ่มขึ้น และในงานทดลองของ St-Pierre and Sylvester (2005) พบว่า HMBi มีผลทำให้ปริมาณน้ำนมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ทำการเสริม HMB Samuelson et al. (2001) ได้ศึกษาผลของการเสริม M85 และ DL-Met พบว่า การเสริม M85 ร่วมกับ DL-Met มีผลทำให้โปรตีน และแลคโตสในน้ำนมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และในงานทดลองของ Lara et al. (2006) ทำการศึกษาผลของ RP-Met ที่ระดับ 8, 16 และ 24 กรัม/วัน พบว่ามีผลทำให้โปรตีนในน้ำนมเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อทำการเสริม RP-Met ที่ระดับ 16 กรัม/วัน จะมีผลทำให้ปริมาณน้ำนมเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่มีการเสริมในระดับต่างๆซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Socha et al. (2005) พบว่าเมื่อทำการเสริม RP-Met สามารถเพิ่มไขมันในน้ำนม โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่ง Met นั้นจะมีผลต่อการสังเคราะห์ short-และ medium-chain fatty acids ภายในต่อมสร้างน้ำนม ส่วนงานทดลองของ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.1 ผลการเสริม ruminally protected Met ต่อผลผลิตในโคนม

References	Type of amino acid	Level (g/d)	Milk yield (Kg/d)	Milk composition		
				Fat	Protein	Lactose
Noftsger et al. (2005)	Control	0	38.5	3.35	2.91^{b}	4.90
	HMB	25	38.0	3.35	2.95^{b}	4.91
	HMBi	32.5	38.3	3.42	3.02^{a}	4.86
	DL-Met	22	35.8	3.60	2.96$^{a, b}$	4.78
Rulquin et al. (2006)	Control	0	31.4	4.16	3.09^{y}	-
	HMBi	21.3	31.5	4.20	3.19^{x}	-
	HMB	26.4	31.8	4.26	3.10^{y}	-
	SmM	13.3	32.0	4.16	3.16^{x}	-
St-Pierre et al. (2005)	Control	0	39.8^{y}	3.61	2.81^{b}	4.79
	HMB	26	40.7^{y}	3.76	2.88^{b}	4.91
	HMBi	39	42.3^{x}	3.82	2.97^{a}	4.86
Samuelson et al. (2001)	Control	0	35.3^{a}	3.75	3.34^{b}	4.66^{b}
	M85	15	34.3^{b}	3.75	3.36^{b}	4.76^{ab}
	DL-Met	15	34.9^{b}	3.60	3.33^{b}	4.75^{ab}
	M85 and DL-Met	15 and 15	35.9^{a}	3.70	3.44^{a}	4.84^{a}
Lara et al. (2006)	Control	0	31.4^{c}	3.13	3.35^{b}	-
	RP-Met	8	33.6^{b}	3.10	3.58^{a}	-
	RP-Met	16	35.8^{a}	3.11	3.49^{a}	-
	RP-Met	24	33.7^{b}	3.16	3.50^{a}	-
Socha et al. (2005)	CP (%), RP-Met (g/d)	18.5 ,0	43.4	3.62^{y}	2.80^{z}	-
	CP (%), RP-Met (g/d)	18.5 ,10.5	40.9	3.88^{x}	3.10^{x}	-
	CP (%), RP-Met + RP-Lys(g/d)	18.5,10.2+16.0	45.8	3.65^{y}	2.94^{xy}	-

หมายเหตุ $^{a, b, c}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

$^{x, y, z}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

M85 = Mepron 85; DL-Met = DL- methionine; HMB = 2-hydroxy-4-(methylthio)-butanoic acid; HMBi = isopropyl-2-hydroxy-4-(methylthio)-butanoic acid; SmM = Smartamine

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.3 แร่ธาตุปลีกย่อย

2.3.1 บทบาททางสรีรวิทยาของแร่ธาตุปลีกย่อย

โดยทั่วไปแล้วสัตว์จะได้รับแร่ธาตุจากอาหาร และน้ำที่ดื่มโดยตรงหรือเศษดินที่ติดอยู่ตามเมล็ดหรือต้นพืช ปริมาณแร่ธาตุเหล่านี้จะมีอยู่อย่างเพียงพอกับความต้องการของสัตว์หรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ชนิดและปริมาณของอาหารที่สัตว์ได้รับ ความเป็นประโยชน์ของแร่ธาตุนั้นๆ สภาวะความต้องการในการให้ผลผลิตหรือสภาวะทางสรีระวิทยาของสัตว์ สภาพและคุณสมบัติของดินในแต่ละพื้นที่ ดังนั้นเมื่อสัตว์ได้รับแร่ธาตุชนิดใดชนิดหนึ่งไม่เพียงพอกับความต้องการหรือได้รับสัดส่วนที่ไม่เหมาะสมจะทำให้สัตว์แสดงอาการขาดหรือเกิดการเป็นพิษได้ ซึ่งจะทำให้ส่งผลเสียต่อสุขภาพและการให้ผลผลิตของสัตว์ (เมธา วรรณพัฒน์ และ ฉลอง วชิรภากร, 2533)

2.3.1.1 ทองแดง (Copper, Cu)

ปริมาณการกระจายตัวของทองแดงในร่างกายระหว่างเนื้อจะแตกต่างกันตามอายุและสถานะของสัตว์โดยที่ตับถือว่าเป็นอวัยวะที่เป็นแหล่งสะสมของทองแดงในร่างกาย พบว่ามีทองแดงประมาณ 40 ถึง 70% ของทองแดงทั้งหมดในร่างกายสัตว์ ในภาวะปกติทองแดงในพลาสม่าจะมีค่าอยู่ระหว่าง 12.6 ถึง 18.9 umol/L (0.8 ถึง 1.2 mg/L) (ฉลอง วชิราภากร, 2543)

หน้าที่ทางชีวเคมีของทองแดง ทองแดงจะมีความสำคัญต่อการสร้างเม็ดเลือดแดง มีผลต่อการนำเหล็กไปเป็นโครงสร้างของ heme และช่วยให้เม็ดเลือดแดงเจริญเต็มที่ นอกจากนี้ ทองแดงยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการ osteogenesis กระบวนการปกป้องต่างๆในร่างกาย เกี่ยวข้องกับ pigmentation และ keratinization ของขน และการสร้างโปรตีนที่มีทองแดงเป็นองค์ประกอบ คือ เอนไซม์ต่างๆ ได้แก่ cytochrom oxidase, tyrosinase, ceruloplasmin, galactose oxidase, uricase, xanthine oxidase และอื่นๆ ที่ทำหน้าที่ในระบบเอนไซม์ โดยเอนไซม์เหล่านี้เกี่ยวข้องกับกระบวนการรีดอกซ์ ในช่วงต้นของกระบวนการหายใจของเนื้อเยื่อ และในหลายๆกรณี ทองแดงทำหน้าที่ในการส่งผ่านอิเล็คตรอน และในบางกรณีทำหน้าที่ในการอำนวยความสะดวกในการสร้าง enzyme-substrate complexes และทำให้เกิดความคงตัวของโครงสร้างของ tertiary enzyme อย่างไรก็ตาม โปรตีนที่ทองแดงเป็นองค์ประกอบที่ไม่มีหน้าที่ในการกระตุ้นการทำงานภายในเซลล์ แต่บทบาทในทางชีวเคมีที่แท้จริงยังไม่ทราบแน่ชัด นอกจากนี้ทองแดงที่อยู่ในรูปของ Cupic ion (Cu^{3+}) ยังเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่จำเพาะเจาะจง เช่น sulphide oxidase, tyrosine iodooxidase เป็นต้น และยังช่วยในการรักษากิจกรรมของ labile hypophyseal hormones ในเลือดอีกด้วย

การดูดซึม เมแทบอลิซึม และการขับออกของทองแดง การดูดซึมทองแดงส่วนมากเกิดขึ้นในลำไส้เล็ก และโดยเฉพาะในลำไส้ใหญ่ ส่วนทองแดงที่ถูกขับออกมาจะอยู่ในมูลเป็นส่วนมาก และส่วนน้อยถูกขับออกมากับปัสสาวะ ซึ่งทองแดงถูกขับออกมากับน้ำดีมากในทางเดินอาหาร มีรายงานว่าการขับออกของทองแดงในน้ำดี ถือได้ว่าเป็นกระบวนการหนึ่งในการรักษาสภาวะสมดุลของทองแดง และในสัตว์เคี้ยวเอื้องพบว่ามีการหลั่งทองแดงออกมากับน้ำดีน้อยกว่าในสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง ในการรักษาสภาวะ

ความสมดุลของทองแดงในร่างกายถูกควบคุมในการขับออกของทองแดงมากกว่าเพิ่มการดูดซึมที่ลำไส้ซึ่งแตกต่างจากธาตุเหล็ก

กลไกลของการดูดซึมทองแดงยังไม่ทราบแน่ชัด แต่เชื่อว่าทองแดงดูดซึมในรูปของ stable solution complexes ส่วนมากจับกับกรดอะมิโน แต่ไม่ถูกดูดซึมในรูปของไอออน เมื่อถูกดูดซึมทองแดงจะจับกับอัลบูมินและกรดอะมิโนแบบหลวมๆ เพื่อจะเกิดการส่งผ่านไปยังตับที่เป็นที่เก็บสะสมของทองแดง การดูดซึมของทองแดงที่ได้รับจากอาหารหรือจากแหล่งเกลืออนินทรีย์สารไม่แตกต่างกัน การดูดซึมทองแดงในสัตว์ที่โตเต็มที่อยู่ระหว่าง 5-10% แต่ในลูกสัตว์ทองแดงถูกดูดซึมระหว่าง 15-30% ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการดูดซึมทองแดงอีกประการหนึ่งได้แก่ ผลกระทบต่อแร่ธาตุด้วยกัน คือ โมลิบดินัมและซัลเฟอร์ ระดับของโมลิบดินัมและซัลเฟอร์ที่มีอยู่ในอาหารจะมมีผลกระทบต่อการดูดซึมของทองแดง โดยโมลิบดินัมและซัลเฟอร์ลดความเป็นประโยชน์ของทองแดงในทางเดินอาหารของสัตว์ โดยการจับกับทองแดงเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายในทางเดินอาหาร คือ Cu-thiomolybdates ทำให้การดูดซึมของทองแดงลดลง (Grace, 1983) นอกจากนี้ปัจจัยเกี่ยวกับสัตว์ก็มีอิทธิหลต่อการดูดซึมของบทองแดง เช่นการดูดซึมของทองแดงในสัตว์เคี้ยวเอื้องในช่วงที่กระเพาะหมักยังไม่พัฒนา จะสูงกว่าสัตว์ที่มีกระเพาะหมักที่พัฒนาเต็มที่มาก และพยาธิในระบบทางเดินอาหารพบว่ามีผลต่อการดูดซึมทองแดงเช่นเดียวกัน

การแสดงอาการขาดแร่ธาตุทองแดง ลักษณะของการแสดงอาการขาดของทองแดงมีความแปรปรวนไปตามอายุ และชนิดของสัตว์ แต่ในสัตว์เกือบทุกชนิดการขาดทองแดงจะมีลักษณะอาการโลหิตจาง อัตราการเจริญและการพัฒนาลดลง ลักษณะอาการ เช่น ท้องร่วง การเปลี่ยนแปลงของสีขนทำให้เกิดสีจางลง ยับยั้งการสร้างกระดูก และเกิดการแตกร้าวของกระดูก และเกิด demyelinization ของ spinal column ของ spinal cord โคที่ขาดทองแดงจะมีอาการ unthrifty การเจริญเติบโตลดลงและมีปัญหาทางระบบสืบพันธุ์ ลูกโคมีการเพิ่มน้ำหนักน้อยและกระดูกแตกหักง่าย การทำงานของกระดูกสันหลังส่วนท้ายผิดปกติ สีขนมีสีซีดจาง นอกจากนี้การขาดทองแดงในโคยังทำให้มีมูลเหลวคล้ายกับท้องเสีย (scour) หรือ ‘peat diarrhoea’

การได้รับทองแดงที่มากเกินไปเป็นเวลานานจะทำให้เกิดการตายของเซลล์ตับ, methaemoglobinaemia, hypercucupraemia, bilirubinaemia และ haemolysis ของเม็ดเลือดแดง ลักษณะทางคลินิกที่แสดงออก เช่น ดีซ่าน ไม่อยากอาหาร กระหายน้ำ อัตราการหายใจเพิ่มขึ้นและ intensified heartbeat สัตว์ชอบนอนบนพื้นดิน และอาจนำไปสู่การตายเนื่องจากตับถูกทำลายที่นำไปสู่การแสดง dyspnea และ spasms

2.3.1.2 สังกะสี (Zinc, Zn)

สังกะสี พบอยู่ทั่วไปและมีปริมาณค่อนข้างสูงในร่างกาย ในเนื้อเยื่ออ่อนนุ่มมีสังกะสีประมาณ 0.23 ถึง 0.8 mmol/kg และมีมากในผิวหนัง ขน ผม และเขา นอกจากนี้ยังพบสังกะสีใน

อวัยวะเพศตัวผู้รวมทั้งในน้ำกาม ความเข้มข้นของสังกะสีในเลือดของโคอยู่ระหว่าง 12 ถึง 18.5 μmol/L ส่วนในน้ำนมมีสังกะสีประมาณ 0.05 ถึง 1 μmol/L แต่ปริมาณสังกะสีในน้ำนมเปลี่ยนแปลงได้ง่ายตามปริมาณสังกะสีที่ได้รับ ระยะของช่วงการให้นม นมน้ำเหลือง ส่วนในนมน้ำเหลืองมีปริมาณสังกะสีเป็นจำนวนมาก

หน้าที่ทางชีวเคมีของสังกะสี สังกะสีมีบทบาทสำคัญของการกทำงานต่างๆในร่างกาย ที่มีผลต่อการเจริญเติบโต การพัฒนาหน้าที่ของระบบสืบพันธุ์ การสร้างกระดูดและเลือด รวมทั้งกระบวนการเมทาบอลิซึมของกรดนิวคลิอิก โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต สังกะสีจะเข้าไปเกี่ยวข้องในกระบวนการต่างๆนั้น โดยทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์และตัวกระตุ้นของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น สังกะสีจะเป็นองค์ประกอบหลักของเอนไซม์หลายๆตัวรวมทั้งทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายๆตัวเช่นเดียวกัน เนื่องจากสังกะสีเป็นแร่ธาตุประจุบวกที่ไม่จำเพาะจึงสามารถทำหน้าที่ในการกระตุ้นเอนไซม์ uricase, dipeptidases of tntestinal juice และเอนไซม์ตัวอื่นๆ นอกจากนี้สังกะสียังเกี่ยวข้องกับฮอร์โมนอินซูลิน ถึงแม้ว่าสังกะสีไม่ได้เป็นองค์ประกอบของฮอร์โมนอินซูลิน แต่จะทำหน้าที่ในการ hydroglycaemic effect ของฮอร์โมนนี้ ทำให้เกิดการคงตัวและปกป้องการย่อยของฮอร์โมน insulinase และในหลายๆเนื้อเยื่อพบว่าสังกะสีมีการจับกับ nucleotides เป็นสารประกอบเชิงซ้อน แต่ไม่คงตัวเท่ากับจับกับกรดอะมิโน ซึ่งสังกะสีก็จะเกี่ยวข้องกับการรักษาสภาพของ RNA ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีนและถ่ายรหัสพันธุกรรม

การดูดซึม เมแทบอลิซึม และการขับออกของสังกะสี สังกะสีเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์หลายตัวและมีบทบาทที่สำคัญในกระบวนการทางชีวเคมีในร่างกายโดยเฉพาะเมทาบอลิซึมของกรดนิวคลีอิก คาร์โบไฮเดรต รวมทั้งการสังเคราะห์โปรตีน ดังนั้น เมื่อสัตว์ขาดสังกะสี จึงมีผลกระทบต่อการทำงานของเซลล์จำนวนมาก ในร่างกายสัตว์สามารถระบุได้ว่าเนื้อเยื่อหรืออวัยวะส่วนใดที่เป็นแหล่งสะสมของสังกะสี ที่สามารถแลกเปลี่ยนหรือนำมาใช้ในกรณีที่ขาดสังกะสีในระยะยาวได้ ดังนั้น การป้องกันการขาดสังกะสี สัตว์จึงจำเป็นต้องได้รับสังกะสีจากอาหารอย่างต่อเนื่อง การควบคุมสังกะสีในร่างกายโดยการควบคุมการดูดซึมของสังกะสีที่อะโบมาซัมและลำไส้เล็ก โดยพบว่าเมื่อสัตว์ได้รับสังกะสีในอาหารต่ำ การดูดซึมสังกะสีเพิ่มขึ้น (ฉลอง วชิราภากร, 2543)

สังกะสีจะมีการดูดซึมส่วนใหญ่ที่บริเวณลำไส้เล็กส่วนต้น ในสัตว์ที่โตเต็มที่ปริมาณการดูดซึมสังกะสีในสัตว์กระเพาะเดี่ยวประมาณ 7-15% ขณะสัตว์เคี้ยวเอื้องมีการดูดซึมอยู่ระหว่าง 20-40% ส่วนในลูกสัตว์นั้นจะมีการดูดซึมที่สูงกว่า ในอาหารที่มีแคลเซียมสูงประกอบกับมีกรดไฟติค (phytic acid) สูงจะยับยั้งการดูดซึมของสังกะสี สังกะสีนั้นจะถูกดูดซึมเข้าสู่เซลล์ของผนังเนื้อเยื่ออย่างรวดเร็ว แต่มีอัตราปลดปล่อยเข้าสู่กระแสเลือดในอัตราที่ค่อนข้างต่ำ นอกเหนือจากปัจจัยการยับยั้งการดูดซึมของสังกะสีข้างต้นแล้ว ฟอสฟอรัส แคดเมียม ทองแดง chelating agents (เช่น EDTA) และวิตามินดี ก็มีผลต่อการลดการดูดซึมสังกะสีในลำไส้เล็กอีกด้วย สังกะสีที่อยู่ในพลาสมา ตับ ตับอ่อนและโครงร่าง จะมีการแลกเปลี่ยนค่อนขางเร็ว ดังนั้นถ้าในอาหารที่สัตว์ได้รับมีสังกะสีต่ำ จะทำให้สังกะสีในอวัยวะต่างๆเหล่านั้น

ลดลงอย่างรวดเร็ว แต่ในขณะที่สังกะสีในกล้ามเนื้อและสมองกับไม่มีการเปลี่ยนแปลง สังกะสีที่อยู่ในพลาสมาจะจับกันหลวมๆกับโปรตีน เป็นแหล่งของสังกะสีที่มีอยู่ในน้ำนม โดยจะจับอยู่กับเคซีนที่เป็นแบบทั้งคงตัวและสามารถเคลื่อนย้ายได้ ในน้ำนมสังกะสีอยู่ในรูปอิสระประมาณ 10% ที่เหลือจับอยู่กับไขมันและอัลบูมิน ซึ่งในน้ำนมเหลืองจะมีสังกะสีอยู่มากกว่าปกติถึง 5 เท่า สำหรับการขับออกของสังกะสีส่วนมากหลั่งออกมากับน้ำย่อยจากตับอ่อนและจากลำไส้ และถูกขับออกมาพร้อมกับมูล ส่วนสังกะสีที่ถูกขับออกมาทางปัสสาวะนั้นน้อยมาก แต่ในสัตว์เคี้ยวเอื้องสังกะสีจะถูกขับออกมากับน้ำลายและซึมผ่านผนังกระเพาะหมักโดยตรง

การแสดงอาการขาดแร่ธาตุสังกะสี ลักษณะที่พบในโคจะมีการหลั่งน้ำลายออกมามาก ขนแข็งกระด้าง ไม่มีความยืดหยุ่น และเกิดขนร่วงบริเวณรอบๆปากและตาตามมา ข้อต่อเคลื่อน มีการแตกหักของ coronary border ของกีบ ผิวหนังบริเวณจมูก คอ อัณฑะมีลักษณะหยาบแห้งหลุดลอกได้ง่าย ลักษณะการเปลี่ยนแปลงแบบนี้ของผิวหนังเรียกว่า parakeratosis อาการเหล่านี้มีผลทำให้การเจริญเติบโตลดลง เนื่องจากการกินอาหารได้ลดลงและประสิทธิภาพต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่าบาดแผลหายยากและมีความไวต่อการติดเชื้อโรค การสืบพันธุ์ต่ำอาจเนื่องมาจาก poor testicular growth รวมทั้งการพัฒนาและการสร้างสเปริมส์ลดลงซึ่งความต้องการสังกะสีเพื่อการสืบพันธุ์พบว่ามีปริมาณที่มากกว่าเพื่อการเจริญเติบโต

2.3.1.3 แมงกานีส (Manganese, Mn)

แมงกานีสมีบทบาทที่สำคัญในการทำหน้าที่เป็น co-factor ของเอนไซม์หลายๆตัว และยังเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ที่สำคัญในกระบวนการทางชีวเคมีหลายกระบวนการ โดยเฉพาะ redox processes คือ การสังเคราะห์ mucopolysaccharides ที่เป็นส่วนของอินทรีย์สารในการสร้างกระดูกและฟัน การสังเคราะห์โคเลสเตอรอลที่ใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ฮอร์โมนหลายๆตัว เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์กลูโคส โดยเฉพาะการสังเคราะห์กลูโคสจากสรตั้งต้นที่เป็นกรดอะมิโน และการใช้ประโยชน์ของกลูโคส นอกจากนี้แมงกานีสยังมีบทบาทที่สำคัญใน tissue respiratory และ bone formation และมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ การสร้างเลือด และหน้าที่ของต่อมไร้ท่อ แมงกานีสจะเกี่ยวข้องกับการสร้างกระดูกโดยการกระตุ้นเอนไซม์ alkaline phosphatase และการสังเคราะห์ acidic mucopolysacchrides ใน bone matrix และ cartilage ซึ่งกระบวนการนี้เกิดในลักษณะเดียวกันกับการทำให้เปลือกไข่แข็งตัว และแมงกานีสยังมีผลที่เฉพาะกับไขมัน โดยเพิ่มการใช้ประโยชน์ของไขมันในร่างกาย และป้องกันการสร้างไขมันที่ตับ

การดูดซึม เมแทบอลิซึม และการขับออกของแมงกานีส แมงกานีสนั้นจะมีการขับออกมากับมูลในปริมาณที่สูง (94% ของแมงกานีสที่ได้รับ) และขับออกมากับปัสสาวะน้อยมาก (1.6% ของแมงกานีสที่ได้รับ) แมงกานีสมีการดูดซึมที่ลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ และการควบคุมสภาวะสมดุลของแมงกานีส โดยจะเพิ่มการหลั่งแมงกานีสกลับเข้ามาในทางเดินอาหาร ผ่านทางน้ำดี และมีบ้างจากน้ำย่อย

จากตับอ่อนและจากทางเดินอาหาร ส่วนการขับออกของแมงกานีสมากับปัสสาวะน้อยมาก โดยเฉลี่ยการสูญเสียแมงกานีสจากภายในประมาณ 6 mg/วัน (ฉลอง วชิราภากร, 2543)

แมงกานีสจะมีการดูดซึมที่บริเวณดูโอดีนัม ทั้งในสัตว์เคี้ยวเอื้องและสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง แต่ดูดซึมได้ในปริมาณที่ต่ำมากอยู่ระหว่าง 2-5% ของที่ได้รับ ส่วนในสัตว์เคี้ยวเอื้องดูดซึมได้สูงถึง 10-18% แมงกานีสถือว่ามีความสำคัญยิ่งต่อจุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งจะช่วยในกระบวนการหมักในกระเพาะหมักซึ่งจะช่วยส่งเสริมการทำงานของ bacteria deaminase และกระบวนการหมักของคาร์โบไฮเดรต

การแสดงอาการขาดแร่ธาตุแมงกานีส ในสัตว์ที่มีอายุน้อยที่ได้รับอาหารที่มีแมงกานีสต่ำจะทำให้การสร้างกระดูกผิดปกติ ส่วนในสัตว์ที่โตเต็มที่จะมีปัญหาทางด้านการสืบพันธุ์ เช่น ทำให้การเป็นสัดช้าหรือขยายช่วงของการแสดงออกของการแสดงอาการเป็นสัด มีอัตราการผสมติดต่ำในโค ถึงแม้ว่ามีการรายงานเกี่ยวกับลักษณะของอาการที่ได้รับแมงกานีสที่มากจนเกินไปน้อยมาก และที่พบในกรณีที่ได้รับแมงกานีสที่มากจนเกินไปก็คือ การเจริญเติบโตลดลง (ฉลอง วชิราภากร, 2543)

2.3.1.4 ซีลิเนียม (Selenium, Se)

ในสัตว์เลี้ยงมีซีลิเนียมประมาณ 20-25 µg/kg แต่ค่านี้อาจจะเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับซีลิเนียมที่มีอยู่ในอาหาร นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับอายุสัตว์ด้วย ซีลิเนียมพบอยู่ทั่วไปในเนื้อเยื่อ เซลล์ และของเหลวในร่างกาย แต่ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน ความเข้มข้นของซีลิเนียมในเลือดมีค่าอยู่ระหว่าง 50-180 µg/L ซึ่งความเข้มข้นของซีลิเนียมในเม็ดเลือดแดงจะมีมากกว่าในพลาสมาสองเท่า หรือกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่า 70% ของซีลิเนียมในเลือดอยู่ในเม็ดเลือดแดง

หน้าที่ทางชีวเคมีของซีลิเนียม ซีลิเนียมเป็นแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต และความสมบูรณ์พันธุ์ในสัตว์ มีผลต่อการป้องกันโรคหลายชนิดที่มีความเกี่ยวข้องกับวิตามินอี โรคเหล่านี้ได้แก่ เนื้อตายในตับของหนูและสุกร exudative diathesis และ pancreatic fibrosis ในสัตว์ปีก hepatosis diaetetica และ mulberry heart disease ในสุกร และ muscular dystrophy ในลูกแกะ ลูกโคและสปีชีส์อื่นๆ ซีลิเนียมที่มีบทบาทในการป้องกันโรคส่วนมากอยู่ในรูป glutathione peroxidase (GSH-Px) ซึ่งมีซีลิเนียมประกอบอยู่ 4 atom Se/mone โดย GSH-Px จะไปมีผลต่อการลด H_2O_2 และ hydroperoxides ที่เกิดจากการสลายกรดไขมัน ดังปฏิกิริยา

$$ROOH + 2GSH \longrightarrow R\text{-}OH + HOH + GSSG$$

ดังนั้น บทบาทของซีลิเนียมมีผลต่อการป้องกันเซลล์ถูกทำลาย ซึ่งหน้าที่ของซีลิเนียมที่มีความสัมพันธ์กับวิตามินอี คือ ทำหน้าที่เป็นสาร antioxidant แต่วิตามินอีมีหน้าที่ในผนังเซลล์โดยเป็น specific lipid-solution antioxidant ส่วน๙ลิเนียมเป็นองค์ประกอบของ cytosolic GSH-Px ในการกำจัด peroxides ด้วยเหตุนี้ GSH-Px จึงเป็นตัวแรกที่มีบทบาทป้องกันการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ของไขมัน

นอกจากนี้ซีลิเนียมยังมีบทบาทอื่นๆอีก นอกเหนือจากซีลิเนียมที่อยู่ในรูป GSH-Px เช่น selenium containing cytochrome ที่มีลักษณะที่คล้ายคลึงกับ cytochrome C ซีลิเนียมยังพบว่ามีบทบาทต่อเมทาบอลิซึมของ sylphydyl compounds ใน oxidative processes ของ tricarboxylic acid และกระบวนการเมทาบอลิซึมของไขมันและกลูโคส นอกจากนี้ซีลิเนียมยังมีความสามารถที่จะจับกับโลหะหนัก เช่น cadmium และ mercury ซึ่งเป็นการป้องกันการเป็นพิษของโลหะหนักได้

การดูดซึม เมแทบอลิซึม และการขับออกของซีลิเนียม ซีลิเนียมที่ได้รับจากอาหารจะมีการดูดซึมอย่างรวดเร็ว ทั้งในสัตว์เคี้ยวเอื้องและสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง ส่วนใหญ่แล้วจะดูดซึมที่บริเวณส่วนปลายของลำไส้เล็ก ส่วนในการขับออกของซีลิเนียมจากภายในเข้ามาในทางเดินอาหารจากส่วนดูโอดินัมโดยมากับน้ำดี (ในรูป taurine) และน้ำย่อยจากตับอ่อน ปริมาณการดูดซึมของซีลิเนียมในสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้องจะสูงกว่าสัตว์เคี้ยวเอื้อง (85% กับ 35% ตามลำดับ) แลยิ่งมีการดูดซึมมากขึ้นในสัตว์ที่ได้รับอาหารที่มีซีลิเนียมน้อย การดูดซึมของซีลิเนียมที่เสริมในอาหารรูป ซีลิเนียม-กรดอะมิโน สูงกว่าในรูป ซิลิไนท์ (selenite) กลไกการดูดซึมของซีลิเนียมเป็นในลักษณะต่อต้านความเข้มข้นที่ต้องอาศัยพลังงาน หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการดูดซึมแบบ active mechanism นอกจากนี้มีรายงานว่าการดูดซึมของซีลิเนียม-กรดอะมิโน มีกลไกลการดูดซึมคล้ายกับ ซัลเฟอร์-กรดอะมิโน และเกิดในบริเวณเดียวกัน

การแสดงอาการขาดแร่ธาตุซีลิเนียม ในสัตว์มีอาการของโรคที่มีความเกี่ยวข้องกับซีลิเนียมและวิตามินอี ในกรณีที่เกิดการขาดได้แก่ โรคที่สามารถรักษาได้โดยวิตามินอี แต่ไม่สามารถรักษาได้โดยซีลิเนียม เช่น muscular dystrophy ในกระต่าย encephalomalacia ในลูกไก่ โรคที่สมารถรักษาได้ทั้งวิตามินอี และซีลิเนียม เช่น liver necrosis ในหนู exudative diathesis ในลูกไก่ และโรคที่ไม่สามารถรักษาได้โดยวิตามินอี แต่สามารถรักษาได้โดยซีลิเนียม เช่น muscle disease ในแกะและโค ส่วนการได้รับซีลิเนียมมากจนเกินไปอาจทำให้เกิดความเป็นพิษในสัตว์ทั้งที่เป็นแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรัง เช่น การเกิด alkaline disease ในม้า แกะ และโค blind spin ในแกะและโค และการเกิด white muscle disease ในลูกสัตว์ที่เกิดใหม่

2.3.2 การเสริมแร่ธาตุปลีกย่อยในอาหารโคนมที่มีผลต่อผลผลิตน้ำนม

ตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพทางด้านสุขศาสตร์ของน้ำนมคือจำนวนแบคทีเรียและเซลล์เม็ดเลือดขาวซึ่งมีความเชื่อมโยงกับผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม มีข้อมูลเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่ยืนยันผลของการเสริมแร่ธาตุปลีกย่อยบางชนิดและรูปแบบต่างๆในอาหารโคนมต่อองค์ประกอบและคุณภาพของน้ำนม ผลของการใช้คีเลทและกรดอะมิโนที่มีส่วนผสมของ Cu, Zn และ Mn ในอาหารโคนมต่อเซลล์เม็ดเลือดขาวในน้ำนมนั้นมีความผันแปรในหลายๆ งานวิจัย ในการศึกษาของ Strusinska et al. (2004), Zieminski et al. (2002) และ Kinal et al.. (2005) พบว่าเมื่อให้โคนมได้รับแร่ธาตุอินทรีย์จะทำให้จำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวในน้ำนมลดลง

งานวิจัยโดย Zieminski et al. (2002) และ Kinal et al. (2005) ในโคนมที่ให้นมเฉลี่ย 6,500 kg ผลการทดลองพบว่าโคนมให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อ 30% ของความต้องการ Zn, Cu, และ Mn อยู่

ในรูป amino acid complexes แนวโน้มการเพิ่มขึ้นขององค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนน้ำนมของโคที่ได้รับ trace element bioplexes เหมือนกับผลการทดลองของ Strusinska et al. (2004) ซึ่งรายงานว่าองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเสริม amino acid complexes และ chelates ของ Zn, Cu, และ Mn ผลของการเสริม amino acid และ chelates ในอาหารโคต่อ somatic cells count ในน้ำนมพบว่าสามารถลด somatic cells count ได้อย่างมีนัยสำคัญ (Strusinska et. al., 2004; Zieminski et al., 2002; Kinal et al., 2005) อย่างไรก็ตาม ผลของงานวิจัยอื่นไม่ได้ยืนยันผลดีของแร่ธาตุปลีกย่อยอินทรีย์ที่เสริมในอาหารโคนม ทั้งนี้เพราะเป็นการเสริม bioplexes ของ zinc, copper, และ manganese ในอาหารโคนมที่ให้นม 9,500 kg of milk เพียง 20% ของความต้องการแร่ธาตุเหล่านี้ ผลตอบสนองที่ได้เพียงเพิ่มผลผลิตน้ำนม และผลผลิตโปรตีนในช่วงเดือนที่ 2 และ 3 ของการให้นม นอกจากนี้พบว่าเซลล์เม็ดเลือดขาวในน้ำนมต่ำที่สุดในเดือนที่ 3 ของระยะให้นม

ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการสืบพันธุ์ของโคนมที่ให้ลูกตัวแรกคือการคลอดยาก สภาพร่างกาย และการจัดการการให้อาหาร (DeRouen et al., 1994; Spitzer et al., 1995) การให้โคได้รับโปรตีน พลังงานและแร่ธาตุไม่เพียงพอต่อความต้องการจะทำให้มีการสูญเสียน้ำหนักตัวและมีผลต่อการสืบพันธุ์ การขาดแร่ธาตุปลีกย่อยอาจเกิดขึ้นได้ถ้าโคได้รับแร่ธาตุปลีกย่อยไม่เพียงพอ หรือมีปัจจัยอื่นๆ ในอาหารรบกวนการดูดซึม และ/หรือ เมแทบอลิซึม การศึกษาถึง bioavailability ของ organic และ inorganic minerals มีรายงานผลการทดลองที่ยังขัดแย้งกันอยู่ Ward et al. (1993) และ Wittenberg et al. (1990) พบว่าไม่มีความแตกต่างของ bioavailability ของ organic และ inorganic minerals อย่างไรก็ตาม Kincaid et al. (1986) รายงานว่าลูกโคที่ได้รับ Cu proteinate จะมีระดับ Cu ในตับและใน serum สูงกว่าลูกโคที่ได้รับ Cu sulfate ในขณะที่ Kropp (1990) พบว่าการเสริม chelated minerals ให้กับโคสาวท้องแรกในช่วง 30 วัน ก่อนถึงฤดูผสมพันธุ์ จะได้รับการผสมพันธุ์ก่อนโคสาวท้องแรกที่เสริม inorganic minerals งานวิจัยของ DiCostanzo et al. (1986) ทำการเสริม Mn, Cu, และ Zn ในสัดส่วนและระดับต่างๆ กัน พบว่าไม่มีผลต่อการสืบพันธุ์

2.4 แร่ธาตุอินทรีย์

งานวิจัยเกี่ยวกับแร่ธาตุปลีกย่อยและคำแนะนำของอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมามุ่งเน้นถึงการให้โคนมได้รับแร่ธาตุปลีกย่อยในระดับที่สูงกว่าเดิมเพราะสังเกตพบผลตอบสนองที่ดีในการศึกษาในโคขุน นอกจากนี้ผลตอบสนองจะมากกว่าเมื่อเป็นแร่ธาตุอินทรีย์เมื่อเปรียบเทียบกับแร่ธาตุอนินทรีย์ ความสนใจมุ่งไปยังโภชนะศาสตร์แร่ธาตุปลีกย่อยในการจัดการโคนมและโคเนื้อ เพราะเหตุผลเบื้องต้นมีความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะแร่ธาตุปลีกย่อยกับภูมิคุ้มกันโรค ความต้านทานต่อโรค และความสมบูรณ์พันธุ์ โดยเฉพาะพบว่า ซีลีเนียม วิตามิน อี ทองแดงและสังกะสี มีบทบาทสำคัญต่อหน้าที่ทางสรีรวิทยาดังกล่าว (Kellogg ,1990; Scaletti, et al., 1999; Smith et al., 1985; Smith et al.,

1984; Xin et al., 1991) การแสดงอาการขาดอาจเป็นปัญหาต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต แต่ถ้าเป็นการขาดที่ไม่แสดงอาการ หรือแสดงอาการเพียงเล็กน้อยจะมีผลต่อการทำหน้าที่ของภูมิคุ้มกันโรค การต้านทานต่อโรค และประสิทธิภาพการสืบพันธุ์

เหตุผลที่ใช้แร่ธาตุปลีกย่อยในรูปอินทรีย์เพราะมีรายงานการเพิ่มขึ้นของ bioavailability ของแร่ธาตุจากแหล่งอินทรีย์เปรียบเทียบกับแหล่งอนินทรีย์ ถึงแม้ว่ารายงานวิจัยที่ตีพิมพ์จะให้ผลผันแปรเมื่อเปรียบเทียบแร่ธาตุอินทรีย์กับแร่ธาตุอนินทรีย์ อย่างไรก็ตาม ยังมีรายงานบางรายงานที่รายงานผลในเชิงบวกเมื่อเสริมแร่ธาตุในรูปอินทรีย์ Clark et al. (1993) แสดงให้เห็นว่าโคเนื้อที่เสริม Cu ในปริมาณที่เท่ากัน ในรูปของ Cu proteinate, Cu sulfate, หรือ Cu oxide เป็นระยะเวลา 84 วัน จะมีองค์ประกอบของ Cu ในตับเท่ากับ 79.3, 56.8, และ 34.3 mg/kg DM เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ก่อนหน้านี้โคเหล่านี้ได้รับ Cu oxide แต่ก็ยังมีการแสดงอาการขาดทองแดง Cao et al. (2000) ประเมินผลิตภัณฑ์ organic zinc ทางการค้า 8 ชนิด ในเรื่องที่เกี่ยวกับ bioavailability ในลูกไก่และในลูกแกะ พบว่าในลูกแกะ bioavailability เมื่อเปรียบเทียบกับ 100% ของ Zn sulfate เท่ากับ 130, 110, และ 113 สำหรับ Zn proteinate, Zn amino acid chelate, และ Zn methionine ตามลำดับ

2.4.1 แร่ธาตุอินทรีย์ เต้านมอักเสบ และเซลล์เม็ดเลือดขาว (Organic Minerals, Mastitis, and Somatic Cell Counts)

การศึกษาที่ University of Kentucky (Harmon et al., 1998) ได้ประเมินผลของ Cu proteinate ต่อสภาวะของทองแดง การติดเชื้อของเต้านมของโคสาวท้องแรก และผลตอบสนองต่อวัคซีนป้องกัน *E. coli* J-5 ใช้โคสาวพันธุ์โฮลสไตน์ท้องแรกจำนวน 31 ตัว ได้รับอาหารที่มี 6-7 ppm Cu (-CU) หรือ 10 ppm copper proteinate (CUP; Bioplex, Alltech, Inc.) หรือ 10 ppm copper sulfate (CUS) โดยเริ่มที่ 120 d ก่อนคลอดจนถึง 60 d ของระยะให้นม โคทุกตัวได้รับวัคซีน *E. coli* J-5 bacterin ที่ -60 d, -30 d, และเมื่อคลอด ทำการเก็บตัวอย่างตับและเลือดระหว่างการทดลองเพื่อวิเคราะห์แร่ธาตุในตับและในเลือด และ plasma ceruloplasmin (Cp) วิเคราะห์ titers ของ *E. coli* J-5 ผลการทดลองพบ titers ในกลุ่ม CUP สูงกว่าในกลุ่ม CUS ($P<.07$) เมื่อคลอด การประเมินองค์ประกอบ Cu ในตับและในพลาสมา และ plasma Cp activities พบว่ามีแนวโน้มสนับสนุนแนวคิดที่ว่าการเสริม organic Cu สามารถเพิ่ม bioavailability ได้มากกว่า inorganic Cu ในโคสาวท้องแรก ค่าเฉลี่ย Cu ในตับของกลุ่ม CUP และ CUS สูงกว่ากลุ่ม –Cu ประมาณ 2 เท่า มีรายงานว่า Cp เป็นโปรตีนที่ขนย้าย Cu หลัก ที่ผลิตในตับ ข้อมูล Cu และ Cp ในเลือด แนะนำว่า CUP มีผลกระทบต่อระดับ plasma Cu โดยไม่ต้องมีการกระตุ้นของ Cp ข้อคำแนะนำคือ CUP อาจถูกจับ และ/หรือขนถ่ายโดยกลไกที่แตกต่างจาก inorganic Cu เต้านมของโคนมกลุ่ม CUP ไม่มีการติดเชื้อหรือติดเชื้อ coagulase-negative staphylococci (considered a minor pathogen) น้อยกว่า ($P<.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับโคนมในกลุ่ม –Cu และ CUS

ข้อมูลเกี่ยวกับกลไกของ Zn ในการต้านทานต่อโรคเต้านมอักเสบนั้นมีจำกัด การขาด Zn ในสัตว์เคี้ยวเอื้องทำให้ผิวหนังและ epithelia (i.e. keratinocytes) อ่อนแอ เช่นเดียวกับการลดขนาดของการเพิ่ม basal metabolic rate เมื่อได้รับการติดเชื้อ (Suttle and Jones, 1989) ทั้งนี้เป็นเพราะว่าต่อมสร้างน้ำนมเป็นต่อมผิวหนังที่จำเป็น (essentially skin gland) และความสำคัญของ keratin ที่เคลือบอยู่ใน streak canal ในการป้องกันการติดเชื้อ การเสริม Zn จะช่วยในการต่อต้านต่อการเกิด mastitis การศึกษาส่วนใหญ่จะเน้นถึงการลดลงของเซลล์เม็ดเลือดขาวในน้ำนมเมื่อเสริม Zn ในรูปอินทรีย์ Kellogg (1990) สรุปผลการทดลอง 8 การทดลองที่ประเมินผลการเสริม Zn-methionine เปรียบเทียบกับ Zn oxide และ methionine ในปริมาณที่เท่ากัน ผลการทดลองโดยรวมสรุปว่า การเสริม Zn-methionine (180 หรือ 360 mg Zn, 360 หรือ 720 mg methionine) ทำให้ SCC ลดลง 22% เมื่อเสริมในระดับต่ำ การเสริมใน Zn-methionine ระดับสูง สามารถลด SCC ได้ถึง 50% อย่างไรก็ตาม มีอยู่ 1 งานวิจัย ไม่พบว่า SCC ลดลง เมื่อเสริม Zn-methionine

Galton (1990) พบว่า Zn-methionine ไม่มีผลต่ออัตราการเกิดการติดเชื้อจากการกระตุ้นด้วย *Streptococcus agalactiae* ถึงแม้ว่า SCC จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญในโคที่เสริม ในทางตรงกันข้าม Spain (1993) รายงาน Zn proteinate (providing 50% of a total 800 mg Zn per cow per day as proteinate) มีผลดีต่ออัตราการเกิดการติดเชื้อ และพบว่าการเสริม Zn proteinate ไม่มีผลต่อ SCC และต่อผลผลิตน้ำนม เมื่อเปรียบเทียบกับ Zn oxide อย่างไรก็ตาม จำนวนโคที่ติดเชื้อเป็น 2 เท่า ในโคที่เสริม Zn oxide เมื่อเปรียบเทียบกับโคที่เสริม Zn proteinate ดังนั้น Spain (1993) จึงแนะนำว่า organic Zn มีประโยชน์ในการเพิ่มความต้านทานต่อเชื้อโรคที่ทำให้เกิดโรคเต้านมอักเสบ เพราะบทบาทของ Zn ต่อการรักษาความแข็งแรงของผิวหนังและ keratin ที่เคลือบ streak canal

มีหลายการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่า SCC ลดลงในโคนมที่เสริมด้วยส่วนผสมของ mineral proteinates ซึ่ง Harris (1995) รายงานผลของการศึกษาเป็นระยะเวลา 90 วัน ที่โคนมกลุ่มหนึ่งจำนวน 70 ตัว ได้รับ TMR และเสริมด้วย 400 mg Zn ต่อตัวต่อวัน ในรูป Zn proteinate ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับ TMR ปกติ ค่าเฉลี่ย SCC ในโคกลุ่มที่เสริม Zn proteinate ลดลง 24% ในขณะที่ SCC ในกลุ่มควบคุมเพิ่มขึ้น 36% Boland, O'Donnell, and O'Callaghan (1996) รายงานผลการทดลองจาก 3 การทดลองที่แตกต่างกัน โดยเสริมส่วนผสมของ mineral proteinates ในอาหารโคนม ซึ่ง mineral proteinates (Zn, Cu, และ selenium yeast) จะให้แร่ธาตุต่อตัวต่อวันดังนี้ Cu, 100 mg; Zn, 300 mg; Se, 2 mg ปริมาณแร่ธาตุในเลือดของโคนมเป็นปกติทั้ง 2 กลุ่ม หมายถึงโคนมทั้ง 2 กลุ่มมีสภาวะของแร่ธาตุเพียงพอ และไม่ได้รับผลกระทบจากการเสริมแร่ธาตุ อย่างไรก็ตาม โคนมที่ได้รับ mineral proteinates ทั้ง 3 การทดลอง ระดับของ SCC ในน้ำนมลดลง 52%, 45%, และ 35% ตลอดระยะเวลาการทดลอง ในงานทดลองสุดท้าย SCC ลดลงถึง 52% ในช่วง 4 สัปดาห์สุดท้ายของการทดลอง จากผลการทดลองดังกล่าวสรุปได้ว่าการเสริม organic mineral จะมีผลดีต่อการลดลงของ SCC ในฝูง ซึ่งหมายถึงสุขภาพของเต้านมดีขึ้น

ตารางที่ 2.2 ผลของการเสริม mineral proteinate (Bioplex) ต่อจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวในน้ำนม

Form of proteinate supplemented	Mineral supplied daily as proteinate	% reduction in SCC	Reference
Zn	400 mg	57% (~ 40%; adjusted	Harris (1995) (n = 70 per group)
Cu Zn Se	100 mg 300 mg 2 mg	52%	Boland et al. (1996) (n = 7 per group)
Cu Zn Se	100 mg 300 mg 2 mg	45%	Boland et al. (1996) (n = 28 per group)
Cu Zn Se	100 mg 300 mg 2 mg	35%; wk 0 to 12 52%; wk 9 to 12	Boland et al. (1996) (n = 23 per group)

2.4.2 แร่ธาตุอินทรีย์กับการสืบพันธุ์ (Organic Minerals and Reproduction)

เป็นที่ทราบกันมานานแล้วว่า Selenium และ vitamin E มีผลกระทบต่อการสืบพันธุ์ การศึกษาของ Harrison et al. (1984) ทำการฉีด 0.1 mg Se per kg BW เมื่อ d 21 ก่อนคลอด และเสริม 1000 IU vitamin E per cow per day เป็นระยะเวลา 21 วัน หลังคลอด ผลการทดลองไม่พบว่ามีโคนมที่ได้รับการเสริม Se และ vitamin E เกิดรกค้าง เมื่อเปรียบเทียบกับโคนมที่ไม่ได้รับการเสริมเกิดรกค้าง 17.5% ตรวจพบ Cystic ovaries ในโคที่ได้รับ Se 19% และในโคที่ไม่ได้รับ Se 47% ในขณะที่การทดลองของ Boland et al. (1996) พบว่าโคที่ได้รับ organic trace minerals (Cu, Zn, และ Mn proteinates และ Se yeast) มีระยะเวลาจากคลอดถึงวันที่พบ first dominant follicle (7.8 vs 9.3) ลดลง มีระยะเวลาจากคลอดถึงตกไข่ (days to first ovulation) น้อยกว่า 5 วัน และระยะเวลาจากคลอดถึงวันที่ได้รับการผสม (first service) น้อยกว่า 6 วัน อัตราการผสมติดจากการผสมครั้งแรก (first service conception rate) ดีขึ้นจาก 57.7% เป็น 65.2% Fallon et al. (1993) แสดงให้เห็นว่า superovulated, cross-bred heifers ที่ได้รับการเสริม organic Cu, Zn, และ Mn มีอัตราการปฏิสนธิเพิ่มขึ้น 8.5% มีจำนวนตัวอ่อนที่ได้รับการปฏิสนธิเพิ่มขึ้น 36% ในขณะที่ Britt (1996) พบว่าการเสริม organic trace minerals ในอาหารของ superovulated cows มีผลทำให้จำนวน transferable embryos per flush เพิ่มขึ้น และทำให้มี Grade I embryos ที่เก็บได้เพิ่มขึ้นอย่างมาก จากผลการทดลองดังกล่าวพอสรุปได้ได้ว่าการเสริม organic trace minerals ในอาหารโคนมเป็นประโยชน์ต่อ reproductive performance

การพิจารณาว่าควรใช้ organic trace minerals เมื่อใดนั้น ควรพิจารณา 1) ช่วงหยุดให้นมและรอคลอด 2) โคคลอดใหม่ 3) โคที่อยู่ในสภาวะเครียด (ขณะคลอด ระหว่างการขนส่ง และเกิดการเปลี่ยนแปลงต่างๆ มาก) และ 4) ในช่วงผสมพันธุ์ (30 to 60 d) คำแนะนำการเสริมคือ ระหว่าง 25 ถึง 30% ของความต้องการแร่ธาตุควรอยู่ในรูปอินทรีย์

Inorganic (selenite and selenate) และ selenium yeast (Se-yeast) เป็นแหล่ง Se ที่อนุญาตให้เสริมในโคนม Se-yeast จะมีองค์ประกอบของ Se ที่อยู่ในรูป seleno-methionine (Se-met) กลไกการดูดซึมในลำไส้เล็กระหว่าง inorganic Se และ Se-met นั้นแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง ดังนั้นปัจจัยที่ทำให้การดูดซึม inorganic Se ลดลง จะไม่มีผลกระทบต่อการดูดซึม Se-met นอกจากนี้เมทาบอลิซึมของ inorganic Se และ Se-met w ภายในเซลล์ก็แตกต่างกัน Inorganic Se เกือบทั้งหมดจะถูกใช้ในการสังเคราะห์ seleno-specific enzymes ในขณะที่ Se-met จะถูกใช้เพื่อการสังเคราะห์เอนไซม์อื่นๆ และสามารถรวมกับโปรตีนใดๆ ที่มี Met เป็นองค์ประกอบ โคนมที่ได้รับ Se-yeast จะมีความเข้มข้น Se ในเลือด (average = 20%) ในน้ำนม (90%) และมีกิจกรรมของ glutathione peroxidase (16%) สูงกว่าโคที่ได้รับ inorganic Se การให้โคได้รับ Se-yeast ในช่วงท้ายของการตั้งท้องสามารถเพิ่มความเข้มข้นของ Se ในเนื้อเยื่อของลูกโคเกิดใหม่ จากข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบัน Se-yeast จะมี bioactivity of Se สูงกว่า inorganic Se ประมาณ 20%

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
การศึกษาผลของการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ในอาหารโคนมต่อผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบทางเคมี และกรดไขมันในน้ำนมของโคนม

3.1 บทนำ

เมทไธโอนีนจัดเป็นกรดอะมิโนที่มีความสำคัญเป็นลำดับที่หนึ่ง (First-limiting amino acid) ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งเมทไธโอนีนมีหน้าที่หลายอย่าง ได้แก่ เป็นองค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับการสังเคราะห์โปรตีนและเป็นสารที่ให้หมู่เมทธิลในการสังเคราะห์กรดอะมิโนตัวอื่นๆ ในโคนมนั้นจะมีความต้องการเมทไธโอนีนในปริมาณที่สูง เนื่องจากเมทไธโอนีนมีความสำคัญต่อการสังเคราะห์โปรตีนในน้ำนม และบางส่วนจะถูกนำไปใช้ในปฏิกิริยา transmethylation ในกระบวนการสังเคราะห์ไขมันนม ซึ่งเมทไธโอนีนจะเป็นตัวที่ให้หมู่เมทธิลในปฏิกิริยานี้ การเสริมเมทไธโอนีนในอาหารโคนมนั้นจะสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิตของโคนมให้สูงขึ้นได้ ดังนั้นจึงถือได้ว่าเมทไธโอนีนเป็นกรดอะมิโนจำเป็นที่ต้องมีในอาหารสัตว์ทั้งนี้เนื่องจากสัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์ได้หรือสังเคราะห์ได้แต่ไม่เพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องได้รับจากอาหารที่กินเข้าไป ในปัจจุบันการเสริมเมทไธโอนีนในอาหารโคนมจะเสริมในรูปที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมัก ได้แก่ rumen-protected methionine หรือ methionine hydroxy analog (MHA) มีสูตรทางเคมีคือ 2-hydroxy-4-methylthio butanoic acid ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์เมทไธโอนีน ซึ่งต่างจาก DL-Methionine ตรงที่ MHA จะมีหมู่ไฮดรอกซี่ (-OH) ตรงคาร์บอนตำแหน่งอัลฟา ส่วน DL-Methionine จะมีหมู่กรดอะมิโน ($-NH_2$) ในระหว่างที่ MHA เข้าไปในตับจะพบว่าจะมีหมู่อะมิโนเข้าไปจับกับโมเลกุลของ MHA ทำให้เปลี่ยนไปเป็น แอล-เมทไธโอนีน ซึ่งเป็นรูปที่สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Dibner, 1983) การดูดซึมของ MHA จะเกิดขึ้นทุกส่วนของลำไส้เล็ก โดยเฉพาะดูโอดีนัมและเจจูนัมส่วนกลาง และที่สำคัญ MHA จะมีการดูดซึมแบบ passive transport คือจะไม่ใช้พลังงานแต่ DL-Methionine จะมีการดูดซึมแบบ active transport คือต้องอาศัยตัวขนส่งเพื่อจะข้ามเยื่อหุ้มเซลล์และต้องการพลังงานซึ่งจะทำให้มีความร้อนเกิดขึ้น (Dibner and Knight , 1984) มีการศึกษาถึงผลของการเสริม ruminally protected methionine ต่อผลผลิตน้ำนม Noftsger, St-Pierre, and Sylvester (2005) ทำการศึกษาผลของการเสริม 2-hydroxy-4-(methylthio)-butanoic acid (HMB), isopropyl-2-hydroxy-4-(methylthio)-butanoic acid (HMBi) และ DL-Met ที่ระดับ 25, 32.5 และ 22 กรัม/วัน พบว่า HMBi มีผลทำให้โปรตีนในน้ำนมเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่มีการเสริม HMB และกลุ่มควบคุม แต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติกับกลุ่มที่มีการเสริม DL-Met ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Rulquin et al. (2006) และ St-Pierre and Sylvester (2005) ที่ทำการเสริม HMBi ในอาหารโคนมทำให้โปรตีนในน้ำนมเพิ่มขึ้น และในงานทดลองของ St-Pierre and Sylvester (2005) พบว่า HMBi มีผลทำให้ปริมาณน้ำนมเพิ่มขึ้น เมื่อ

เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ทำการเสริม HMB Samuelson et al. (2001) ได้ศึกษาผลของการเสริม M85 และ DL-Met พบว่า การเสริม M85 ร่วมกับ DL-Met มีผลทำให้โปรตีน และ แลคโตสในน้ำนมเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและในงานทดลองของ Lara et al. (2006) ทำการศึกษาผลของ RP-Met ที่ระดับ 8, 16 และ 24 กรัม/วัน พบว่ามีผลทำให้โปรตีนในน้ำนมเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อทำการเสริม RP-Met ที่ระดับ 16 กรัม/วัน จะมีผลทำให้ปริมาณน้ำนมเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่มีการเสริมในระดับต่างๆ ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา การเสริม Met hydroxy analog (**MHA®)** ในอาหารโคนมต่อประสิทธิภาพการให้ผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบทางเคมี และกรดไขมันในน้ำนมของโคนม

3.2 อุปกรณ์และวิธีการ

3.2.1 การจัดการสัตว์ทดลองและการให้อาหาร

การจัดการสัตว์ทดลอง

โคนมที่ใช้ในการทดลองเป็นโคนมพันธุ์ลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียน (Crossbred Holstein Friesian) ระดับเลือดมากกว่า 87.5 %HF จำนวน 21 ตัว จำนวนวันการให้นมเฉลี่ย 103±53 วัน (mean ± SD) ปริมาณน้ำนมเฉลี่ย 12.5±3 กิโลกรัม/วัน อายุเริ่มต้นในการทดลองเฉลี่ย 58±19 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 412±56 กิโลกรัม ทำการจัดสัตว์เข้าทดลองโดยการ block ด้วย จำนวนท้อง (parity) และทำการปรับสมดุลในแต่ละกลุ่มด้วยจำนวนวันที่ให้นม ปริมาณน้ำนมเริ่มต้นและน้ำหนักตัวเริ่มต้น ในแต่ละกลุ่มการทดลองจะมีโคนมกลุ่มละ 7 ตัว การทดลองจะใช้เวลาทั้งสิ้น 35 วัน แบ่งการทดลองออกเป็น 6 ช่วง ๆ ละ 5 วันและเวลาในการปรับตัวสัตว์ก่อนการทดลอง 5 วัน จัดให้โคแต่ละตัวกินอาหารตามกลุ่มทดลองอย่างเป็นอิสระต่อกันดังนี้

กลุ่ม control ได้รับอาหาร TMR ตามปกติ (ไม่เสริม Met hydroxy analog (**MHA®**))

กลุ่มการทดลองที่ 1 ได้รับอาหาร TMR และ Met hydroxy analog (**MHA®**) 11 กรัมต่อวัน

กลุ่มการทดลองที่ 2 ได้รับอาหาร TMR และ Met hydroxy analog (**MHA®**) 22 กรัมต่อวัน

อาหาร TMR มีโปรตีน 12.20 % ประกอบไปด้วยอาหารข้น ข้าวโพดหมักและหญ้าสด ซึ่งโคจะได้รับอาหารข้น ข้าวโพดหมัก และหญ้าสด 7, 6 และ 30 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ วันละ 3 ครั้ง ในเวลา 07.00 น. 10.00 น. และ 16.00 น. และมีน้ำดื่มสะอาดใส่อ่างให้โคกินตลอดเวลา

ตารางที่ 3.1 แสดงลักษณะที่ใช้ในการจัดกลุ่มโคก่อนการทดลอง

Parameters	Control	11 g MHA®/d	22 g MHA®/d
Milk yield, kg/d	12.39 ± 2.40	12.87 ± 4.33	12.35 ± 3.04
Age, month	53.71 ± 17.26	61.43 ± 22.42	61.00 ± 19.38
Day in milk, d	102.71 ± 46.80	106.71 ± 56.73	101.29± 61.18
Body weight, kg	388 ± 65.38	434 ± 45.48	414 ± 54.45

3.2.2 วิธีการทดลองและเก็บข้อมูล

ทำการจัดกลุ่มที่อยู่ในช่วงแรกของการให้นมจำนวน 21 ตัว ออกเป็น 3 กลุ่มทดลอง นำโคเข้าทดลองโดยได้รับอาหาร TMR ในกลุ่มควบคุมและได้รับ Met hydroxy analog (**MHA®)** 11 และ 22 กรัมต่อตัวต่อวัน ในกลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ระหว่างทดลองมีการเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

3.2.2.1 การกินได้

ปริมาณการกินได้จะวัดทุกช่วงการทดลอง (5 วัน) 2 วันติดต่อกัน โดยทำการชั่งและบันทึกน้ำหนักของอาหารก่อนโคกิน ได้แก่ อาหาร TMR (อาหารข้น, ข้าวโพดหมัก และหญ้าสด) รวมถึงการเก็บตัวอย่างอาหารก่อนกิน หลังจากนั้นทำการชั่งอาหารที่เหลือจากการกินของโคในวันถัดไป (07.00 น.) และสุ่มเก็บอาหารประมาณ 10% (อาหาร TMR) นำไปอบไล่ความชื้นในตู้อบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อหาน้ำหนักวัตถุแห้ง (Dry matter, DM) ของตัวอย่างอาหาร จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีแบบประมาณ (Proximate analysis) (AOAC, 1990) ซึ่งวิเคราะห์วัตถุแห้งโดยเครื่อง Hot air oven โปรตีนหยาบ (Crude protein, CP) โดยเครื่อง Kjeltec auto analyzer ไขมัน (Ether extract) โดยเครื่อง Soxhlet auto analyzer เยื่อใยหยาบ (Crude fiber, CF) โดยเครื่อง Fibertec auto analyser และเถ้า (Ash) โดยการเผาที่อุณหภูมิ 550°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ส่วนการวิเคราะห์เยื่อใยนั้นจะใช้วิธี Detergent analysis (Goering and Van Soest, 1970) ได้แก่ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber, NDF) เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber, ADF) และAcid detergent lignin, ADL โดยเครื่อง Fibertec auto analyser

3.2.2.2 น้ำหนักตัว

ทำการชั่งน้ำหนักตัวก่อนและหลังการทดลองของโคทั้ง 3 กลุ่มทดลองหลังจากทำการรีดนมช่วงเช้าก่อนการให้อาหาร โดยชั่งน้ำหนักโครายตัวด้วยเครื่องชั่ง จากนั้นนำน้ำหนักโคทั้งก่อนและหลังการทดลองไปคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวัน (Body Weight Change, BWC)

3.2.2.3 ผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม

ทำการจดบันทึกผลผลิตน้ำนมของโคนมทุกตัว ทุกวันตลอดระยะเวลาการทดลอง และสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนมดิบทุกช่วงการทดลอง โดยสุ่มเก็บช่วงละ 2 วันติดต่อกัน โดยจะแบ่งเป็นนมช่วงเย็น

และช่วงเช้าในเวลา 15.00 และ 05.00 นาฬิกา ตามลำดับ เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมได้แก่ ไขมันนม โปรตีนนม แลคโตส ของแข็งพร่องไขมัน (Solid not fat) และของแข็งรวมในนม (Total solid) โดยเครื่อง Milkoscan S50

3.3.2.4 การเก็บของเหลวจากกระเพาะหมัก

ทำการเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะหมักในวันสุดท้ายของการทดลอง โดยใช้เครื่อง suction ต่อกับสายยางสอดเข้าทางปาก ผ่านหลอดอาหารเข้าสู่กระเพาะหมัก จากนั้นทำการเปิดเครื่อง suction เพื่อดูดเอาของเหลวออกมาประมาณ 40-60 มิลลิลิตร ทำการสุ่มเก็บของเหลวจากกระเพาะหมักของโคทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง โดยสุ่มเก็บกลุ่มละ 4 ตัว และนำไปวิเคราะห์ดังนี้

ระดับความเป็นกรดด่าง (pH) ในกระเพาะหมัก

สุ่มเก็บของเหลวในกระเพาะหมักในชั่วโมงที่ 0 และ 3 หลังการให้อาหาร โดยการ suction ของเหลวจากกระเพาะหมักใส่ในบีกเกอร์ จากนั้นทำการวัดระดับความเป็นกรด-ด่างของของเหลวในกระเพาะหมักทันทีหลังจากเก็บตัวอย่าง โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) อย่างไรก็ตามการวัดระดับความเป็นกรด – ด่าง เครื่องวัดจะต้องได้รับการปรับมาตรฐาน (Calibrate) ด้วยการทดสอบกับสารละลายมาตรฐาน ที่ pH 7.0 และ pH 4.0 ก่อน

ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียในของเหลวจากกระเพาะหมัก (Rumen ammonia)

การเก็บตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์หาความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะหมัก (Rumen ammonia nitrogen; mg NH_3-N/litre) ที่เวลา 0 และ 3 หลังการให้อาหาร โดยใช้หลอดทดลองที่มีฝาปิด (Test tube with cap) ขนาด 25 มิลลิลิตร เติมกรด ไฮโดรคลอลิก (6 N) ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร (ในอัตราส่วนของเหลวจากกระเพาะหมัก 10 ส่วนต่อ 6 N HCl 1 ส่วน) หลังจากเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะหมักแล้ว ใช้กระบอกตวงๆ ของเหลวจากกระเพาะหมักปริมาตร 20 มิลลิลิตร เติมใส่ลงไปในหลอดทดลอง จากนั้นนำหลอดทดลองไปปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ความเร็ว 3000 รอบ/นาที เป็นเวลา 15 นาที แล้วดูดเอาเฉพาะส่วนของเหลวใส (Supernatant) ลงในหลอดทดลองขนาด 25 มิลลิลิตร ปิดด้วยฝาเกลียวให้สนิท นำไปเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิ -18°C จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์หาแอมโมเนียไนโตรเจนโดยวิธี Kjeldahl ต่อไป

การเก็บตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์หากรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acids)

การเก็บตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์หากรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acids) ที่เวลา 0 และ 3 หลังการให้อาหาร ใช้หลอดทดลองชนิดมีฝาจุก (Test tube with cap) ขนาด 25 มิลลิลิตร เติมกรดไฮโดรคลอลิก (6 N) ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร (ในอัตราส่วนของเหลวจากกระเพาะหมัก 10 ส่วนต่อ 6 N HCl 1 ส่วน) เพื่อเก็บรักษาและเป็นการหยุดชะงักกิจกรรมและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ปิดฝาจุกให้แน่นก่อนนำไปปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ความเร็ว 3000 รอบ/นาที เป็นเวลา 15 นาที ดูดเอาของเหลวใสใส่ในขวด vial สีชา จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas chromatography (GC)

Condition of GC:

Column: DE-FFAP, 30 m x 0.25 mm I.D., 0.25 μm

Injector: split 1:50, 250°C

Oven: 100°C for 5 min

100-250°C at 10°C/min

250°C for 12 min

Detector: Temperature: FID, 300°C

3.2.3 การศึกษาองค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันในอาหารและในไขมันนม

อาหารสัตว์

สุ่มเก็บอาหารในแต่ละกลุ่มการทดลอง (อาหาร TMR) เพื่อนำไปสกัดไขมัน ซึ่งดัดแปลงตามวิธีการของ Folch et al. (1957) และ Metcalfe et al. (1996) โดยนำตัวอย่างที่สุ่มได้ตัวอย่างละ 15 กรัม ทำการสกัดด้วย Chloroform-Methanol (2:1 v/v) ปริมาณ 90 ml จากนั้นนำไปปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenize) เป็นเวลา 2 นาที แล้วเติมด้วย Chloroform ปริมาตร 30 ml และ 0.58 NaCl ปริมาตร 5 ml เขย่าให้เข้ากันและทิ้งไว้จนสารละลายแยกชั้นอย่างชัดเจน จากนั้นปล่อยสารละลายที่อยู่ส่วนล่างใส่ใน Evaporation flask ทำการแยกตัวทำละลายออกจากไขมันโดยระเหยที่อุณหภูมิ 40°C ด้วย Rotary Evaporator แล้วย้ายไปเก็บไว้ในหลอดทดลองภายใต้แก๊สไนโตรเจน ที่อุณหภูมิ -20°C จนกว่าจะทำการ Methylation

น้ำนม

สุ่มเก็บน้ำนมดิบในวันที่ 25 ของการทดลองทั้งช่วงเย็นและช่วงเช้า จากนั้นนำมารวมกันตามสัดส่วนของปริมาณน้ำนม นำไปปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ความเร็ว 3000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 15 นาที ชั้นของไขมัน (Fat cake) จะแยกอยู่บนชั้นบนของน้ำนม แยกชั้นของไขมันออกมาเพื่อนำไปสกัดไขมันต่อไปตามวิธีการของ Kelly et al. (1998) โดยนำชั้นของไขมันมาสกัดด้วย hexane-isopropanol (3:2 v/v) 18 ml/g fat cake เขย่าด้วย Vortex จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมซัลเฟต 6.7% (6.7% Na_2So_4) ปริมาตร 12 ml/ g fat cake ชั้นของ hexane จะแยกออกมาจากด้านบน ให้ทำการแยก hexane จากหลอดทดลองใส่ในหลอดทดลองที่เติมโซเดียมซัลเฟต (Na_2So_4) และทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที ทำการแยกตัวทำละลายออกจากไขมันโดยระเหยที่อุณหภูมิ 40°C ด้วย Rotary Evaporator แล้วย้ายไปเก็บภายใต้แก๊สไนโตรเจนที่อุณหภูมิ -20°C จนกว่าจะทำการ Methylation และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมัน (Fatty acid) โดยเครื่อง Gas Chromatography (GC)

การวิเคราะห์องค์ประกอบและปริมาณของ fatty acids ประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน คือ การทำ saponification และการทำ methylation ซึ่งดัดแปลงจากวิธีของ Ostrowska et al. (2000)

1. การทำ saponification

ทำการชั่งตัวอย่างไขมันน้ำหนักประมาณ 30 mg ใส่หลอดทดลองฝาเกลียวขนาด 15 ml เติม 0.5 N NaOH/MeOH ใส่ในหลอด แล้วไล่อากาศในหลอดด้วยแก๊สไนโตรเจน ปิดฝาหลอดทดลองให้สนิท

ให้ความร้อนที่ 100°C ใน water bath เป็นเวลา 5 นาที ระหว่างนั้นควรเขย่าอย่างแรง 1-2 ครั้ง แล้วทำให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้องปรกติ การทำ Saponification ที่สมบูรณ์สังเกตจากการได้สารละลายใส ไม่มีหยดน้ำมันเหลือ

2. การทำ methylation

เติม 14% BF_3/MeOH ปริมาตร 2 ml ใส่ในหลอดทดลองที่ทำการ saponification ที่สมบูรณ์ แล้วทำการเติม internal standard จำนวน 1 มิลลิลิตร (ใช้ C_{17} ความเข้มข้นแน่นอนที่ 2.0 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ใน hexane) ไล่อากาศภายในหลอดทดลองด้วยแก๊สไนโตรเจน ปิดฝาหลอดทดลองให้สนิท

ให้ความร้อนที่ 100°C ใน water bath นาน 5 นาที ระหว่างนั้นควรเขย่าอย่างน้อย 1-2 ครั้ง แล้วทำให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้องปรกติ

เท solution ที่ได้จากการทำ methylation ลงในหลอด centrifuge ฝาเกลียว ขนาด 50 มิลลิลิตร นำไป centrifuge ที่อุณหภูมิ 10°C ที่ความเร็ว 5000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 15 นาที เพื่อให้ liquid-liquid phase แยกได้ดีขึ้น

เติม hexane 3 มิลลิลิตร และน้ำกลั่นปริมาตร 5 มิลลิลิตร และทำการเขย่าเบาๆ ทำการดูด hexane ที่อยู่ชั้นบนและ dry น้ำที่อาจติดออกมาด้วย Na_2So_4 ต้องให้แน่ใจว่าไม่มีน้ำปน เพราะน้ำที่หลงเหลืออยู่อาจมีผลต่อ GC ซึ่งเป็น polar และ ion exchange column

เก็บตัวอย่างที่ dry น้ำออกเรียบร้อยแล้วไว้ในขวดสีชา ไล่อากาศด้วยแก๊สไนโตรเจน หลังจากนั้นนำตัวอย่าง Fatty acid methyl ether (FAME) ที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณ Fatty acid โดยเครื่อง Gas Chromatography (GC)

Condition of GC:

Column : SP-2560 100 m x 0.25 ID x 0.20 μm film

Oven: 140°C 5 min to 240°C at 4°C/min hold 15 min

Detector: FID, 260°C

Injector: split 100:1, 250°C

3.2.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่บันทึกจากการทดลองได้แก่ การกินได้วัตถุแห้ง น้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง ผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะหมัก ปริมาณ

แอมโมเนียไนโตรเจน ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนม ข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดลองถูกนำเข้าประมวลผลและวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ตามแผนการทดลอง แบบ Randomize Complete Block Design (RCBD) โดยใช้ Proc. GLM (SAS, 1996) และใช้วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี F-test เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ตามวิธีการของ Steel and Torrie (1980)

3.3 ผลการทดลอง

3.3.1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร

องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร TMR ที่ใช้ในการทดลอง แสดงดังตารางที่ 3.2 โดยโคนมทั้งสามกลุ่มการทดลองจะได้รับอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนะที่เหมือนกัน ซึ่งได้แก่ วัตถุแห้งมีค่าเท่ากับ 40.42% กล่าวคือความชื้นในอาหาร TMR มีค่าเท่ากับ 59.58% โปรตีนมีค่าเท่ากับ 12.20 % ไขมันมีค่าเท่ากับ 3.14% เถ้ามีค่าเท่ากับ 10.29% เยื่อใยมีค่าเท่ากับ 25.00% NFC มีค่าเท่ากับ 17.90% NDF มีค่าเท่ากับ 62.12% ADF มีค่าเท่ากับ 35.40% ADL มีค่าเท่ากับ 6.04% NDIN มีค่าเท่ากับ 0.96% NDINCP มีค่าเท่ากับ 6.00% ADIN มีค่าเท่ากับ 0.53% ADINCP มีค่าเท่ากับ 3.29%

การศึกษาการย่อยสลายของวัตถุแห้งและการย่อยสลายของโปรตีน พบว่าอัตราการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งและอัตราการย่อยสลายได้ของโปรตีนของอาหาร TMR (อาหารข้นโปรตีน 22.3%, ข้าวโพดหมัก และหญ้าสด) เมื่ออาหาร TMR มีระยะเวลาอยู่ในกระเพาะหมักนานขึ้น วัตถุแห้งและโปรตีนในอาหาร TMR จะมีอัตราการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้นตามเวลาที่บ่มอยู่ในกระเพาะหมัก โดย *dg*DM ของอาหาร TMR มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.8% และอัตราการย่อยสลายได้ของโปรตีนในอาหาร TMR มีค่าเฉลี่ยท่ากับ 60.58% ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.2

เมื่อนำค่าองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร TMR มาคำณวนหาค่าโภชนะของการย่อยได้ทั้งหมด (TDN) พลังงานย่อยได้ (DE) พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) และพลังงานสุทธิ (NE) ตามสมการของ NRC (2001) จะได้ค่าต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.3 ค่าโภชนะของการย่อยได้ทั้งหมดของอาหาร TMR มีค่า เท่ากับ 50.93% พลังงานการย่อยได้มีค่าเท่ากับ 2.59 Mcal/kgDM ส่วนพลังงานใช้ประโยชน์ได้ มีค่าเท่ากับ 2.17 Mcal/kgDM และพลังงานสุทธิ มีค่าเท่ากับ 1.34 Mcal/kgDM

ตารางที่ 3.2 องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร TMR

Composition	TMR
Dry matter (%)	40.42
	----------% Dry matter----------
Crude protein	12.20
Crude fat	3.14
Ash	10.29
Crude fiber	25.00
Non fiber carbohydrate	17.90
Neutral detergent fiber	62.12
Acid detergent fiber	35.40
Acid detergent lignin	6.04
Neutral detergent insoluble nitrogen	0.96
Neutral detergent insoluble crude protein	6.00
Acid detergent insoluble nitrogen	0.53
Acid detergent insoluble crude protein	3.29
Effective degradability of dry matter *(dg* DM)	34.81
Effective degradability of crude protein *(dg* CP)	60.58

ตารางที่ 3.3 คุณค่าทางพลังงานในอาหาร TMR

	TMR
Total digestible nutrient at maintenance (TDN_{1X}; %)[1]	50.93
Digestible energy at production level (DE_P; Mcal/kg)[2]	2.59
Metabolizable energy at production level (ME_P; Mcal/kg)[3]	2.17
Net energy for lactation at production level (NE_{LP}; Mcal/kg)[4]	1.34

หมายเหตุ :

[1] TDN_{1x}(%) = tdNFC + tdCP = (tdFA x 25.25) + tdNDF – 7)

DE_{1x} = ((tdNFC/100) x 4.2) + ((tdNDF/100) x 4.2) x ((tdCP/100) x 5.6 + ((FA/100) x 9.4) – 0.3

[2] DE_P (Mcal/kg) = (((TDN$_{1x}$ – ((0.18 x TDN$_{1x}$) – 10.3)) x Intake)/ TDN$_{1x}$) x DE_{1x}

[3] ME_P (Mcal/kg) = (1.01 x (DE_p) – 0.45) + (0.0046 x (EE-3))

[4] NE_{LP} (Mcal/kg) = (0.703 x ME_P) – 0.19 , (EE>3%)

[4] NE_{LP} (Mcal/kg) = (0.703 x ME_P) – 0.19) + ((0.097 x ME_P)/97) x (EE-30), (EE>3%)

ตารางที่ 3.4 การย่อยสลายวัตถุแห้งของอาหาร TMR (อาหารข้น, ข้าวโพดหมัก และหญ้าสด)

วัตถุดิบ	วัตถุแห้ง									
	0 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	8 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	72 ชั่วโมง	*dg*DM
Degradability of DM	..... (%)									
อาหารข้นโปรตีน 22.3%	13.9	28.2	33.0	37.4	41.4	48.2	62.2	73.6	-	50.9
ข้าวโพดหมัก	19.2	-	-	23.0	-	28.8	36.0	46.3	51.8	31.1
หญ้าสด	5.4	-	-	14.6	-	19.7	28.8	43.0	53.2	24.2

หมายเหตุ : *dg* DM = Effective degradability of Dry matter

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.5 การย่อยสลายโปรตีนของอาหาร TMR (อาหารข้น, ข้าวโพดหมัก และหญ้าสด)

วัตถุดิบ	วัตถุแห้ง									
	0 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	8 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	72 ชั่วโมง	*dg*CP
Degradability of DM	..... (%)									
อาหารข้นโปรตีน 22.3%	46.5	57.1	59.4	61.5	64.8	-	74.2	85.6	-	69.9
ข้าวโพดหมัก	22.3	-	-	38.1	-	40.0	42.8	45.9	47.1	40.9
หญ้าสด	35.9	-	-	38.5	-	39.1	40.1	-	44.1	39.7

หมายเหตุ : *dg*CP = Effective degradability of crude protein

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.6 เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายวัตุถแห้งและการย่อยสลายโปรตีนของอาหาร TMR (อาหารข้น, ข้าวโพดหมัก และหญ้าสด)

Disappearance (%)	อาหารข้น	ข้าวโพดหมัก	หญ้าสด
DM disappearance (%)			
A	22.8	17.2	9.0
B	55.6	41.3	70.3
C	0.051	0.025	0.014
A + B	78.4	58.5	79.3
Effective disappearance (%)*	50.9	31.1	24.2
CP disappearance (%)			
A	54.8	35.7	38.0
B	39.1	12.4	41.9
C	0.032	0.036	0.002
A + B	93.9	48.1	79.9
Effective disappearance (%)*	69.9	40.9	39.7

หมายเหตุ: * Outflow rate (fraction/h) = 0.05

3.3.2 ปริมาณการกินได้ของโคนม

ปริมาณการกินได้ของโคนม เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการทดลองที่มีการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ในระดับ 0, 11 และ 22 กรัม/ตัว/วัน แสดงดังตารางที่ 3.7 พบว่าปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.85, 13.52 และ 13.49 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และปริมาณการกินได้ต่อน้ำหนักตัวเมแทบอลิก (g/kg $W^{0.75}$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 157, 142 และ 148 g/kg $W^{0.75}$ ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่มที่มีการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ที่ระดับ 11 กรัม/ตัว/วัน มีการกินได้ลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่การเสริมที่ระดับ 22 กรัม/ตัว/วัน พบว่ามีปริมาณการกินได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เสริมในระดับ 11 กรัม/ตัว/วัน และกลุ่มควบคุม

ปริมาณการกินได้ของโปรตีนจากอาหาร TMR มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,690, 1,651 และ 1,645 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และปริมาณการกินได้ของโปรตีนต่อน้ำหนักตัวเมแทบอลิก (g/kg $W^{0.75}$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19, 17 และ 18 g/kg $W^{0.75}$ ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่มที่มีการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ที่ระดับ 11 กรัม/ตัว/วัน มีการกินได้ของโปรตีนลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

แต่การเสริมที่ระดับ 22 กรัม/ตัว/วัน พบว่ามีปริมาณการกินได้ของโปรตีนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เสริมในระดับ 11 กรัม/ตัว/วัน และกลุ่มควบคุม

ปริมาณการกินได้ของพลังงานสุทธิต่อตัวต่อวัน พบว่าปริมาณการกินได้พลังงานสุทธิจากอาหาร TMR มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.61, 19.35 และ 19.12 Mcal/ตัว/วัน ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และปริมาณการกินได้ของพลังงานสุทธิต่อน้ำหนักตัวเมแทบอลิก (Mcal/kg $W^{0.75}$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.22, 0.20 และ 0.21 Mcal/kg $W^{0.75}$ ตามลำดับ ซึ่งพบว่าการกินได้ของพลังงานสุทธิไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 3.7 ผลของการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ต่อปริมาณการกินได้ของโคนม

ปริมาณการกินได้	Control	11 g MHA®/d	22 g MHA®/d	SEM	P-value
วัตถุแห้ง		.....(กิโลกรัม/วัน).....			
อาหาร TMR	13.85	13.52	13.49	0.14	0.500
g/kg $W^{0.75}$	157^{a}	142^{b}	148^{ab}	2.28	0.046
โปรตีน		..... (กรัม/วัน)			
อาหาร TMR	1690	1651	1645	16.5	0.500
g/kg $W^{0.75}$	19^{a}	17^{b}	18^{ab}	0.28	0.046
พลังงานสุทธิ		..... (Mcal/วัน).....			
อาหาร TMR	19.61	19.35	19.12	0.14	0.400
Mcal/kg $W^{0.75}$	0.22	0.20	0.21	0.003	0.050

หมายเหตุ : SEM = standard error of the mean

^{a,b,c} มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ (P< 0.05)

3.3.3 การประมาณค่าโปรตีนและพลังงานของโคนมที่ได้รับอาหาร TMR

การได้รับโปรตีนย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{sup}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RUP_{sup}) ของโคนมที่ได้รับการเสริม Met hydroxy analog ($MHA^{®}$) ที่ระดับ 0, 11 และ 22 กรัม/ตัว/วัน ร่วมกับอาหาร TMR แสดงไว้ในตารางที่ 3.8 พบว่า RDP_{sup} มีค่าเท่ากับ 1024, 1000 และ 997 กรัม/วัน ตามลำดับ และ RUP_{sup} มีค่าเท่ากับ 666, 512 และ 648 กรัม/วัน ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ของทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง ความต้องการโปรตีนย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{req}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RUP_{sup}) สามารถคำนวณได้จากสมการของ NRC (2001) แสดงไว้ในตารางที่ 3.8 พบว่าความต้องการโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{req}) ของโคนมในกลุ่มควบคุม มีค่าเท่ากับ 1535 กรัม/วัน โคในกลุ่มที่ได้รับการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ที่ระดับ 11 กรัม/ตัว/วัน มีค่าเท่ากับ 1476 กรัม/วัน และโคในกลุ่มที่ได้รับการเสริมที่ระดับ 22 กรัม/ตัว/วัน มีค่าเท่ากับ 1450 กรัม/วัน ซึ่งทั้ง 3 กลุ่มการทดลองได้รับ RDP_{sup} ไม่เพียงพอต่อความต้องการเท่ากับ -511, -476 และ -453 กรัม/วัน ตามลำดับ ในส่วนของความต้องการโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RUP_{req}) พบว่าโคนมในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับการเสริมที่ระดับ 11 และ 22 กรัม/ตัว/วัน มีความต้องการ RUP_{req} เท่ากับ 639, 512 และ 545 กรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งพบว่าโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง ได้รับ RUP_{req} เกินความต้องการเท่ากับ 28, 139 และ 103 กรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่าง 3 กลุ่มการทดลอง นอกจากนี้โปรตีนที่ได้รับจากจุลินทรีย์ เท่ากับ 1304, 1255 และ 1233 กรัม/วัน ตามลำดับ และความต้องการโปรตีนทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 1238, 1137 และ 1141 กรัม/วัน ตามลำดับ พบว่าโปรตีนที่ได้รับจากจุลินทรีย์และความต้องการโปรตีนทั้งหมด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ของโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง

การจำแนกพลังงานสุทธิเพื่อกิจกรรมต่างๆ ของโคนมที่ได้รับการเสริม Met hydroxy analog ($MHA^{®}$) ที่ระดับ 0, 11 และ 22 กรัม/วัน ตามสมการ NRC (2001) ซึ่งแสดงในตารางที่ 3.9 พบว่าการกินได้ของพลังงานสุทธิ (NE_L intake) มีค่าเท่ากับ 19.61, 19.35 และ 19.12 Mcal/วัน ตามลำดับ ในส่วนของพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE_{LM}) มีค่าเท่ากับ 7.15, 7.68 และ 7.31 Mcal/วัน ตามลำดับ พลังงานสุทธิเพื่อการผลิตน้ำนม (NE_{LL}) มีค่าเท่ากับ 8.20, 8.05 และ 8.01 Mcal/วัน ตามลำดับ พลังงานสุทธิเพื่อการสร้างน้ำหนักตัว (NE_{LG}) มีค่าเท่ากับ 2.12, 1.28 และ 1.54 Mcal/วัน ตามลำดับ พลังงานสุทธิสะสม (NE_{LR}) มีค่าเท่ากับ 17.47, 17.02 และ 16.86 Mcal/วัน ตามลำดับ และประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของโคนมมีค่าเท่ากับ 0.89, 0.88 และ 0.88 ตามลำดับ โดยพบว่าพลังงานที่โคนมใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆ และพลังงานที่โคนมได้รับจากอาหารนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 3.9)

ตารางที่ 3.8 ปริมาณของโปรตีนที่ได้รับจากอาหารและความต้องการของโคนม

	Control	11 g MHA®/d	22 g MHA®/d	SEM	P-value
	.....(กรัม/ตัว/วัน).....				
ความต้องการ RDP_{req}	1079	1053	1051	10.73	0.51
RDP_{sup} จากอาหาร	1024	1000	997	10.19	0.51
ขาด/เกิน	-55	-53	-54	0.54	0.45
โปรตีนที่ได้รับจากจุลินทรีย์ (MCP)	917	895	893	9.14	0.51
ความต้องการโปรตีนทั้งหมด (MP_R)	1260	1167	1153	30.76	0.33
ความต้องการ RUP_{req}	1149	1003	979	60.61	0.47
(RUP_{sup}) จากอาหาร	666	651	648	6.63	0.51
ขาด/เกิน	-483	-352	-331	62.20	0.57

หมายเหตุ : SEM = standard error of the mean

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.9 พลังงานที่โคนมต้องการเพื่อกิจกรรมต่างๆและที่โคนมได้รับจากอาหาร

	Control	11 g MHA®/d	22 g MHA®/d	SEM	P-value
	.....(Mcal/วัน).....				
การกินได้พลังงานสุทธิ (NE_L intake)	19.61	19.35	19.12	0.14	0.40
พลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE_{LM})	7.15	7.68	7.31	0.13	0.28
พลังงานสุทธิเพื่อการผลิตน้ำนม (NE_{LL})	8.20	8.05	8.01	0.23	0.95
พลังงานสุทธิเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว (NE_{LG})	2.12	1.28	1.54	0.23	0.34
พลังงานสุทธิสะสม (NE_{LR})	17.47	17.02	16.86	0.31	0.73
ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Efficiency)	0.89	0.88	0.88	0.02	0.96

หมายเหตุ : SEM = standard error of the mean

Efficiency = NE_{LR}/ NE_L intake

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3.4 น้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง

น้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงของโคนมที่ได้รับการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ที่ระดับ 0, 11 และ 22 กรัม/ตัว/วัน แสดงไว้ในตารางที่ 3.10 พบว่าน้ำหนักตัวของโคนมก่อนการทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 389, 433 และ 403 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักตัวหลังสิ้นสุดการทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 413, 448 และ 421 กิโลกรัม ตามลำดับและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 800, 500 และ 600 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งจากการทดลองพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง

ตารางที่ 3.10 ผลของการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว

น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	Control	11 g MHA®/d	22 g MHA®/d	SEM	P-value
ก่อนการทดลอง	389	433	403	9.99	0.20
หลังการทดลอง	413	448	421	11.00	0.41
น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง (กรัม/วัน)	800	500	600	90.49	0.34

หมายเหตุ: SEM = standard error of the mean

3.3.5 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของของเหลวในกระเพาะหมัก

การเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ร่วมกับอาหาร TMR (อาหารข้นโปรตีน 22.3%, ข้าวโพดหมัก และหญ้าสด) ในโคนมที่ระดับ 0, 11 และ 22 กรัม/ตัว/วัน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของของเหลวในกระเพาะหมักก่อนการให้อาหาร (ชั่วโมงที่ 0) และหลังจากให้อาหาร 3 ชั่วโมง ดังนี้ กลุ่มควบคุมมีค่าเท่ากับ 6.73 และ 6.58 กลุ่มที่ได้รับการเสริม 11 กรัม/ตัว/วัน มีค่าเท่ากับ 6.75 และ 6.68 และในกลุ่มที่ได้รับการเสริม 22 กรัม/ตัว/วัน มีค่าเท่ากับ 6.75 และ 6.70 ซึ่งพบว่าการเปลี่ยนแปลงของระดับ pH ในกระเพาะหมักของโคนมที่ได้รับการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ที่ระยะเวลา 0 และ 3 ชั่วโมง ของทั้งสามกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังตารางที่ 3.11

จากการศึกษาทดลองการเปลี่ยนแปลงของระดับแอมโมเนียไนโตรเจนภายในกระเพาะหมักในโคนมที่ได้รับการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ที่ระดับ 0, 11 และ 22 กรัม/ตัว/วัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.11 พบว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนในช่วงก่อนการให้อาหาร (ชั่วโมงที่ 0) พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.23, 33.65 และ 39.18 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนในกลุ่มควบคุมนั้นมีค่าน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับการเสริมที่ระดับ 22 กรัม/ตัว/วัน โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เสริมที่ระดับ 11 กรัม/ตัว/วัน และในกลุ่มที่ทำการเสริมที่ระดับ 11 และ 22 กรัม/ตัว/วัน พบว่าระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ (P>0.05) ส่วนในช่วงหลังจากให้อาหาร 3 ชั่วโมงนั้น พบว่าโคนมที่ได้รับการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ที่ระดับ 0, 11 และ 22 กรัม/ตัว/วัน มีความเข้มข้นของแอมโมไนโตรเจนในของเหลวภายในกระเพาะหมักเท่ากับ 40.68, 36.34 และ 40.97 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนของโคนมทั้งสามกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 3.11 ผลของการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) และแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) ภายในกระเพาะหมักที่เวลาต่างๆหลังการให้อาหาร

ที่เวลาหลังการให้อาหาร	Control	11 g MHA®/d	22 g MHA®/d	SEM	P-value
pH					
Hour 0	6.73	6.75	6.75	0.04	0.97
Hour 3	6.58	6.68	6.70	0.04	0.60
NH_3-N[2]		.....(mg/l).....			
Hour 0	31.23[b]	33.65[ab]	39.18[a]	0.84	0.045
Hour 3	40.68	36.34	40.97	0.83	0.21

หมายเหตุ: SEM = standard error of the mean

[a,b,c] มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ (P< 0.05)

3.3.6 ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acid; VFAs) ของของเหลวในกระเพาะหมัก

ระดับความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ของของเหลวในกระเพาะหมัก ซึ่งจะแสดงถึงปริมาณของกรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก กรดบิวทิริกและอัตราส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิโอนิก ที่เวลาต่างๆ เมื่อเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ให้กับโคนมีระดับ 0, 11 และ 22 กรัม/ตัว/วัน หลังจากการให้อาหารที่เวลา 0 และ 3 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 3.9 พบว่าระดับความเข้มข้นของกรดอะซิติกในกลุ่มควบคุม มีค่าเท่ากับ 70.3 และ 68.57 mol/100 mol กลุ่มที่ได้รับการเสริมที่ระดับ 11 กรัม/ตัว/วัน มีค่าเท่ากับ 69.72 และ 69.65 mol/100 mol และในกลุ่มที่ได้รับการเสริมที่ระดับ 22 กรัม/ตัว/วัน มีค่าเท่ากับ 68.41 และ 70.04 mol/100 mol ซึ่งพบว่าระดับความเข้มข้นของกรดอะซิติกของของเหลวจากกระเพาะหมักของโคนมทั้งสามกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ระดับความเข้มข้นของกรดโพรพิโอนิกของของเหลวจากกระเพาะหมัก ในกลุ่มควบคุมมีค่าเท่ากับ 19.42 และ 20.93 mol/100 mol กลุ่มที่ได้รับการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ที่ระดับ 11 กรัม/ตัว/วัน มีค่าเท่ากับ 18.84 และ 19.15 mol/100 mol และกลุ่มที่ได้รับการเสริมที่ระดับ 22 กรัม/ตัว/วัน มีค่าเท่ากับ 19.05 และ 19.03 mol/100 mol ในชั่วโมงที่ 0 และ 3 หลังจากการให้

อาหารตามลำดับ ซึ่งพบว่าระดับความเข้มข้นของกรดโพรพิโอนิกของโคนมทั้งสามกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ระดับความเข้มข้นของกรดบิวทีริกของของเหลวจากกระเพาะหมักในโคนมที่ทำการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ที่ระดับ 0, 11 และ 22 กรัม/ตัว/วัน ช่วงก่อนการให้อาหาร (ชั่วโมงที่ 0) มีค่าเท่ากับ 10.29, 11.44 และ 12.54 mol/100 mol ตามลำดับ ซึ่งพบว่าความเข้มข้นของกรดบิวทีริกในกลุ่มควบคุมนั้นมีค่าน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับการเสริมในระดับ 22 กรัม/ตัว/วัน โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เสริมในระดับ 11 กรัม/ตัว/วัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกลุ่มที่เสริมที่ระดับ 11 และ 22 กรัม/ตัว/วัน พบว่าระดับความเข้มข้นของกรดบิวทีริกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และในช่วงหลังจากการให้อาหาร 3 ชั่วโมง พบว่ากลุ่มควบคุมมีความเข้มข้นของกรดบิวทีริกเท่ากับ 20.93 mol/100 mol กลุ่มที่ได้รับการเสริมในระดับ 11 กรัม/ตัว/วัน มีค่าเท่ากับ 19.15 mol/100 mol และกลุ่มที่ได้รับการเสริมที่ระดับ 22 กรัม/ตัว/วัน มีค่าเท่ากับ 19.03 mol/100 mol ซึ่งพบว่าความของกรดบิวทีริกภายในของเหลวจากกระเพาะหมักของโคนมทั้งสามกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

อัตราส่วนระหว่างกรดอะซิติกและกรดโพรพิโอนิกของของเหลวภายในกระเพาะหมักของโคนมก่อนการให้อาหาร (ชั่วโมงที่ 0) และหลังจากให้อาหาร 3 ชั่วโมง กลุ่มควบคุมมีค่าเท่ากับ 3.65 และ 3.40 ตามลำดับ กลุ่มที่ได้รับการเสริมที่ระดับ 11 กรัม/ตัว/วัน มีค่าเท่ากับ 3.71 และ 3.65 ตามลำดับ และกลุ่มที่ได้รับการเสริมที่ระดับ 22 กรัม/ตัว/วัน มีค่าเท่ากับ 3.62 และ 3.69 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าอัตราส่วนของกรดอะซิติก และกรดโพรพิโอนิกของของเหลวจากกระเพาะหมักของโคนมทั้งสามกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.12 ผลของการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ต่อความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acid; VFAs) ของของเหลวในกระเพาะหมักที่เวลาต่างๆหลังการให้อาหาร

ที่เวลาหลังการให้อาหาร	Control	11 g MHA®/d	22 g MHA®/d	SEM	P-value
Acetate; C2	.....(mol/100 mol).....				
Hour 0	70.30	69.72	68.41	0.46	0.47
Hour 3	68.57	69.65	70.01	0.63	0.77
Propionate; C3	.....(mol/100 mol).....				
Hour 0	19.42	18.84	19.05	0.30	0.84
Hour 3	20.93	19.15	19.03	0.53	0.49
Butyrate; C4	.....(mol/100 mol).....				
Hour 0	10.29^{b}	11.44^{ab}	12.54^{a}	0.22	0.03
Hour 3	10.50	11.20	10.97	0.18	0.50
C2:C3	.....(mol/100 mol).....				
Hour 0	3.65	3.71	3.62	0.08	0.94
Hour 3	3.40	3.65	3.69	0.13	0.75

หมายเหตุ: SEM = standard error of the mean

3.3.7 ปริมาณน้ำนมและปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม

ผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม แสดงดังตารางที่ 3.13 พบว่า โคนมกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ที่ระดับ 0, 11 และ 22 กรัม/ตัว/วัน โคนมมีผลผลิตน้ำนมเท่ากับ 11.6, 11.74 และ 10.88 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ปริมาณน้ำนมปรับไขมัน 3.5% เท่ากับ 12.98, 12.83 และ 12.23 กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ ปริมาณไขมันนมเท่ากับ 492, 486 และ 467 กรัม/วัน ตามลำดับ ปริมาณโปรตีนนมเท่ากับ 315, 311 และ 287 กรัม/วัน ตามลำดับ ปริมาณแล็คโตสเท่ากับ 490, 486 และ 449 กรัม/วัน ตามลำดับ ปริมาณของแข็งพร่องไขมัน 928, 917 และ 851 กรัม/วัน ตามลำดับ ปริมาณของแข็งรวมในน้ำนม 1420, 1404 และ 1381 กรัม/วัน ตามลำดับ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

เปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบน้ำนมแสดงไว้ในตารางที่ 3.14 พบว่าไขมันนมมีค่าเท่ากับ 4.22, 4.14 และ 4.29% ตามลำดับ โปรตีนนมมีค่าเท่ากับ 2.70, 2.65 และ 2.64% ตามลำดับ แล็คโตสมีค่าเท่ากับ 4.20, 4.14 และ 4.13% ตามลำดับ ของแข็งพร่องไขมัน (solid not fat) มีค่าเท่ากับ 7.95, 7.81 และ 7.82% ตามลำดับ ของแข็งรวมในน้ำนม (total solid) มีค่าเท่ากับ 12.17, 11.96 และ 12.11% ตามลำดับ ซึ่งพบว่าเปอร์เซ็นองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 3.13 ผลของการเสริมเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ต่อปริมาณผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมในโคนม

ผลผลิตน้ำนม	Control	11 g MHA®/d	22 g MHA®/d	SEM	P-value
	..... (kg/day)				
ปริมาณน้ำนม	11.60	11.74	10.88	0.48	0.73
ปริมาณน้ำนมปรับไขมัน 3.5%	12.98	12.83	12.23	0.44	0.77
องค์ประกอบของน้ำนม	..... (g/day)				
ปริมาณไขมันนม	492	486	467	16.39	0.82
โปรตีนนม	315	311	287	12.39	0.66
ปริมาณแล็คโตส	490	486	449	19.45	0.66
ปริมาณของแข็งพร่องไขมัน	928	917	851	36.38	0.62
ปริมาณของแข็งรวมในนม	1420	1404	1318	50.43	0.70

หมายเหตุ: SEM = standard error of the mean

ตารางที่ 3.14 ผลของการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ต่อองค์ประกอบของน้ำนมในโคนม

% องค์ประกอบน้ำนม	Control	11 g MHA®/d	22 g MHA®/d	SEM	P-value
	..... (%)				
ไขมันนม	4.22	4.14	4.29	0.13	0.89
โปรตีนนม	2.70	2.65	2.64	0.01	0.23
แล๊คโตส	4.20	4.14	4.13	0.02	0.23
ของแข็งพร่องไขมัน	7.95	7.81	7.82	0.03	0.22
ของแข็งรวมในนม	12.17	11.96	12.11	0.15	0.84

หมายเหตุ: SEM = standard error of the mean

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3.8 องค์ประกอบของกรดไขมันในอาหาร TMR และในน้ำนม (% of total fatty acid)

ปริมาณของกรดไขมันในอาหาร TMR ที่ใช้ในการทดลองนั้น แสดงในตารางที่ 3.15 พบว่า C10:0 มีค่าเท่ากับ 1.06% C12:0 มีค่าเท่ากับ 16.66% C14:0 มีค่าเท่ากับ 5.38% C16:0 มีค่าเท่ากับ 17.44% C18:0 มีค่าเท่ากับ 3.07% C18:1n9c มีค่าเท่ากับ 13.65% C18:2n6c มีค่าเท่ากับ 21.68% C18:3n3 มีค่าเท่ากับ 13.52% C20:1 มีค่าเท่ากับ 5.92% C20:5n3 มีค่าเท่ากับ 1.15% และ C22:0 มีค่าเท่ากับ 0.48%

ปริมาณสัดส่วนของกรดไขมันในน้ำนมของโคนมที่ได้รับการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ที่ระดับ 0, 11 และ 22 กรัม/ตัว/วัน แสดงดังตารางที่ 3.16 พบว่าการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ที่ระดับ 22 กรัม/ตัว/วัน มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมัน C4:0 เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ทำการเสริมที่ระดับ 11 กรัม/ตัว/วัน และการเสริมที่ระดับ 11 กรัม/ตัว/วัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่อย่างไรก็ตาม การเสริมที่ระดับ 11 กรัม/ตัว/วัน จะมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมัน C18:1n9c และ Unsaturated FA เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เสริมที่ระดับ 22 กรัม/ตัว/วัน และการเสริมที่ระดับ 22 กรัม/ตัว/วัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และการเสริมที่ระดับ 11 กรัม/ตัว/วัน จะมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมัน C18:3n3 และ Ssaturated FA ลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เสริมที่ระดับ 22 กรัม/ตัว/วัน และการเสริมที่ระดับ 22 กรัม/ตัว/วัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.15 ปริมาณของกรดไขมันในอาหาร TMR (% of total fatty acid)

Fatty acid profile	TMR
C10:0	1.06
C12:0	16.66
C14:0	5.38
C16:0	17.44
C18:0	3.07
C18:1n9c	13.65
C18:2n6c	21.68
C18:3n3	13.52
C20:1	5.92
C20:5n3	1.15
C22:0	0.48

ตารางที่ 3.16 ผลของการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนม (% of total fatty acid)

	Control	11 g MHA®/d	22 g MHA®/d	SEM	P-value
C4:0	0.67[b]	1.29[ab]	1.96[a]	0.18	0.04
C6:0	1.18	1.30	1.37	0.12	0.82
C8:0	0.93	0.82	0.86	0.05	0.71
C10:0	1.99	1.76	1.86	0.09	0.60
C11:0	0.32	0.31	0.29	0.02	0.70
C12:0	7.96	7.60	7.61	0.12	0.40
C13:0	0.31	0.32	0.29	0.01	0.63
C14:0	13.94	13.41	13.13	0.23	0.38
C14:1	1.94	2.14	1.77	0.08	0.21
C15:0	1.05	1.08	0.98	0.02	0.20
C16:0	33.88	31.31	32.56	0.81	0.45

หมายเหตุ: SEM = standard error of the mean

[a,b,c] มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ (P< 0.05)

ตารางที่ 3.16 ผลของการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนม (% of total fatty acid) (ต่อ)

	Control	11 g MHA®/d	22 g MHA®/d	SEM	P-value
C16:1	2.90	3.03	3.20	0.10	0.51
C17:1	0.23	0.26	0.24	0.04	0.97
C18:0	6.85	6.50	6.72	0.19	0.75
C18:1n9t	1.39	1.57	1.62	0.11	0.65
C18:1n9c	22.60^{b}	25.53^{a}	23.86^{ab}	0.39	0.03
C18:2n6c	1.01	1.00	1.03	0.03	0.96
C18:3n3	0.74^{a}	0.15^{b}	0.34^{ab}	0.08	0.03
C20:0	0.06	0.02	0.06	0.02	0.48
C20:1	0.18	0.21	0.15	0.02	0.37
C21:0	0.08^{b}	0.40^{a}	0.19^{a}	0.05	0.04
Short chain FA	13.37	13.41	14.25	0.42	0.64
Medium chain FA	53.93	51.23	51.90	0.66	0.25
Long chain FA	32.93	35.39	33.98	0.52	0.18
Unsaturated FA	30.99^{b}	33.90^{a}	32.22^{ab}	0.43	0.04
Saturated FA	69.23^{a}	66.13^{b}	67.90^{ab}	0.44	0.04

หมายเหตุ: SEM = standard error of the mean

^{a,b,c} มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ ($P< 0.05$)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.4 วิจารณ์ผลการทดลอง

3.4.1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร

จากการศึกษาองค์ประกอบของอาหาร TMR พบว่ามีค่าที่ใกล้เคียงกับการรายงานของ NRC (2001); Suksombat and Chullanandana (2008). อย่างไรก็ตาม เปอร์เซ็นโปรตีนของอาหาร TMR มีค่าเท่ากับ 12.20% ซึ่งมีค่าที่ต่ำกว่าระดับของ NRC (2001) แนะนำว่าโคนมที่อยู่ในช่วงระยะของการให้นมควรจะได้รับอาหารที่มีโปรตีนไม่ต่ำกว่า 14% ในอาหาร TMR จะมีค่า NFC เท่ากับ 17.90% ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่า NRC (2001) แนะนำไว้ ส่วนเปอร์เซ็น NDF และ ADF มีค่าเท่ากับ 62.12 และ 35.12% ตามลำดับ ซึ่งพบว่า NDF และ ADF มีค่าที่สูงกว่า NRC (2001) ที่แนะนำไว้ว่าโคนมที่อยู่ในช่วงระยะของการให้นมควรจะได้รับอาหารที่มี NFC ที่ระดับ 30-40% , ADF ที่ระดับ 19-21% และ NDF ที่ระดับ 25-28% ในปัจจุบันได้มีการประเมินระดับโภชนะของอาหารข้นสำหรับเลี้ยงโคนม ซึ่ง NRC (2001) แนะนำไว้ว่าควรไม่น้อยกว่า 21% หรือไม่เกิน 27% อาหาร TMR มีโปรตีนและ NFC ที่ต่ำ หรือ

NDF และ ADF ที่สูงนั้น อาจเป็นผลอันเนื่องมาจากการตัดหญ้าสดที่มีเยื่อใยสูง โปรตีนและ NFC ที่ต่ำมาผสมในสูตรอาหาร TMR

เมื่อนำผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีไปคำนวณหาคุณค่าของพลังงานประเภทต่างๆ ตามสมการของ NRC (2001) พบว่าอาหาร TMR มีโภชนะของการย่อยได้ทั้งหมดเท่ากับ 50.93% ส่วนพลังงานของการย่อยได้ พลังงานใช้ประโยชน์ได้ และพลังงานสุทธิมีค่าเท่ากับ 2.59, 2.17 และ 1.34 Mcal/kgDM ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นผลอันเนื่องมาจากอายุและชนิดของวัตถุดิบที่นำมาประกอบในสูตรอาหาร TMR ซึ่งโคนมทั้งสามกลุ่มการทดลองจะได้รับในปริมาณที่เท่ากันเพราะใช้วัตถุดิบที่มาประกอบเป็นสูตรอาหาร TMR ชนิดเดียวกัน ในการทดลอง

3.4.2 ปริมาณการกินได้ของโคนม

ปริมาณการกินได้ของโคนมเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการให้ผลผลิตของโคนมซึ่งเกี่ยวข้องกับการได้รับโภชนะในอาหาร จากการทดลองวัดการกินได้ ดังแสดงในตารางที่ 3.7 พบว่าปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และพลังงานสุทธิของโคนมทั้งสามกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Rulquin and Delaby (1977) และในบางงานวิจัยที่ได้ทำการเสริม RPMet ในอาหารโคนมพบว่าการเพิ่มขึ้นของการกินได้ของวัตถุแห้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Schwab et al., 1992; Vanhatalo et al., 1999; Trináctý et al., 2006) แต่อย่างไรก็ตามในงานทดลองนี้พบว่า โคนมกลุ่มที่ทำการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ที่ระดับ 11 กรัม/ตัว/วัน พบว่ามีการกินได้ของวัตถุแห้งและการกินได้ของโปรตีนต่อน้ำหนักตัว (g/kg $W^{0.75}$) ลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่การเสริมที่ระดับ 22 กรัม/ตัว/วัน พบว่ามีปริมาณการกินได้ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ทำการเสริมที่ระดับ 11 กรัม/ตัว/วัน และกลุ่มควบคุม ซึ่งอาจเป็นผลอันเนื่องมาจากโคที่อยู่ในกลุ่มที่ได้รับการเสริมในระดับ 11 กรัม/ตัว/วัน มีโครงสร้างที่เล็กกว่ากลุ่มควบคุมแต่มีน้ำหนักตัวที่ใกล้เคียงกัน จึงทำให้การกินได้ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งโคที่มีโครงสร้างที่ใหญ่นั้นจะกินได้ในปริมาณที่มากกว่าโคที่มีโครงสร้างที่เล็ก

3.4.3 การประมาณโปรตีนและพลังงานของโคนมที่ได้รับจากอาหาร TMR

ผลของโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{sup}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RUP_{sup}) ของโคที่ได้รับอาหาร TMR พบว่า RDP_{sup} และ RUP_{sup} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง ทั้งนี้เป็นผลอันเนื่องมาจากการกินได้ของโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้ได้รับ RDP_{sup} และ RUP_{sup} ทั้ง 3 กลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน ความต้องการโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{req}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RUP_{req}) ที่คำนวณตามสมการ NRC (2001) แสดงไว้ในตารางที่ 3.8 พบว่าโคนมได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{sup}) ไม่เพียงพอต่อความต้องการของโคนม ซึ่งอาจส่งผลให้จุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะหมักได้รับไนโตรเจนที่ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต และอาจมีผลกระทบต่อกระบวนการย่อยในกระเพาะหมัก ซึ่งเป็นผลอันเนื่องมาจากอาหาร TMR ที่ใช้ในการทดลองมีโปรตีนเท่ากับ 12.20% ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าระดับของ NRC (2001) ที่ได้แนะนำว่า โคนมที่อยู่ในช่วงระยะของการ

ให้นมควรจะได้รับอาหารที่มีโปรตีนไม่ต่ำกว่า 14% สาเหตุที่อาหาร TMR มีโปรตีนที่ต่ำกว่าที่ NRC (2001) แนะนำไว้นั้น เป็นผลอันเนื่องมาจากการตัดหญ้าสดที่มีโปรตีนต่ำและมีเยื่อใยสูงมาประกอบเป็นสูตรอาหาร TMR สำหับเลี้ยงโคนม Claypool, Pangbornand, and Adams (1980) กล่าวไว้ว่าโคที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนสูงจะทำให้จุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะหมักได้รับไนโตรเจนที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต และจะส่งผลให้การย่อยได้สูงขึ้นการไหลผ่านของอาหารจากกระเพาะหมักก็เพิ่มสูงขึ้นและทำให้โคกินอาหารได้มากขึ้น ดังนั้นอาจแก้ปัญหาการได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{req}) ที่ไม่เพียงพอของโคนมได้โดยการเพิ่มปริมาณโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักในอาหาร TMR ส่วนการได้รับโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก RUP_{sup} พบว่าโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลองได้รับ RUP_{sup} เกินความต้องการของโคนมกล่าวคือ 28, 139 และ 103 กรัม/ตัว/วัน ในกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) 11 และ 22 กรัม/ตัว/วัน ซึ่งเป็นผลอันเนื่องมาจากอาหารที่ใช้ในการทดลองมีคุณสมบัติที่ไม่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก และการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ให้แก่โคนม เพราะ Met hydroxy analog (MHA®) มีคุณสมบัติที่ไม่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก

การเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ไม่มีผลต่อการกินได้ของพลังงานสุทธิ (NE_{intake}) และพลังงานที่โคต้องการเพื่อใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆ (NE_{LM}, NE_{LL}, NE_{LG} และ NE_{LR}) รวมไปถึงประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน

3.4.4 น้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของโคนมในการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.10 ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ของน้ำหนักตัวก่อนการทดลอง หลังการทดลอง และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว (Body weight change, BWC) ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจาก การกินได้ของวัตถุแห้งในโคนมทั้งสามกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน จึงส่งผลให้น้ำหนักตัวของโคนมไม่มีความแตกต่างกันตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ (Rulquin and Delaby, 1977)

3.4.5 ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของเหลวในกระเพาะหมัก

จากการทดลองในครั้งนี้พบว่าระดับของ pH ภายในของเหลวจากกระเพาะหมักของโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) คือ อยู่ในช่วง 6.58-6.73 ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสม ฉลอง วิชิราภากร (2541) ได้รายงานไว้ว่าสภาพภายในกระเพาะหมักที่มีความเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มากที่สุด คือ มีระดับ pH อยู่ระหว่าง 5.5-7 อุณหภูมิเฉลี่ย 39-40 ºC ระดับของ pH นั้นถือได้ว่ามีผลต่อระบบนิเวศน์วิทยาในกระเพาะหมักเป็นอย่างมาก ซึ่งค่า pH จะมีผลกระทบต่อชนิด และจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก เนื่องจากมีความสัมพันธ์ต่อการทำงานของเอนไซม์ภายในเซลล์แบคทีเรีย (Moat and Foster, 1995)

ความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะหมักนั้นมีความผันแปร ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ระดับการให้อาหาร ความสามารถในการละลายได้ของโปรตีนในอาหาร แหล่งของคาร์โบไฮเดรตและแหล่งของแร่ธาตุ ความถี่ของการให้อาหาร (เมธา วรรณพัฒน์, 2553) โดยแอมโมเนีย

ไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในกระเพาะหมักจะได้จากการย่อยสลายของโปรตีนในอาหาร จุลินทรีย์โปรตีน และสารประกอบ NPN (Non protein nitrogen) Satter and Slyter (1974) แนะนำไว้ว่าระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนที่เหมาะสมในกระเพาะหมักนั้น ควรจะอยู่ในระดับที่ทำให้จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักเจริญเติบโตดีที่สุดและมีการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงที่สุด คืออยู่ในช่วง 50-80 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ในการทดลองครั้งนี้พบว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่าต่ำกว่า Satter and Slyter (1974) ซึ่งเป็นผลอันเนื่องมาจากอาหาร TMR ที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้มี โปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{sup})ไม่เพียงพอต่อความต้องการของโคนมและอาหาร TMR นั้นมีโปรตีนที่ต่ำ (12.20%) โดยปกติแล้วโคนมที่อยู่ในช่วงระยะของการให้นมจะต้องได้รับโปรตีนไม่ต่ำกว่า 14% (NRC, 2001) และในการทดลองในครั้งนี้พบว่าระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน ในช่วงก่อนการให้อาหารของโคนมที่ได้รับการเสริมในระดับ 22 กรัม/ตัว/วัน มีความเข้มข้นสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อาจจะเป็นผลอันเนื่องมาจากความแปรปรวนระหว่างตัวสัตว์ในกลุ่มทดลอง ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ใช้สัตว์ทดลองกลุ่มละ 7 ตัว แต่ทำการสุ่มวัดค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนเพียงกลุ่มละ 4 ตัว สัตว์ที่สุ่มมานั้นอาจจะมีบางตัวที่มีค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนที่สูง จึงส่งผลทำให้มีความแปรปรวนระหว่างตัวสัตว์เอง ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงทำให้กลุ่มโคที่ได้รับการเสริมที่ระดับ 22 กรัม/ตัว/วัน มีค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3.4.6 ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acid; VFAของเหลวในกระเพาะหมัก

กรดไขมันระเหยได้เป็นผลผลิตจากการหมักย่อยอาหารโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก ซึ่งพบว่ากรดไขมันระเหยได้นั้นถูกใช้เป็นพลังงานของโคนนมถึง 80% (Bergman, 1990) โดยกรดไขมันระเหยได้จะถูกขนส่งจากกระเพาะหมัก 2 ทางคือ การดูดซึมผ่านผิวผนังชั้น epithelium ของกระเพาะหมักและรวมไปกับของเหลวจากกระเพาะหมักผ่านทาง reticulo-omasal oifice (Peters et al., 1990) ถ้าในกระเพาะหมักนั้นมีปริมาณกรดไขมันระเหยได้มากเกินไปจะทำให้ค่า pH ในกระเพาะหมักลดลงและเกิด rumen acidosis (Barker et al., 1995) จากการทดลองพบว่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ในช่วงก่อนการให้อาหาร (ชั่วโมงที่ 0) พบว่ากรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และอัตราส่วนของของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิโอนิก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ของโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง ส่วนกรดบิวทีริกนั้นพบว่า การเสริมที่ระดับ 22 กรัม/ตัว/วัน มีผลทำให้กรดบิวทีริกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกลุ่มที่เสริมที่ระดับ 11 กรัม/ตัว/วัน และในชั่วโมงที่ 3 หลังจาการให้อาหารพบว่า ความเข้มข้นของกรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก กรดบิวทีริก และอัตราส่วนกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิโอนิก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ความเข้มข้นของ กรดอะซิติกมีค่าอยู่ระหว่าง 68.41-70.30 mol/100mol กรดโพรพิโอนิกมีค่าอยู่ระหว่าง 19.03-20.93 mol/100mol กรดบิวทีริกมีค่าอยู่ระหว่าง 10.29-12.54 mol/100mol และอัตราส่วนกรดอะซิติกต่อ

กรดโพรพิโอนิกมีค่าอยู่ระหว่าง 3.40-3.71 mol/100mol ซึ่งพบว่าระดับความเข้มข้นของกรดอะซิติกมีค่าใกล้เคียงกับ Socha et al. (2008) คือที่ระดับ 66.4-73.9 mol/100mol และพบว่าความเข้มข้นของกรดโพรพิโอนิกในงานทดลองของ Socha et al. (2008) มีค่าสูงกว่าการทดลองในครั้งนี้ (กรดโพรพิโอนิกที่ระดับ 27.2-28.5) แต่มีค่าใกล้เคียงกับงานทดลองของ Broderick et al. (2008) คือที่ระดับ 18.7-20.1 mol/100mol และกรดบิวทีริกนั้นมีค่าใกล้เคียงกับงานทดลองของ Broderick et al (2008) คือที่ระดับ 10.9-11.7 mol/100mol และมีอัตราส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกที่ใกล้เคียงกับงาทดลองของ Lundquist et al. (1985) แต่อย่างไรก็ตามในงานทดลองนี้พบว่า ในช่วงก่อนการให้อาหาร (ชั่วโมงที่ 0) กลุ่มที่ทำการเสริมที่ระดับ 22 กรัม/ตัว/วัน มีผลทำให้กรดบิวทีริกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม อาจจะเป็นผลอันเนื่องมาจาก ความแปรปรวนระหว่างตัวสัตว์ในกลุ่มทดลอง ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ใช้สัตว์ทดลองกลุ่มละ 7 ตัว แต่ทำการสุ่มวัดค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้เพียงกลุ่มละ 4 ตัว สัตว์ที่สุ่มมานั้นอาจจะมีบางตัวที่มีค่าความเข้มข้นของกรดบิวทีริกที่สูง จึงส่งผลทำให้เกิดความแปรปรวนระหว่างตัวสัตว์เอง ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงทำให้โคกลุ่มที่ได้รับการเสริมที่ระดับ 22 กรัม/ตัว/วัน มีค่าความเข้มข้นของกรดบิวทีริกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณของกรดไขมันระเหยได้นั้นจะมีผลต่อการให้ผลผลิตของโคนม ซึ่งกรดอะซิติกและกรดบิวทีริกจะมีผลต่อปริมาณไขมันในน้ำนม ส่วนกรดโพรพิโอนิกจะมีผลต่อปริมาณผลผลิตในโคนม (Gramsworthy, 1998) และสัดส่วนของกรดอะซิติกต่อโพรพิโอนิกที่เพิ่มขึ้นก็จะมีผลกระทบต่อผลผลิตน้ำนม ซึ่งสัดส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกจะมีอิทธิพลอันเนื่องมาจากอาหารที่สัตว์กิน โดยสัตว์ที่กินอาหารหยาบหรืออาหารที่มีเยื่อใยสูงจะผลิตกรดอะซิติกสูง ส่วนสัตว์ที่กินอาหารที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบอยู่สูงก็จะมีผลผลิตของกรดโพรพิโอนิกที่สูง (Dado and Allen, 1995)

3.4.7 ปริมาณน้ำนมและปริมาณองค์ประกอบของน้ำนม

ไม่พบความแตกต่างของปริมาณน้ำนม ปริมาณไขมันนม ปริมาณโปรตีนนม ปริมาณแล็คโตส ปริมาณของแข็งวพร่องไขมัน (solid not fat) และปริมาณของแข็งรวมในน้ำนม (total solid) ของโคนมทั้งสามกลุ่มการทดลอง (ตารางที่ 3.13) และการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบของน้ำนม (ตารางที่ 3.14) ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Schwab et al. (1992) ที่ได้ทำการเสริมเสริม Met และ Lys เช่นเดียวกับงานทดลองของ Rulquin et al. (1993) พบว่าการเสริม Met ไม่มีผลต่อปริมาณน้ำนม แต่ตรงข้ามกับงานทดลองของ Lara et al. (2006); Leonardi et al. (2003) ได้ทำการเสริม rumen-protected methionine พบว่ามีผลทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนนมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตของโคนมในการทดลองครั้งนี้นั้นอาจจะมาจากหลายสาเหตุ คือ โคนมมีการกินได้ของวัตถุแห้งที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจึงทำให้ไม่ส่งผลต่อผลผลิตน้ำนม และการที่โคนมที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีผลผลิตน้ำนมที่ต่ำเกินไป จึงทำให้การเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตของโคนม ซึ่งในการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) จะให้ผลไปในทางบวกต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีนนมในโคนมที่ให้ผลผลิตน้ำนมสูง

ซึ่ง NRC (2001) ได้กล่าวไว้ว่าในการเสริม Met นั้นจะมีผลตอบสนองต่อองค์ประกอบน้ำนมและปริมาณน้ำนมน้อย เมื่อก่อนมีการรายงานว่าเมื่อเพิ่มโปรตีนในอาหารให้มีคุณภาพที่สูงขึ้นหรือฉีดกรดอะมิโนเข้าไปในกระเพาะจริง (abomasum) ในโคนมช่วงระยะของการให้นม จะมีผลทำให้โปรตีนนม และผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้น (Clark, 1975; Spires et al., 1975) และมีหนึ่งงานทดลองที่พบว่าเมื่อใช้ hydroxyl-methyl-methionine-calcium ผสมในอาหารโคนมช่วงระยะของการให้นม จะมีผลทำให้โปรตีนนมและผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้น ส่วนในงานวิจัยอื่นๆนั้นได้มีการศึกษาผลของ methionine analog [α-hydroxy-7-(methylmercapto) butyrate-calcium] ในอาหารโคนมพบว่ามีผลทำให้ผลผลิตน้ำนมและปริมาณไขมันนมเพิ่มขึ้น (Polan et al., 1970) หรือเพิ่มเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนม (Bhargava et al., 1977) อย่างไรก็ตาม ในความเป็นจริงนั้น analog ไม่มีผลต่อการปรับปรุงผลผลิตน้ำนม (Stokes, Clark, and Steinmetz, 1981) Lundquist et al. (1982) ได้รายงานถึงผลของการเสริม Met หรือ Met hydroxyl analog ในอาหารโคนมพบว่า เมื่อทำการเสริมในช่วงระยะแรกของการให้นม (early lactation) จะมีผลทำให้ปริมาณน้ำนมนมปรับไขมัน 4% มีปริมาณที่เพิ่มขึ้น ในยุโรปมีการรายงานว่า เมื่อมี Met ผสมอยู่ในอาหารนั้น จะเป็นแหล่งกำเนิดของไขมันหรือเป็นตัวที่ช่วยในกระบวนการสร้างไขมัน แต่จะมีผลทำให้แบคทีเรียในกระเพาะหมักลดลง ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำนม (Kaufmann and Lupping, 1982) โด้มีการพิสูจย์ถึงการตอบสนองของ Protected methionine ในด้านอื่นๆแล้ว แต่ที่สำคัญที่สุด คือ ผลตอบสนองต่อการปรับปรุงผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนมยังไม่มีการพิสูจย์ (Chalupa, 1975) อย่างไรก็ตาม การใช้ HMB (2-hydroxy-4-(methylthio)-butanoic acid) เสริมในอาหารโคนมนั้นจะมีผลต่อการหมักย่อยในกระเพาะหมักเป็นการชักนำให้ปริมาณไขมันเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณโปรตีนจะเปลี่ยนไป (Bhargava et al., 1977; Lundquist et al., 1982; Hansen et al., 1991) ดังนั้นการใช้ HMB จึงไม่มีผลต่อการดูดซึมเพื่อนำไปสังเคราะห์โปรตีนนม

3.4.8 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนม

จากการศึกษาผลของการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ต่อปริมาณของกรดไขมันในน้ำนมพบว่าไม่มีผลต่อ long chain FA, medium chain FA และ short chain FA ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Casper et al. (1987) ซึ่งได้ทำการเสริม rumen-protected methionine ที่ระดับ 50 กรัม/ตัว/วัน ร่วมกับ extruded soybean meal 60% พบว่าไม่มีผลต่อ long chain FA และ short chain FA และในงานทดลองของ Yang et al. (1986) ได้ทำการเสริม rumen-protected methionine ที่ระดับ 50 กรัม/ตัว/วัน ร่วมกับ heat-treated soybean meal พบว่าไม่มีผลต่อ long chain FA และ short chain FA เช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามในงานทดลองครั้งนี้พบว่าการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ที่ระดับ 11 กรัม/ตัว/วัน มีผลทำให้ C4:0, C18:1n9c, C21:0 และ UFA (unsaturated fatty acid) เพิ่มขึ้น ส่วน C18:3n3 และ SFA (saturated fatty acid) ลดต่ำลง มีบางรายงานได้กล่าวไว้ว่าการดูแลสุขภาพร่างกายให้สมบูรณ์ต่อผลผลิตน้ำนมนั้นจะมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มปริมาณของ long-chain UFA และการลดปริมาณของ SFA ในมนุษย์นั้น สภาพร่างกายหรือความสมบูรณ์ของร่างกายจะทำหน้าที่ในการปรับเปลี่ยนองค์ประกอบของกรดไขมันภายใน

น้ำนม เพราะมีการรายงานว่า SFA บางส่วนจะไปเป็นส่วนประกอบของ hypercholesterolemia ในไขมันนม

3.5 สรุปผลการทดลอง

การทดลองเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ที่ระดับ 0, 11 และ 22 กรัม/ตัว/วัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ของการกินได้ของวัตถุแห้ง โปรตีนที่ได้รับจากอาหาร ความต้องการพลังงานเพื่อกิจกรรมต่างๆ ของโคนม การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว รวมไปถึงระดับความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน และความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ภายในของเหลวในกระเพาะหมัก ผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม แต่การเสริม MHA® ที่ระดับ 11 กรัม/ตัว/วัน มีผลทำให้การกินได้ของวัตถุแห้ง และโปรตีน ต่อน้ำหนักตัวเมแทบอลิก (g/kg $W^{0.75}$) ลดต่ำลง และการเสริม MHA®ที่ระดับ 11 กรัม/ตัว/วัน พบว่ามีผลทำให้สัดส่วนของกรดไขมันในน้ำนม ได้แก่ C4:0, C18:1n9c, C21:0 และ UFA (unsaturated fatty acid) เพิ่มขึ้น ส่วน C18:3n3 และ SFA (saturated fatty acid) ลดต่ำลง และการเสริม MHA®ที่ระดับ 22 กรัม/ตัว/วัน ไม่มีผลต่อ C18:1n9c, C18:3n3, UFA และ SFA แต่มีผลทำให้ C4:0 และ C21:0 เพิ่มสูงขึ้น การที่การเสริม MHA® ในอาหารโครีดนมไม่ส่งผลต่อผลผลิตน้ำนม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการทดลองครั้งนี้ทำกับโครีดนมที่ให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ (11 kg/d) ซึ่งโภชนะต่างๆ ที่ได้รับจากอาหารเพียงต่อการให้ผลผลิตอยู่แล้ว ทำให้การเสริม MHA® ไม่ทำให้ผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้น งานวิจัยที่ควรทำต่อไปคือทำการทดลองในโครีดนมที่ให้ผลผลิตน้ำนมสูงๆ (> 20 kg/d) เพื่อดูผลตอบสนองต่อการเสริม MHA® ดังนั้นจากผลการทดลองในครั้งนี้ การเสริม MHA® ไม่ทำให้ผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้น ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจยังไม่มี จึงยังไม่ควรแนะนำให้เกษตรกรทั้งฟาร์มใหญ่และฟาร์มเล็กใช้จนกว่าจะได้มีการทดลองในโครีดนมที่ให้นมมากๆ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
การศึกษาผลของการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ร่วมกับแร่ธาตุอินทรีย์ (MINTREX®) ในอาหารโคนมต่อประสิทธิภาพในการผลิตโคนม

4.1 บทนำ

โคนมที่ให้ผลผลิตสูงจะมีความต้องการ metabolizable protein ซึ่งสัตว์จะต้องมีการสังเคราะห์โปรตีนจากจุลินทรีย์ในปริมาณที่สูง และไหลผ่านไปยังกระเพาะจริงและดูดซึมที่ลำไส้เล็ก เมื่อ metabolizable protein ไม่เพียงพอ สัตว์ก็จะได้รับจากแหล่งของโปรตีนและกรดอะมิโนไหลผ่าน (bypass protein and amino acid) กรดอะมิโนที่มีความสำคัญต่อการสังเคราะห์น้ำนมและโปรตีนนมในโคนม คือ lysine และ methionine (Schwab et al., 1992; Rulquin et al., 1993) Dry calcium salt of D,L-2-hydroxy-4-(methylthio)-butanoic acid (HMB) เป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไปคือ Met hydroxy analog (MHA) ซึ่งมีการศึกษากันอย่างกว้างขวาง ประสิทธิภาพของ MHA นั้นจะเป็นแหล่งของ Met ที่ต่อต้านการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก และจะมีการดูดซึม และ metabolism ภายในเนื้อเยื่อในภายหลัง Met และ Lys มีความสำคัญที่สุดต่อการสังเคราะห์น้ำนม และโปรตีนนมเมื่อโคได้รับข้าวโพดเป็นอาหาร (Schwab et al., 1976) การเสริมกรดอะมิโนที่ให้มีการดูดซึมบริเวณส่วนของลำไส้เล็กส่วนต้น (duodenal) จะสามารถปรับปรุงการสังเคราะห์โปรตีนภายในเนื้อเยื่อ (Clark, 1975) ซึ่งตัวแทนในการสร้างกรดอะมิโนให้แก่สัตว์ที่สำคัญได้แก่ ruminally protected amino acids (RPAA) การเสริม RPAA ที่เพิ่มขึ้นจะมีผลต่อ metabolic ฮอร์โมนรวมไปถึง การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตน้ำนม นอกจากนี้การศึกษาถึงผลของการใช้ RPAA ในโคนมช่วงระยะของการให้นมพบว่ามีผลทำให้โปรตีนนมเพิ่มขึ้น 5% (Robinson et al., 1995) แร่ธาตุปลีกย่อย (trace minerals) ได้แก่ Zinc, copper, manganese และ selenium มีความสำคัญทางด้าน physiological ของสัตว์เป็นอย่างมาก เช่นการพัฒนาของระบบ immune การพัฒนาของเนื้อเยื่อและกระดูก ความสมบูรณ์พันธุ์ และการป้องกัน against oxidative ในโคเนื้อ การขาด แร่ธาตุจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตลดต่ำลง ยิ่งไปกว่านั้นอาจทำให้สัตว์ถึงแก่ชีวิตได้ โดยส่วนใหญ่แล้วจะมีการเสริมแร่ธาตุอนินทรีย์ (inorganic) หรือแร่ธาตุอินทรีย์ (organic) ในอาหาร แร่ธาตุอนินทรีย์ที่เสริมในอาหารนั้นจะอยู่ในรูปของ ซัลเฟต (sulfates) และ ออกไซด์ (oxide) ซึ่งจะมี biovailability ที่ต่ำกว่าแร่ธาตุอินทรีย์ การให้แร่ธาตุอินทรีย์นั้นจะแสดงให้เห็นถึงการดูดซึมเข้าสู่กล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้น และลดการขับออก การใช้แร่ธาตุอินทรีย์ในอาหารสัตว์จะสามารถปรับปรุงด้าน physiological และ biological ให้ดีขึ้น MINTREX® organic trace minerals (zinc, copper or manganese, each chelated in a 2: 1 stoichiometry by the methionine hydroxyl analogue) จะมีผลต่อการปรับปรุงระบบ immunee และปรับปรุงการพัฒนาของเนื้อเยื่อและกระดูก และเพิ่มความแข็งแรงให้แก่สัตว์ การเสริมแร่ธาตุอินทรีย์ในโคนมจะมีผลทำให้จำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวลดต่ำลง (SCC) และทำให้โคมีสุขภาพที่ดีขึ้น อัตราการตายลดต่ำลง และสามารถปรับปรุง

คุณภาพซากให้ดีขึ้น การใช้สารคีเลท (chelates) และ amino acid complexes กับ Cu, Zn, และ Mn ในอาหารโคนมต่อจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาว (SCC) ในน้ำนมนั้น มีงานวิจัยที่หลากหลายที่พิสูจน์ให้เห็นถึงความแตกต่างดังนี้ ในการศึกษาของ Strusinska et al. (2004); Zieminski et al. (2002) และ Kinal et al. (2005) ได้รายงานว่าหลังจากที่ทำการเสริมแร่ธาตุอินทรีย์ในโคนมพบว่ามีผลทำให้ SCC ในน้ำนมลดต่ำลง แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษาของ Campbell et al. (1999) และ Rajcevic and Potocnik (2003) พบว่าไม่ให้ผลไปในทางบวก ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริม Met hydroxy analog (**MHA®**) ร่วมกับ MINTREX®ในอาหารโคนมต่อประสิทธิภาพการผลิตของโคนมในช่วงระยะของการให้นม

4.2 อุปกรณ์และวิธีการ

4.2.1 การจัดการสัตว์ทดลองและการให้อาหาร

การจัดการสัตว์ทดลอง

โคนมที่ใช้ในการทดลองเป็นโคนมพันธุ์ลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียน (Crossbred Holstein Friesian) จำนวน 24 ตัว จำนวนวันการให้นมเฉลี่ย 38.8±5.9 วัน(mean ± SD) ปริมาณน้ำนมเฉลี่ย 16.6±1.13 กิโลกรัม/วัน น้ำหนักเฉลี่ย 402±16 กิโลกรัม ทำการจัดสัตว์เข้างานทดลองโดยการ block ด้วย ระยะเวลาของการให้นม (milking day first) ปริมาณน้ำนม (milk yield) และน้ำหนักของตัวสัตว์ (body weight) โดยทำการแบ่งโคออกเป็น 2 กลุ่มการทดลอง ในแต่ละกลุ่มการทดลองจะมีโคกลุ่มละ 12 ตัว การทดลองจะใช้เวลาทั้งหมด 16 สัปดาห์ ใช้เวลาในการปรับตัวสัตว์ก่อนการทดลอง 2 สัปดาห์ และอีก 14 สัปดาห์เป็นช่วงของการทดลอง จัดให้โคแต่ละตัวกินอาหารตามกลุ่มทดลองดังนี้

กลุ่ม control ได้รับอาหารข้นตามปกติ (ไม่เสริม Met hydroxy analog (**MHA®**)กับ MINTREX® Dairy (Novus International Inc.,USA)

กลุ่มการทดลอง ได้รับอาหารข้นและ Met hydroxy analog (**MHA®**) 22 กรัม/ตัว/วัน ร่วมกับ MINTREX® Dairy (Novus International Inc.,USA) 14 กรัม/ตัว/วัน

อาหารข้น (Concentrate) ชนิดเม็ด (Pellet) มีคุณค่าทางโภชนะตามความต้องการของโคนมในระยะให้นม (NRC, 2001) มีโปรตีน 21% ซึ่งโคจะได้รับอาหารข้นตามสัดส่วนของปริมาณน้ำนมต่ออาหารข้น (2:1) ซึ่งจะได้รับอาหารข้นวันละ 2 ครั้งต่อวัน ในเวลา 05.00 น.และ 15.00 น. อาหารหยาบ (Roughage) ที่ใช้ในการทดลองคือ หญ้าสดวันละ 20 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน และมีน้ำดื่มสะอาดใส่อ่างให้โคกินตลอดเวลา

ตารางที่ 4.1 แสดงลักษณะที่ใช้ในการจัดกลุ่มโคก่อนการทดลอง

Parameter	Control	MHA® plus MINTREX®
Milk yield, kg/d	15.8 $\pm$ 3.7	16.6 $\pm$ 4.0
DIM[1], day	37.8 $\pm$ 17.6	39.9 $\pm$ 23.7

หมายเหตุ: DIM[1] = day in milk

4.2.2 วิธีการทดลองและเก็บข้อมูล

ทำการจัดกลุ่มโคสาวที่อยู่ในช่วงแรกของการให้นมจำนวน 24 ตัว ออกเป็น 2 กลุ่มทดลอง นำโคเข้าทดลองโดยได้รับอาหารข้นสูตรปกติ (ไม่เสริม) และกลุ่มทดลองที่ได้รับอาหารข้นเสริม calcium salt of HMTBa (2-hydroxy-4methylthio butanoic acid), MHA® 22 กรัมต่อวัน ร่วมกับ MINTREX® Dairy (Novus International Inc., USA) 14 กรัมต่อวัน ซึ่ง MINTREX® Dairy (Novus International Inc., USA) จะประกอบไปด้วย Zn 320 มิลลิกรัม (as Zn methionine hydroxy analogue complex), Cu 150 มิลลิกรัม (as Cu methionine hydroxy analogue complex), Mn 130 มิลลิกรัม (as Mn methionine hydroxy analogue complex), Se 3.75 มิลลิกรัม (as Se yeast), Biotin 20 มิลลิกรัม และ methionine activity (as HMTBa) 3.2 กรัม ทำการรีดนม 2 ครั้งต่อวัน ในเวลา 05.00 น. และเวลา 15.30 ระหว่างการทดลองมีการเก็บบันทึกข้อมูล ดังนี้

4.2.2.1 การกินได้

การวัดปริมาณการกินได้ทุกช่วง 7 วัน ช่วงละ 2 ครั้ง โดยเก็บตัวอย่างอาหารแต่ละชนิด (อาหารข้นกลุ่มควบคุม, อาหารข้นกลุ่มทดลอง และอาหารหยาบหญ้าสด) ประมาณ 10% ชั่งและบันทึกน้ำหนักของอาหารแต่ละชนิดก่อนให้โคกิน เมื่อครบ 1 วัน ตักอาหารที่เหลือออกชั่งและบันทึกน้ำหนักอาหารหลังกิน สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารหลังกินรายตัว 10% นำไปอบไล่ความชื้นในตู้อบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อหาน้ำหนักวัตถุแห้งของตัวอย่างอาหาร (Dry matter, DM) จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีแบบประมาณ (Proximate analysis) (AOAC, 1990) ซึ่งวิเคราะห์วัตถุแห้งโดยเครื่อง Hot air oven โปรตีนหยาบ (Crude protein, CP) โดยเครื่อง Kjeltec auto analyzer ไขมัน (Ether extract) โดยเครื่อง Soxhlet auto analyzer เยื่อใยหยาบ (Crude fiber, CF) โดยเครื่อง Fibertec auto analyzer และเถ้า (Ash) โดยการเผาที่อุณหภูมิ 550°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ส่วน การวิเคราะห์เยื่อใยนั้นจะใช้วิธี Detergent analysis (Goering and Van Soest, 1970) ได้แก่ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber, NDF) เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber, ADF) และAcid detergent lignin, ADL โดยเครื่อง Fibertec auto analyser

4.2.2.2 น้ำหนักตัว

ทำการชั่งน้ำหนักตัวก่อนและหลังการทดลองโคทั้ง 2 กลุ่มทดลองหลังจากทำการรีดนมช่วงเช้าก่อนการให้อาหาร โดยชั่งน้ำหนักโครายตัวด้วยเครื่องชั่ง จากนั้นนำน้ำหนักโคทั้งก่อนและหลังการทดลองไปคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวัน (Body Weight Change, BWC)

4.2.2.3 ผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม

ทำการชั่งบันทึกปริมาณผลผลิตน้ำนมดิบรายตัวทุกวันตลอดการทดลอง และสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนมดิบรายตัวทุกๆ 7 วัน (เก็บ 2 วันติดต่อกัน) โดยจะแบ่งเป็นนมช่วงเย็นและช่วงเช้าในเวลา 15.00 และ 05.00 นาฬิกา ตามลำดับ เพื่อจะนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมได้แก่ ไขมัน

นม โปรตีนนม แลคโตส ของแข็งพร่องในไขมัน (Solid not fat) และของแข็งรวมในนม (Total solid) โดยเครื่อง Milkoscan S50

4.2.2.4. วัดค่า Somatic cell count ในน้ำนม

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนมดิบรายตัวในสัปดาห์สุดท้ายของการทดลอง โดยเก็บตัวอย่างใส่ในขวดสีชา แล้วนำตัวอย่างน้ำนมดิบไปตรวจค่าโซมาติกเซลล์ด้วยเครื่อง Fossomatic 5000 basic

4.2.3 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่บันทึกจากการทดลองได้แก่ การกินได้ของวัตถุแห้ง น้ำหนักตัวและการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว ผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม จำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวในน้ำนม (SCC) ข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดลองถูกนำเข้าประมวลผลและวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ Simple comparison (Steel and Torries, 1980) วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี T-test และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1996)

4.3 ผลการทดลอง

4.3.1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้นและหญ้าสดที่ใช้ในการทดลอง แสดงดังตารางที่ 4.2 โดยโคนมทั้งสองกลุ่มการทดลองจะได้รับอาหารข้นที่มีคุณค่าทางโภชนะเหมือนกัน ซึ่งได้แก่ วัตถุแห้งมีค่าเท่ากับ 92.10% โปรตีนมีค่าเท่ากับ 19.90%ไขมันมีค่าเท่ากับ 4.06% เถ้ามีค่าเท่ากับ 6.40% เยื่อใยมีค่าเท่ากับ 9.12% NFC มีค่าเท่ากับ 40.58% NDF มีค่าเท่ากับ 35.10% ADF มีค่าเท่ากับ 19.10% ADL มีค่าเท่ากับ 4.56% NDIN มีค่าเท่ากับ 1.10% NDINCP มีค่าเท่ากับ 6.87% ADIN มีค่าเท่ากับ 0.39% และ ADINCP มีค่าเท่ากับ 2.43%

สำหรับอาหารหยาบคือหญ้าสด พบว่า วัตถุแห้งมีค่าเท่ากับ 32.5% โปรตีนมีค่าเท่ากับ 6.10% ไขมันมีค่าเท่ากับ 2.30% เถ้ามีค่าเท่ากับ 9.50% เยื่อใยมีค่าเท่ากับ 34.99% NFC มีค่าเท่ากับ 16.76% NDF มีค่าเท่ากับ 67.20% ADF มีค่าเท่ากับ 47.70% ADL มีค่าเท่ากับ 4.98% NDIN มีค่าเท่ากับ 0.35% NDINCP มีค่าเท่ากับ 2.22% ADIN มีค่าเท่ากับ 0.22% และ ADINCP มีค่าเท่ากับ 1.41%

เมื่อนำค่าองค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้นและหญ้าสดมาคำนวณหาค่าโภชนะของการย่อยได้ทั้งหมด (TDN) พลังงานย่อยได้ (DE) พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) และพลังงานสุทธิ (NE) ตามสมการ NRC (2001) ดังแสดงในตารางที่ 4.3 ค่าโภชนะของการย่อยได้ทั้งหมดของอาหารข้นและหญ้าสดมีค่าเท่ากับ 66.31% และ 52.61% ตามลำดับ เช่นเดียวกับพลังงานย่อยได้ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.11 และ 2.46 Mcal/kgDM ตามลำดับ ส่วนพลังงานใช้ประโยชน์ได้ มีค่าเท่ากับ 2.70 และ 2.03 Mcal/kgDM ตามลำดับ และพลังงานสุทธิ มีค่าเท่ากับ 1.71 และ 1.24 Mcal/kgDM ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้นสำเร็จรูป และหญ้าสด

Composition	Concentrate	Fresh cut grass
Dry matter	92.1	32.5
	----------%Dry matter----------	
Crude protein	19.90	6.10
Crude fat	4.06	2.30
Ash	6.40	9.50
Crude fiber	9.12	34.99
Crude NFC	40.58	16.76
NDF	35.10	67.20
ADF	9.10	47.70
ADL	4.56	4.98
NDIN	1.10	0.35
NDINCP	6.87	2.22
ADIN	0.39	0.22
ADINCP	2.43	1.41

หมายเหตุ : ADF = acid detergent fiber, ADICP = acid detergent insoluble crude protein, ADIN = acid detergent insoluble crude nitrogen, ADL = acid detergent linin, NDF = neutral detergent fiber, NFC = non-fiber carbohydrate, NDIN = neutral detergent insoluble nitrogen, NDICP = neutral detergent insoluble crude protein

ตารางที่ 4.3 คุณค่าทางพลังงานในสูตรอาหารข้นสำเร็จรูป และหญ้าสด

	Concentrate	Fresh cut grass
TDN_{1X} (%)[1]	66.31	52.61
DE_P (Mcal/kg)[2]	3.11	2.46
ME_P (Mcal/kg)[3]	2.70	2.03
NE_{LP} (Mcal/kg)[4]	1.71	1.24

หมายเหตุ :

[1] TDN_{1x}(%) = tdNFC + tdCP = (tdFA x 25.25) + tdNDF − 7)

DE_{1x} = ((tdNFC/100) x 4.2) + ((tdNDF/100) x 4.2) x ((tdCP/100) x 5.6 + ((FA/100) x 9.4) − 0.3

[2] DE_P (Mcal/kg) = (((TDN$_{1x}$ − ((0.18 x TDN$_{1x}$) − 10.3)) x Intake)/ TDN$_{1x}$) x DE$_{1x}$

[3] ME_P (Mcal/kg) = (1.01 x (DE_P) − 0.45) + (0.0046 x (EE-3))

[4] NE_{LP} (Mcal/kg) = (0.703 x ME_P) − 0.19 , (EE>3%)

[4] NE_{LP} (Mcal/kg) = (0.703 x ME_P) − 0.19) + ((0.097 x ME_P)/97) x (EE-30), (EE>3%)

4.3.2 ปริมาณการกินได้ของโคนม

จากการทดลองปริมาณการกินได้โภชนะของโคนม เมื่อเปรียบเทียบตามกลุ่มการทดลองที่มีการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ร่วมกับ MINTREX® และกลุ่มควบคุม แสดงดังตารางที่ 4.4 พบว่าปริมาณการกินได้วัตถุแห้งของอาหารข้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.3 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน ของทั้งสองกลุ่มทดลอง ปริมาณการกินได้วัตถุแห้งของอาหารหยาบมีค่าเท่ากับ 5.2 และ 5.8 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน ตามลำดับ และปริมาณการกินได้วัตถุแห้งของอาหารรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.5 และ 14.1 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน ตามลำดับ โดยพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ปริมาณการกินได้โปรตีนจากอาหารข้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,652 กรัม/ตัว/วัน ทั้งสองกลุ่มการทดลอง และปริมาณการกินได้ของโปรตีนจากอาหารหยาบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 317 และ 354 กรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน ตามลำดับ และปริมาณการกินได้โปรตีนจากอาหารรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,969 และ 2,006 กรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน ตามลำดับ โดยพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 4.4 ผลของการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ร่วมกับ MINTREX® ต่อปริมาณการกินได้ของโคนม

ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง	Control	MHA® + MINTREX®	SEM	P-value
	.....(kgDM/d).....			
อาหารข้น	8.3	8.3	-	-
อาหารหยาบ	5.2	5.8	0.5	0.35
รวม	13.5	14.1	0.7	0.28
ปริมาณการกินได้โปรตีน	..... (g/d)			
อาหารข้น	1,652	1,652	-	-
อาหารหยาบ	317	354	31	0.36
รวม	1,969	2,006	43	0.28

หมายเหตุ : SEM = standard error of the mean

4.3.3 การประมาณค่าพลังงานของโคนมที่ได้รับจากอาหารทดลอง

การจำแนกพลังงานใช้ประโยชน์เพื่อกิจกรรมต่างๆ ของโคนมที่ได้รับการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ร่วมกับ MINTREX® และกลุ่มควบคุม ตามสนมการ NRC (2001) ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.5 พบว่าการกินได้ของพลังงานสุทธิ (NE_L intake) มีค่าเท่ากับ 20.6 และ 21.39 Mcal/วัน ตามลำดับ ส่วนพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE_{LM}) มีค่าเท่ากับ 7.25 และ 7.13 Mcal/วัน ตามลำดับ พลังงานสุทธิเพื่อการผลิตน้ำนม (NE_{LL}) มีค่าเท่ากับ 10.75 และ 11.88 Mcal/วัน ตามลำดับ พลังงาน

สุทธิเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว (NE_{LG}) มีค่าเท่ากับ 0.16 และ 0.11 Mcal/วัน ตามลำดับ พลังงานสุทธิสะสม (NE_{LR}) มีค่าเท่ากับ 17.83 และ 19.12 Mcal/วัน ตามลำดับ และประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของโคนมมีค่าเท่ากับ 0.88 และ 0.90 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 พลังงานที่โคนมต้องการเพื่อกิจกรรมต่างๆและที่โคนมได้รับจากอาหาร

	Control	MHA® + MINTREX®
	.....(Mcal/วัน).....	
การกินได้พลังงานสุทธิ (NE_L intake)	20.64	21.39
พลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE_{LM})	7.25	7.13
พลังงานสุทธิเพื่อการผลิตน้ำนม (NE_{LL})	10.75	11.88
พลังงานสุทธิเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว (NE_{LG})	0.16	0.11
พลังงานสุทธิสะสม (NE_{LR})	17.83	19.12
ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Efficiency)	0.88	0.90

หมายเหตุ : SEM = standard error of the mean

Efficiency = NE_{LR}/ NE_L intake

4.3.4 น้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง

น้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงของโคนมที่ได้รับการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ร่วมกับ MINTREX® และกลุ่มควบคุม แสดงไว้ในตารางที่ 4.6 พบว่าน้ำหนักตัวของโคนมก่อนการทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 411 และ 396 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักตัวหลังสิ้นสุดการทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 404 และ 400 กิโลกรัม ตามลำดับ และน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงของโคนมกลุ่มควบคุมนั้น มีค่าลดต่ำ 65 กรัม/วัน ส่วนกลุ่มที่ได้รับการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ร่วมกับ MINTREX® มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นวันละ 42 กรัม/วัน

ตารางที่ 4.6 ผลของการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ร่วมกับ MINTREX® ต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว

น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	Control	MHA® + MINTREX®
ก่อนการทดลอง	411	396
หลังการทดลอง	404	400
น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง (กรัม/วัน)	-65	42

หมายเหตุ: SEM = standard error of the mean

4.3.5 ปริมาณน้ำนมและปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม

ผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม แสดงดังตารางที่ 4.7 พบว่าโคนมกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ร่วมกับ MINTREX® มีผลผลิตน้ำนมเท่ากับ 15.4 และ 17.3 กิโลกรัม/วัน ตามมลำดับ ปริมาณน้ำนมปรับไขมัน 3.5% เท่ากับ 15.7 และ 17.4 กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ ปริมาณไขมันนมเท่ากับ 556 และ 611 กรัม/วัน ตามลำดับ ปริมาณโปรตีนนมเท่ากับ 451 และ 502 กรัม/วัน ตามลำดับ ปริมาณแล็คโตสเท่ากับ 790 และ 877 กรัม/วัน ตามลำดับ ปริมาณของแข็งพร่องไขมันเท่ากับ 1317 และ 1455 กรัม/วัน ตามลำดับ และปริมาณของแข็งรวมในนมเท่ากับ 1863 และ 2064 กรัม/วัน ตามลำดับ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

เปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบน้ำนมแสดงไว้ในตารางที่ 4.8 พบว่าไขมันนมมีค่าเท่ากับ 3.61 และ 3.53% ตามลำดับ โปรตีนนมมีค่าเท่ากับ 2.93 และ 2.90% ตามลำดับ แล็คโตสมีค่าเท่ากับ 5.13 และ 5.07% ตามลำดับ ของแข็งพร่องไขมัน (solid not fat) มีค่าเท่ากับ 8.55 และ 8.41% ตามลำดับ ของแข็งในน้ำนม (total solid) มีค่าเท่ากับ 12.10 และ 11.93% ตามลำดับ ซึ่งพบว่าเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสะถิติ (P>0.05)

ผลของจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวในน้ำนม (somatic cell count) แสดงดังตารางที่ 4.8 พบว่าโคนมกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ร่วมกับ MINTREX® มีจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวเท่ากับ 668,000 และ 345,000 เซลล์/มิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 4.7 ผลของการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ร่วมกับ MINTREX® ต่อปริมาณผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมในโคนม

ปริมาณน้ำนม	Control	MHA® + MINTREX®	SEM	P-value
	..... (kg/day)			
ปริมาณน้ำนม	15.4	17.3	1.1	0.26
ปริมาณน้ำนมปรับไขมัน 3.5%	15.7	17.4	1.1	0.23
องค์ประกอบของน้ำนม	..... (g/day)			
ปริมาณไขมันนม	556	611	43	0.35
โปรตีนนม	451	502	31	0.25
ปริมาณแล็คโตส	790	877	55	0.25
ปริมาณของแข็งพร่องไขมัน	1,317	1,455	90	0.28
ปริมาณของแข็งรวมในนม	1,863	2,064	135	0.29

หมายเหตุ : SEM = standard error of the mean

ตารางที่ 4.8 ผลของการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ร่วมกับ MINTREX® ต่อองค์ประกอบของน้ำนมและจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาว

เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของน้ำนม	Control	MHA® + MINTREX®	SEM	P-value
	..... (%)			
ไขมันนม	3.61	3.53	0.07	0.48
โปรตีนนม	2.93	2.90	0.04	0.59
แล๊คโตส	5.13	5.07	0.06	0.58
ของแข็งพร่องไขมัน	8.55	8.41	0.11	0.38
ของแข็งรวมในนม	12.10	11.93	0.14	0.41
SCC, ($\times 10^3$/ml)	668	345	471	0.38

หมายเหตุ : SEM = standard error of the mean

4.4 วิจารณ์ผลการทดลอง

4.4.1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอาหารสัตว์ทดลอง พบว่ามีค่าที่ใกล้เคียงกับการรายงานของ NRC (2001); Suksombat and Chullanandana (2008) ซึ่งอาหารข้นมีองค์ประกอบทางเคมีเท่ากับ 19.90% ไขมันมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.06% อยู่ในช่วงระดับที่ NRC (2001) แนะนำไว้คือ ที่ระดับ 3% แต่ไม่สูงเกิน 5% ซึ่งเป็นระดับที่ไม่ส่งผลกระทบต่อการย่อยเซลลูโลสในกระเพาะหมัก Church (1979) อ้างโดย เมธา วรรณพัฒน์ (2533) ส่วนเยื่อใยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.12 พบว่ามีค่าต่ำกว่า ชุติมา อิ่มสันเทียะ (2544), เพลิน เมินกระโทก (2545) และพิมลทิพย์ จันทร์พานิชเจริญ (2546) ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์เยื่อใยในอาหารข้น เท่ากับ 11.46, 10.30 และ 11.38% ตามลำดับ ทั้งนี้ชนิดและสัดส่วนของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตอาหารข้นเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณเยื่อใย สำหรับ NFC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 40.58% เป็นค่าที่อยู่ในช่วงของ NRC (2001) แนะนำไว้คือ 36-44% ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับโคนมที่ให้ผลผลิตน้ำนม NDF มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35.10% พบว่ามีค่าที่สูงกว่าระดับที่ NRC (2001) แนะนำระดับ NDF ต่ำสุดในอาหารที่ 25-33% ADF มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.10% พบว่ามีค่าที่สูงกว่าระดับที่ NRC (2001) แนะนำคือ 17-21% ในสูตรอาหาร NDIN มีค่าเท่ากับ 1.10% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ ชิดชนก นวลฉิมพลี (2548) ที่รายงานไว้ที่ระดับ 1.19% และ ADIN มีค่าเท่ากับ 0.39% ซึ่งต่ำกว่ารายงานของ ณัฐนิตย์ ป่วนปาน (2550) ที่รายงานไว้ที่ระดับ 0.82% (NDICP มีค่าเท่ากับ 6.87% และ ADICP มีค่าเท่ากับ 2.43%)

เมื่อนำผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีไปคำนวณหาค่าพลังงานประเภทต่าง ๆ ตามสมการของ NRC (2001) พบว่าอาหารข้นและหญ้าสดมีพลังงานในรูปของโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (Total digestible nutrient, TDN_{1X}) เท่ากับ 66.31 และ 52.61% ทั้งนี้ค่า TDN_{1X} จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ

ทางเคมีของอาหาร ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของอาหารนั้นก็ขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของการเก็บเกี่ยววัตถุดิบที่นำมาประกอบในสูตรอาหารข้น และหญ้าสดที่นำมาให้โคกิน แต่อย่างไรก็ตามโคนมทั้งสองกลุ่มการทดลองจะได้รับอาหารในปริมาณที่เท่ากันตลอดการทดลอง

4.4.2 ปริมาณการกินได้ของโคนม

ปริมาณการกินได้ของโคนมถือได้ว่าเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการผลิต ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการได้รับโภชนะในอาหาร จากการทดลองวัดการกินได้พบว่าปริมาณการกินได้วัตถุแห้งทั้งอาหารข้นและอาหารหยาบของทั้งสองกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยบางงานที่ได้ทำการเสริม RPMet ในอาหารโคนมพบว่าการเพิ่มขึ้นของการกินได้ของวัตถุแห้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Schwab et al., 1992; Vanhatalo et al., 1999; Trináctý et al., 2006) และในงานทดลองของ DeFrain et al. (2009) ได้ทำการเสริม Complexed trace minerals (Zn, Mn, Cu และ Co) พบว่าไม่มีผลต่อการกินได้ของวัตถุแห้ง ซึ่งในการทดลองครั้งนี้จะเห็นได้ว่าโคนมทั้งสองกลุ่มการทดลองมีการกินได้วัตถุแห้งและโปรตีนของอาหารข้นในปริมาณที่เท่ากัน ซึ่งพบว่าในอาหารข้นมีโปรตีนและพลังงานในรูปของโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (Total digestible nutrient, TDN_{1X}) สูงกว่าอาหารหยาบมาก ดังนั้นการกินได้ของอาหารหยาบจึงเป็นตัวแปรที่สำคัญในการได้รับโปรตีนและพลังงานสุทธิ ซึ่งจาการทดลองครั้งนี้พบว่าการกินได้วัตถุแห้งของอาหารหยาบของโคทั้งสองกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน จึงส่งผลให้การได้รับโปรตีนและพลังงานสุทธิไม่แตกต่างกัน

4.4.3 การประมาณค่าพลังงานของโคนมที่ได้รับจากอาหารสูตรทดลอง

การจำแนกพลังงานใช้ประโยชน์เพื่อกิจกรรมต่างๆของโคนมทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง พบว่าการกินได้ของพลังงานสุทธิ (NE_L intake) มีค่าเท่ากับ 20.6 และ 21.39 Mcal/วัน ส่วนพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE_{LM}) มีค่าเท่ากับ 7.25 และ 7.13 Mcal/วัน พลังงานสุทธิเพื่อการผลิตน้ำนม (NE_{LL}) มีค่าเท่ากับ 10.75 และ 11.88 Mcal/วัน พลังงานสุทธิเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว (NE_{LG}) มีค่าเท่ากับ 0.16 และ 0.11 Mcal/วัน พลังงานสุทธิสะสม (NE_{LR}) มีค่าเท่ากับ 17.83 และ 19.12 Mcal/วัน และประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของโคนมมีค่าเท่ากับ 0.88 และ 0.90 Mcal/วัน จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานจากทั้ง 2 กลุ่มการทดลองสูญเสียไปเท่ากับ 0.12 และ 0.10 Mcal/วัน ตามลำดับ ซึ่งพลังงานที่สูญเสียไปนั้นจะสูญเสียออกไปในรูปของมูล, ปัสสาวะ, แก๊สจากการหมักย่อย และความร้อนนั่นเอง

4.4.4 น้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง

จาการทดลองพบว่าการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของโคนมกลุ่มที่ได้รับการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ร่วมกับ MINTREX® มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นวันละ 42 กรัม/วัน ส่วนกลุ่มควบคุมนั้นมีน้ำหนักตัวลดต่ำลงต่ำ 65 กรัม/วัน ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากโคที่อยู่ในกลุ่มควบคุมบางตัวมีอาการเป็นสัด และบางตัวมีอาการป่วยจึงกินอาหารได้น้อย ดังนั้นจึงทำให้ค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลนน้ำหนักตัวของโคในกลุ่มควบคุมลดต่ำลง

4.4.5 ปริมาณน้ำนมและปริมาณองค์ประกอบของน้ำนม

การทดลองครั้งนี้ไม่พบความแตกต่างของปริมาณน้ำนม ปริมาณไขมันนม ปริมาณโปรตีนนม ปริมาณแล็คโต๊ส ปริมาณของแข็งพร่องไขมัน และปริมาณของแข็งรวมในน้ำนม ของโคทั้งสองกลุ่มการทดลอง แต่อย่างไรก็ตามผลผลิตน้ำนมมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเสริม MHA® ร่วมกับ MINTREX® ในอาหารโคนม (ตารางที่ 4.7) และการเสริม MHA® ร่วมกับ MINTREX® ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบน้ำนม (ตารางที่ 4.8) ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Schwab et al. (1992) ที่ได้ทำการเสริมเสริม Met และ Lys เช่นเดียวกับงานทดลองของ Rulquin et al. (1993) พบว่าการเสริม Met ไม่มีผลต่อปริมาณน้ำนม ตรงข้ามกับงานวิจัยอื่นๆที่พบว่าพบว่าอาหารที่มีการเสริม methionine analog [a-hydroxy-7-(methylmercapto) butyratecalcium] จะทำให้ผลผลิตน้ำนมและปริมาณไขมันนมเพิ่มขึ้น (Polan et al., 1970) หรือเพิ่มเปอร์เซ็นต์ไขมันนม (Bhargava et al.1977) แต่อย่างไรก็ตาม analog นั้นไม่ได้ไปปรับปรุงผลผลิตน้ำนม (Stokes et al., 1981) Lundquist, et al. (1982) ได้รายงานถึงผลของการเสริม methionine หรือ methionine hydroxyl analog ในอาหารโคนมช่วงระยะแรกของการให้นมพบว่าปริมาณน้ำนมปรับไขมัน 4% มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการเสริม MHA® ร่วมกับ MINTREX® ไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตของโคนมในการทดลองครั้งนี้นั้น อาจจะมาจากหลายสาเหตุ คือ โคนมมีการกินได้ของวัตถุแห้งที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและโคนมที่เลี้ยงในปรtเทศไทยส่วนใหญ่แล้วให้ผลผลิตน้ำนมในระดับปานกลาง ส่วนในต่างประเทศที่พบว่าการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) มีผลต่อประสิทธิภาพในการผลิตของโคนมนั้น อาจจะเป็นผลอันเนื่องมาจากโคนมในต่างประเทศเป็นโคนมที่ให้ผลผลิตที่สูง ดังนั้นจึงทำให้การเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ร่วมกับ MINTREX® ในประเทศไทยไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตของโคนม ซึ่งเมื่อก่อนมีการรายงานไว้ว่าเมื่อให้อาหารที่มีโปรตีนสูงหรือฉีดกรดอะมิโนเข้าไปในกระเพาะจริงของโคนมในช่วงของการให้นมจะมีผลทำให้ผลผลิตน้ำนมและโปรตีนนมเพิ่มสูงขึ้น (Clark, 1975; Spires et al.,1975) และมีหนึ่งงานทดลองที่ได้ทำการเสริม hydroxyl-methyl-methionine-calcium ในอาหารโคนมช่วงระยะของการให้นมพบว่ามีผลทำให้ ผลผลิตน้ำนมและโปรตีนนมเพิ่มขึ้น (Kaufmann and Lupping, 1979) ในยุโรปมีการรายงานผลการวิจัยว่า methionine ที่ทำการเคลือบไขมันจะมีผลต่อการยับยั้งการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก และมีผลตอบสนองต่อผลผลิตน้ำนม (Kaufmann and Lupping, 1982) ในเร็วๆนี้ได้มีการรายงานถึงผลการศึกษาของ Zieminski et al. (2002); Kinal et al. (2005) กล่าวไว้ว่าโคนมที่ให้ผลผลิตน้ำนมเฉลี่ย 6,500 กิโลกรัม หรือโคนมที่ให้ผลผลิตน้ำนมเพิ่มสูงขึ้น 30% โคนมจะมีความต้องการ Zn, Cu, และ Mn รวมไปถึงกรดอะมิโนอื่นๆ จึงเป็นที่ยอมรับกันว่าแร่ธาตุรวมมีผลทำให้ปริมาณโปรตีนนมมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น มีงานวิจัยที่ให้ข้อมูลที่เหมือนกัน ซึ่งในงานวิจัยของ Strusinska et al. (2004) และ Iwanska et al. (1999) กล่าวไว้ว่าพบความแตกต่างในการปรับปรุงองค์ประกอบของน้ำนมเมื่อใช้กรดอะมิโนและแร่ธาตุอินทรีย์ ได้แก่ Zn, Cu, และ Mn เสริมในอาหารโคนม ซึ่งการทดลองในครั้งนี้พบว่าการเสริม MHA® ร่วมกับ MINTREX® ในอาหารโคนมมีผลทำให้ปริมาณของเซลล์เม็ดเลือดขาวในน้ำนมนั้นมีแนวโน้มลดต่ำลง ผลของการใช้กรดอะ

มิโนกับแร่ธาตุอินทรีย์ได้แก่ Cu, Zn, และ Mn ในอาหารโคนมต่อปริมาณของเซลล์เม็ดเลือดขาวในน้ำนม มีหลายงานวิจัยพิสูจน์ให้เห็นผลที่แตกต่างกัน ในงานทดลองของ Strusinska et. al. (2004), Zieminski et al. (2002) และ Kinal et al. (2005) ได้พิสูจน์ให้เห็นถึงผลของการใช้ กรดอะมิโนและคีเลทในอาหารโคนมพบว่ามีผลทำให้เซลล์เม็ดเลือดขาวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามในงานทดลองอื่นๆไม่ยืนยันถึงผลของการใช้แร่ธาตุอินทรีย์ในอาหารโคนม (Campbell et al., 1999) Spain (1993) แนะนำไว้ว่า organic Zn จะเป็นประโยชน์ในการต่อต้านโรคเต้านมอักเสบ เพราะ Zn จะไปทำให้โครงสร้างของเต้ามีความแข็งแรง และเป็นตัวกระตุ้นให้มีการสร้าง keratin มาปิดบริเวณรูหัวนม (streak canal) มีการพิสูจน์ให้เห็นว่าจำนวนของเซลล์เม็ดเลือดขาวลดลงเมื่อทำการเสริม mineral proteinates ในอาหารโคนม Harris (1995) ได้รายงานถึงผลของการเสริม Zn proteinase ที่ระดับ 400 มิลลิกรัม/ตัว/วัน ในอาหาร TMR พบว่ามีผลทำให้เซลล์เม็ดเลือดขาวลดลง 24% และกลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริมเซลล์เม็ดเลือดขาวเพิ่มขึ้น 36% Boland et al. (1996) รามยงานว่าพบความแตกต่างของทั้งสามงานทดลองเมื่อทำการเสริม mineral proteinates ในอาหารโคนม ซึ่ง mineral proteinates ประกอบไปด้วย Zn, Cu, และ selenium yeast (Cu, 100 mg; Zn, 300 mg; Se, 2 mg) จาการทดลองทั้งสามงานทดลองพบว่าจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวลดต่ำลง 52%, 45% และ 35% ในโคนมกลุ่มที่ได้รับ mineral proteinates และในงานทดลองครั้งหลังสุดได้ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 4 สัปดาห์ พบว่าจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวลดลง 52% Boland et al. (1996) แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงหรือการลดจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวนั้นควรกระทำอย่างต่อเนื่อง จากการศึกษาทั้งหมดที่ได้ศึกษาถึงผลของการเสริมแร่ธาตุอินทรีย์ต่อเซลล์เม็ดเลือดขาวนั้น จะเป็นประโยชน์ต่อฝูงสัตว์และสุขภาพของเต้านมของโคนม

4.5 สรุปผลการทดลอง

การทดลองเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ร่วมกับ MINTREX® พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ของการกินได้ของวัตถุแห้ง โปรตีนที่ได้รับจากอาหาร นอกจากนี้ผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมก็ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่อย่างไรก็ตามการเสริม hydroxy analog (MHA®) ร่วมกับ MINTREX® ในอาหารโคนมมีผลทำให้ปริมาณของเซลล์เม็ดเลือดขาวในน้ำนมนั้นมีแนวโน้มลดต่ำลง

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

จากการศึกษาผลของการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ระดับ 11 และ 22 กรัม/ตัว/วัน และการศึกษาผลของการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ที่ระดับ 22 กรัม/ตัว/วัน ร่วมกับแร่ธาตุอินทรีย์ (MINTREX®) ที่ระดับ 14 กรัม/ตัว/วัน ต่อผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมและเซลล์เม็ดเลือดขาวในน้ำนม รวมถึงการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนและกรดไขมันระเหยได้ (VFAs) ในกระเพาะหมักของโคนม โดยทำการทดลองในโคนมลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชียนช่วงระยะต้นและระยะกลางของการให้นม

1. การเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ระดับ 11 และ 22 กรัม/ตัว/วัน ไม่มีผลต่อผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม ระดับของ pH ความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตเจน (NH_3-N) และกรดไขมันระเหยได้ในกระเพาะหมัก (Volatile fatty acids, VFAs) และไม่มีผลต่อความต้องการโปรตีนทั้งหมด ความต้องการ RDP และ RUP รวมไปถึงความต้องการพลังงานเพื่อกิจกรรมต่างๆ ของโคนม แต่การเสริม MHA® ที่ระดับ 11 กรัม/ตัว/วัน มีผลทำให้การกินได้ของวัตถุแห้งอาหาร TMR และโปรตีน ต่อน้ำหนักตัวเมแทบอลิก (g/kg $W^{0.75}$) ลดต่ำลง อย่างไรก็ตามการเสริม MHA® ที่ระดับ 11 กรัม/ตัว/วัน จะมีผลทำให้สัดส่วนของกรดไขมันในน้ำนม ได้แก่ C4:0, C18:1n9c, C21:0 และ UFA (unsaturated fatty acid) เพิ่มขึ้น ส่วน C18:3n3 และ SFA (saturated fatty acid) ลดต่ำลง และการเสริม MHA®ที่ระดับ 22 กรัม/ตัว/วัน ไม่มีผลต่อ C18:1n9c, C18:3n3, UFA และ SFA แต่มีผลทำให้ C4:0 และ C21:0 เพิ่มสูงขึ้น การที่การเสริม MHA® ในอาหารโครีดนมไม่ส่งผลต่อผลผลิตน้ำนม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการทดลองครั้งนี้ทำกับโครีดนมที่ให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ (11 kg/d) ซึ่งโภชนะต่างๆ ที่ได้รับจากอาหารเพียงต่อการให้ผลผลิตอยู่แล้ว ทำให้การเสริม MHA® ไม่ทำให้ผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้น งานวิจัยที่ควรทำต่อไปคือทำการทดลองในโครีดนมที่ให้ผลผลิตน้ำนมสูงๆ (> 20 kg/d) เพื่อดูผลตอบสนองต่อการเสริม MHA® ดังนั้นจากผลการทดลองในครั้งนี้ การเสริม MHA® ไม่ทำให้ผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้น ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจยังไม่มี จึงยังไม่ควรแนะนำให้เกษตรกรทั้งฟาร์มใหญ่และฟาร์มเล็กใช้จนกว่าจะได้มีการทดลองในโครีดนมที่ให้นมมากๆ

2. การเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ที่ระดับ 22 กรัม/ตัว/วัน ร่วมกับแร่ธาตุอินทรีย์ (MINTREX®) ที่ระดับ 14 กรัม/ตัว/วัน ไม่มีผลต่อการกินได้ของวัตถุแห้งอาหารข้น อาหารหยาบและวัตถุแห้งรวม ซึ่งโคทั้งสองกลุ่มการทดลองได้รับอาหารข้นและอาหารหยาบชนิดเดียวกัน และการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ร่วมกับแร่ธาตุอินทรีย์ (MINTREX®) ไม่มีผลต่อผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม (โปรตีน ไขมัน แล็คโตส ของแข็งรวมในน้ำนม และของแข็งพร่องไขมัน) รวมไปถึงจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การทดลองเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ในโคนมช่วงระยะของการให้นมแล้วไม่ทำให้ผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนมเพิ่มสูงขึ้นนั้น น่าจะเกิดจากโคที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีผลผลิตน้ำนมที่ต่ำเกินไปรวมไปถึงอาหารที่ใช้ในการทดลองนั้น มีโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{req}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RUP_{req}) ต่ำกว่าความต้องการของโคนม ซึ่งอาจแก้ปัญหานี้ได้โดยการเพิ่มปริมาณกากถั่วเหลืองในสูตรอาหาร ซึ่งโปรตีนในกากถั่วเหลืองมีคุณสมบัติในการย่อยสลายในกระเพาะหมักค่อนข้างสูง นอกจากนี้การแก้ไขความต้องการโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RUP_{req}) ให้เพียงพอต่อความต้องการของโคนมสามารถทำได้โดยการใช้วัตถุดิบประเภทที่มีค่าการย่อยสลาย (degradability) ในกระเพาะหมักที่ต่ำ เช่น กากเมล็ดฝ้าย กากถั่วเขียว หรือเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านความร้อน (heat treat soybean) เป็นต้น รวมไปถึงการใช้โปรตีนไหลผ่านชนิดต่างๆ (By-pass protein) โปรตีนชนิดนี้จะถูกย่อยสลายที่กระเพาะจริงและดูดซึมที่ลำไส้เล็ก ดังนั้นในการทำสูตรอาหารโคนมแต่ละครั้งควรคำนึงถึงปริมาณของโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{req}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RUP_{req}) ด้วย ซึ่งโปรตีนที่ถูกย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักนั้นควรจะมีอยู่ในสูตรอาหารประมาณ 60-65% ส่วนโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก ควรมีในสูตรอาหารประมาณ 35-40%

2. การเสริม Met hydroxy analog (MHA®) ร่วมกับแร่ธาตุอินทรีย์ (MINTREX®) ในโคนมช่วงระยะแรกของการให้นมไม่มีผลทำให้ผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบของน้ำนมเพิ่มขึ้น และไม่มีผลต่อจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวในน้ำนมนั้น น่าจะเป็นผลอันเนื่องมาจากโคนมที่ใช้ในการทดลองมีผลผลิตน้ำนมที่ต่ำ ซึ่งโปรตีนในอาหารอาจจะเพียงพอต่อการสร้างผลผลิตน้ำนม แต่โคนมที่ให้ผลผลิตน้ำนมสูงๆ แหล่งโปรตีนจากอาหารเพียงอย่างเดียวคงไม่เพียงพอต่อการสร้างผลผลิตน้ำนม ดังนั้นการเสริม Met hydroxy analog (MHA®) มักจะให้ผลไปในทิศทางบวกในโคนมที่ให้ผลผลิตสูง ส่วนการเสริม MHA® ร่วมกับ MINTREX® ที่ไม่มีผลต่อจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวในน้ำนมนั้น อาจเป็นผลเนื่องมาจากโคนมบางตัวที่ใช้ในการทดลองเป็นโรคเต้านมอักเสบแบบเรื้อรัง จึงทำให้การเสริม MHA® ร่วมกับ MINTREX® ไม่มีผลต่อจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาว เนื่องจากเซลล์เต้านมถูกทำลายมากจนเกินไป ซึ่งแร่ธาตุอินทรีย์ หรือ MINTREX® จะมีประสิทธิภาพในการป้องกันโรคเต้านมอักเสบ ไม่มีประสิทธิภาพในการรักษาโรคเต้านมอักเสบ เนื่องจาก MINTREX® จะไปช่วยทำให้โครงสร้างหรือสรีระของเต้านมของโคนมมีความแข็งแรง เมื่อเต้านมมีความแข็งแรงแล้วก็จะสามารถลดปัญหาเต้านมอักเสบนี้ได้ ดังนั้นถ้าหากจะนำ MINTREX® ไปใช้เสริมในอาหารโคนม จะต้องทำการรักษาโคนมให้หายจากอาการเต้านมอักเสบเสียก่อน การเสริมแร่ธาตุอินทรีย์ให้กับโคนมจึงจะส่งผลไปในทิศทางบวก

เอกสารอ้างอิง

ฉลอง วชิราภากร. 2543. โภชนศาสตร์แร่ธาตุของสัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ฉลอง วิชิราภากร. 254). โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น. ภาควิชาสัตว์ศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ฉลอง วชิราภากร. 254). การจัดการด้านอาหารโคนมต่อผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนม. ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการโคนม พ.ศ. 2546. (หน้า 14-32). ขอนแก่น: ขอนแก่นการพิมพ์.

ชวนิศนดากร วรวรรณ. 2534. การเลี้ยงโคนม. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพาณิชย์. นิมิต ลีสิริกุล. (2540). โรคเต้านมอักเสบ. แก่นเกษตร. 25(4): 232-236.

ชิดชนก นวลฉิมพลี. 2548. ผลการเสริมแร่ธาตุจากหินภูเขาไฟในอาหารต่ออัตราการเจริญเติบโต อัตราการผสมติด ของโคนมระยะโคสาว และการให้ผลผลิตน้ำนมในโคนมระยะกลางการให้นม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ชุติมา อิ่มสันเทียะ. 2544. ผลการเสริมสารโมเนนซินต่อผลผลิตน้ำนมของโคนมในช่วงต้นระยะการให้นมเมื่อเลี้ยงด้วยต้นข้าวโพดหมักช่วง 56 วันแรกและเลี้ยงด้วยฟางข้าวในช่วง 56 วันหลัง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ณัฐนิตย์ ป่วนปาน. 2550. การใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนข้าวโพดบดในอาหารโคนม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

บุญล้อม ชีวะอีสระกุล. 2541. โภชนศาสตร์สัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 6. เชียงใหม่: ธนบรรณการพิมพ์.

ประวีร์ วิชชุลตา ณิฐิมา เฉลิมแสน และสุทธิศักดิ์ แก้วแกมจันทร์. 2546. สถานภาพองค์ประกอบน้ำนมดิบในประเทศไทย. ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการโคนม พ.ศ. 2546. (หน้า 7-13). ขอนแก่น: ขอนแก่นการพิมพ์.

พิมลทิพย์ จันทร์พานิชเจริญ. 2546. การใช้ต้นอ้อยหมักและต้นอ้อยสดเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับโคนมในช่วงฤดูแล้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

เพลิน เมินกระโทก. 2545. การนำใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารสำหรับโคนม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัดฟันนี่พับบลิชชิ่ง.

เมธา วรรณพัฒน์ และ ฉลอง วชิรภากร. 2553. เทคนิคการให้อาหารโคเนื้อและโคนม. ฟันนี่พลับลิชชิ่ง กรุงเทพฯ.

วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2538. เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาการผลิตโคนม. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2542. เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาโภชนศาสตร์เคี้ยวเอื้อง. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สุรยุทธ ทรงสุหมัด, อรรถยา เกียรติสุนทร และวงศ์ขวัญ จิตนุพงศ์. 2548. องค์ประกอบน้ำนมดิบกับมาตรฐานของประเทศไทย. วารสารสัตวบาล 15(71):29-37.

อนุชิต ชาวเหนือ. 2545. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของน้ำนมดิบและนมพาสเจอไรส์. แก่นเกษตร. 30(2): 122-128.

Abe, M., T. Iriki and M. Funaba. 1997. Lysine deficiency in postweaned calves fed corn and corn gluten meal diets. J. Anim. Sci. 75:1974– 1982.

Abe, M., T. Iriki, M. Funaba and S. Onda. 1998. Limiting amino acids for a corn and soybean meal diet in weaned calves less than three months of age. J. Anim. Sci. 76:628– 636.

Allen, M. S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. J. Dairy Sci. 83: 1958-1624.

Andrews, S. M., H. F. Tyrrell, C. K. Reynolds and M. D. Erdman. 1991. Net energy for lactation of calcium soaps of long-chain fatty acids for cows fed silage-based diets. J. Dairy Sci. 74: 2588.

Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official Method of Analysis. Washington D. C. p. 1298.

Auboiron, S., D. Durand, J. C. Robert, M. J. Chapman and D. Bauchart. 1995. Effect of dietary fat and L-methionine on the hepatic metabolism of very-low density lipoproteins in the preruminant calf, *Bos* spp. Reprod. Nutr. Dev. 35:167– 168.

Bach, A. and M. D. Stern. 2000. Measuring resistance to ruminal degradation and bioavailability of ruminally protected methionine. Anim. Feed Sci. Technol. 84:23– 32.

Baker, D. H. 1994. Utilization of precursors for L-amino acids. Page 37– 47 in Amino Acids in Farm Animal Nutrition. J.P.F. D'Mello, ed. Cab International.

Barker, I. K., A. A. Van Dreumel and N. Palmer. 1995. The alimentary system. Page 1 in Pathology of Domestic Animals. 4th.ed. Vol 2. K. V. F. Jubb, P. C. Kennedy, N. Palmer, ed. Academic Press, San Diego, CA.

Bauchart, D., D. Gruffat and D. Durand. 1996. Lipid absorption and hepatic metabolism in ruminants. Proc. Nutr. Soc. 55:39– 47.

Belasco, I. J. 1972. Stability of methionine hydroxy analog in rumen fluid and its conversion in vitro to methionine by calf liver and kidney. J. Dairy Sci. 55:353–357.

Belasco, I. J. 1980. Fate of carbon-14 labeled methionine hydroxy analog and methionine in the lactating dairy cow. J. Dairy Sci. 63:775– 784.

Bergman, E. N. 1990. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. Physiol. Rev. 70: 567-590.

Berthiaume, R., H. Lapierre, M. Stevenson, N. Cote and B. W. McBride. 2000. Comparison of the in situ and in vivo intestinal disappearance of ruminally protected methionine. J. Dairy Sci. 83:2049-2056.

Bhargava, P. K., D. E. Otterby, J. M. Murphy and J. D. Donker. 1977. Methionine hydroxyl analog in diets for lactating cows. J. Dairy Sci., 60:1594-1604.

Blum, J. W., R. M. Bruckmaler and F. Jans. 1999. Rumen-protected methionine fed to dairy cow: bioavailability and effect on plasma amino acid pattern and plasma metabolic and insulin concentration. J. Dairy Sci. 82:1991-1998.

Boland, M. P., G. O'Donnell and D. O'Callaghan. 1996. The contribution of mineral proteinates to production and reproduction in dairy cattle. Page 95 in Biotechnology in the Feed Industry. T.P. Lyons and K. Jacques, ed. Nottingham University Press, Nottingham, UK.

Britt, J. S. 1996. Update on the effect of nutrition on embryo transfer results. Presented at 1996 AETA Meetings.

Broderick, M., J. Stevenson, R. A. Patton, N. E. Lobos and J. J. Olmos Colmenero. 2008. Effect of supplementing rumen-protected methionine on production and nitrogen excretion in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 91:1092–1102.

Brunschwig, P., P. Augeard, B. K. Sloan, and K. Tanan. 1995. Feeding of protected methionine from 10d pre-calving and at the beginning of lactation to dairy cows fed a maize silage based ration. Rencontres Recherches Ruminants 2:249.

Campbell, M. H., J. K. Miller and F. N. Schrich. 1999. Effect of additional cobalt, manganese and zinc on reproduction and milk yield of lactating dairy cows receiving bovine somatotropin. J Dairy Sci. 82: 1019-1029.

Cao, J., P. R. Henry, R. Guo, R. A. Holwerda, J. P. Toth, R. C. Littell, R. D. Miles and C. B. Ammerman. 2000. Chemical characteristics and relative bioavailability of

supplemental organic zinc sources for poultry and ruminants. J. Anim. Sci. 78:2039.

Casper, D. P., D. J. Schingoethe, C.-M.J. Yangfl and C.R. Mueller. 1987. Protected methionine supplementation with extruded blend of soybeans and soybean meal for dairy cows. J. Dairy Sci. 70: 2.

Chalupa, W. 1975. Rumen bypass and protection of proteins and amino acids. J. Dairy Sci. 58:1198-1218.

Chalupa, W. 1976. Degradation of amino acids by mixed rumen microbial population. J. Anim. Sci. 43:829– 834.

Chapoutot, P., P. Schmidely, D. Sauvant, J. C. Robert and B. Sloan. 1992. Influence of a ruminally protected blend of methionine and lysine (ML) on the dairy cow nutrition and production. J. Dairy Sci. 75(Suppl. 1):199. (Abstr.)

Clark, J. I. L. 1975. Lactational responses to postruminal administration of proteins and amino acids. J. Dairy Sci. 58:1178.

Clark, T. W., Z. Xin, Z. Du and R. W. Hemken. 1993. A field trial comparing copper sulfate, copper proteinate, and copper oxide as copper sources for beef cattle. J. Dairy Sci. 76 (Suppl. 1):334.

Claypool, D. W., M. C. Pangbornand and H. P. Adams. 1980. Effect of dietary protein on high producing dairy cows in early lactation. J. Dairy Sci. 63: 833.

Conrad, H. R., W. P. Weiss, W. O. Odwongo and W. L. Shockey. 1984. Estimating net energy lactation from components of cell solubles and cell walls. J. Dairy Sci. 67: 427-437.

Crampton, E. W., L. E. Lloy and V. G. Mackay. 1957. The calorie value of TDN. J. Anim. Sci. 16:541-552.

DeFrain, J. M., M. T. Socha, D. J. Tomlinson and D. Kluth. 2009. Effect of complexed trace minerals on the performance of lactating dairy cows on a commercial dairy. Prof. Anim. Sci. 25:709–715.

DeRouen, S. M., D. E. Franke, D. G. Morrison, W. E. Wyatt, D. F. Coombs, T. W. White, P. E. Humes and B. B. Greene. 1994. Prepartum body condition and weight influences on reproductive performance of first-calf beef cows. J. Anim. Sci. 72: 1119-1125.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Dhiman, T. R., J. Klrinmans, N. J. Tessmann, H. D. Radloff and L. D. Satter. 1995. Digestion and energy balance in lactating dairy cows fed varying ratios of alfalfa silage and grain. J. Dairy Sci. 78: 330.

Dibner, J. J. 1983. Utilization of supplemental methionine sources by primary cell cultures of chick hepatocytes. J. Nutr. 113: 2116-2123.

Dibner, J. J. and C. D. Knight. 1984. Conversation of 2-hydroxy-4-(methylthio) butanoic acid and l- methionine in the chick : A stereospecific pathway. J. Nutr. 114: 1716-1723.

DiCostanzo, A., J. C. Meiske, S. D. Plegge, D. L. Haggard and K. M. Chaloner. 1986. Influence of manganese, copper and zinc on reproductive performance of beef cows. Nutr. Rep. Int. 34: 287-293.

Donahue, P. B., C. G., J. D. Quigley, III, and W. E. Hylton. 1985. Methionine deficiency in early weaned dairy calves fed pelleted rations based on corn and alfalfa or corn and soybean proteins. J. Dairy Sci. 68:681– 693.

Erdman, R. A. 1994. Production responses in field study herds fed rumen protected choline. J. Dairy Sci. 77(Suppl. 1):186. (Abstr.)

Erdman, R. A. and B. K. Sharma. 1991. Effect of dietary rumen-protected choline in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 74:1641– 1647.

Fallon, R. J., R. Matovani, J. F. Roche and M. P. Boland. 1993. Effect of proteinated minerals and yeast culture on fertilization in superovulated heifers. Irish J. Agicul. Food Res. 32:111.

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

Fonnesbeck, P. V., M. F. Wardeh and L. E. Harris. 1984. Mathematical models for estimating energy and protein utilization of feedstuffs. Utah Agricultural Eperimental Station Bulletin. No. 508.

Fraser, D. L., E. R. Ørskov, F. G. Whitelaw and M. F. Franklin. 1991. Limiting amino acids in dairy cows given casein as the sole source of protein. Livest. Sci. 28:235– 252.

Galton, D. 1990. Effect of feeding Zinpro to lactating dairy cows on udder health. Zinpro Technical Bulletin # D-8911.

Garce, N. D. 1983. The Mineral Requirements of Grazing Ruminants. Occasional Publication No. 9. New Zealand Society of Animal Production, Keeling and Mundy Limited, Palmerston North, New Zealand.

Garrett, W. N. 1980. Energy utilization by growing cattle as determined by 72 comparative slaughter experiments. Energy Metabolism. Proc. Symp. 26: 3-7.

Garnsworthy, P. C. 1988. Nutrition and Lactation in the Diary Cow. Anchor-Brender Butterworths Press. Nottingham. England.

Garthwaite, B. D., C. G. Schwab and B. K. Sloan. 1998. Amino acid nutrition of the transition and early lactation cow. Proc. Cornell Nutr. Conf. pp. 38– 50, Ithaca, NY.

Georing, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analysis. Agricultural Handbook, Agricultural Research Council. Jacket No. 379. Washington, D. C. USDA.

Hansen, W. P., D. E. Otterby, J. G. Linn and J. D. Donker. 1991. Influence of forage type, ratio of forage to concentrate, and methionine hydroxy analog on performance of dairy cows. J. Dairy Sci. 74:1361–1369.

Harmon, R. J., D. S. Trammell, B. A. Smith and R. W. Scaletti. 1998. Effects of dietary copper insufficiency and sources of dietary copper on copper status and intramammary infections at calving. J. Dairy Sci. 81 (Suppl. 1):43.

Harris, B. 1995. The effect of feeding zinc proteinate to lactating dairy cows. Page 299 in Biotechnology in the Feed Industry. T.P. Lyons and K. Jacques, ed. Nottingham University Press, Nottingham, UK.

Harrison, J. H., D. D. Hancock and H. R. Conrad. 1984. Vitamin E and selenium for reproduction of dairy cows. J. Dairy Sci. 67:123.

Hill, G. M., J. A. Boling and N. W. Bradley. 1980. Postruminal lysine and methionine infusion in steers fed a urea-supplemented diet adequate in sulfur. J. Dairy Sci. 63:1242– 1247.

Holmes, C. W. and G. F. Wilson. 1984. Milk Production from Pasture. Butterworths, Wellington, New Zealand. 319p.

Hopkins, B. A., A. H. Rakes, T. E. Daniel, C. A. Zimmerman and W. J. Croom, Jr. 1994. Effects of intraperitoneal L-leucine, L-isoleucine, L-valine, and L-arginine on milk fat depression in early lactation cows. J. Dairy Sci. 77:1084– 1092.

Hopkins, D. I., W. E. Kunkle, A. C. Hammond, D. B. Bates, and B. A. Reiling. 1999. Effects of bypass methionine on the performance of growing cattle fed bermudagrass hay supplemented with molasses-based supplements. J. Anim. Sci. 71(Suppl.1):202. (Abstr.)

Iwanska, S., D. Strusinska and W. Zalewski. 1999. The use of *Saccharomyces cerevisiae* 1026 used alone or with tannin-mineral premix on biochemical parameters of blood and milk in dairy cows. Acta Vet Hung. 47: 53-63.

Johnson H. E., N. L. Whitehouse, B. D. Garthwaite, M. S. Piepenbrink and C. G. Schwab. 1999. Supplementation of corn and barley-based diets of late gestation and early lactation cows with liquid methionine hydroxy analog (HMB). J. Dairy Sci. 82(Suppl. 1):65. (Abstr.)

Kaufmann, V. W. and W. Lupping. 1979. The effect of protected protein and HMM-Ca on milk yield of dairy cows. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 41: 202-217.

Kaufmann, W. and W. Lupping. 1982. Protected proteins and protected amino acids for ruminants. In: Protein Contribution of Feedstuffs for Ruminants: Application to Feed Formulation (Miller, E. L., Pike, I. H. & Van Es, A. J. H., eds.), pp. 36-75, Studies in the Agricultural and Food Sciences, Butterworth Scientific, Washington, DC.

Kellogg, D.W. 1990. Zinc methionine affects performance of lactating cows. Feedstuffs 62:15.

Kelly, M. L., D. E. KolverBauman, M. E. Van Amburgh and L. D. Muller. 1998. Effect of intake of pasture on concentration of conjugated linoleic acid in milk of lactating cows. J. Dairy Sci. 81: 1630 – 1636.

Kinal S., A. Korniewicz, D. Jamroz, R. Zieminski and M. Slupczynska. 2005. Dietary effects of zinc, copper and manganese chelates and sulphates on dairy cows. J Food Agric Environ. 3: 168-172.

King, K. J., W. G. Bergen, C. J. Sniffen, A. L. Grant, D. B. Grieve, V. L. King and N. K. Ames. 1991. An assessment of absorbable lysine requirements in lactating cows. J. Dairy Sci. 74:2530– 2539.

Kincaid, R. L., R. M. Blauwiekel and J. D. Cronrath. 1986. Supplementation of copper as copper sulfate or copper proteinate for growing calves fed forages containing molybdenum. J. Dairy Sci. 69:160-163.

Koenig, K. M., L. M. Rode, C. D. Knight and P. R. McCullough. 1999. Ruminal escape, gastrointestinal absorption, and response of serum methionine to supplementation of liquid methionine hydroxy analog in dairy cows. J. Dairy Sci. 82:355– 361.

Kowalski, Z. M., P. M. Pisulewski and M. Spanghero. 1999. Effects of calcium soaps of rapeseed fatty acids and protected methionine on milk yield and composition in dairy cows. J. Dairy Res. 66:475– 487.

Kropp, J. R. 1990. Reproductive performance of first-calf heifers supplemented with amino acid chelate minerals. In: Oklahoma Anim. Sci. Res. Rep. 41 pp 35-43. Oklahoma State Univ., Stillwater.

Lara, G.D. Mendoza, L. Landois, R. Barcena, M.T. Sa´nchez-Torres, R. Rojo, J. Ayala and S. Vega. 2006. Milk production in Holstein cows supplemented with different levels of ruminally protected methionine. Livest. Sci.105:105– 108.

Leonardi, M. S. and L. E. Armentano. 2003. Effect of two levels of crude protein and methionine supplementation on performance of dairy cows. J. Dairy Sci. 86:4033-4042.

Liu, C., D. J. Schingoethe and G. A. Stegeman. 2000. Corn distillers grains verus a blend of protein supplements with or without ruminally protected amino acids for lactating cows. J. Dairy Sci. 83:2075-2084.

Lundquist, R., P. K. Bhargava, J. G. Linn and D. E. Otterby. 1982. Methionine hydroxy analog for lactating dairy cattle Proc. 43rd Minnesota Nutr. Conference, University of Minnesota Extension Service, Minneapolis, MN., p. 31-35.

Lundquist, R. G., M. D. Stern, D. E. Otterby and J. G. Linn. 1985. Influence of methionine hydroxy analog and DL-methionine on rumen protozoa and volatile fatty acids J. Dairy Sci. 68: 11.

Mackle, T. R., D. A. Dwyer and D. E. Bauman. 1999. Effects of branched-chain amino acids and sodium caseinate on milk protein concentration and yield from dairy cows. J. Dairy Sci. 82:161– 171.

MacLeod, G. K. and A. S. Wood. 1972. Influence of amount and degree of saturation of dietary fat on yield and quality of milk. J Anim. Sci.. 55: 439.

Manynard, L. A., J. K. Loosli, H. F. Hintz and R. G. Warner. 1979. Animal Nutrition. 7th. McGraw-Hill, Inc., New York, NY.

Mepham, T. B. 1982. Amino acid utilization by lactating mammary gland. J. Dairy Sci. 65:287– 298.

McCollum, M. Q., M Vazqucs-Anon, J. J. Dibner and K. E. Webb. Jr. 2000. Absorption of 2-hydroxy-4-(methylthio)butanoic acid by isolated sheep ruminal and omasal epithelia. J Anim. Sci. 78:1078-1083.

Metcalfe, L. D., A. A. Schmitz and J. R. Pelka. 1996. Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. Anal. Chem. 38: 514 – 515.

Moat, A. G. and J. W. Foster. 1995. Microbial Physiology. Wiley-Liss Pulisher. New York. USA. 580 p.

Moe, P.W. and H. F. Tyrrell. 1974. Observation on the efficiency of utilization on metabolizable energy for meat and milk production. P.27 Proc. Univ. of Notthingham.

Moe. P. W., H. F. Tyrrell and W. P. Flatt. 1971. Energetic of body tissue metabolizable. J. Dairy Sci. 54:548-559

National Research Council. 1988. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 4th Ed. National Academic Press. Washington D. C. 157 p.

National Reseach Council. 1996. Nutrients Requirements of Beef Cattle. 6th Ed. National Academic Press. Washington D.C.

National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th National Academic Press, Washington, D.C.

Noftsger, N. R. St-Pierre and J. T. Sylvester. 2005. Determination of rumen degradability and ruminal effects of three sources of methionine in lactating cows. J. Dairy Sci. 88:223–237.

Onodera, R. 1993. Methionine and lysine metabolism in the rumen and the possible effects of their metabolites on the nutrition and physiology of ruminants. Amino Acids 5:217– 232.

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

Palmquist, D. L. 1991. Influence of source and amount of dietary fat on digestibility in lactating cows. J. Dairy Sci. 74: 1354-1360.

Papas, A., G. A .B. Hall, E. E. Hatfield and F. N. Owens. 1974. Response of lambs to oral or abomasal supplementation of methionine hydroxy analog or methionine. J. Nutr. 104:653– 659.

Peters, J. P., R. Y. W. Shen and S. T. Chester. 1990. Propionic acid disappearance from the foregut and small intestine of the beef steer. J. Anim. Sci. 68: 3905-3913.

Philpot, W. N. and S. C. Nickerson. 1991. Mastitis: counter attack. Illinois. Babson Bros. Co.

Pisulewski, P. M., H. Rulquin, J. L. Peyraud and R. Verite. 1996. Lactational and systemic responses of dairy cows to postruminal infusions of increasing amounts of methionine. J. Dairy Sci. 79:1781–1791.

Piepenbrink, M. S., C. G. Schwab, B. K. Sloan and N. L. Whitehouse. 1999. Importance of dietary concentrations of absorbable lysine on maximizing milk protein production of mid-lactation cows. J. Dairy Sci. 82(Suppl. 1):93. (Abstr.)

Polan, C. E., P. T. Chandler and C. N. Miller. 1970. Methionine hydroxy analog: varyios levels for lactating cows. J. Dairy Sci. 53:607.

Rajčević, M. and K. Potočnik. 2003. Influence of some factors on the number of somatic cells in milk. Proceedings “Krmiva”, Croatia, pp.78-84.

Richardson, C. R., and E. E. Hatfield. 1978. The limiting amino acid in growing cattle. J. Anim. Sci. 46:740–745.

Robert, J. C., B. K. Sloan, N. Jouan and J. Math. 1999. Influence of supplementation with protected methionine on the growth of heifers. J. Dairy Sci. 82(Suppl. 1):91. (Abstr.)

Robinson, P. H., A. H. Fredeen, W. Chalupa, W. E. Julien, H. Sato, T. Fujieda and H. Suzuki. 1995. Ruminally protected lysine and methionine for lactating dairy cows fed a diet designed to meet requirements for microbial and postruminal protein. J. Dairy Sci. 78: 582-594.

Rode, L. M., C. D. Knight, K. A. Andrews and K. M. Koenig. 1998. Effects of pre-and post-partum Alimet® supplementation on milk production of dairy cows. J. Dairy Sci. 81(Suppl. 1): 294. (Abstr.)

Romo, G. A., D. P. Casper, R. A. Erdman and B. B. Teter. 1996. Abomasal infusion of cis or trans fatty acid isomers and energy metabolism of lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 79: 2005-2015.

Rulquin, B. G., L. Delaby and J. C. Robert. 2006. Effect of different forms of methionine on lactational performance of dairy cows. J. Dairy Sci. 89:4387–4394.

Rulquin, H. 1987. Determination de certains acides amines limitants chez la vache laitiere par la methode administrations post-ruminales. Reprod. Nutr. Develop. 27(1B): 299–300.

Rulquin, H. and L. Delaby. 1997. Effects of the energy balance of dairy cows on lactational responses to rumen-protected methionine. J. Dairy Sci. 80:2513–2522.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Rulquin, H., P. M. Pisulewski, R. Ve´rite´ and J. Guinard. 1993. Milk production and composition as a function of postruminal lysine and methionine supply: a nutrient-response approach. Livest. Prod. Sci. 37:69-90.

Rulquin, H., B. Graulet, L. Delaby and J. C. Robert. 2006. Effect of different forms of methionine on lactational performance of dairy cows**.** J. Dairy Sci. 2006; 89: 4387–4394

Samuelson, D. J., S. K. Denise, R. Roffler, R. L. Ax, D. V. Armstrong and D. F. Romagnolo. 2001. Response of Holstein and Brown Swiss cows fed alfalfa hay-based diets to supplemental methionine at two stages of lactation. J. Dairy Sci. 84:917–928.

Scaletti, R. W., D. S. Trammell, B. A. Smith and R. J. Harmon. 1999. Role of dietary copper in enhancing resistance to coliform mastitis. J. Dairy Sci. 82 (Suppl. 1):35.

Schwab, C. G. 1994. Optimizing amino acid nutrition for optimum yields of milk and milk protein. Proceedings of the Southwest Nutrition and Management Conference. pp.114-132.

Schwab, C. G. 1995. Protected proteins and amino acids for ruminants. In: R. J. Wallace and A. Chesson (Eds.) Biotechnology in Animal Feeds and Animal Feeding. pp. 115-141. V.C.H. Press, Weinheim, Germany.

Schwab, C. G., C. K. Bozak, N. L. Whitehouse and M. M. A. Mesbah. 1992. Amino acid limitation and flow to duodenum at four stages of lactation. 1. Sequence of lysine and methionine limitation. J. Dairy Sci. 75: 3486–3502.

Schwab, C. G., L. D. Satter and A. B. Clay. 1976. Response of lactating dairy cows to abomasal infusion of amino acids. J. Dairy Sci. 59:1254–1270.

Sharma, B. K. and R. A. Erdman. 1988. Abomasal infusion of choline and methionine with or without 2- amino-2-methyl-1-propanol for lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 71:2406–2411.

Shem, M. N., J. M. Malole, R. Machangu, L. R. Kurwijila and T. Fujihara. 2001. Incidence and causes of sub-clinical mastitis in dairy cows on smallholder and large scale farms in tropical areas of Tanzania. Anim. Sci. J. 14 (3): 297-446 .

Sloan, B. K., B. D. Garthwaite and C. G. Schwab. 1998. Practical formulation of dairy cow diets for digestible amino acids to improve nitrogen efficiency and the bottom line. Proc. Cornell Nutr. Conf., p. 51–64, Ithaca, NY.

Smith, K. L., H. R. Conrad, B. A. Amiet and D. A. Todhunter. (1985). Incidence of environmental mastitis as influenced by dietary vitamin E and selenium. Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 37:482.

Smith, G. H. and F. H. Dodd. 1966. Effect of milking throughout pregnancy on milk yield in the succeeding lactation. J. Dairy Sci.. 46: 204.

Smith, K. L., J. H. Harrison, D. D. Hancock, D. A. Todhunter and H. R. Conrad. (1984). Effect of vitamin E and selenium supplementation on incidence of clinical mastitis and duration of clinical symptoms. J. Dairy Sci. 67:1293.

Socha, M. T., C. G. Schwab, D. E. Putnam, N. A. Kierstead, N. L. Whitehouse, B. D. Garthwaite and G. A. Ducharme. 1994a. Determining methionine requirements of dairy cows during mid-lactation by post-ruminally infusing incremental amounts of methionine. J. Dairy Sci. 77(Suppl. 1):93. (Abstr.)

Socha, M. T., C. G. Schwab, D. E. Putnam, N. L. Whitehouse, N. A. Kierstead, B. D. Garthwaite and G. A. Ducharme. 1994b. Determining methionine requirements of dairy cows during early lactation by post-ruminally infusing incremental amounts of methionine. J. Dairy Sci. 77(Suppl. 1):65. (Abstr.)

Socha, M. T., C. G. Schwab, D. E. Putnam, N. A. Kierstead, N. L. Whitehouse, B. D. Garthwaite and G. A. Ducharme. 1994c. Determining methionine requirements of dairy cows during peak lactation by postruminally infusing incremental amounts of methionine. J. Dairy Sci. 77(Suppl. 1):92. (Abstr.)

Socha, M. T., D. E., Putnam, B. D. Garthwaite, N. L. Whitehouse, N. A. Kierstead, C. G. Schwab, G. A. Ducharme and J. C. Robert. 2005. Improving intestinal amino acid supply of pre- and postpartum dairy cows with rumen-protected methionine and lysine. J. Dairy Sci. 88:1113-1126.

Socha, M. T., C. G. Schwab, D. E. Putnam, N. L. Whitehouse, B. D. Garthwaite and G. A. Ducharme. 2008. Extent of methionine limitation in peak-, early-, and mid-lactation dairy cows. J. Dairy Sci. 91:1996–2010.

Spain, J. 1993. Tissue integrity: A key defense against mastitis infection: The role of zinc proteinates and a theory for mode of action. Page 53 in Biotechnology in the Feed Industry. T.P. Lyons, ed. Alltech Technical Publications, Nicholasville, KY.

Spires, H. R., J. H. Clark, R. G. Derrig and C. L. Davis. 1975. Milk production and nitrogen utilization in response to postruminal infusion of sodium caseinate in lactating cows. J. Nutr. 105:1111-1121.

Spitzer, J. C., D. G. Morrison, R. P. Wettemann and L. C. Faulkner. 1995. Reproductive responses and calf birth and weaning weights as affected by body condition at parturition and postpartum weight gain in primiparous beef cows. J. Anim. Sci. 73: 1251-1257.

St-Pierre and J. T. Sylvester. 2005. Effects of 2-hydroxy-4-(methylthio) butanoic acid (HMB) and its isopropyl ester on milk production and composition by Holstein cows. J. Dairy Sci. 88:2487–2497

Statistical Analysis System. 1996. SAS User' Guide: Statistics. NC: SAS Institute.

Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics: a biometeric approach (2nd Ed). McGrowhill: New York.

Stokes, M. R., J. H. Clark and L. M. Steinmetz. 1981. Performance of lactating dairy cows fed methionine or methionine analog at two concentrations of dietary crude protein. J. Dairy Sci. 64:1686-1694.

Strusinska D., J. Mierzejewska and A. Skok. 2004. Concentration of mineral components, β-carotene, vitamins A and E in cow colostrums and milk when using mineral-vitamin supplements. Medycyna Wet, 60: 202-206.

Suksombat, W. and K. Chullanandana. 2008. Effects of soybean oil or rumen protected conjugated linoleic acid supplementation on accumulation of conjugated linoleic acid in dairy cows' milk. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 21(9): 1271-1277.

Suttle, N. F. and D. G. Jones. 1989. Recent developments in trace element metabolism and function: Trace elements, disease resistance and immune responsiveness in ruminants. J. Nutr. 119:1055.

Swift, B. W. 1957. The caloric value of TDN. J. Dairy Sci. 16: 1055-1059.

Titgemeyer, E. C. and N. R. Merchen. 1990. The effect of abomasal methionine supplementation on nitrogen retention of growing steers postruminally infused with casein or nonsulfur- containing amino acids. J. Anim. Sci. 68:750–757.

Třináctý J., L. Křížová, S. Hadrová, O. Hanuš, B. Janštová, L. Vorlová and M. Dračková. 2006. Effect of rumen-protected supplement with three amino acids on milk yield, composition and fatty acids profile in dairy cows. J. Anim.Sci. 15:3-15

Vanhatalo, A., P. Huhtanen, V. Toivonen, and T. Varvikko. (1999). Response of dairy cows fed grass silage diets to abomasal infusions of histidine alone or in combinations with methionine and lysine. J. Dairy Sci. 82:2674–2685.

Varvikko, T., A. Vanhatalo, T. Jalava, and P. Huhtanen. (1999). Lactation and metabolic responses to graded abomasal doses of methionine and lysine in cows fed grass silage diets. J. Dairy Sci. 82:2659–2673.

Vicini, J. L., J. H. Clark, W. L. Hurley, and J. M. Bahr. (1988). Effects of abomasal or intravenous administration of arginine on milk production, milk composition, and concentrations of somatotropin and insulin in plasma of dairy cows. J. Dairy Sci. 71:658–665.

Wagner, D. C., and Loosli, J. K. (1967). Studies on the energy requirements of high producing cows. Memoir 400, Cornell Uni. Agr. Exp. Sta.

Ward, J. D., J. W. Spears, and E. B. Kegley. (1993). Effect of copper level and source (copper lysine vs copper sulfate) on copper status, performance, and immune response in growing steers fed diets with or without supplemental molybdenum and sulfur. J. Anim. Sci. 71:2748-2755.

Wiess, W.P., Conrad, H. R., and Pierre, N. R. S. (1992). A theoretically-based model for predicting total digestive nutrition value of forages and concentrates. Anim. Feed Sci. Technol. 39:95-110.

Wittenberg, K. M. , R. J. Boila, and M. A. Shariff. (1990). Comparison of copper sulfate and copper proteinate as copper sources for copper-depleted steers fed high molybdenum diets. Can. J. Anim. Sci. 70:895-904.

Yang, C.-M.J., D. J. Schingoethe, and D. P. Casper (1996). Protected methionine and heat-treated soybean meal for high producing dairy cows . J. Dairy Sci. 69: 9.

Xin, Z., R.W. Hemken, D.F. Waterman, and R.J. Harmon. (1991). Effects of copper status on neutrophil function, superoxide dismutase, and copper distribution in steers. J. Dairy Sci. 74:3078.

Xu, S., J. H. Harrison, W. Chalupa, C. Sniffen, W. Julien, H. Sato, T. Fujieda, H. Watanabe, T. Ueda, and H. Suzuki. (1998). The effect of ruminal bypass lysine and methionine on milk yield and composition of lactating cows. J. Dairy Sci. 81:1062–1077.

Zieminski R., Korniewicz A., Kinal S., Tomaszewski A., Lenarska M. (2002). Effect of chelates addition on colostrums quality and rearing results. Chem Agricul. 3: 319-322.

ประวัตินักวิจัย

ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ – สกุล: นาย วิศิษฐิพร สุขสมบัติ
2. รหัสประจำตัวประชาชน: 3-1911-00164-31-0
3. ตำแหน่งปัจจุบัน: รองศาสตราจารย์
4. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมเลขหมายโทรศัพท์ และ E- mail
   สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000
   โทรศัพท์ 0-4422-4378
   E- mail: wisitpor@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 “การศึกษาการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ในกระเพาะหมักโคนม โดยใช้สารสกัดจากก้านและใบมะขามป้อม” (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 “การศึกษาการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ผลิตแอมโมเนียในกระเพาะหมักของโคและผลต่อผลผลิตโคนม โดยใช้สารสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชในท้องถิ่น” (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา ตุลาคม 2549 – กันยายน 2552 งบประมาณ 800,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
17. โครงการ “การใช้ประโยชน์จากเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานในอาหารโคนมและสุกรขุน” (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา ตุลาคม 2551 – กันยายน 2553 งบประมาณ 500,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
18. โครงการ “การปรับปรุงการใช้ประโยชน์ได้ทางโภชนะของอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยการเสริมเอนไซม์ เซลลูเลสและไซแลนเนส หรือส่วนผสมของเอนไซม์ทั้งสองชนิด” (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา ตุลาคม 2552 – กันยายน 2555 งบประมาณ 500,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
19. โครงการ “การเพิ่มโปรตีนในกากมันสำปะหลังและเปลือกมันสำปะหลังโดยใช้จุลินทรีย์” (หัวหน้าโครงการ) ระยะเวลา ตุลาคม 2552 – กันยายน 2554 งบประมาณ 300,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)

b. งานตีพิมพ์ และงานนำเสนอผลงานประชุมวิชาการ

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 and protein evaluation of five 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., Lounglawan, P., and Yowa, C. 2008. Effects of conjugated linoleic Acid (CLA) supplementation on performances, carcass quality and fatty acid composition in meat of finishing pigs Suranaree J. Technol. 15(3): 249-260.
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.
27. Lounglawan, P., Suksombat, W., and Chullanandana, K. 2006. The Effect of feeding rumen-protected fat on dairy cow performance. Proceedings of the 12th AAAP Animal Science Congress 2006: Challenges of Animal Industry for the Wellbeing of Mankind. 18th-22nd September, BEXCO, Busan, Korea.
28. Suksombat, W., Lounglawan, P., and Noosen, P. 2006. Energy evaluation and utilization of cassava pulp for dairy cows. Proceedings of the 12th AAAP Animal Science Congress 2006: Challenges of Animal Industry for the Wellbeing of Mankind. 18th-22nd September, BEXCO, Busan, Korea.
29. Kupittayanant, P., Chasombat, J., Suksombat, W., and Kupittayanant, S. 2005. Effects of bypass fat supplementation on the oestrous cycle duration of early lactating cows. P75. Proceedings of AHAT/BSAS International Conference: Integrating Livestock-Crop Systems to Meet the Challenges of Globalization. Rowlinson, P., Wachirapakorn, C., Pakdee, P., and Wanapat, M. Eds. 14th-18th November 2005, Khon Kaen, Thailand.
30. Lounglawan, P., P. Paengkoum, W. Suriyapat and W. Suksombat. 2007. Effect of soybean oil and lactic acid bacteria supplementation on performance

and CLA accumulation in milk of dairy cow. In Proc. First International Conference on Sustainable Animal Agriculture in Developing Countries (SAADC2007), Yunnan, China.

31. Lounglawan, P., K. Chullanandana and W. Suksombat. 2008. The effects of soybean oil and rumen protected conjugated linoleic acid on rumen fermentation, fatty acid profiles and CLA content in rumen digesta. In: Proc. 13th AAAP Conference. Hanoi, Vietnam.
32. Suksombat, W., P., Lounglawan and N. Puanpan. 2008. Effects of soybean hulls as a replacement for ground corn on performance of lactating dairy cows. In: Proc. 13th AAAP Conference. Hanoi, Vietnam.
33. Khungaew, M., P. Lounglawan and W. Suksombat. 2009. Silage Production from Cassava Peel as Energy Source. 2nd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries Kuala Lumpur, Malaysia.
34. Suksombat, W. and Chullanadana, K. 2008. Effects of soybean oil or rumen protected conjugated linoleic acid supplementation on accumulation of conjugated linoleic acid in dairy cows' milk. Asian-Aust. J. of Anim. Sci. 21(9): 1271-1277.
35. Suksombat, W. and Chullanadana, K. 2008. Effects of soybean oil or whole cotton seed addition on accumulation of conjugated linoleic acid in beef of fattening Brahman x Thai-Native cattle. Asian-Aust. J. of Anim. Sci. 21(10): 1458-1465.
36. Lounglawan, P., K. Chullanandana and W. Suksombat. 2008. The Effect of Hydrogenated Fat or Ca-Salt of Fatty Acids on Milk Yield, Composition and Milk Fatty Acid of Lactating Dairy Cows. Thai J. Agri. Sci. 41(1-2): 29-36
37. Lounglawan, P, W., Suksombat and N. Puanpan. 2009. Effects of soybean hulls as a replacement for ground corn on performance of lactating dairy cows. Suranaree J. Sci. Technol. 16(2):159-168
38. Wisitiporn Suksombat*, Pipat Lounglawan and Pitakpong Paengsai. 2010. Effects of biotin supplementation on performance of lactating dairy cows. 14th AAAP Animal Science Congress, Asian-Australasian Association of Animal Production Societies, August 23-27, 2010, Pingtung, Taiwan, ROC.

39. Pakorn Klangnork*, Pipat Lounglawan, Mek Khungaew, Pitakpong Paengsai, and Wisitiporn Suksombat. 2010. Effects of amla leaves and branches addition to concentrate on performance of lactating dairy cows. 14th AAAP Animal Science Congress, Asian-Australasian Association of Animal Production Societies, August 23-27, 2010, Pingtung, Taiwan, ROC.

40. Jukkrit Homkhao*, Pipat Lounglawan, Mek Khungaew, Pitakpong Paengsai, and Wisitiporn Suksombat. 2010. Effects of amla leaves and branches supplementation on fermentation and microbial population of lactating dairy cows. 14th AAAP Animal Science Congress, Asian-Australasian Association of Animal Production Societies, August 23-27, 2010, Pingtung, Taiwan, ROC.

41. Atitthan Nanon*, Pakorn Klangnork, Jukkrit Homkhao, and Wisitiporn Suksombat. 2010. The effects of feeding Met hydroxy analog plus MINTREX® Dairy on performance of lactating dairy cows. 14th AAAP Animal Science Congress, Asian-Australasian Association of Animal Production Societies, August 23-27, 2010, Pingtung, Taiwan, ROC.

42. Noppharat Phakachoed, Pipat Lounglawan, Nattanit Puanpan and Wisitiporn Suksombat. 2010. Aflatoxin adsorption ability by yeasts and yeast products. 14th AAAP Animal Science Congress, Asian-Australasian Association of Animal Production Societies, August 23-27, 2010, Pingtung, Taiwan, ROC.

43. Pipat Lounglawan, Mek khungaew and Wisitiporn Suksombat. 2010. Utilization of cassava peel as energy source of silage. 14th AAAP Animal Science Congress, Asian-Australasian Association of Animal Production Societies, August 23-27, 2010, Pingtung, Taiwan, ROC.

44. Suksombat, W., P. Lounglawan and P. Paengsai. 2011. Effects of Biotin Supplementation on Milk Production, Milk Composition, Milk Fatty Acids, Ruminal pH, Ammonia Nitrogen and Volatile Fatty Acids in Lactating Dairy Cows. J. Anim. Vet. Adv. 10(16): 2186-2192.

45. Suksombat, . W., A. Nanon, P. Klangnork and J. Homkhao. 2011. Effects of Met hydroxy analog plus MINTREX® Dairy supplementation on performance of lactating dairy cows. J. Anim. Vet. Adv. 10(21):2814-2818.

46. Suksombat, W., R. Mirattanaphrai and P. Paengsai. 2011. Performance of lactating dairy cows in response to supplementation of rumen-protected choline. J. Anim. Vet. Adv. 10(24): 3321-3327.

47. Suksombat, W., C. Meeprom and R. Mirattanaphrai. 2013. Milk Production, Milk Composition, Live Weight Change and Milk Fatty Acid Composition in Lactating Dairy Cows in Response to Whole Linseed Supplementation. Asian-Aust. J. Anim. Sci. http://dx.doi.org/10.5713/ajas.2013.13027

48. Phakachoed, N., P. Lounglawan and W. Suksombat. 2012. Effects of xylanase supplementation on ruminal digestibility in fistulated non-lactating dairy cows fed rice straw. Livest. Sci. 149: 104-108.

8. การบริการวิชาการ/ฝึกอบรม/ให้คำปรึกษา

1. ที่ปรึกษาสหกรณ์โคนมวังน้ำเย็น จำกัด (2539 - 2550)
2. ที่ปรึกษาสหกรณ์โคนมพิมาย จำกัด (2542 – 2550)
3. ที่ปรึกษาสหกรณ์โคนมอ่าวน้อย จำกัด (2542 – 2550)
4. ที่ปรึกษาสหกรณ์โคนมมวกเหล็ก จำกัด (2543 – 2545, 2547-2553)
5. ที่ปรึกษาสหกรณ์โคนมสอยดาว จำกัด (2546 - 2550)
6. ที่ปรึกษาสหกรณ์การเกษตรพิมาย จำกัด (2548 - 2550)
7. ที่ปรึกษานิตยสารฟาร์มโคนม สัตว์เศรษฐกิจ (2539 – ปัจจุบัน)
8. ที่ปรึกษาวารสารโคนม อ.ส.ค. (2537 – 2546; 2548 - ปัจจุบัน)
9. ที่ปรึกษานิตยสารวัวควาย (2539 – ปัจจุบัน)
10. ที่ปรึกษาวารสารสยามบราห์มัน (2548-ปัจจุบัน)

9. การเสนอผลงานทางวิชาการ การเขียนบทความทางวิชาการและการเป็นวิทยากร

1. นำเสนอผลงานทางวิชาการในระดับชาติและนานาชาติ มากกว่า 50 เรื่อง
2. เขียนบทความทางวิชาการลงตีพิมพ์ในวารสารภายในประเทศ มากกว่า 100 เรื่อง
3. เป็นวิทยากรบรรยายทั่วประเทศมากกว่า 1500 ครั้ง

ประวัติผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. ชื่อ – สกุล: นาย พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์
2. หมายเลขบัตรประชาชน: 3 3014 01335 49 9
3. ตำแหน่งปัจจุบัน: ผู้ช่วยศาสตราจารย์
4. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมเลขหมายโทรศัพท์ และ E- mail

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ 0-4422-4160
E- mail: pipat_l2000@yahoo.com ; pipat@sut.ac.th

5. 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

6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ
   1. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง
   2. โภชนศาสตร์โคนม - โคเนื้อ
   3. การจัดการโคนม - โคเนื้อ
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ สถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย เป็นต้น

   a. หัวหน้าโครงการ:

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

2. การศึกษาการนำเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในการผลิตอาหารหยาบหมักสำหรับโคนมต่อปริมาณน้ำนม องค์ประกอบน้ำนมและคุณภาพน้ำนม ระยะเวลา พฤษภาคม 2551 – เมษายน 2553 แหล่งทุน สกว.
3. โครงการ “การใช้ประโยชน์จากเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในอาหารโคนมต่อปริมาณน้ำนม, องค์ประกอบน้ำนมและคุณภาพน้ำนม” ระยะเวลา ตุลาคม 2551 – กันยายน 2552 แหล่งทุน วช.

b. 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.)

c. งานตีพิมพ์ :

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.

Lounglawan, P., P. Paengkoum, W. Suriyapat and W. Suksombat. 2007. Effect of soybean oil and lactic acid bacteria supplementation on performance and CLA accumulation in milk of dairy cow. In Proc. First International Conference on Sustainable Animal Agriculture in Developing Countries (SAADC2007), Yunnan, China.

Lounglawan, P., K. Chullanandana and W. Suksombat. 2008. The effects of soybean oil and rumen protected conjugated linoleic acid on rumen fermentation, fatty acid profiles and CLA content in rumen digesta. In: Proc. 13th AAAP Conference. Hanoi, Vietnam.

Suksombat, W., P., Lounglawan and N. Puanpan. 2008. Effects of soybean hulls as a replacement for ground corn on performance of lactating dairy cows. In: Proc. 13th AAAP Conference. Hanoi, Vietnam.

Khungaew, M., P. Lounglawan and W. Suksombat. 2009. Silage Production from Cassava Peel as Energy Source. 2nd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries Kuala Lumpur, Malaysia.

Phakachoed, N., P. Lounglawan, N. Puanpan, and W. Suksombat. 2010. Aflatoxin Adsorption Ability by Yeasts and Yeast Products. In: Proc. 14th AAAP Conference. Pingtung, Taiwan, the Republic of China.

Klangnork, P., P. Lounglawan, M. Khungaew, P. Paengsai, and W. Suksombat. 2010. Effects of Amla Leaves and Branches Addition to Concentrate on Performance of Lactating Dairy Cows. In: Proc. 14th AAAP Conference. Pingtung, Taiwan, the Republic of China.

Homkhao, J., P. Lounglawan, M. Khungaew, P. Paengsai, and W. Suksombat 2010. Effects of Amla Leaves and Branches Supplementation on Fermentation and Microbial Population of Lactating Dairy Cows. In: Proc. 14th AAAP Conference. Pingtung, Taiwan, the Republic of China.

Suksombat, W., P. Lounglawan, and P. Paengsai. 2010. Effects of Biotin Supplementation on Performance of Lactating Dairy Cows. In: Proc. 14th AAAP Conference. Pingtung, Taiwan, the Republic of China.

Lounglawan, P., M. Khungaew, W. Lounglawan, and W. Suksombat. 2010. Utilization of Cassava Peel as Energy Source of Silage. In: Proc. 14th AAAP Conference. Pingtung, Taiwan, the Republic of China.

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. 13(3):235-243.

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.

Lounglawan, P., W. Suksombat and K. Chullanandana. 2007. The Effect of ruminal bypass fat on milk yields and milk composition of lactating dairy cow. Suranaree J. Sci. Technol 14(1):109-117.

Suksombat, W., P. Lounglawan and P. Noosen. 2007. Energy evaluation and utilization of cassava pulp for lactating dairy cows. Suranaree J. Sci. Technol 14(1):99-107.

Suksombat, W., T. Boonmee and P. Lounglawan. 2007. Effects of Various Levels of Conjugated Linoleic Acid Supplementation on Fatty Acid Content and Carcass Composition of Broilers. Poult. Sci. 86:318-324.

Suksomabat, W., P. Lounglawan and C. Yowa. 2008. Effects of Conjugated Linoleic Acid (CLA) Supplementation on Performances, Carcass Quality and Fatty Acid Composition in Meat of Finishing Pigs. Suranaree J. Sci. Technol. 15(3):249-260.

Lounglawan, P., K. Chullanandana and W. Suksombat. 2008. The Effect of Hydrogenated Fat or Ca-Salt of Fatty Acids on Milk Yield, Composition and Milk Fatty Acid of Lactating Dairy Cows. Thai J. Agri. Sci. 41(1-2): 29-36

Lounglawan, P, W., Suksombat and N. Puanpan. 2009. Effects of soybean hulls as a replacement for ground corn on performance of lactating dairy cows. Suranaree J. Sci. Technol. 16(2):159-168

Suksombat, W., P. Lounglawan and P. Paengsai. 2011. Effects of Biotin Supplementation on Milk Production, Milk Composition, Milk Fatty Acids, Ruminal pH, Ammonia

Nitrogen and Volatile Fatty Acids in Lactating Dairy Cows. J. Anim. Vet. Adv. 10(16): 2186-2192.