การศึกษาความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคนมที่ให้นมระยะกลางที่ได้รับฟางข้าวหมักยูเรียเป็นอาหารหยาบ

นายเกียรติศักดิ์ ศรีพันธบุตร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-533-011-6

A study of energy and protein requirements of dairy cows in mid lactation fed urea treated rice straw as roughage source.

Mr. Kiattisak Sripuntabutr

The Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements for the Degree of
Master of Science in Animal Production Technology
Academic Year 2001
ISBN 974-533-011-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคนมที่ให้นมระยะกลาง ที่ได้รับฟางข้าวหมักยูเรียเป็นอาหารหยาบ

สภามหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…………………………………….
(รศ.ดร. พงษ์ชาญ ณ ลำปาง)
ประธานกรรมการ

…………………………………….
(ผศ.ดร.วิศิษฐิพร สุขสมบัติ)
อาจารย์ที่ปรึกษา

…………………………………….
(รศ.ดร. กนก ผลารักษ์)
กรรมการ

…………………………………….
(ผศ.น.สพ.ดร. บัญชร ลิขิตเดชาโรจน์)
กรรมการ

…………………………………….
(รศ.ดร. เกษม ปราบริปูตลุง)
รักษาการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

…………………………………….
(รศ.ดร. กนก ผลารักษ์)
คณบดี สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

เกียรติศักดิ์ ศรีพันธบุตร: การศึกษาความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคนมที่ให้นมระยะกลางที่ได้รับฟางข้าวหมักยูเรียเป็นอาหารหยาบ (A study of energy and protein requirements of dairy cows in mid lactation fed urea treated rice straw as roughage source.)
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. วิศิษฐิพร สุขสมบัติ, 101 หน้า, ISBN

วิทยานิพนธ์นี้ได้ศึกษาถึงระดับของพลังงานและโปรตีนเปรียบเทียบกับระบบของ NRC (1988)ใช้โคนมพันธุ์ลูกผสม Holstein Friesian ในช่วงระยะกลางของการให้นม 24 ตัว ใช้การทดลองแบบ Factorial 2 $\times$ 2 กลุ่มละ 6 ตัว จัดกลุ่มโดย Stratified Random Balance Groupโดยมีปัจจัย A คือ ระดับพลังงาน ปัจจัย B คือ ระดับโปรตีน แบ่งการทดลองออก 2 การทดลองคือ การทดลองที่ 1 ได้รับระดับพลังงานและโปรตีนที่ระดับ 90% และ 100% NRC (1988) และการทดลองที่ 2 ได้รับระดับพลังงานและโปรตีน 100% และ 110% NRC (1988) จากการทดลองพบว่าระดับความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคที่มีผลต่อการกินได้ ปริมาณน้ำนม คุณภาพน้ำนม น้ำหนักตัว และน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้ง 2 การทดลอง อย่างไรก็ตามพบว่าที่ระดับพลังงาน 110% มีแนวโน้มที่ทำให้ปริมาณน้ำนมเพิ่มขึ้น ขณะที่ระดับโปรตีนที่ระดับ 110% มีแนวโน้มทำให้ปริมาณน้ำนมลดลง ดังนั้นความต้องการพลังงานและโปรตีนตามคำแนะนำ NRC (1988) จึงอยู่ในช่วง 100%-110% และ 90%-100% ตามลำดับ

สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์	ลายมือนักศึกษา..
ปีการศึกษา 2544	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..................................
	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม...............................
	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม...............................

KIATTISAK SRIPUNTABUTR: A STUDY OF ENEGY AND PROTEIN REQUIREMENTS OF DAIRY COWS IN MID LACTATION FED UREA TREATED RICE STRAW AS ROUGHAGE SOURCE. THESIS ADVISOR: ASSISR. PROF WISITIPORN SUKSOMBAT, Ph.D. 101 PP. ISBN

This thesis studied the levels of energy and protein requirement which compare to NRC (1988)., using 24 Holstein Friesian dairy cows in mid lactation . The cows The cows were assigned to experience with a 2 x 2 factorial arrangement, which factor A was energy level and factor B was protein level. The present research divided into 2 experiments. The first The first experiment was conducted to study the 90% and 100% of energy and protein requirement recommended by NRC (1988) and the second experiment was carried out to study the 100% and 110% of energy and protein requirement recommended by NRC (1988). The results showed that milk production of cows in all treatments were not statistically significantly different. However, milk yield of cows on energy level 110% NRC tended to increase and that milk yield of cows on protein level 110% NRC tended to decrease. Therefor, energy requirement of cows in mid lactation should be slightly higher than the recommended by NRC (1988)(100-110% NRC). Protein requirement of cows in mid lactation should be slightly lower than that recommended by NRC (1988) (90-100% NRC).

สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

ปีการศึกษา 2544

ลายมือนักศึกษา……………………………………..

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา……………………………..

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม………………………...

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม………………………...

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินสำเร็จไปได้ด้วยดีนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิศิษฐิพร สุขสมบัติ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้คำปรึกษาในแนวทางการทำวิทยานิพนธ์ทั้งในด้านของวิชาการและการดำเนินการวิจัย ตลอดจนทุนในการดำเนินวิจัยต่างๆในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. พงษ์ชาญ ณ ลำปาง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร. บัญชร ลิขิตเดชาโรจน์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและตรวจวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.กนก ผลารักษ์ อาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ และคณบดีสำนักเทคโนโลยีการเกษตรที่ให้คำแนะนำในการวิจัยครั้งนี้

ขอบกราบขอบพระคุณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และสัตว์ทดลองในการดำเนินการวิจัย

ขอบขอบคุณพี่ๆ บุคลากรประจำศูนย์เครื่องมือ 3 ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์และเครื่องมือในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในงานวิจัย

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ลุง และป้า ที่ให้การเลี้ยงดูและอบรม ส่งเสริมการศึกษาเป็นอย่างดี และให้กำลังใจจนสำเร็จการศึกษา

เกียรติศักดิ์ ศรีพันธบุตร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)		ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)		ข
กิตติกรรมประกาศ		ค
สารบัญ		ง
สารบัญตาราง		ฌ
บทที่		1
1	บทนำ	1
	1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	2
	1.3 สมมุติฐานของการวิจัย	2
	1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย	2
	1.5 ขอบเขตของงานวิจัย	2
	1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย	2
2	วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
	2.1 ความหมายของโภชนะ	3
	2.2 ส่วนประกอบต่างๆในโภชนะ	3
	2.2.1 คาร์โบไฮเดรต	3
	2.2.2โปรตีน	4
	2.2.3 ไขมัน	5
	2.2.4 ไวตามิน	5
	2.2.5 แร่ธาตุ	6
	2.2.6 น้ำ	6
	2.3 ความต้องการโภชนะ	7
	2.4 ความต้องการพลังงานของโคนม	8
	2.4.1 หน่วยของพลังงาน	8
	2.4.2 ประเภทของพลังงาน	9

สารบัญ (ต่อ)

	2.4.3 การประเมินคุณค่าพลังงานที่นำเสนอใหม่	10
	2.4.4 ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพ	13
	2.4.5 ความต้องการพลังงานเพื่อการเจริญเติบโต	13
	2.4.6 ความต้องการพลังงานเพื่อการสร้างน้ำนม	14
	2.4.7 ความต้องการพลังงานเพื่อการสืบพันธุ์	14
	2.4.8 ผลของการให้โคนมได้รับพลังงานมากหรือน้อยกว่าความต้องการ	14
	2.5 โปรตีนในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง	16
	2.5.1 การย่อยสลายโปรตีนในกระเพาะหมัก	17
	2.5.2 ความต้องการโปรตีนของโคนม	18
	2.5.3 ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ	18
	2.5.4 ความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต	18
	2.5.5 ความต้องการโปรตีนเพื่อการสืบพันธุ์	19
	2.5.6 ความต้องการโปรตีนเพื่อการสร้างน้ำนม	19
	2.5.7 ผลของการให้โปรตีนแก่โคมากหรือน้อยเกินไป	19
	2.5.8 การคำนวณความต้องการโปรตีนในโคนม	20
	2.6 การสร้างน้ำนมและการรีดนม	21
	2.6.1 เต้านม	21
	2.6.2 น้ำนม	22
	2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนม	24
	2.7.1 ปัจจัยทางด้านสรีรวิทยา	25
	2.7.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม	26
	2.8 ปัจจัยที่มีผลต่อการกินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง	28
	2.8.1 Metabolic control	29
	2.8.2 Physical factor	30
	2.9 ผลของการให้พลังงานและโปรตีนที่มีผลต่อการผลิตน้ำนม	35
3	**วิธีการดำเนินวิจัย**	38
	3.1 คำนำ	38
	3.2 วัตถุประสงค์	38

สารบัญ (ต่อ)

3.3 แผนการทดลอง 39

3.4 วิธีการวิจัย 39

3.5 การให้อาหาร 39

3.6 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง 40

3.6.1 ตัวอย่างจากอาหาร 40

3.6.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลการให้ผลผลิต 40

3.7 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย 40

3.8 การวิเคราะห์ข้อมูล 41

3.9 สถานที่ทำการทดลอง 41

3.10 ระยะเวลาของการทำวิจัย 41

4 การศึกษาความต้องการพลังงานและโปรตีนในโคนม ที่ให้นมระยะกลางต่ำกว่า NRC (1988) แนะนำ 10% 42

4.1 คำนำ 42

4.2 วัตถุประสงค์ 42

4.3 อุปกรณ์และวิธีการ 43

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 46

4.5 ผลการทดลอง 47

4.5.1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมเสร็จ (TMR) ที่โคทดลองได้รับตลอดการทดลอง 47

4.5.2 ปริมาณการกินได้ โปรตีนและโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด 48

4.5.3 ผลผลิตน้ำนม 48

4.5.4 เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของน้ำนม 49

4.5.5 น้ำหนักตัว และน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง 49

4.6 วิจารณ์ผลการทดลอง 50

4.6.1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่โคได้รับ 50

4.6.2 ปริมาณการกินได้ 51

สารบัญ (ต่อ)

4.6.3 ปริมาณของพลังงานจากอาหารที่โคได้รับ
และความต้องการพลังงานของโคทดลอง 53
4.6.4 ปริมาณโปรตีนจากอาหารที่โคทดลองได้รับ 55
4.6.5 พลังงานและโปรตีนที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพน้ำนม 56
4.6.6 ผลต่อน้ำหนักตัว 57
4.7 สรุปผลการทดลอง 57
5 การศึกษาความต้องการพลังงานและโปรตีนในโคนม
ที่ให้นมระยะกลางต่ำกว่า NRC (1988) แนะนำ 10 % 59
5.1 บทนำ 59
5.2 วัตถุประสงค์ 59
5.3 อุปกรณ์และวิธีการ 60
5.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 62
5.5 ผลการทดลอง 63
5.5.1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมเสร็จ (TMR) 63
ที่โคทดลองได้รับตลอดการทดลอง
5.5.2 ปริมาณการกินได้ โปรตีนและโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด 63
5.5.3 ผลผลิตน้ำนม 64
5.5.4 เปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบน้ำนม 64
5.5.5น้ำหนักตัวและน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง 65
5. 6 วิจารณ์ผลการทดลอง 65
5.6.1 เปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบทางเคมีของอาหาร 65
5.6.2 ปริมาณการกินได้ 66
5.6.3 พลังงานที่โคได้รับ 66
5.6.4 ปริมาณโปรตีนที่โคได้รับ 68
5.6.5 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานและโปรตีน 69
5.7 สรุปผลการทดลอง 70

สารบัญ (ต่อ)

6	**สรุปผลการวิจัย**	71
รายการอ้างอิง		75
ภาคผนวก		
	ภาคผนวก ก	81
	ภาคผนวก ข	87
ประวัติผู้เขียน		101

สารบัญตาราง

ตารางที่

ตารางที่		
4.1	แสดงคุณสมบัติของกลุ่มตัวอย่างการทดลองที่ 1	43
4.2	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในการประกอบสูตรอาหาร	45
4.3	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร ในรูปของอาหารผสม (TMR)ที่ใช้ในการทดลองที่ 1	47
4.4	แสดงปริมาณการกินได้ โปรตีนและโภชนะที่ย่อยได้ ของโคในการทดลองที่ 1	48
4.5	แสดงปริมาณและองค์ประกอบของน้ำนม	48
4.6	แสดงเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของน้ำนม	49
4.7	แสดงน้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง	49
4.8	แสดงพลังงานที่โคได้รับจากอาหารและที่โคนมต้องการ	52
4.9	แสดงปริมาณโปรตีนที่โคได้รับจากอาหารและที่โคนมต้องการ	54
5.1	แสดงคุณสมบัติของกลุ่มตัวอย่างของการทดลองที่2	60
5.2	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองที่ 2	61
5.3	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร ในรูปของอาหารผสม (TMR)ที่ใช้ในการทดลองที่ 2	63
5.4	แสดงปริมาณการกินได้ โปรตีนและโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด ของโคในการทดลองที่ 2	63
5.5	แสดงปริมาณและองค์ประกอบของน้ำนม	64
5.6	แสดงเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของน้ำนม	64
5.7	แสดงน้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง	65
5.8	แสดงพลังงานที่โคได้รับจากอาหารและที่โคต้องการ	66
5.9	แสดงโปรตีนที่โคได้รับจากอาหารและที่โคต้องการ	68
6.1	แสดงสมการ Regression ของปริมาณน้ำนม พลังงานที่โคไดรับ กับระดับของพลังงาน UDP และ RDP	73

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

การเลี้ยงโคนมในประเทศไทยได้นำเอาสายพันธุ์จากต่างประเทศมาเลี้ยงโดยใช้การผสมข้ามพันธุ์กับพันธุ์พื้นเมืองเพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ การเปลี่ยนแปลงทั้งสภาพแวดล้อมและการปรับตัวของโคนมนั้นมีผลต่อการใช้ประโยชน์ได้จากโภชนะและการสร้างน้ำนม การใช้ประโยชน์จากอาหารที่ได้รับเข้าไปได้จากการใช้พลังงานในการย่อยสลายอาหารเกิดขบวนการแมทตาบอลิซึมและดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งในปัจจุบันการเลี้ยงโคนมในประเทศไทยใช้มาตรฐานการคำนวณความต้องการพลังงานและโปรตีนตามประเทศที่มีสภาพอากาศเขตหนาวเช่นประเทศสหรัฐอเมริกา (National Research Council; NRC, 1988) และสหราชอาณาจักร (Agricultural Research Council; ARC, 1980; 1984) ซึ่งอาจจะไม่เหมาะสมกับโคนมที่เลี้ยงในสภาพอากาศในเขตร้อนเช่นในประเทศไทย

สำหรับอาหารที่ใช้เลี้ยงโคนั้นในพืชแต่ละชนิดก็จะมีความผันแปรกันอยู่ค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตามในอาหารสำหรับโคแล้วอาหารที่เป็นแหล่งของพลังงานและโปรตีนนั้นถือว่าเป็นโภชนะที่สำคัญ ส่วนอาหารหยาบที่ใช้เลี้ยงโคในประเทศไทยหรือในประเทศในเขตร้อนนั้นจะมีคุณภาพที่ต่ำกว่าในประเทศที่อยู่ในเขตหนาว การย่อยอาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำในสัตว์จำเป็นที่จะต้องใช้พลังงานในการย่อยสลายมากกว่าในอาหารที่มีคุณภาพที่ดีกว่า การใช้พลังงานเหล่านี้มีผลต่อสภาพของร่างกายสัตว์ ซึ่งโดยปกติแล้วการหมักย่อยในส่วนของกระเพาะหมักจะเกิดความร้อน โคในเขตหนาวสามารถระบายความร้อนออกจากร่างกายได้ดีเนื่องจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิในร่างกายและภายนอกแตกต่างกัน ขณะที่โคนมในเขตร้อนจำเป็นต้องใช้พลังงานบางส่วนเพื่อใช้ในการถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายเนื่องจากอุณหภูมิภายในร่างกายและสภาพภูมิอากาศภายนอกใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามยังไม่เป็นที่แน่ชัดว่าพลังงานที่ใช้เพื่อสร้างความอบอุ่นให้กับร่างกายในโคเขตหนาวกับโคที่ใช้พลังงานในการระบายความร้อนออกจากร่างกายนั้นกรณีใดใช้พลังงานมากกว่ากัน การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาความต้องการพลังงานและโปรตีนโดยอาศัยระบบของ NRC (1988) เพื่อเปรียบเทียบความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคนมในประเทศไทยซึ่งจะสามารถช่วยประเมินความต้องการพลังงานและโปรตีนห้ได้ใกล้เคียงกับสภาพที่เป็นจริง และสามารถที่จะให้อาหารได้แม่นยำและได้ประโยชน์จากการเลี้ยงโคนมมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาความต้องการพลังงานของโคนมในระยะกลางของการให้นมที่ระดับต่ำและสูงกว่า NRC (1988) แนะนำ 10% ที่มีผลต่อการกินได้ ปริมาณน้ำนม องค์ประกอบของน้ำนม น้ำหนักตัว และน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง

1.2.2 เพื่อหาความต้องการโปรตีนของโคนมในระยะกลางของการให้นมที่ระดับต่ำและสูงกว่า NRC (1988) แนะนำ 10% ที่มีผลต่อการกินได้ ปริมาณน้ำนม องค์ประกอบของน้ำนม น้ำหนักตัว และน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง

1.2.3 เพื่อหาปฏิสัมพันธ์ระหว่างความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคนมในระยะกลางของการให้นมที่ระดับต่ำและสูงกว่า NRC (1988) แนะนำ 10% ที่มีผลต่อการกินได้ ปริมาณน้ำนม องค์ประกอบของน้ำนม น้ำหนักตัว และน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย

ความต้องการพลังงานที่แนะนำโดย NRC(1988) อาจไม่เหมาะสมกับโคนมในประเทศไทย

ความต้องการโปรตีนที่แนะนำโดย NRC (1988) อาจไม่เหมาะสมกับโคนมในประเทศไทย

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

Metabolisable energy, Net energy, Total digestible nutrient, Gross energy, Digestible energy, Rumen degradable protein, Undegradable protein, Absorbed protein

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นศึกษาถึงการประเมินความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคนมในระยะกลางของการให้นมที่เหมาะสมสำหรับโคนมในประเทศไทย

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.6.1 ทราบถึงการกินได้และการย่อยได้อาหารพลังงานและโปรตีน

1.6.2 ทราบข้อมูลการกินได้จริง เพื่อนำไปคำนวณความต้องการโภชนะได้

1.6.3 ทราบความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคนมซึ่งจะช่วยในการพัฒนาการประกอบสูตรอาหารและการให้อาหารโคนมให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

1.6.4 ทราบถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคนม

1.6.5 ทราบถึงผลของการประเมินความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคนม

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของโภชนะ

โภชนะคือสารอาหารที่สัตว์ได้รับเข้าไปเพื่อนำไปใช้ในการดำรงชีพ และสารอาหารเหล่านี้สามารถแยกประเภทได้คือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ไวตามิน แร่ธาตุ น้ำ เหล่านี้เป็นสารอาหารที่มีส่วนประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นตัวกำหนดหน้าที่ของสารอาหารนั้นๆ

เมื่อกล่าวถึงส่วนประกอบทางด้านเคมีแล้ว จะเน้นในเรื่องของโครงสร้างของโมเลกุลและสามารถที่จะแบ่งความแตกต่างของส่วนประกอบทางเคมีออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆคือในสัตว์ และในพืช ซึ่งในสัตว์นั้นจะประกอบไปด้วยโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ ขณะที่ส่วนประกอบของพืชนั้นจะประกอบไปด้วยคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่ ในพืชนั้นจะมีคาร์โบไฮเดรตอยู่ประมาณ 70-80% และมีโปรตีนเป็นส่วนประกอบ 10-14% ในสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ส่วนประกอบในสารอินทรีย์ (Organic) นั้นมีอยู่มากมาย เช่น ไฮโดรเจน (Hydrogen) คาร์บอน (Carbon) ออกซิเจน (Oxygen) ไนโตรเจน (Nitrogen) และ ซัลเฟอร์ (Sulfur) เหล่านี้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในสิ่งมีชีวิตทุกชนิดก็ว่าได้

2.2 ส่วนประกอบต่างๆในโภชนะ

สารอินทรีย์จะประกอบไปด้วย H, C, O, N และ S ส่วนประกอบนี้รวมกันเป็นโครงสร้างของโมเลกุลซึ่ง แบ่งออกได้ 4 ประเภท คือ Lipids, Polysaccharides, Proteins และ Nucleic acids เมื่อเราพิจารณาถึงปริมาณของส่วนประกอบที่มีอยู่ในพืชแล้วจะพบว่าในพืชนั้นจะมีปริมาณของ Nitrogen ที่เป็นส่วนประกอบของโปรตีนอยู่ในปริมาณน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของคาร์โบไฮเดรต

2.2.1 คาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรต เป็นโภชนะที่สำคัญ เป็นแหล่งของพลังงานและความร้อนแก่ร่างกายของสัตว์ คาร์โบไฮเดรตมีแร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญคือ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) โดยมีสูตรโครงสร้างคือ $(CH_2O)_n$ ในโมเลกุลของคาร์โบไฮเดรตนั้นจะมีอัตราส่วน

ระหว่าง ธาตุไฮโดรเจนกับออกซิเจนเป็น 2:1 เท่ากับโมเลกุลของน้ำ (H_2O) ซึ่งในคาร์โบไฮเดรตนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ พวกที่เป็นน้ำตาล และไม่ใช่น้ำตาล

ประเภทของคาร์โบไฮเดรต

โมโนแซคคาไรด์มีโมเลกุลที่ประกอบไปด้วยธาตุคาร์บอน 5-6 อะตอม น้ำตาลชนิดนี้สามารถที่จะละลายน้ำได้น้ำตาลที่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน 6 อะตอมจะมีจำนวนมากกว่าน้ำตาลที่มีธาตุคาร์บอน 5 อะตอม เรียกน้ำตาลคาร์บอน 6 อะตอมว่าน้ำตาล Hexose มีสูตรทั่วไปว่า $C_6 H_{12}O_6$ ส่วนน้ำตาลที่มีธาตุคาร์บอน 5 อะตอมเรียกว่าน้ำตาล Ribose มีสูตรโดยทั่วไปว่า $C_5H_{12}O_6$ น้ำตาลทั้งสองชนิดนี้สามารถที่จะเข้าสู่ระบบหมุนเวียนโลหิตและนำไปใช้เพื่อสร้างพลังงานและความร้อนแก่ร่างกายได้

โอลิโกแซคคาไรด์ เป็นน้ำตาลที่ประกอบด้วย Simple sugar คือประกอบด้วยน้ำตาลจำพวกโมโนแซคคาไรด์ 2-4 โมเลกุล เช่น ถ้ามี โมโนแซคคาไรด์ 2 โมเลกุลเรียกว่า Disaccharides ประกอบด้วย 3 โมเลกุลเรียกว่า Trisaccharides และ 4 โมเลกุล เรียกว่า Tetrasaccharides

โพลีแซคคาไรด์ได้แก่ ไกลโคเจน เซลลูโลส แพคติน และลิกนิน ซึ่งประกอบด้วยโมเลกุลสายยาว

คาร์โบไฮเดรตในพืชนั้นจะมีอยู่ประมาณ 75% ของน้ำหนักแห้งโดยที่สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็น Cell wall และส่วนที่เป็น Cell content (William et al 1987) ใน Cell wall นั้นจะมีส่วนประกอบของเยื่อใยได้แก่ Cellulose, Hemicellulose และ Lignin ในสัตว์กระเพาะรวมหรือสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้นสามารถที่จะย่อยเยื่อใยเหล่านี้ได้โดยจุลินทรีย์ที่อาศัยในกระเพาะหมัก อย่างไรก็ตามในพืชอาหารสัตว์ที่มีอายุแก่จะมีส่วนประกอบของ Lignin มากขึ้นซึ่งจะทำให้การย่อยได้ของพืชลดน้อยลง สำหรับในส่วนของ Cell content นั้นจะประกอบไปด้วยน้ำตาลและแป้งเป็นส่วนใหญ่ซึ่งเป็นส่วนที่จะถูกย่อยได้เร็ว ในพืชอาหารสัตว์ที่มีส่วนของ Cell content อยู่มาก เช่น ในข้าวโพด เป็นต้น

2.2.2 โปรตีน

โปรตีนเป็นโภชนะที่สำคัญสำหรับการดำรงชีวิตและการให้ผลผลิตของสัตว์ โปรตีนมีอยู่หลายชนิดขึ้นอยู่กับชนิดและจำนวนของกรดอะมิโน โปรตีนบางชนิดอาจจะมีธาตุ S, P และ Fe รวมอยู่ด้วย โปรตีนเมื่อถูก Hydrolysed แล้ว จะได้กรดอะมิโนซึ่งมีอยู่มากกว่า 200 ชนิด แต่ที่สำคัญต่อสิ่งมีชีวิตนั้นมีอยู่ 20 ชนิด กรดอะมิโนเหล่านี้มีความสำคัญต่อร่างกายในการเจริญเติบโต การสร้างฮอร์โมน การสร้างน้ำนม การสร้างภูมิคุ้มกัน และหน้าที่ต่างๆภายใน Cell (William et al.1987) นอกจากนี้แล้วในสัตว์เคี้ยวเอื้องต้องการโปรตีนเพื่อใช้ในการสร้าง Microbial protein

โปรตีนเป็นอินทรีย์สารที่ประกอบด้วย กรดอะมิโน ซึ่งมีอะมิโนกรุ๊ป (NH_2) และ คาร์บอกซิล กรุ๊ป (COOH) เกาะติดอยู่กับธาตุคาร์บอนซึ่งเป็นแกนกลาง กรดอะมิโนที่เป็นส่วนประกอบของโปรตีน สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ตามความต้องการของสัตว์ คือ

กรดอะมิโนที่จำเป็น (Essential amino acid) เป็นกลุ่มของกรดอะมิโนที่ตัวสัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์เองได้

กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น (Nonessential amino acid) เป็นกลุ่มของกรดอะมิโนที่ร่างกายของสัตว์สามารถที่จะสังเคราะห์ขึ้นเองได้ไม่จำเป็นที่จะต้องได้รับอาหารที่กินเข้าไป

2.2.3 ไขมัน

ไขมัน คือ กรดแอลิแฟติก คาร์บอกซิลิก (Aliphatic carboxylic acid) โครงสร้างโมเลกุลประกอบขึ้นจากสายไฮโดรคาร์บอน และมีหมู่คาร์บอกซิล เป็นหมู่ฟังก์ชัน

การจำแนกชนิดของกรดไขมัน

กรดไขมันอิ่มตัว ประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอน และไฮโดรเจนที่เชื่อมกันด้วยพันธะเดี่ยวทั้งหมด ซึ่งกรดไขมันอิ่มตัวนี้จะพบในสัตว์

กรดไขมันไม่อิ่มตัว ประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอนบางอะตอมที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะคู่ พบในพืชซึ่งในสัตว์ไม่สามารถที่นะสังเคราะห์กรดไขมันไม่อิ่มตัวนี้ได้ต้องได้รับจากอาหารในพืชที่กินเข้าไป

2.2.4 ไวตามิน

ไวตามิน คือสารประกอบอินทรีย์ที่ร่างกายต้องการในปริมาณน้อยแต่ขาดไม่ได้และมีบทบาทสำคัญต่อขบวนการแมทตาบอลิซึม เพื่อให้การดำรงชีพและการเจริญเติบโตตามปกติ ในโมเลกุลจะประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และ ออกซิเจน นอกจากนั้นอาจจะมีธาตุไนโตรเจน อยู่ด้วย

ไวตามิน จำนวนมากถูกทำลายในขบวนการต่างๆ เช่น ในการใช้ความร้อน แสง ซึ่งไวตามินนั้นมีความสำคัญในอาหารสัตว์ ในปัจจุบันจึงใช้วิธีการทำให้ไวตามินอยู่ในรูปของไข หรือ Gelatin เพื่อ ป้องกันการ Oxidation (McDonald et al. 1995)

ประเภทของไวตามิน

ไวตามินสามารถแบ่งออกได้ 2 พวก โดยแบ่งตามความสามารถในการละลายคือ

1) ไวตามินละลายได้ในไขมัน (Fat soluble vitamins)ไวตามินกลุ่มนี้ได้แก่ A, D, E และ K มีคุณสมบัติร่วมกันประการหนึ่งคือ ละลายได้ในไขมัน

2) ไวตามินที่ละลายน้ำได้ (Water soluble vitamins) ประกอบด้วยไวตามิน C และไวตามิน B อีก 8 ชนิด เรียกรวมกันว่า ไวตามิน B-complex โดยส่วนใหญ่ทำหน้าที่เป็น Co-enzyme

2.2.5 แร่ธาตุ

สัตว์ทุกชนิดมีความต้องการแร่ธาตุเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบสำคัญในการทำหน้าที่ต่างๆในร่างกาย สามารถที่จะแบ่งชนิดของแร่ธาตุออกได้เป็น 2 ชนิด คือ Macro elements และ Trace elements

หน้าที่หลักของแร่ธาตุแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆคือ

1. เป็นส่วนประกอบโครงสร้างของอวัยวะส่วนต่างๆของร่างกาย เช่น Ca, P, Mg, F, I, และ Si เป็นส่วนประกอบในกระดูกและฟัน นอกจากนั้น P และ S ยังเป็นส่วนประกอบของโปรตีนกล้ามเนื้อด้วย

2. เป็นส่วนประกอบของเหลวในร่างกายและเนื้อเยื่อ ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องกับการรักษาระดับความสมดุลย์ของ Osmotic pressure, Acid-base balance, Membrane permeability, Tissue irritability, Cerebrospinal fluid และใน Gastric juice (เมธา วรรณพัฒน์, 2533)

3. เป็นส่วนประกอบของสารเร่งในระบบน้ำย่อยและฮอร์โมน

2.2.6 น้ำ

น้ำเป็นส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญซึ่งพบเป็นปริมาณมากในร่างกายของสิ่งมีชีวิต ในเนื้อแดงของสัตว์ที่โตเต็มที่แล้วจะมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ 70% และเนื้อเยื่อในหลายประเภทของสัตว์มีน้ำเป็นองค์ประกอบถึง 70-90% เพราะฉะนั้นในการเลี้ยงสัตว์จึงควรสนใจในเรื่องของน้ำควบคู่กันไปกับโภชนะอื่นๆด้วย เนื่องจากถ้าสัตว์อดน้ำหรือได้รับน้ำไม่เพียงพอแล้วจะมีผลต่อระบบสรีระและการให้ผลผลิตของสัตว์มากกว่าโภชนะอื่นๆ และสัตว์อาจตายได้ถ้าหากขาดน้ำเป็นระยะเวลา 5-10 วัน

คุณสมบัติและหน้าที่ของน้ำ

1. น้ำในร่างกายจะเป็นตัวกลางในการทำปฏิกิริยาเคมีในร่างกาย เพราะน้ำมีคุณสมบัติในการเป็นตัวทำละลาย และช่วยให้เกิดการแตกตัวของไอออนได้ดี จึงสามารถช่วยควบคุมกลไกทางสรีระได้ เช่น ระดับ pH และแรงดันออสโมติก

2. น้ำช่วยในการรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ เพราะน้ำมีความร้อนจำเพาะสูงสามารถที่จะดูดซับความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีของเซลล์ในร่างกายไว้ทำให้อุณหภูมิในร่างกายสูงขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น นอกจากนี้น้ำยังมีค่าความร้อนของการกลายเป็นไอสูง จึงทำให้น้ำสามารถรับและคายความร้อนได้อย่างช้าๆ จึงสามารถช่วยควบคุมอุณหภูมิในร่างกายให้คงที่ในสภาวะปกติได้

3. เป็นตัวกลางในการขนส่งโภชนะไปหล่อเลี้ยงส่วนต่างๆของร่างกายและช่วยขับถ่ายของเสียออกนอกร่างกายในรูปของปัสสาวะและเหงื่อ

4. เป็นตัวทำปฏิกิริยาเคมีในร่างกาย เช่นการสลายของอาหารพวก โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตในกระบวนการย่อยอาหาร นอกจากนี้น้ำยังเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์หรือการทำลายในกระบวนการแมทตาบอลิซึมของร่างกาย ซึ่งอาจเป็นการเติมน้ำหรือปลดปล่อยน้ำออกจากปฏิกิริยา

5. มีบทบาทเฉพาะด้านช่วยหล่อลื่นข้อต่อของกระดูก เป็นตัวกลางในการถ่ายทอดเสียง เช่น น้ำในหู เกี่ยวกับการมองเห็น เช่นน้ำในตา

แหล่งของน้ำ

สัตว์จะได้รับน้ำมาจากการกินหรือดื่มเข้าไปโดยตรง ได้จากน้ำที่เป็นองค์ประกอบของอาหารที่กินเข้าไปและน้ำที่ได้จากการแมทตาบอลิซึม เช่นเมื่อกลูโคสถูกเผาผลาญเพื่อให้พลังงานแก่ร่างกายจะได้น้ำออกมาด้วย

2.3 ความต้องการโภชนะ

โภชนะเป็นสารอาหารที่สัตว์นำไปใช้ประโยชน์ในร่างกายในด้านชีวเคมี ในโคนมมีความต้องการโภชนะเพื่อใช้ในกิจกรรมต่างเช่นกัน ซึ่งความต้องการโภชนะที่จะใช้ประโยชน์ในร่างกายนั้นสามารถแบ่งได้ออกดังนี้

1. การใช้โภชนะในการดำรงชีพ

โคนมต้องการโภชนะในการรักษาสุขภาพของร่างกายให้ทำงานได้เป็นปกติ คือให้มีชีวิตอยู่โดยที่น้ำหนักตัวไม่เปลี่ยนแปลง ไม่ให้เกิดการเจ็บป่วยหรือการทำงานของร่างกายผิดปกติไม่ว่าจะเป็นโคที่กำลังเจริญเติบโตหรือโตเต็มที่แล้ว หรือเป็นโคที่กำลังให้นมหรือไม่ ร่างกายต้องการพลังงานเพื่อใช้ในการหายใจ การสูบฉีดโลหิต การสร้างความร้อนในร่างกายให้อบอุ่นอยู่ตลอดเวลา การย่อยและการดูดซึมอาหาร ซึ่งทั้งหมดเป็นการทำงานของร่างกายเพื่อการดำรงชีพ

โภชนะทุกชนิดจะถูกนำไปใช้ในการดำรงชีพ แต่ส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในทางพลังงาน โภชนะที่ใช้ในการดำรงชีพจะไม่เป็นประโยชน์ในการผลิตโดยตรง และจะเป็นอาหารส่วนหนึ่งที่ต้องยอมเสียเปล่า ผู้เลี้ยงสัตว์จะต้องพยายามที่จะทำให้สัตว์ใช้อาหารในส่วนนี้ให้น้อยที่สุดเพื่อลดความสิ้นเปลืองอาหาร และให้เหลืออาหารไปใช้ในการผลิตผลที่ต้องการ เช่น การให้นม การเจริญเติบโต

2. ความต้องการโภชนะในการเจริญเติบโต

ร่างกายของสัตว์นั้นจะประกอบไปด้วย โปรตีน ไขมัน และแร่ธาตุอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งเกิดจากการสะสมโภชนะเหล่านี้ในระยะเจริญเติบโต ฉะนั้นการเจริญเติบโตต้องการโภชนะเหล่านี้มากในระยะที่มีการสะสมโภชนะในร่างกายก็จะต้องมีการสูญเสียโภชนะไปบางส่วนบ้างเหมือนกัน

สัตว์จึงต้องการโภชนะเหล่านี้มากกว่าจำนวนที่สะสมไว้นอกเหนือไปจากจำนวนที่ต้องใช้ในการดำรงชีพ

จำนวนโภชนะที่ต้องการใช้ในการเจริญเติบโตจะแตกต่างกันตามอายุของตัวสัตว์ และชนิดของเนื้อเยื่อที่สร้างขึ้น เช่น สัตว์ที่โตมากแล้วและอยู่ในระยะขุนหรือกำลังอ้วนไม่ต้องการโปรตีนหรือแร่ธาตุมากนัก แต่สัตว์ที่ยังเล็กกำลังเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วต้องการใช้โปรตีนและแร่ธาตุมากเพื่อใช้ในการสร้างกล้ามเนื้อและกระดูก

3. ความต้องการโภชนะในการสืบพันธุ์

การสืบพันธุ์เป็นหน้าที่สำคัญของสัตว์โดยเฉพาะในโคนมที่ต้องผสมพันธุ์ให้คลอดลูกทุกปี ในการอุ้มท้องระยะแรกๆ 5-6 เดือนโคอาจไม่ต้องการโภชนะมาก แต่จะต้องการโภชนะหลายอย่างเพิ่มมากขึ้นในระยะ 2-3 เดือนก่อนคลอดเพื่อใช้ในการสร้างรก และลูกสัตว์อ่อนในท้องที่กำลังเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ตามปกติความต้องการโภชนะเพื่อการสืบพันธุ์ไม่มากเท่ากับความต้องการเพื่อการดำรงชีพหรือเพื่อการเจริญเติบโต

4.ความต้องการโภชนะในการสร้างน้ำนม

โคนมต้องการโภชนะในการสร้างน้ำนมมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำนมที่โคนมให้ โคที่ให้นมมากกว่าวันละ 10 กิโลกรัมจะต้องใช้อาหารที่มีคุณภาพมากกว่าที่กระเพาะโคบรรจุได้ ความต้องการอาหารสำหรับการสร้างน้ำนมจะมากกว่าความต้องการใช้ในงานอย่างอื่นและชนิดของโภชนะต่างๆก็ต้องใช้มากชนิดเช่นกัน

2.4 ความต้องการพลังงานของโคนม

แหล่งของพลังงานในสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้นส่วนใหญ่ได้มาจากคาร์โบไฮเดรต สัตว์จะใช้พลังงานได้ในรูปของกลูโคส ขบวนการสร้างพลังงานนั้นจะได้จากขบวนการ 2 ขบวนการคือ Glycolysis และ Gluconeogenesis ซึ่งในสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้นจะได้พลังงานจากขบวนการ Gluconeogenesis มากกว่า เนื่องจากการย่อยโดยส่วนใหญ่ของสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้นเกิดขึ้นในส่วนของกระเพาะหมัก พลังงานมีความสำคัญอย่างมากในการประกอบสูตรอาหารเป็นตัวที่ชี้ให้เห็นถึงความต้องการของตัวสัตว์เพื่อที่จะใช้วัตถุดิบที่จะนำมาประกอบสูตรอาหารนั้นมีพลังงานตรงตามความต้องการของตัวสัตว์

2.4.1 หน่วยของพลังงาน

ปัจจุบันระบบที่นิยมใช้ในการหาความต้องการโภชนะของสัตว์นั้นมีอยู่ 2 ระบบคือระบบของประเทศในเครือจักรภพอังกฤษ Agricultural Research Council (ARC) และระบบของสหรัฐอเมริกา National Research Council (NRC) หน่วยของทั้ง 2 ระบบที่ใช้ในการหาพลังงานนั้นแตก

ต่างกัน คือในระบบของ ARC นั้นจะใช้ Metabolisable energy (ME) และใช้หน่วยเป็น Joules, Kilojules (kJ) และ Megajule (MJ) ในขณะที่ระบบของ NRC นั้นจะใช้หน่วยวัดพลังงาน 2 วิธีคือ

1. Total Digestible Nutrients (TDN) โดย

$$TDN = \frac{\text{Digestible [CP + CF + NFE + (2.25 EE)]}}{\text{Feed DM Consumed}}$$

2. Calorie System เป็นระบบที่ใช้วัดค่าพลังงาน โดยที่ 1 Cal คือพลังงานความร้อนที่ทำให้น้ำ 1 กรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1°C (โดยปกติเพิ่มจาก 14.5°C เป็น 15.5°C) การวัดความร้อนนี้ทำได้โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Bomb Calorimeter เพื่อเผาผลาญอาหารที่ต้องการวัดค่าพลังงานในสภาพที่มี Oxygen

การเทียบค่าพลังงานระหว่างระบบทั้ง 2 ทำได้โดย

1 cal = 4.184 joules

1 kgTDN = 3.82 Mcal ME = 19 MJ DE = 16 MJ ME

2.4.2 ประเภทของพลังงาน

ระบบของ NRC จะใช้ TDN ในการคำนวณหาพลังงานจากอาหารที่สัตว์ได้รับ อย่างไรก็ตามการใช้ TDN เพื่อคำนวณหาพลังงานนั้นไม่ทำให้เกิดความแม่นยำในการหาพลังงานได้จึงต้องใช้หน่วยของพลังงานเพื่อนำไปคำนวณหาพลังงานได้แก่ Digestible energy, Metabolisable energy และ Net energy โดยสามารถที่จะใช้ TDN ที่ได้นำไปคำนวณหาพลังงานที่ย่อยได้ Digestible energy (DE) โดยใช้สมการ DE เท่ากับ 4.409 Mcal of TDN (NRC, 1988) ซึ่งเป็นสมการที่ประมาณการย่อยได้ของโภชนะที่สัตว์ได้รับเข้าไป โภชนะที่ย่อยได้ของอาหารที่ได้รับของสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้นจะไม่ถูกนำไปใช้ทั้งหมด พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Metabolisable energy, ME) สามารถที่จะคำนวณได้ตามสมการ ME (Mcal/kg of DM) = -0.45 + 1.01DE (Mcal/kg of DM) และการคำนวณ Net energy (NE) เท่ากับ (0.0245 x %TDN) – 0.12 (NRC, 1988)

ในขณะที่ระบบของ ARC นั้นมีวิธีในการหาพลังงานในอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยการใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Bomb calorimeter โดยใช้ความร้อนกับอาหารที่สัตว์กินเข้าไปในหนึ่งหน่วยเวลา (Mcal/day) วัดได้จากการเผาผลาญอาหารภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน ความร้อนที่ถูกเผาผลาญนั้นจะคำนวณได้จากค่าของอุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มขึ้น พลังงานที่คำนวณได้นี้คือ พลังงานรวม (Gross energy, GE) ส่วนของ GE เพียงบางส่วนเท่านั้นที่สัตว์จะนำไปใช้ได้ ทั้งนี้เป็นเพราะในระหว่างขบวนการย่อย (Digestion) และแมทตาบอลิซึม (Metabolism) ภายในร่างกายเกิดการสูญเสียพลังงานบางส่วนไป พลังงานในอุจจาระ (Faecal energy, FE) เป็นส่วนหนึ่งของ GE ในอาหารที่ไม่

ถูกย่อย การวัดพลังงานในอุจจาระวัดได้โดยการวัดปริมาณของอุจจาระที่ขับออกมา (kgDM) และวัดความเข้มข้นของพลังงานในอุจจาระโดยใช้ Bomb Calorimeter ส่วนแตกต่างของพลังงานระหว่าง GE และพลังงานในอุจจาระ (FE) เรียกว่าพลังงานที่ย่อยได้ (Digestible Energy, DE) (AFRC,1992)

DE เมื่อถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายแล้วจะเกิดการสลายตัว ในขณะที่พลังงานบางส่วนจะถูกขับออกจากร่างกายโดยไม่ได้ใช้ประโยชน์ ได้แก่ พลังงานที่ขับออกทางปัสสาวะ (Urinary energy) และพลังงานที่ขับออกในรูปของก๊าซมีเทน (Methane energy) ซึ่งพลังงานที่เหลือนั้นจะเป็นพลังงานที่สัตว์นำเอาไปใช้ประโยชน์ได้ที่เรียกว่า Metabolisable energy, ME

ME ที่ได้ในตัวสัตว์นั้นจะเกิดการสูญเสียกับความร้อนที่เกิดขึ้น (Heat increment) ในระหว่างการนำเอาพลังงานไปใช้ประโยชน์ พลังงานที่เหลือจากการสูญเสียความร้อนระหว่างการนำไปใชประโยชน์นี้เรียกว่า พลังงานสุทธิซึ่งจะเอาไปใช้ได้แก่ การเจริญเติบโต การให้ผลผลิต การสืบพันธุ์ การดำรงชีพ และการสะสมไขมัน

2.4.3 การประเมินคุณค่าทางพลังงานที่นำเสนอใหม่

ถึงแม้ระบบการประเมินคุณค่าทางโภชนะโดยใช้ค่า NE จะเป็นระบบที่ดี แต่ทำการวัดโดยตรงได้ยาก ต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายมาก ตลอดจนต้องใช้เครื่องมือที่ยุ่งยากซับซ้อน ประเทศต่างๆ จึงคิดค้นสมการมาใช้ในการคำนวณ โดยใช้การประเมินค่าทางพลังงานจากองค์ประกอบทางเคมี เช่นในประเทศเยอรมันคำนวณค่า NE_L จาก GE และ ME ประเทศสหรัฐอเมริกาคำนวณจาก TDN อย่างไรก็ตามการจะได้มาซึ่งค่าต่างๆในการทำนายคุณค่าทางพลังงานก็มีหลากหลาย บางสมการใช้ได้เฉพาะอาหารบางชนิด เช่น อาหารข้น บางสมการใช้ได้เฉพาะกับอาหารหยาบ จนกระทั่งในปี 1992 Weiss และคณะ (Weiss et al., 1992) ทำการปรับปรุงสมการที่สามารถนำมาใช้ทำนายค่าทางพลังงานกับอาหารหลายชนิดรวมทั้ง By-products และ Heat-damaged forages ได้ หลักการของสมการนี้ยึดหลักที่ว่า โภชนะชนิดใดที่ให้พลังงานได้ต้องนำมาคำนวณด้วย ซึ่งโภชนะดังกล่าวประกอบด้วย CP, Fat, NFC และ NDF การคำนวณต้องอาศัย True digestibility (TD) ของโภชนะนั้นๆ จากนั้นจะได้ค่า TDN ซึ่งสามารถนำไปคำนวณหาค่า NE ได้โดยอาศัยสมการต่างๆ ดังจะได้กล่าวต่อไป

พลังงานจากโปรตีน

โปรตีนเป็น Uniform feed fraction เพราะค่า True digestibility (TD) ของ Crude protein (CP) เป็นค่าที่ค่อนข้างคงที่ ในพืชส่วนมากมีค่าผันแปรระหว่าง 0.9-1.0 เฉลี่ย 0.93 สำหรับอาหารข้นที่ไม่ได้ผ่านความร้อน (Unheated concentrate) ค่า TD_{CP} จะมีค่าประมาณ 1.0 (Fonnesbeck et al., 1984) อาหารที่ถูกความร้อน ค่า TD_{CP} จะมีค่าลดลง เนื่องจากการย่อยได้ของ CP

และอัตราการถูกทำลายด้วยความร้อน (Heat damage) มีความสัมพันธ์กับ Acid detergent insoluble nitrogen (ADIN) ดังนั้นจึงสามารถคำนวณค่า TD_{CP} ได้จากค่า ADIN แต่เนื่องจากความสัมพันธ์นี้ในอาหารข้นและในอาหารหยาบมีไม่เท่ากัน จึงต้องอาศัยสมการคำนวณที่แตกต่างกันดังนี้

$$\text{Concentrate: } TD_{CP\text{-}C} = 1 - 0.004 \text{ ADIN} \text{ (Nakamura et al., 1994)}$$

โดย ADIN คิดเป็นสัดส่วนของ N ทั้งหมด การวิเคราะห์ค่า ADIN จะทำเฉพาะในตัวอย่างอาหารข้นที่ผ่านความร้อนเท่านั้น

$$\text{Roughage: } TD_{CP\text{-}F} = e^{-0.012 \text{ ADIN}} \text{ (Weiss et al., 1983)}$$

เมื่อ e เป็นฐานของ Natural logarithm และ ADIN แทนค่าเป็นสัดส่วนของ Total N โดยทั่วไปสัดส่วนของ N ใน ADIN ของพืชที่ไม่ถูกความร้อนจะเท่ากับ 0.07

เมื่อได้ค่า TD_{CP} แล้ว จึงคำนวณค่าพลังงานของ CP (E_{CP}) ดังนี้

$$E_{CP} = TD_{CP} \times CP$$

พลังงานจากไขมัน

ค่า Ether extract (EE) ในอาหารประกอบด้วยกรดไขมัน (รวมทั้ง Triglycerides), Waxes, Pigments และอื่นๆอีกเล็กน้อย Palmquist (1991) แนะนำว่าในการหาปริมาณไขมันควรวิเคราะห์ Fatty acids (FA) มากกว่าการวิเคราะห์ EE ทั้งนี้เนื่องจาก FA เป็นค่าที่ Uniform ในขณะที่ EE ไม่ uniform แต่เครื่องมือในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่เป็นเครื่องมือวิเคราะห์หา EE ห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่จึงยังคงนิยมวิเคราะห์ค่า EE อยู่ อย่างไรก็ตามการคำนวณหาค่า FA สามารถทำได้โดยการคำนวณจากค่า EE ทั้งนี้เพราะไขมันที่ไม่ใช่ FA มีประมาณ 1.5% ของ DM ในอาหารเท่านั้น

$$FA = EE - 1.5$$

ค่า TD ของ FA ขึ้นอยู่กับปริมาณของ FA ในอาหาร อาหารโคนมโดยทั่วไปมี FA อยู่ประมาณ 3% และมีค่า TD ประมาณ 0.94 ถ้าค่า FA เพิ่มขึ้น 1% ค่า TD ของ FA จะลดลง 0.03 (Palmquist, 1991) ฉะนั้น

$$E_{FA} = [1.03 - (0.03 \text{ FA})] \times 2.25 \text{ FA}$$

ค่า 2.25 เป็นค่าพลังงานของไขมันที่สูงกว่าคาร์โบไฮเดรท 2.25 เท่า

พลังงานจาก NDF

NDF ไม่ใช่ค่าที่ Uniform แต่ NDF ส่วนที่อาจย่อยได้ (Potential digestible NDF หรือ pdNDF) เป็นค่าที่ uniform โดยมีการย่อยได้เท่ากับ 1.0 Conrad et al. (1984) ได้สร้างสมการประเมินค่า pdNDF โดยอาศัย Lignified surface area ทั้งนี้เพราะ Lignin ย่อยไม่ได้ จึงควรนำมาหักลบออกจาก NDF เพื่อให้ได้ค่า Lignin-free NDF นอกจากนี้ Lignin ยังไปขัดขวางการย่อยได้ของ Cellulose และ Hemicellulose จึงควรคำนวณหาค่าสัดส่วนของพื้นที่ผิว NDF ที่ถูกปกคลุมด้วย Lignin เพื่อนำมาหักลบออก ดังนั้นค่า pdNDF คำนวณได้จากสมการ

$$pdNDF = (NDF - Lignin)\ [1 - (Lignin/NDF)^{0.667}]$$

ค่าทุกตัวมีหน่วยเป็น % ของ DM และ Lignin วิเคราะห์โดยวิธี ADF - Sulphuric สมการข้างต้นนี้ใช้ได้กับพืชแทบทุกชนิด แต่ใน By-product หลายชนิด อาจมีส่วนของ CP ปนมาในค่า NDF มาก ทำให้มีค่า NDF สูงเกินไป ดังนั้นจึงควรวิเคราะห์ Neutral detergent insoluble nitrogen (NDIN) ด้วยเพื่อคำนวณหาค่า NDF ที่ปราศจาก N แล้ว (NDF_N) ดังนี้

$$NDF_N = NDF - NDICP$$

ค่าทุกตัวมีหน่วยเป็น % และ NDICP เท่ากับ NDIN x 6.25

พลังงานจาก NDF คำนวณโดยคูณค่า pdNDF ด้วยสัมประสิทธิ์การย่อยได้ ประมาณว่าการย่อยได้ของ pdNDF ในสัตว์ที่ได้รับอาหารในระดับ Maintenance มีค่าเท่ากับ 0.75

$$E_{NDF} = 0.75\ (NDF_N - Lignin)\ [1 - Lignin/NDF_N)^{0.667}]$$

พลังงานจาก NFC

โดยปกติ NFC เป็น uniform feed fraction ที่มีค่า TD ประมาณ 0.98 ถ้าสัตว์ได้รับอาหารที่ระดับ Maintenance NFC คำนวณได้โดยการหักลบค่า Ash, CP, NDF_N และ EE จาก 100 ที่ต้องใช้ค่า NDF_N แทนค่า NDF ก็เพื่อไม่ให้ CP ถูกหักออกซ้ำกันถึง 2 ครั้ง มิฉะนั้นจะทำให้ค่า NFC ต่ำไป การคำนวณพลังงานจาก NFC คำนวณได้ดังสมการ

$$E_{NFC} = 0.98\ [100 - NDF_N - CP - Ash - (FA + 1.5)]$$

การปรับค่าพลังงานจากไขมัน

เนื่องจากการเปลี่ยน DE เป็น NE ในกรณีของไขมันมีประสิทธิภาพประมาณ 0.64 แต่ในกรณีของคาร์โบไฮเดรทมีค่า 0.52 (Andrews et al., 1991) แสดงว่าประสิทธิภาพในการเปลี่ยน DE หรือ TDN ไปเป็น NE ในไขมันสูงกว่าคาร์โบไฮเดรท 23% แต่ในสูตร TDN ดั้งเดิมไม่ได้คำนึง

ถึงจุดนี้ คำนึงถึงเฉพาะพลังงานในไขมันมีมากกว่าคาร์โบไฮเดรท 2.25 เท่า เมื่อวิเคราะห์ด้วย Bomb calorimeter เท่านั้น ดังนั้นเพื่อความถูกต้องในการคำนวณค่า ME หรือ NE จึงควรเปลี่ยน Factor 2.25 เป็น 2.8 (ซึ่งมาจาก 2.25 x 1.23) ได้สมการดังนี้

$$E_{FA} = 0.97 \times FA \times 2.8$$

สมการคำนวณค่า TDN

ค่า TDN คำนวณได้จากการรวมพลังงาน CP, FA, NDF และ NFC เข้าด้วยกัน แต่เนื่องจากพลังงานจากองค์ประกอบเหล่านี้ได้มาจากค่า Ture digestibility ในขณะที่ค่า TDN เป็นค่าที่คิดจาก Apparent digestibility ดังนั้นจึงต้องนำค่าพลังงานจาก Metabolic faecal material มาหักลบออก ซึ่งข้อมูลจากแหล่งต่างๆสรุปได้ว่า Metabolic TDN มีค่าประมาณ 7 ดังนั้นสมการคำนวณค่า TDN จะเป็นดังนี้

$$TDN = E_{CP} + E_{FA} + E_{NDF} + E_{NFC} - 7$$

2.4.4 ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพ

ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพขึ้นอยู่กับกิจกรรมของตัวสัตว์ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับขนาดรูปร่างและพันธุ์ การหา NE_M นั้นโดยใช้สมการ $0.073LW^{0.75}$ (NRC, 1988) อย่างไรก็ตามในสมการดังกล่าวได้มีการเผื่อในกิจกรรมบางส่วนอีก 10% ซึ่งจะได้สมการที่ใช้ในการหา NE_M คือ $0.08LW^{0.75}$ (NRC, 1988) มีการศึกษากับการเลี้ยงโคนมโดยการปล่อยเลี้ยงในทุ่งหญ้าโดยการเพิ่มระยะทางในการเดินของโคนมและพบว่าในทุ่งหญ้าที่มีหญ้าไม่สมบูรณ์อาจจะมีการเผื่อในการคำนวณต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพจาก 10% เป็น 20%ก็ได้ (Brody, 1945) นอกจากกิจกรรมของตัวโคนมเองแล้วสิ่งแวดล้อมรอบตัวของโคนมนั้นก็มีผลต่อความต้องการพลังงานด้วยเช่นกัน

สิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบดังกล่าวที่มีความสำคัญก็คือ ในเรื่องของอุณหภูมิ จากการศึกษาของ Young (1976) พบว่าการตอบสนองของตัวโคนมต่ออุณหภูมิต่ำนั้นจะมีผลน้อยกว่าการตอบสนองต่ออุณหภูมิที่สูง อย่างไรก็ตามการศึกษาโดยส่วนใหญ่จะศึกษาในเรื่องของอุณหภูมิที่ลดต่ำลง ส่วนผลจากการเพิ่มอุณหภูมินั้นยังศึกษากันอยู่น้อย

2.4.5 ความต้องการพลังงานเพื่อการเจริญเติบโต

ความต้องการพลังงานเพื่อการเจริญเติบโต ในการเจริญเติบโตของสัตว์นั้นดัชนีที่บ่งบอกได้อย่างชัดเจนก็คือน้ำหนักตัวของตัวสัตว์ Moe and Tyrrell (1974) พบว่าพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมนั้นมีค่าพลังงานเท่ากับ 6 Mcal ซึ่ง Moe และคณะ (1971) ได้ประมาณการใช้พลังงานเพื่อการเจริญเติบโตไว้ว่า การสร้างน้ำนม 1 กิโลกรัมนั้นจะมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานจากน้ำหนักตัว 82% ดังนั้นในการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวที่ลดลง 1 กิโลกรัมของ

โคนมในระยะการให้นม นั้นจะต้องการพลังงานเท่ากับ (6.00)(0.82) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.92 Mcal ในขณะที่การเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมนั้นของโคนมในระยะการให้นม ประสิทธิภาพของการใช้ ME ในการสร้างน้ำนม 1 กิโลกรัมมีค่าเท่ากับ 64% และประสิทธิภาพของการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมของโคนมในระยะให้นมนั้นมีค่าเท่ากับ 75% ดังนั้นในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมของโคนมในระยะให้นมนั้นจะต้องการพลังงานเท่ากับ (6.00)(0.64 / 0.75) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.12 Mcal ซึ่งการคำนวณความต้องการสำหรับการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของโคนมนั้นเพื่อที่จะช่วยในการป้องกันการขาดพลังงานของโคนมในระยะให้นมในระยะต่างๆ (NRC, 1988)

2.4.6 ความต้องการพลังงานเพื่อการสร้างน้ำนม

การสร้างน้ำนมต้องใช้พลังงานเป็นส่วนประกอบของน้ำนม และพลังงานอีกส่วนหนึ่งที่ใช้ในการทำงาน จำนวนพลังงานที่ใช้ในการสะสมในน้ำนมขึ้นอยู่กับความข้นหรือจำนวนของแข็งในน้ำนม (Total solid) น้ำนมที่มีของแข็งในน้ำนมมากก็ต้องใช้พลังงานมากในการผลิตน้ำนม 1 กิโลกรัม เพื่อความสะดวกในการคำนวณจำนวนพลังงานที่โคนมต้องการในการสร้างน้ำนม ใช้พลังงานที่มีในน้ำนมที่มีไขมันร้อยละ 4 เป็นมาตรฐาน พลังงานที่ต้องการสำหรับสร้างน้ำนมที่มีไขมันนม 4% ใน 1 กิโลกรัมเท่ากับ 750 Mcal. NE หรือ 0.33 กิโลกรัม TDN (ชวนิศนดากร, 2534)

ในการคำนวณพลังงานพลังงานเพื่อการสร้างน้ำนมใน NRC (1988) นั้นสามารถที่จะคำนวณจากเปอร์เซ็นต์ไขมันตามสมการคือ 0.3512 + 0.0962 %Fat

2.4.7 ความต้องการพลังงานเพื่อการสืบพันธุ์

พลังงานที่ต้องการใช้ในการอุ้มท้องระยะ 6-7 เดือนแรกจะมีเพียงเล็กน้อย แต่ในระยะ 2-3 เดือนก่อนคลอดจะต้องการพลังงานเพิ่มขึ้น โคนมจะต้องการพลังงานเพิ่มอีกประมาณร้อยละ 3-6 Mcal. NE หรือ 0.54-1.00 กิโลกรัม TDN ในระยะ 4-6 สัปดาห์ก่อนคลอด

2.4.8 ผลของการให้โคนมได้พลังงานมากหรือน้อยกว่าความต้องการ

พลังงานที่โคได้รับน้อยเกินไป

โคนมที่ได้รับอาหารพลังงานน้อยเกินไปจะเกิดผลเสียหลายประการ โคนมที่ยังเล็กจะมีการเจริญเติบโตช้าในโคใหญ่จะผอมและสุขภาพไม่ดี การเป็นสัดจะช้ากว่าปกติ โคนมที่กำลังให้นมจะให้นมลดลงอย่างรวดเร็ว การให้พลังงานแก่โคนมมากเกินไปจะทำให้โคอ้วนโดยสะสมไขมันไว้มาก ทำให้สมรรถภาพในการสืบพันธุ์ลดลง โคสาวอาจให้นมน้อยเพราะระบบเต้านมไม่เจริญเต็มที่

การเพิ่มระดับพลังงานในโค

ปัจจุบันได้มีการศึกษาเกี่ยวกับอัตราการย่อยและการไหลผ่านของ Carbohydrates โดยเฉพาะจำพวก Nonstructural carbohydrate (NSC) ในกระเพาะหมัก เพื่อให้โคนมได้รับพลังงานจากอาหารได้มากขึ้น ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อการสร้างผลผลิตในโคนม แต่อย่างไรก็ตามมีรายงานบางฉบับที่พบว่าการเพิ่มอัตราการย่อยของ NSC ไม่ได้ทำให้ปริมาณน้ำนมเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด (Mabjeesh et al., 1997, Shabi et al.,1998) ในขณะที่ Lykos et al. (1997) พบว่าการเพิ่มอัตราการย่อย NSC นั้นสามารถที่จะทำให้โภชนะถูกย่อยในส่วนของลำไส้เล็กได้มากขึ้น และสามารถช่วยให้ปริมาณน้ำนมเพิ่มขึ้นอีกด้วย

สัตว์เคี้ยวเอื้องในกระเพาะหมักจะมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่และคอยย่อยสลายพืชอาหารสัตว์ จุลินทรีย์เหล่านี้ส่วนหนึ่งใช้พลังงานจากการย่อยสลาย คาร์โบไฮเดรต โดยเฉพาะ NSC ซึ่งเป็นแหล่งที่สามารถที่จะย่อยและให้พลังงานได้ง่าย แต่อย่างไรก็ตามในตัวของสัตว์เองยังต้องการแหล่งของพลังงานที่จำเป็นที่จะต้องใช้เพื่อการดำรงชีพ การตั้งครรภ์ และโดยเฉพาะเพื่อการให้ผลผลิต จากการศึกษารายงานบางฉบับพบว่าการเพิ่ม NSC ในอาหารสามารถที่จะช่วยเพิ่มผลผลิตทางน้ำนมและเพิ่มเปอร์เซนต์โปรตีนในน้ำนม (Lykos and Varga, 1997.) ในขณะที่การศึกษาของ Shabi et al. (1998) และ Mabjeesh et al. (1997) พบว่าการเพิ่มการย่อยของ NSC นั้นไม่มีผลแตกต่างกับกลุ่ม Control แต่อย่างใด นั้นอาจเป็นเพราะว่าการที่เพิ่มการย่อยได้ของ NSC เพิ่มมากขึ้นจะทำให้การกินได้ลดลง การศึกษาของ Knowlton et al. (1998) พบว่าการเพิ่มการย่อย NSC มากทำให้การกินได้ลดลงเนื่องจากย่อยได้เร็วทำให้มีผลต่อ pH ในกระเพาะหมัก

วัตถุประสงค์ของการเพิ่ม NSC ในอาหารโคนมเพิ่มขึ้นนั้นก็เพื่อต้องการให้โคนมได้รับพลังงานจากอาหารโดยตรง โดยการเพิ่มการย่อย NSC ในส่วนของลำไส้เล็กให้มากขึ้น จากการศึกษาผลการย่อยได้อาหารโคนมที่เพิ่ม NSC ในส่วนของกระเพาะหมักและการไหลผ่านไปยังส่วนของ Lower tract ของ Lykos et al (1997) การย่อยได้ในส่วนของกระเพาะหมักนั้นไม่แตกต่างกัน แต่อัตราการไหลผ่านของ NSC ไปยังส่วนของกระเพาะ Abomasum เพิ่มมากขึ้น ในขณะที่การศึกษาของ Mabjeesh et al. (1997) และ Shabi et al. (1998) พบว่าการไหลผ่านของ NSC ไปยังกระเพาะ Abomasum ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตามความแตกต่างของการทดลองที่เกิดขึ้นนั้นอาจมาจากสาเหตุของการใช้วัตถุดิบที่มีความสามารถในการย่อยที่แตกต่างกันเช่น การศึกษาของ Lykos et al (1997) มีผลของการไหลผ่านกระเพาะหมักของ NSC ที่แตกต่างไปจากการทดลองอื่นๆ ซึ่ง Lykos et al. (1997) ได้ใช้วัตถุดิบที่เป็นแหล่งของ NSC คือ ข้าวโพด ในขณะที่การทดลองอื่นๆ ใช้เมล็ดข้าวบาร์เลย์และข้าวฟ่างเป็นแหล่ง NSC ซึ่งโดยคุณสมบัติของข้าวโพดแล้วสามารถ

ผ่านส่วนของกระเพาะหมักไปได้ (By pass) อย่างไรก็ตามการย่อยในส่วนของกระเพาะหมักก็ไม่มีความแตกต่างแต่อย่างใด

การย่อยสลายของ NSC มีผลต่อปริมาณของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักปกติแล้วจุลินทรีย์จะใช้พลังงานจาก ATP ที่ได้จากการหมักย่อยของคาร์โบไฮเดรต จากกรดไขมันระเหยได้ (VFA) และ กรดอะมิโน (Ørskov. 1982) จากการศึกษาในการเพิ่ม NSC ในอาหารโคนมจะมีผลกระทบต่อพลังงานในกระเพาะหมัก เนื่องจากอัตราการย่อยเป็นไปอย่างรวดเร็วซึ่งเป็นข้อสังเกตว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของ NSC นั้นจะมีผลกระทบต่อปริมาณของ Microbial หรือไม่ จากการศึกษาของ Mabsjeesh et al. (1997) พบว่าการเพิ่มการย่อยของ NSC นั้นไม่มีผลกระทบต่อปริมาณ Microbial protein แต่ปริมาณของ Microbial protein ที่ผ่านมาที่กระเพาะส่วนของ Abomasum นั้นจะขึ้นอยู่กับ Ruminal degradable protein (RDP) เช่นเดียวกับ Shabi et al. (1998) พบว่าการเพิ่มการย่อยได้ของ NSC นั้นไม่มีผลต่อปริมาณของจุลินทรีย์

การเพิ่มการย่อยได้โดยการเพิ่มปริมาณของ NSC นั้นไม่มีผลกระทบต่อปริมาณของจุลินทรีย์ แต่อย่างใดทั้งนี้เนื่องจากว่าการหมักย่อย NSC พลังงานที่เกิดขึ้น จุลินทรีย์สามารถที่จะนำไปใช้ได้ อย่างไรก็ตามจากการรวบรวมเอกสารพบว่าในการศึกษานั้นจะคำนึงถึงความสำคัญของปริมาณโปรตีนคือ ให้ความสำคัญเกี่ยวกับสัดส่วนระหว่างโปรตีนและพลังงานซึ่งให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

การหมักย่อย NSC ที่กระเพาะหมักเพิ่มขึ้นทำให้มีผลกระทบต่อ Products ในกระเพาะหมักโดยเฉพาะ VFA_s นั้นมีความสำคัญต่อผลผลิตทั้งในแง่ของคุณภาพและปริมาณน้ำนมของโคนม เนื่องจาก VFA เป็นตัวกำหนดคุณภาพของน้ำนม เช่น เปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนม นอกจากนี้ Propionate ยังเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของสัตว์เคี้ยวเอื้อง การเพิ่มการย่อย NSC จึงมีผลกระทบต่อปริมาณของ VFA โดยตรง แต่การเพิ่มของ NSC โดยส่วนใหญ่ไม่มีผลต่อ VFA. ทั้งนี้เนื่องจากว่าในส่วนของกระเพาะหมักสามารถที่จะสังเคราะห์ VFA ได้จาก Structural Carbohydrates จึงทำให้ผลที่ได้ไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Lykos et al. (1997) พบความแตกต่างของ VFA (Propionate) ซึ่งสรุปไว้ว่าข้าวโพดเป็นแหล่งที่ให้ Propionate ได้มาก

2.5 โปรตีนในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

Proteins เป็นสารอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบของ Nitrogen เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ Nitrogen ที่อยู่ในวัตถุดิบอาหารสัตว์จะอยู่ในรูปที่แตกต่างกัน ซึ่งส่วนหนึ่งจะเป็นส่วนประกอบของ Amino acids ที่ประกอบกันเป็น True proteins และอีกส่วนหนึ่งเป็นส่วนประกอบ Nitrogen ที่ไม่ใช่โปรตีน (Non – Protein Nitrogen, NPN) ส่วนประกอบของ Nitrogen บางพวกมีความแตกต่างกันทั้ง

ความสามารถในการละลาย (Solubility) และส่วนประกอบของ Amino acids ส่วนโปรตีนที่เป็น NPN นั้น มีอยู่หลายชนิด เช่น Amides, Amines, Ammonium salt, Nitrate, Nitrite, Urea, และ Biuret ซึ่งปริมาณของ NPN ที่มีอยู่ในอาหารสัตว์นั้นมีค่าตั้งแต่ 4-5% จนถึง 60-75% ของ N ทั้งหมดของอาหารหยาบหมัก (วิศิษฐิพร สุขสมบัติ, 2538). โดยในวัตถุดิบอาหารสัตว์ เช่น ข้าวโพดจะมี NPN 4%, Alfalfa 10-20%, Corn silage 50% (Perry and Cecava, 1995).

จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้นมีส่วนประกอบที่เป็นโปรตีนอยู่ถึง 40-60% ของปริมาณน้ำหนักแห้ง ดังนั้นจุลินทรีย์จึงต้องการแหล่งไนโตรเจนเพื่อใช้ในการสังเคราะห์ Microbial protein จุลินทรีย์นั้นจะย่อยสลายโปรตีนทุกประเภทเพื่อให้ได้ไนโตรเจนนอกจากนี้จุลินทรีย์ยังสามารถที่จะใช้ไนโตรเจนจากแอมโมเนียได้ด้วย โดยทั่วไปแล้วระดับปริมาณของ Microbial Protein จะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ความเข้มข้นของแอมโมเนียมากกว่า 50 mg ammonia nitrogen/ Litre rumen fluid (∅rskov, 1982) นอกจากนี้ Baker, Ferguson and Chulapa.(1995) ยังพบว่าการใช้ระดับแอมโมเนียในระดับต่างๆจะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบอาหารที่สัตว์ได้รับ ขณะที่ปริมาณของ Microbial protein จะเพิ่มขึ้น 100% ได้นั้น 25%ของแหล่งไนโตรเจนจะต้องได้จาก กรดอะมิโน (Meang and Baldwin, 1976) ซึ่งการใช้ Casein เป็นแหล่งไนโตรเจนจะทำให้ปริมาณของจุลินทรีย์ เพิ่มขึ้นได้ดีกว่าการใช้ Urea เป็นแหล่งไนโตรเจน (Hume, 1970) นั่นอาจเป็นเพราะว่าในโปรตีนประกอบด้วยกรดอะมิโนบางชนิดที่ Side chain มี ซัลเฟอร์ เป็นองค์ประกอบ และซัลเฟอร์มีความจำเป็นต่อการเพิ่มของจุลินทรีย์ ปริมาณของ ซัลเฟอร์ นั้นอยู่ในระดับ 8 mg / Kg dry matter (Bird, 1973) อ้างโดย ∅rskov (1982)

2.5.1 การย่อยสลายโปรตีนในกระเพาะหมัก

จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักที่มีหน้าที่ในการย่อยสลายโปรตีนส่วนใหญ่จะเป็นจุลินทรีย์จำพวก Bacteria ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดของจุลินทรีย์ทั้งหมดในกระเพาะหมักแบคทีเรียสามารถจำแนกได้หลายแบบเช่นจำแนกตามบริเวณของส่วนต่างๆในกระเพาะ Rumen ที่ Bacteria ยึดเกาะอยู่หรือจำแนกตามการใช้ประโยชน์อาหารหรือผลผลิตที่สังเคราะห์ได้ ซึ่งแบคทีเรียที่ใช้ประโยชน์จากโปรตีนโดยใช้ Amino acid เป็นพลังงาน ได้แก่ *Bacteroides amylophilus,* และ *Bacillus licheniformis* เป็นต้น

การย่อยสลายโปรตีนโดยแบคทีเรียนั้น ส่วนของโซ่โพลีเปปไทด์ของโปรตีนจะถูก Hydrolyse ที่พันธะเปปไทด์ จนได้กรดอะมิโน กรดอะมิโนจะเข้าสู่เซลล์ของแบคทีเรีย และจะถูกนำไปสร้างเป็นส่วนประกอบของจุลินทรีย์ต่อไปหรือถูกสลายเป็นกรดไขมันบางส่วนเป็นแอมโมเนียคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ผลผลิตสุดท้ายของการย่อยสลายนั้นจะถูกหลั่งออกมาจากเซลล์ของแบคทีเรีย กลับเข้าสู่ของเหลวในกระเพาะหมัก (Rumen Fluid) ต่อไป (วิศิษฐิพร สุขสมบัติ, 2538)

2.5.2 ความต้องการโปรตีนของโคนม

ส่วนใหญ่ของร่างกายสัตว์ เช่น เนื้ออวัยวะต่างๆ ประกอบด้วยโปรตีน โคจึงต้องใช้โปรตีนจำนวนมากรองจากพลังงาน โปรตีนทำหน้าที่สำคัญๆเป็นต้นว่าเป็นส่วนประกอบของเม็ดเลือด เป็นเอมไซม์ โปรตีนเป็นสารประกอบรวมของกรดอะมิโนหลายชนิดซึ่งมีรวมด้วยกันทั้งหมดประมาณ 25 ชนิด กรดอะมิโนมีทั้งชนิดที่จำเป็นและชนิดที่ไม่จำเป็น (Essential และ Nonessential) โคที่โตมากแล้วสามารถสังเคราะห์กรดอะมิโนโดยการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะอาหาร ซึ่งสิ่งนี้เป็นข้อได้เปรียบของโคเองหรือเป็นสิ่งที่ช่วยลดภาระในการให้อาหารโคของผู้เลี้ยงได้มากโคยังสามารถสร้างโปรตีนจากยูเรียได้อีกด้วย

2.5.3. ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ

โคนมใช้โปรตีนเพื่อการดำรงชีพ 3 ทาง คือ

(ก) ใช้ซ่อมแซมโปรตีนที่ถูกกำจัดออกทางมูล (Metabolic fecal protein) ได้แก่ น้ำย่อยที่ใช้แล้ว เซลล์ทางเดินอาหารที่เสื่อมสภาพ และโปรตีนของจุลินทรีย์

(ข) โปรตีนที่สูญเปล่ากำจัดออกทางปัสสาวะ (Endogenous urinary protein) ได้แก่ การทำลายกรดอะมิโนที่เหลือใช้จากอาหารที่สัตว์กิน

(ค) โปรตีนใช้ซ่อมแซมผิวหนังและขนที่หลุดร่วงไป

การคำนวณหาจำนวนโปรตีนที่โคนมต้องการทำได้โดยการทดลอง และอาจใช้วิธีทดสอบการสูญเสียเนื้อเยื่อ และการกำจัดโปรตีนของร่างกายเพื่อให้ได้ความต้องการโปรตีนที่ถูกต้องมากที่สุด หลักเกณฑ์ โดยทั่วๆ ไปใช้ผลรวมของโปรตีนที่ใช้ คือ

(ก) โปรตีนที่ไม่ย่อย

(ข) โปรตีนที่สูญทางปัสสาวะ

(ค) โปรตีนสูญทางผิวหนัง

2.5.4. ความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต

ความต้องการโปรตีนเพื่อความเจริญเติบโตอาจแตกต่างกันได้มากตามความต้องการของผู้เลี้ยงว่าต้องการให้ลูกโคเพิ่มน้ำหนักวันละเท่าใด และขึ้นอยู่กับโคว่ากำลังอยู่ในวัยใด ลูกโคอาจเลี้ยงให้โตเร็วหรือช้าได้ อาจเลี้ยงให้เพิ่มน้ำหนักวันละ 0.3 กิโลกรัมถึงวันละ 1.5 กิโลกรัม ส่วนการเพิ่มน้ำหนักในโคที่มีวัยต่างกันนั้น เมื่อโคยังอ่อนเนื้อเยื่อของโคมีโปรตีน ประมาณ 19% และเมื่อโตเต็มที่แล้วเนื้อเยื่อมีโปรตีนเพียง 16%

2.5.5 ความต้องการโปรตีนเพื่อใช้ในการสืบพันธุ์

การสืบพันธุ์ของโคต้องการโปรตีนสำหรับสร้างลูกอ่อน สร้างรก และสร้างมดลูก โคน้ำหนัก 500 กิโลกรัม ต้องการโปรตีนรวมประมาณวันละ 88 กรัม ในระยะ 60 วันก่อนคลอด หรือคิดเป็นสูตรตามน้ำหนักต่างๆ ของโค

2.5.6 ความต้องการโปรตีนเพื่อการสร้างน้ำนม

ความต้องการโปรตีนสำหรับใช้ในการสร้างน้ำนมคำนวณจากผลรวมของ

(ก) โปรตีนที่มีในน้ำนม

(ข) โปรตีนที่สูญทางมูล (Metabolic fecal protein)

(ค) ปริมาณโปรตีนที่ใช้ในกรรมวิธีสร้างน้ำนม

ตามปกติโคสามารถใช้โปรตีนในอาหาร เพื่อเปลี่ยนเป็นโปรตีนในน้ำนมได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงมาก คือ ประมาณร้อยละ 80 ฉะนั้นโปรตีนที่ต้องการในอาหารจะใช้ประมาณร้อยละ 140 ของโปรตีนในน้ำนมเท่านั้น

2.5.7 ผลของการให้โปรตีนแก่โคมากหรือน้อยเกินไป

เนื่องจากโปรตีนเป็นตัวสำคัญในการทำงานของร่างกายสัตว์ การขาดโปรตีนอย่างรุนแรงจะมีอันตรายหลายประการ คือ

(ก) แม่โคที่กำลังให้นม จะให้นมน้อยลงและจำนวนโปรตีนและของแข็งในนมจะลดลงด้วย

(ข) แม่โคที่กำลังอุ้มท้องขาดโปรตีน ลูกโคจะมีขนาดเล็กและอาจตายเมื่อคลอด

(ค) โคกำลังเจริญเติบโตจะเติบโตช้าลงหรือชะงักการเจริญเติบโต

(ง) โคทุกขนาดขาดโปรตีนจะมีความต้านทานโรคลดลง จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักจะทำงานได้ไม่เต็มที่ และอาจทำให้โคเกิดการขาดพลังงานตามมาด้วย

การให้โปรตีนแก่โคมากเกินความต้องการ นอกจากจะสิ้นเปลืองเงินเพราะอาหารโปรตีนมีราคาแพง โปรตีนเหลือใช้ก็ไม่มีทางเก็บไว้ในร่างกายได้มากนัก ฉะนั้นอาหารโปรตีนจึงอยู่ในสภาพที่กินวันใช้วันตลอดเวลา และถ้ามีกินเหลือใช้ก็จะถูกทำลายและขับยูเรียออกทิ้งทางปัสสาวะ

โคที่ได้รับโปรตีนที่สูงกว่าความต้องการนั้น จะมีปริมาณของแอมโมเนียสูง แอมโมเนียที่มีปริมาณมากเกินกว่าที่โคจะใช้ประโยชน์ได้นั้นจะซึมผ่านผนังรูเมนเข้าสู่กระแสเลือดและตับแล้วถูกเปลี่ยนไปเป็นยูเรีย จากนั้นจะถูกขับออกจากร่างกายทางปัสสาวะหรือถูกนำกลับเข้าสู่กระเพาะหมักโดยกลับเข้าสู่ทางน้ำลายหรือทางกระแสเลือด อย่างไรก็ตามการที่มีระดับแอมโมเนียในเลือดสูงจะทำให้เกิดการขาดสมดุลของพลังงาน และทำให้ความเข้มข้นของฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนลดลง (Canfield et al., 1990.) การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนที่เป็นฮอร์โมนรักษาสภาพของการตั้งท้องของโคนั้นอาจ มีผลต่อการใช้พลังงานในส่วนของการดำรงชีพเพิ่มขึ้น

2.5.8 การคำนวณความต้องการโปรตีนในโคนม

ความต้องการโภชนะของโปรตีนในตัวสัตว์

การคำนวณตามสมการของ NRC (1988) นั้นจะนำเสนอความต้องการโปรตีนในรูปของ Absorbed Protein Requirement (AP_R) เช่นเดียวกับการคำนวณความต้องการพลังงานในโคนม ที่ต้องการโปรตีน เพื่อการดำรงชีพ (Absorbed Protein for Maintenance, AP_M) เพื่อการเจริญเติบโต (Absorbed Protein for Growth, AP_G) และเพื่อการให้น้ำนม (Absorbed Protein for Lactation, AP_L) โดยมีสมการกรคำนวณดังนี้

$$AP_R = AP_M + AP_G = AP_L$$

เมื่อ

$$AP_M\ (g) = \frac{(EUP + DPL)}{0.67} + MFP$$

EUP คือ Endogenous Urinary Protein มีค่าเท่ากับ

$$EUP\ (g/day) = 2.75 \times (\text{Live Weigh})^{0.5}$$

DPL คือ Dermal Protein Loss มีค่าเท่ากับ

$$DPL\ (g/day) = 0.2 \times (\text{Live Weigh})^{0.6}$$

MFP คือ Metabolic Fecal Protein มีค่าเท่ากับ

$$MFP\ (g/day) = 0.03 \times \text{Dry Matter Intake}$$

AP_G (g/kg change) = 175-188g or 181 g / kg change (For gain)

160 g / kg change (For Loss)

$$AP_L\ (g/kg\ milk) = \frac{\text{Milk Protein (g)}}{0.65}$$

อย่างไรก็ตามการคำนวณความต้องการโปรตีนในรูปของ Absorbed protein (AP)นั้นไม่สะดวกในการจัดการด้านอาหารที่จะแสดงในรูปของ Crude Protein (CP) ฉะนั้นจึงต้องคำนวณจาก AP_R เป็น CP_R

AP_R นั้นจะได้จากโปรตีนที่โคนมได้รับซึ่งโปรตีนที่ได้รับนั้นประกอบด้วย โปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (Rumen degradable protein, RDP) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (Undegradable protein, UDP) นั่นคือ $AP_R = AP_{RDP} + AP_{UDP}$

ส่วนของ RDP โดยประมาณว่าจะถูกนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Microbial crude protein, MCP) 90%ของ RDP และ MCP ที่จะใช้ได้จริง (Microbial true protein, MTP) 80% ของ MCP และจะสามารถย่อยและดูดซึมได้ (Digestible microbial true protein, DMTP) 80%ของ MTP

$$MCP = 0.9 \times RDP$$

$$MTP = 0.8 \times MCP$$

DMTP หรือ $AP_{RDP} = 0.8 \times MTP$

การคำนวณหาความต้องการ RDP ในโคนมสามารถหาได้จากสมการ NRC (1988). โดยที่

$$MCP = 6.25 \times [(11.45 \times NE) - 30.93]$$

$$RDP = \frac{MCP}{0.9}$$ ซึ่งสามารถคำนวณหา AP_{RDP} ได้

จากสมการ $AP_R = AP_{RDP} + AP_{UDP}$

หรือ $AP_{UDP} = AP_R - AP_{RDP}$

UDP จะถูกย่อยสลาย (Digestible undegradable protein, DUDP) ประมาณ 80% ของUDP และ,มีประสิทธิภาพในดูดซึมเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการให้น้ำนมเท่ากับ 66 เปอร์เซ็นต์ นั่นคือ $\frac{DUDP}{0.66} = AP_{UDP}$

$$UDP = \frac{DUDP}{0.8}$$

ดังนั้นจะสามารถคำนวณ CP requirement จาก RDP และ UDP

$$CP_R = RDP + UDP$$

อย่างไรก็ตามเนื่องจากในโคนมนั้นสามารถที่จะใช้ Nitrogen ในตัวสัตว์เอง (Nitrogen recycling) 15% ดังนั้น โคนมจะต้องการโปรตีน

$$CP_R = (RDP + UDP) \times 1.15$$

2.6 การสร้างน้ำนมและการรีดนม

2.6.1 เต้านม

เต้านมของโคมีอวัยวะสำหรับสร้างน้ำนม ตั้งอยู่บริเวณช่องท้องระหว่างขาหลัง เต้านมของโคประกอบด้วยต่อมสร้างน้ำนม 4 ต่อม ซึ่งแยกออกจากกัน แต่ละต่อมจะมีการสร้างน้ำนมเป็น

อิสระต่อกัน การยึดเกาะของเต้านมกับช่องท้องมีเอ็นภายในและผิวหนังเป็นตัวยึด ต่อมสร้างน้ำนมแต่ละต่อมเรียก Quarter ซึ่งแต่ละ Quarter ประกอบด้วย

1. หัวนม (Teat) เป็นส่วนปลายสุดของเต้านม ผิวด้านนอกไม่มีขนและไม่มีต่อม ตอนปลายสุดของหัวนมมีรูนม (Steak canal) ซึ่งเป็นทางออกของน้ำนม และบริเวณรอบรูหัวนมจะมีกล้ามเนื้อที่เรียกว่า Sphincter ทำหน้าที่ปิดรูหัวนมไม่ให้น้ำนมไหลออกมาขณะที่ไม่ได้มีการรีดนม ต่อจากรูหัวนมจะมีโพรงหัวนม (Teat cistern) โดยปกติมีขนาดไม่เกิน 40 ลูกบาศก์เซนติเมตร บริเวณตอนบนของโพรงหัวนมจะมีเนื้อเยื่อยื่นออกมาเรียก Annular fold

2. โพรงเก็บพักน้ำนม (Gland cistern หรือ Udder cistern) อยู่เหนือโพรงหัวนมขึ้นไปมีขนาดใหญ่ มีความจุน้ำนมได้ไม่เกิน 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นที่รวบรวมน้ำนมจากท่อต่างๆ ก่อนถูกปล่อยลงสู่โพรงหัวนมและถูกรีดออกสู่ภายนอกต่อไป

3. ท่อนม (Mammary ducts) ติดต่อกับโพรงเก็บพักน้ำนม โดยเป็นท่อขนาดใหญ่ แตกแยกออกไปประมาณ 12-20 ท่อ และท่อเหล่านี้จะแตกเป็นท่อขนาดเล็กๆ เป็นกิ่งก้านสาขาคล้ายกับต้นไม้ และไปสิ้นสุดลงที่ปลายท่อฝอยซึ่งเป็นกระเปาะกลม เรียกว่า Alveoli

4. กระเปาะสร้างน้ำนม (Alveoli) เป็นกระเปาะกลม ประกอบด้วยเซลล์ชั้นเดียวเรียกว่า Secretory cell ทำหน้าที่กลั่นสร้างน้ำนม โดยเก็บและเปลี่ยนโภชนะต่างๆ จากน้ำเลือดเป็นองค์ประกอบของน้ำนม กระเปาะน้ำนมจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มหรือพวงองุ่น แต่ละพวงมีเนื้อเยื่อพยุงหุ้มเรียก Lobule และหลาย Lobule รวมกันเรียก Lobe ซึ่งสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า รอบๆ กระเปาะสร้างน้ำนมแต่ละอันจะมีเส้นเลือดมาหล่อเลี้ยงเพื่อให้โภชนะและฮอร์โมนแก่เซลล์สำหรับสร้างน้ำนม และมีกล้ามเนื้อพิเศษเรียก Myoepithelial cell ทำหน้าที่หดตัวรัดกระเปาะนมและท่อน้ำนมเพื่อให้น้ำนมไหลลงไปสู่โพรงเก็บนมซึ่งเป็นกลไกของการปล่อยน้ำนมของแม่โค

การกลั่นสร้างน้ำนม (Milk synthesis and secretion)

2.6.2 น้ำนม

เป็นอาหารที่สร้างมาจากต่อมน้ำนมในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม (Mammal) ในสัตว์แต่ละชนิดจะมีปริมาณองค์ประกอบของน้ำนมแตกต่างกันออกไป องค์ประกอบที่สำคัญของน้ำนม คือ ไขมัน โปรตีน น้ำตาล แร่ธาตุ ไวตามิน และน้ำ องค์ประกอบเหล่านี้ถูกสร้างจาก Secretory cell ของ Alveoli ภายในเต้านม ซึ่งเป็นวัตถุดิบในการสร้างจะถูกนำไปยัง Secretory cell โดยผ่านทางกระแสโลหิต

1. น้ำตาลในน้ำนมเป็นน้ำตาลพิเศษ เรียกว่า Lactose ซึ่งสร้างมาจากน้ำตาล Glucose ที่อยู่ในกระแสโลหิต Pathway ของการสร้าง Lactose มีดังนี้ คือ

Step 1. Glucose + ATP —(Hexokinase)→ Glucose-6-Phosphate + ADP

Step 2. Glucose-6-Phosphate —(Phosphoglucomutase)→ Glucose-1-Phosphate

Step 3. Glucose-1-Phosphate + UTP —(UDP-glucose pyrophosrylsae)→ UDP-Glucose + Pyrophosphate

Step 4. UDP-Glucose —(UDP-Galactose -4 Epimerase)→ UDP-Galactose

Step 5. UDP-Galactose + Glucose —(Lactose synthetase)→ Lactose

กระบวนการสร้าง Lactose นี้จะถูกควบคุมโดย Step ที่ 5 ที่เกิดขึ้นใน Lumen ของ Golgi apparatus ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ Galactosyl transferase ซึ่งเป็นองค์ประกอบของ Golgi membrane และ ∝-Lactalbumin จะพบในส่วนของ Lumen ของ Golgi apparatus และ Lactose ที่อยู่ภายใน Lumen ของ Golgi apparatus นั้น จะถูกส่งออกจากเซลล์กลั่นสร้างน้ำนม โดยการที่ผนังของเซลล์จะเชื่อมกับ Membrane ของ Golgi apparatus แล้ว Lactose จะหลุดออกจากเซลล์กลั่นสร้างน้ำนมไปยัง Lumen ของ Alveoli

2. การสร้างโปรตีน โปรตีนที่ถูกสร้างโดยเซลล์กลั่นสร้างน้ำนม (Secretory cell) นั้นจะมี Casein, ∝ - Lactalbumin, β -Lactoglobumin และโปรตีนชนิดอื่นๆ เป็นพวกเอนไซม์และบางส่วนของโปรตีนในน้ำนม เช่น พวก Immunoglobulin จะได้รับกระแสโลหิตโดยตรง ในการสร้างโปรตีน เซลล์กลั่นสร้างน้ำนมจะได้รับวัตถุดิบ (Precursors) มาจากกรดอะมิโนที่อยู่ในกระแสโลหิต กรดอะมิโนเหล่านี้พวกที่จำเป็นส่วนใหญ่ได้มาจากอาหาร และที่ไม่จำเป็นบางชนิดถูกสร้างขึ้นมาภายในเซลล์ การสร้างโปรตีนจะเกิดขึ้นโดย Ribosome ในส่วนของ Rough endoplasmic reticulum การสร้างโปรตีนในเซลล์กลั่นน้ำนมจึงเหมือนกับการสร้างโปรตีนในเซลล์ทั่วๆ ไป ตัวที่ควบคุมการสร้างโปรตีนในน้ำนม คือ DNA โดยที่ DNA จะส่งรหัสที่เรียกว่า mRNA ไปยัง Ribosome ของ Rough endoplasmic reticulum และ mRNA จะเป็นตัวกำหนดให้มีการเรียงตัวของกรดอะมิโนโดยในการสร้างโปรตีนจะได้พลังงานมาจาก Adenosine triphosphate (ATP) ซึ่งได้จาก Oxidation ของคาร์โบไฮเดรต, Glucose, Acetate และไขมัน โปรตีนที่สร้างขึ้นจะถูกรวบรวมเก็บไว้ที่ Golgi apparatus แล้วผ่านผนังเซลล์ไปยัง Lumen ของ Alveoli เช่นเดียวกับน้ำตาล Lactose

3. ไขมันในน้ำนมประกอบด้วย Triglycerides เป็นส่วนใหญ่ โดย Triglycerides จะประกอบด้วยกรดไขมันที่มีโมเลกุลเล็ก (Short-chain fatty acid C_4 – C_{10}) เป็นส่วนใหญ่ และมีบางส่วนเป็นกรดโมเลกุลใหญ่ (Longchain fatty acid C_{18} - C_{30}) โดยกรดไขมันในน้ำนมส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) และไขมันในน้ำนมจะอยู่ในรูปของเม็ดไขมันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 – 7 μM ในการสร้างไขมันในน้ำนม เซลล์กลั่นสร้างน้ำนมได้วัตถุดิบมาจากไขมันที่สัตว์ได้รับในอาหารโดยตรง และไขมันที่อยู่ภายในร่างกายของสัตว์ โดยพวกกรดไขมันที่มีโมเลกุลเล็ก (C_4 – C_{10}) จะถูกสร้างจาก Acetate และ β -Hydroxybutyrate ซึ่งได้มาจากการสลายตัวของสารพวกคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะหมัก โดยจุลินทรีย์และผนังของกระเพาะหมักจะดูดซึมผ่านเข้าไปยังกระแสโลหิต ส่วนไขมันที่อยู่ในอาหารจะถูกย่อยและดูดซึมในลำไส้เล็กแล้วเข้าสู่กระแสโลหิตและบางส่วนจะได้มาจากการสลายตัวของไขมันในร่างกายที่ตับ โดยกรดไขมันที่ได้จากการสลายตัวของไขมันในอาหารและภายในร่างกายจะเป็นกรดไขมันที่มีโมเลกุลใหญ่ (C_{10}–C_{30})

การสร้างไขมันในน้ำนม จะสร้างขึ้นในส่วนของ Endoplasmic reticulum ของเซลล์กลั่นสร้างน้ำนม โดยไขมันจะรวมตัวเป็นกลุ่มภายในเซลล์ และเคลื่อนตัวไปยังผนังเซลล์ด้านที่ติดกับ Lumen ของ Alveoli และหลุดออกไปยัง Lumen โดยวิธีที่เรียกว่า Pinch off

4. การสร้างไวตามิน แร่ธาตุ และน้ำ เซลล์กลั่นสร้างน้ำนมไม่สามารถสร้างไวตามินและแร่ธาตุเองได้ โดยต้องได้รับจากสารทั้งสองมาจากอาหารโดยผ่านทางกระแสโลหิตเพียงอย่างเดียว แร่ธาตุที่พบมากในน้ำนม คือ แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม คลอไรด์ โซเดียม และแมกนีเซียม โดยสารเหล่านี้จะพบในน้ำนมในปริมาณที่ค่อนข้างคงที่

ส่วนที่ปริมาณน้ำในน้ำนมส่วนใหญ่จะได้มาจากส่วนที่เรียกว่า Potassium rich intracellular fluid ของ Alveoli และบางส่วนได้มาจากน้ำในกระแสโลหิตผ่านเข้าสู่เซลล์กลั่นสร้างน้ำนมเพื่อรักษา Osmotic pressure ของเซลล์ เนื่องจากการสร้างน้ำตาล Lactose โปรตีน และไขมัน (วิบูลศักดิ์ และ ญาณิน, 2534)

2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนม

มีปัจจัยหลายประการที่ทำให้ผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนมเปลี่ยนแปลงไปซึ่งสามารถแยกออกได้เป็น 2 ปัจจัยใหญ่ๆ คือ

ปัจจัยทางสรีรวิทยาของโค และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม การรู้และเข้าใจถึงปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ จะทำให้ผู้เลี้ยงสามารถเปลี่ยนแปลงวิธีการจัดการและสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการผลิตน้ำนม ปัจจัยเหล่านี้มีผลทำให้ปริมาณการผลิตน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนมเปลี่ยนแปลงไปตลอดระยะเวลาในการให้น้ำนม

โคเมื่อแรกคลอดจะให้ผลผลิตไม่สูงนัก ผลผลิตของน้ำนมจะค่อยๆ สูงขึ้นจนกระทั่งถึงระยะการให้น้ำนมสูงสุด (Peak of lactation) โดยจะใช้เวลา 3 – 6 อาทิตย์ และภายหลังจากนั้นปริมาณน้ำนมจะเริ่มลดลงโดยปกติแล้วการให้น้ำนมของโคจะมีระยะเวลา 305 วัน และมีระยะพักให้นม (Dry period) 60 วัน ซึ่งจะมีผลทำให้โคจะให้ลูกในทุกๆ ปี ซึ่งระยะการให้น้ำนมสูงสุดของโคนั้น จะผันแปรไปตามสภาพร่างกายในขณะคลอดลูก ความสามารถทางพันธุกรรม อาหารที่โคได้รับ และโรคต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการให้น้ำนม ถ้าโคมีร่างกายสมบูรณ์ในขณะคลอดลูก และได้รับอาหารเต็มที่จะมีผลทำให้ระดับน้ำนมสูงสุดเพิ่มขึ้น โดยระดับการให้น้ำนมสูงสุด จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตของน้ำนมตลอดระยะการให้น้ำนม

นอกจากนั้น องค์ประกอบของน้ำนม (เปอร์เซ็นต์ ไขมันและโปรตีน) จะเป็นปฏิภาคกลับกับผลผลิตของน้ำนม โดยเปอร์เซ็นต์ไขมันและโปรตีนจะลดลงต่ำสุด เมื่อปริมาณน้ำนมถึงจุดสูงสุด และจะเพิ่มสูงขึ้น เมื่อระยะการให้นมผ่านไปเรื่อยๆ ส่วนปริมาณ Lactose ค่อนข้างจะคงที่โดยจะลดลงทีละน้อย ตลอดระยะการให้น้ำนม แต่ปริมาณของแข็งที่พบจะเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย

2.7.1 ปัจจัยทางด้านสรีรวิทยา ลักษณะทางพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับการให้น้ำนมเช่น สายพันธุ์ และลักษณะทางพันธุกรรม ดังเช่น อายุ จำนวนครั้งของการรีดนม ระยะตั้งท้อง เป็นต้น

ก. ลักษณะทางพันธุกรรมของโคที่แตกต่างกันจะให้ผลผลิต และองค์ประกอบของน้ำนมแตกต่างกัน จะเห็นได้ว่าโคพันธุ์ Holstein ให้ผลผลิตน้ำนมสูงมากกว่าโคพันธุ์ Jersey ประมาณ 40 – 60 % แต่จะมีปริมาณไขมันและโปรตีนต่ำกว่า และนอกจากนั้น สีของไขมันก็จะแตกต่างกัน โคพันธุ์ Jersey จะมีไขมันสีเหลือง

นอกจากนั้น Schmidt (1971) กล่าวว่าความยาวนานของการให้น้ำนมและความคงทนในการให้น้ำนมในโคจะมีค่า $h^2 = 0.3$ ดังนั้น จึงสามารถพบได้ว่าโคที่ให้น้ำนมสูง จะมีความสามารถให้น้ำนมได้ทนทาน ซึ่งเราไม่ทราบกลไกการควบคุม แต่เชื่อว่าได้มีสาเหตุมาจากระดับฮอร์โมนในกระแสโลหิต โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Growth Hormone จะช่วยให้ปริมาณน้ำนมสูงขึ้น ส่วนเอสโตรเจนและโปรเจสเตอโรนจะช่วยทำให้ระยะการให้น้ำนมสั้นลง การสมดุลระหว่างฮอร์โมนมีผลเนื่องมาจากพันธุกรรม

ข. ผลผลิตน้ำนมของโคจะเพิ่มขึ้นเมื่ออายุโคมากขึ้น จนกระทั่งโคโตเต็มที่แล้ว (อายุ 6-8 ปี) ในโคสาวที่คลอดลูกตัวแรก (อายุประมาณ 2 ปี) แม่โคอายุ 3 4 และ 5 ปี จะให้ผลผลิตของน้ำนมประมาณ 75 85 92 และ 98 ของโคที่โตเต็มที่แล้ว ทั้งนี้เนื่องมาจากโคที่ยังไม่โตเต็มที่จะมีน้ำหนักตัว การพัฒนาและการเจริญเติบโตของเต้านมน้อยกว่าโคที่โตเต็มที่ และหลังจากนั้นผลผลิตของน้ำนมจะค่อยๆ ลดลงตามอายุของโคที่มากขึ้น ส่วนปริมาณไขมันและ SNF (Solid not fat) ในน้ำนมจะ

ลดลง โดยจะลดลงประมาณ 0.2 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างโคที่ให้นมในครั้งแรกกับโคที่ให้นมครั้งที่ 5

โดยปกติโคที่มีขนาดใหญ่จะให้น้ำนมสูงกว่าโคที่มีขนาดเล็ก แต่ผลผลิตของน้ำนมไม่ได้สูงขึ้นเป็นสัดส่วนเดียวกับการเพิ่มน้ำหนักตัว การเพิ่มผลผลิตจะเพิ่มตามพื้นที่ผิวของตัวโค ($BW^{0.70}$) สามารถประมาณได้ว่า ถ้าน้ำหนักของโคเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ปริมาณน้ำนมจะเพิ่มขึ้นเพียง 70 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้เดิม

ค. วงรอบของการเป็นสัดและการตั้งท้องจะมีผลทำให้ผลผลิตของน้ำนมลดลง เนื่องจากอิทธิพลของฮอร์โมนและปริมาณการกินอาหารของสัตว์ลดลงหลังจากนั้นผลผลิตของน้ำนมจะคืนสู่สภาพปกติ โคที่ตั้งท้องจะมีผลทำให้ผลผลิตของน้ำนมลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงปลายของการตั้งท้อง (5 เดือนขึ้นไป) ผลผลิตของโคที่อุ้มท้อง 8 เดือนจะน้อยกว่าโคที่ไม่ตั้งท้องอยู่ 20 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากโภชนะบางส่วนถูกนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตของตัวอ่อน โดยในระยะนี้ตัวอ่อนจะต้องการโภชนะในจำนวนที่สามารถไปผลิตน้ำนมได้ถึง 3.5 ลิตรและยังมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนในกระแสโลหิตในระยะนี้ระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนยังคงอยู่ในระดับสูงและระดับของฮอร์โมนเอสโตรเจนเพิ่มสูงขึ้นมีผลทำให้การกลั่นสร้างน้ำนมลดลง ส่วนองค์ประกอบของน้ำนมพบว่าปริมาณไขมัน โปรตีน จะเพิ่มสูงขึ้นแต่ปริมาณของน้ำตาลแลคโต๊สและโพแทสเซียมจะลดลง อย่างไรก็ตามโคที่สามารถให้ลูกทุกปี มีระยะการตกลูกสม่ำเสมอสามารถให้ผลผลิตตลอดอายุได้มากกว่า

2.7.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม มีปัจจัยแวดล้อมหลายประการที่มีผลทำให้ผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนมแตกต่างกันออกไป โดยปัจจัยนี้ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ การเลี้ยงดูและการจัดการรีดนม

ก. อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงโคคือ 40° ถึง 75°**F** ยังไม่มีผลต่อการผลิตน้ำนม แต่มีผลทำให้โคมีความต้องการอาหารสูงขึ้น แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำมากๆ (ต่ำกว่า 5°**F**) จะมีผลทำให้ผลผลิตน้ำนมลดลง แต่ปริมาณไขมัน SNF และของแข็งในน้ำนมเพิ่มขึ้น

ในขณะเดียวกัน ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่า 75°**F** จะมีผลทำให้ผลผลิตของน้ำนมลดลงอย่างมาก แต่ไขมันในน้ำนม SNF และของแข็งในน้ำนมลดลงเพียงเล็กน้อย การลดลงของผลผลิตน้ำนมนี้เอง จะมีผลทำให้ความเข้มข้นของไขมันในน้ำนมเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนั้น การกินอาหารของโคจะลดลง แต่การกินน้ำ อุณหภูมิของร่างกาย และอัตราการหายใจจะเพิ่มขึ้น โดยปกติแล้วโคพันธุ์เบา (Jersey) จะมีความคงทนต่อความร้อนได้มากกว่าโคพันธุ์หนัก (Holstein) ทั้งนี้เนื่องจากโคพันธุ์เบาจะมีพื้นที่ต่อหน่วยของน้ำหนักตัว เพื่อใช้ในการระบายความร้อนมากกว่าพันธุ์หนัก

อุณหภูมิจะมีผลต่อโคมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วของลมและความร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วย

ข. ฤดูกาลมีผลต่อผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนมจะเห็นได้จากโคที่ให้ลูกในฤดูฝน หรือต้นฤดูหนาวจะให้ผลผลิตของน้ำนมสูงกว่าโคที่ให้ลูกในระยะอื่นๆของปี เนื่องมาจากโคที่คลอดลูกในระยะนี้จะได้รับอาหารอุดมสมบูรณ์และสภาพอากาศเย็นสบายเหมาะกับการให้นมในระดับสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะที่โคให้น้ำนมสูงสุดและเมื่อเข้าสู่ฤดูร้อนโคจะเข้าสู่ระยะที่ให้น้ำนมน้อยหรือระยะพักการให้น้ำนมซึ่งในระยะนี้ สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเลี้ยงโคที่กำลังให้ผลผลิตสูง

ส่วนปริมาณไขมันในน้ำนมจะเพิ่มขึ้นในฤดูหนาว ในขณะที่ปริมาณน้ำนมอยู่ในระดับสูงด้วย และจะลดลงในฤดูร้อน

ค. ระยะพักการให้น้ำนมจะมีผลเกี่ยวข้องกับสภาพร่างกายของโคเมื่อคลอดลูก โคที่มีระยะพักการให้น้ำนม จะมีผลทำให้สภาพร่างกายของโคเมื่อคลอดลูกสมบูรณ์ และทำให้ปริมาณน้ำนมที่โคผลิตได้สูงสุดโดยโคจะนำเอาอาหารที่สะสมไว้ในร่างกายมาสร้างเป็นองค์ประกอบของน้ำนม ซึ่งประมาณได้ว่าไขมันที่สะสมไว้ในร่างกาย จำนวน 100 กิโลกรัม สามารถให้พลังงานในการผลิตน้ำนม 880 กิโลกรัม และนอกจากนั้นยังมีผลทำให้เกิดการสร้างเซลล์กลั่นสร้างน้ำนมขึ้นมาทดแทนเซลล์กลั่นสร้างน้ำนมเดิม

โคควรมีระยะพักการให้นมไม่เกิน 60 วัน ถ้าโคมีระยะพักการให้น้ำนมนานเกินไป จะมีผลทำให้ผลผลิตของน้ำนมทั้งหมดลดลง

ง. การรีดนม การปฏิบัติต่อโคในขณะรีดนม จำนวนครั้งของการรีดนมในแต่ละวัน และความยาวนานของการรีดนม มีผลกระทบต่อปริมาณและองค์ประกอบของน้ำนมเปลี่ยนแปลงไป การรีดนมไม่หมดเต้า (Incomplete milking) หรือโคเกิดอาการตกใจขณะทำการรีดนม มีผลทำให้ผลผลิตและปริมาณไขมันในน้ำนมลดลง ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากน้ำนมที่ตกค้างอยู่ในเต้าเป็นน้ำนมที่มีปริมาณไขมันสูง (8 – 15%) เมื่อเทียบกับน้ำนมรีดออกมาครั้งแรกๆ และการที่น้ำนมค้างเต้าเป็นระยะเวลาหลายวันจะทำให้ผลผลิตน้ำนมลดลงและปริมาณไขมันเพิ่มขึ้น ส่วนในเรื่องจำนวนครั้งของการรีดนมแต่ละวันปกติจะมีการรีดนม 2 ครั้งต่อวัน แต่การรีดนม 3, 4 ครั้งต่อวันจะให้ผลผลิตสูงกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโคที่ให้ผลผลิตสูงๆ

จ. ชนิดของอาหารและวิธีการให้อาหารมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนม ปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้มีผลมาจากระดับของโภชนะที่ได้รับ ถ้าได้รับโภชนะต่ำกว่าปกติจะมีผลทำให้ปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้มีผลทำให้ปริมาณน้ำนมและน้ำตาลแลคโตสในน้ำนมลดลงอย่างเห็นได้ชัด แต่ถ้าได้รับโภชนะสูงกว่าปกติน้ำนมจะสูงขึ้นไม่มากนัก โดยปกติในสูตร

อาหารจะมีไขมันเป็นองค์ประกอบ 3-4 เปอร์เซ็นต์ การเปลี่ยนแปลงไขมันไม่ค่อยมีผลกระทบต่อไขมันนม นอกเสียจากโคจะได้รับอาหารที่มีไขมันชนิดไม่อิ่มตัวมาก เช่นไขมันจากน้ำมันตับปลาเป็นต้น จะมีผลทำให้ปริมาณไขมันในน้ำนมลดลง แต่ไม่มีผลต่อปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้

วิธีการเพิ่มปริมาณน้ำนมโดยการให้อาหารข้นแก่โคในปริมาณสูง และให้อาหารหยาบในปริมาณต่ำ จะมีผลทำให้ไขมันในน้ำนมลดลง ถ้าโคได้รับอาหารหยาบน้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณอาหารที่ได้รับทั้งหมด จะมีผลทำให้ไขมันในน้ำนมลดลงเหลือเพียง 2 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นในการกินอาหารโคต้องได้รับอาหารหยาบไม่น้อยกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว จึงจะทำให้ปริมาณไขมันในน้ำนมไม่ลดลง อาหารที่ผ่านการ Treat ด้วยความร้อน อาหารข้นอัดเม็ดที่มีข้าวโพดผสมอยู่จำนวนมากหรือหญ้าอ่อนที่มีคุณภาพสูง มีผลทำให้ปริมาณไขมันในน้ำนมลดลง นอกจากนั้น ปริมาณโปรตีน ไวตามิน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ไวตามิน A และ D และแร่ธาตุในอาหารที่โคได้รับจะมีผลต่อองค์ประกอบของน้ำนมด้วย

นอกจากปัจจัยที่กล่าวมาแล้วยังมีปัจจัยอื่นๆ เช่น ฮอร์โมน โรคที่เกี่ยวข้องกับการให้น้ำนม เช่น Ketosis, Milk fever และ Mastitis ซึ่งจะมีผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนมด้วย

2.8 ปัจจัยที่มีผลต่อการกินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง

การควบคุมความอยากอาหารอยู่ที่สมองส่วน Hypothalamus ซึ่งเป็นส่วนของ Ventral ของ Diencephalon ที่ Hypothalamus มีศูนย์ที่ควบคุมเกี่ยวกับความอยากอาหารคือ Lateral hypothalamus ซึ่งหากกระตุ้นที่บริเวณนี้สัตว์จะกินอาหารตลอดเวลาไม่ว่าจะหิวหรือไม่ แต่ถ้าบริเวณนี้ถูกทำลายสัตว์จะไม่กินอาหารจนกระทั่งตาย ศูนย์ที่ควบคุมอีกที่คือ Ventro-medial hypothalamus หากกระตุ้นบริเวณนี้สัตว์จะเบื่ออาหาร แต่ถ้าหากบริเวณนี้ถูกทำลายสัตว์จะกินอาหารอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากไม่มีขบวนการยับยั้ง Feed intake และไม่สามารถควบคุมความอยากอาหารได้

การกินอาหารของสัตว์นั้นจะขึ้นอยู่กับความพอใจของสัตว์เองว่าจะกินอาหารในระดับใดจึงเพียงพอกับความต้องการของตัวสัตว์เอง ซึ่งเป็นเรื่องที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการจัดการการให้อาหารสัตว์ การควบคุมความอยากกินอาหารของสัตว์นั้นจะถูกควบคุมจากสมองส่วน Hypothalamus เป็นส่วน Ventral ของ Diencephalon เป็นส่วนควบคุมความอยากอาหาร ความอยากอาหาร (Appetite) หมายถึงการเรียนรู้ หรือพฤติกรรมที่ตอบสนองต่ออาหาร ในขณะที่ความหิว (Hunger) เป็นความต้องการอาหารของร่างกายหลังจากการอดอาหารในช่วงระยะเวลาหนึ่งและเนื่องจากว่าการให้อาหารแก่สัตว์ในปัจจุบันนั้นคำนึงในเรื่องของการใช้จ่ายเพราะการเลี้ยงสัตว์ส่วนมากจะเป็นเรื่องของเศรษฐกิจ

ดังนั้นอาหารที่ให้แก่สัตว์นั้นจะต้องคำนึงถึงความน่ากินด้วย เพราะถึงแม้ว่าในอาหารจะประกอบส่วนประกอบทางโภชนะครบถ้วนเพียงใดก็ตามแล้ว แต่ถ้าหากอาหารนั้นไม่มีความน่ากิน หรือเป็นอาหารที่สัตว์ไม่ชอบกิน อาหารนั้นก็ไม่มีประโยชน์ ปัจจัยที่มีผลต่อการควบคุมอาหารของสัตว์จะถูกควบคุมโดยปัจจัยหลักๆ 2 ประการคือ Metabolic control และ Physical control

Metabolic control คือปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความต้องการทางโภชนะของตัวสัตว์ และความสามารถของสัตว์ที่จะใช้ประโยชน์จากอาหารที่กินเข้าไป

Physical control คือปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถของสัตว์ที่จะกินอาหาร ความจุของกระเพาะอาหาร และความสามารถในการย่อยอาหารในระบบทางเดินอาหาร (วิศิษฐิพร สุขสมบัติ, 2538)

2.8.1 Metabolic control

การควบคุมการกินอาหารของสัตว์สามารถที่จะพิจารณาจากการที่สัตว์พยายามที่จะปรับความสมดุลของพลังงานของร่างกายให้สอดคล้องกับสิ่งแวดล้อม กล่าวคือสัตว์จะพยายามที่จะรักษาความสมดุลของพลังงานภายในร่างกายโดยการปรับเปลี่ยนปริมาณการกินอาหารที่อยู่ในรูปของพลังงาน เป็นสัดส่วนกับความต้องการพลังงานของตัวสัตว์เอง รวมทั้งพยายามปรับให้เข้ากับสภาพทางสรีรวิทยาของตัวสัตว์ในแต่ละระยะนั้น เช่น อายุ ขนาด น้ำหนัก การตั้งท้อง การให้ผลผลิต และพยายามปรับให้เข้ากับสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิของอากาศในขณะนั้น

อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม เนื่องจากสัตว์จะรักษาระดับความร้อนในร่างกายอันเนื่องมาจากขบวนการ แมทตาบอลิซึม ในร่างกายให้สมดุลกับอุณหภูมิภายนอกร่างกาย ซึ่งจะเห็นได้ว่าในช่วงของฤดูหนาวนั้น สัตว์จะกินอาหารมากเพื่อที่จะสลายให้ได้พลังงานเพียงพอต่อการให้ความอบอุ่นแก่ร่างกาย ในขณะที่ในช่วงของฤดูร้อนสัตว์จะกินอาหารได้น้อยลง จากการสังเกตสัตว์สามารถที่จะปรับลักษณะการกินอาหารตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ แต่มีผู้เสนอว่าอุณหภูมิส่วนหน้าของ Hypothalamus มีส่วนรับผิดชอบในการควบคุมการกินอาหารมากกว่า และกล่าวว่าอุณหภูมิไม่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรง แต่กิจกรรมของตัวสัตว์เองที่มีส่วนมากกว่า อย่างไรก็ตามเรื่องนี้ก็ยังไม่สรุปได้แน่นอนว่าอะไรคือปัจจัยที่แท้จริงในการควบคุม (พานิช ทินนิมิตร, 2535)

สรีรวิทยาการควบคุมการกินอาหารเริ่มจาก End products ของการย่อย และ Metabolism จะเป็นตัวกระตุ้นระบบประสาทรับความรู้สึกที่อยู่ใน Gastrointestinal tract, Hepatic portal system, Adipose tissue และ Peripheral และ Cerebrospinal fluid เมื่อส่วนต่างๆเหล่านี้รับสภาพทางโภชนะ ซึ่งจะมีการกระตุ้นจากอาหารอยู่ 2 ประเภท คือ Chemical stimuli และ Mechanical stimuli ก็จะส่งสัญญาณกลับไปยังระบบประสาทรับรู้ที่สมอง และสมองจะสั่งการควบคุมการกินอาหาร คือให้หยุดกินอาหารหรือกินอาหาร

End product จากการย่อยพลังงานในอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องส่วนใหญ่จะเป็น VFA_S ซึ่ง VFA_S เหล่านี้จะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการควบคุมการกินอาหาร VFA_S ที่มีบทบาทสำคัญได้แก่ Propionate และ Acetate ซึ่งอาหารที่ย่อยได้ VFA_S ทั้งสองนี้มีมาก จะทำให้สัตว์หยุดกินอาหาร เพราะ VFA_S ทั้งสองตัวนี้เป็นตัวที่ทำให้เกิดการส่งสัญญาณความอิ่ม (Satiety) ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง ส่วน VFA อีกชนิดหนึ่งคือ Butyrate มีบทบาทน้อย สำหรับ Lactate อาจมีผลทำให้เกิดการลดการเคลื่อนไหวของกระเพาะอาหาร ไม่ใช่เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการหยุดกินอาหารเพราะความอิ่ม

สภาพความเป็นกรดด่าง ในกระเพาะ Reticulo-rumen มีส่วนในการส่งสัญญาณการควบคุมการกินอาหารเช่นเดียวกับ VFA_S กล่าวคือ ถ้า pH ใน Reticulo-rumen ลดลง จะมีส่วนทำให้สัตว์หยุดกินอาหาร อย่างไรก็ตามระดับของ pH ในกระเพาะจะเป็นตัวกำหนดการกินอาหารเฉพาะในระยะสั้นๆ เท่านั้นเพราะระดับ pH มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

2.8.2 Physical factor

ในสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ได้รับอาหารหยาบเป็นอาหาร ปริมาณการกินอาหารของสัตว์จะถูกจำกัดโดยความจุของกระเพาะ ทั้งนี้สังเกตุได้จากสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ได้รับอาหารที่มีเยื่อใยสูงจะหยุดกินอาหารก่อนที่จะได้รับพลังงานเพียงพอตามความต้องการ ปัจจัยทางกายภาพเกี่ยวข้องกับความสามารถในการขยายตัวของ Reticulo-rumen และการไหลผ่านของ Digesta ออกจาก Reticulo-rumen

การขยายตัวของ Reticulo-rumen

สัตว์เคี้ยวเอื้องที่ได้รับอาหารหยาบเป็นหลักจะกินอาหารได้จำนวนหนึ่งซึ่งคงที่ตามความจุของกระเพาะ กล่าวคือเมื่อสัตว์กินอาหารหยาบเข้าไปถึงระดับหนึ่งจนกระทั่งกระเพาะไม่สามารถที่ขยายตัวรับอาหารเข้าไปได้อีก สัตว์จะหยุดกินอาหาร ซึ่งการขยายตัวของกระเพาะจะถูกกำหนดโดยความจุของช่องท้อง (Abdominal cavity) อีกทีหนึ่ง ในสัตว์ที่อ้วนมากๆจะกินอาหารได้น้อยกว่าสัตว์ที่ผอม เนื่องจากไขมันจะแย่งพื้นที่ในช่องท้องทำให้ความจุในช่องท้องลดลง เป็นผลทำให้สัตว์กินอาหารได้น้อยลง

การตั้งครรภ์

ตามปกติการตั้งครรภ์ในช่วงแรกของสัตว์จะทำให้สัตว์กินอาหารได้เพิ่มมากขึ้นเพื่อใช้ในการเจริญของตัวอ่อน แต่ในช่วงระยะใกล้คลอดสัตว์จะกินอาหารลดลงเนื่องจากความจุอาหารในช่องท้องลดลง

ความจำกัดทางด้านกายภาพของช่องว่างภายใน

ปัจจัยควบคุมทางกายภาพจะเกี่ยวข้องถึงความสัมพันธ์ระหว่างความจุของระบบทางเดินอาหาร ส่วนประกอบที่เป็นเยื่อใยในอาหาร อัตราการย่อยสลายของอาหารดังกล่าว และการ

ไหลผ่านของอาหาร ฉะนั้นส่วนประกอบของอาหารที่ไม่ถูกย่อยสลายจะเป็นปัจจัยทางกายภาพที่สำคัญทำให้จำกัดการกินได้ของอาหารสัตว์

นอกจากคุณสมบัติทางกายภาพของอาหารจะเป็นตัวกำหนดปริมาณการกินได้ของอาหารในแต่ละมื้อแล้วยังเป็นตัวกำหนดรูปแบบ (Pattern) การกินอาหารของสัตว์อีกด้วย กล่าวคือ ถ้าสัตว์ได้รับอาหารข้นหรือเมล็ดธัญพืชเป็นอาหาร สัตว์จะกินอาหารมื้อนั้นในปริมาณที่มาก แต่จะกินไม่บ่อย แต่ถ้าให้กินอาหารหยาบเป็นจำนวนมาก สัตว์จะกินอาหารนั้นครั้งละน้อยๆ แต่จะกินบ่อยครั้ง

อย่างไรก็ตามบทบาทที่แน่ชัดของ Gut fill ในฐานะที่เป็นตัวควบคุมการกินอาหารยังเป็นข้อถกเถียงและยังไม่เป็นที่สรุปแน่ชัด เพราะมีปัจจัยอื่นๆเข้ามาเกี่ยวข้องโดยเฉพาะชนิดของอาหารที่สัตว์กินเข้าไป

อัตราการไหลผ่านของ Digesta จาก Reticulo-rumen

อัตราการไหลผ่านของ Digesta จาก Reticulo-rumen ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ส่วนประอบทางเคมีของอาหาร อัตราการย่อยสลายทางกายภาพ และทางเคมี ความสามารถในการบีบรัดกล้ามเนื้อของกระเพาะและขนาดของ Reticulo-omasal orifice

ถ้าส่วนประกอบเคมีของอาหารประกอบด้วยส่วนที่ย่อยได้ง่าย เช่น Soluble carbohydrate ในปริมาณมาก Digesta ก็จะไหลผ่านไปได้เร็ว ในทางตรงกันข้ามถ้าอาหารที่ประกอบไปด้วย Structural carbohydrate ที่ย่อยได้ยากหรือประกอบด้วย Fibre ที่ย่อยได้ยากในปริมาณมากอาหารจะถูกย่อยได้ช้า Digesta ก็จะไหลผ่าน Reticulo-rumen ได้ช้า

อัตราการย่อยสลายทางกายภาพและทางเคมี ก็มีลักษณะเช่นเดียวกันคือ ถ้าย่อยได้ช้า Digesta ก็จะไหลผ่านได้ช้า ถ้าย่อยสลายเร็วก็จะผ่านไปได้เร็ว ความสามารถในการบีบรัดของกล้ามเนื้อของกระเพาะ ถ้ามีการบีบรัดกล้ามเนื้อของกระเพาะหมักรุนแรงและบ่อยครั้ง Digesta ก็จะถูกดันให้ผ่าน Reticulo-omasal orifice ได้มาก ขนาดของ Reticulo-omasal orifice ถ้ามีขนาดใหญ่ Digesta ก็จะผ่านได้สะดวก

ระดับการกินได้ของอาหารจะมีผลต่ออัตราการไหลผ่านของอาหารออกจาก Reticulo - rumen กล่าวคือ เมื่อระดับการกินได้เพิ่มขึ้นปริมาตรของของเหลวใน Rumen (Rumen fluid volume) เปอร์เซ็นต์ DM ใน Digesta และอัตราการไหลผ่าน (Rate of passage) จะเพิ่มขึ้น การตั้งท้อง การออกกำลังกาย อุณหภูมิ ความถี่ในการกินอาหาร (Frequency of feeding) และช่วงเวลาในแต่ละวันจะเปลี่ยนแปลงปริมาตรของ Rumen และการเคลื่อนบีบตัวของ Rumen ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลผ่าน Digesta ด้วยการที่อาหารถูกเก็บกักไว้ใน Reticulo-rumen เรียกว่า Retention of feed ซึ่งจะทำให้โอกาสในการหมักอาหารโดยจุลินทรีย์มีมากขึ้น โดยทั่วๆไปร้อยละ

60 ของอินทรีย์วัตถุจะถูกย่อยภายใน Reticulo-rumen ระยะเวลาที่ถูกเก็บกัก (Retention time) ขึ้นอยู่กับปริมาณอาหารที่กินเข้าไป (ถ้าสัตว์กินอาหารได้มาก Retention time จะลดลง) สัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้น (ถ้าอาหารหยาบต่ออาหารข้นมาก Retention time เพิ่มขึ้น) ส่วนประกอบของ Fibre และลักษณะทางกายภาพของ Fibre ถ้าอาหารมี Fibre มากและเป็น Fibre ที่ย่อยได้ยาก Retention time จะเพิ่มขึ้น (วิศิษฐิพร สุขสมบัติ, 2538)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนไหลของอนุภาคอาหาร (Feed particle) จาก Reticulo-rumen ประกอบด้วยขนาดของ Feed particle (ถ้ามีขนาดเล็กจะไหลผ่านไปได้เร็ว) ความหนาแน่นของ Feed particle (ถ้ามี Density สูงจะไหลผ่าได้เร็ว) อัตราการลดขนาดของ Feed particle (ถ้าลดได้ช้าก็จะไหลผ่านได้ช้า) ส่วนประกอบของ Cell Wall ในอาหาร(ถ้ามีมากจะไหลผ่านได้ช้า) Hydration Time (ถ้าเร็วจะไหลผ่านได้เร็ว) pH (ถ้า pH ต่ำ จะไหลผ่านได้ช้าเนื่องจากการย่อยได้ช้า) ความแรงและการบีบตัวของ Rumen และ Abomasum (ถ้าแรงและถี่จะไหลผ่านไปได้เร็ว)

อาหารที่ไม่ถูกย่อย (Undigested feed) จะไหลผ่าน Reticulo-omasal orifice ได้ต้องถูกย่อยจนมีขนาดเล็กกว่า 2.0 mm แต่อัตราการไหลผ่านจะขึ้นอยู่กับปริมาณอาหารที่ไหลผ่าน กับการบีบตัวของ Rumen และ Abomasum

พันธุ์ และชนิดของสัตว์ สัตว์จะมีความสามารถในการกินอาหารแตกต่างกันไปตามชนิดของสัตว์ สัตว์ที่มีขนาดใหญ่จะมีความจุของกระเพาะอาหารมากกว่าสัตว์ที่มีขนาดเล็ก โดยปกติแล้วในโคที่มีอายุน้อยจะกินอาหารมากกว่าสัตว์ที่โตเต็มวัยเมื่อเทียบกับน้ำหนักตัว ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงของสัตว์ที่มีอายุยังน้อยนั้นจะต้องการสารอาหารเพื่อใช้ในการสร้างเนื้อเยื่อต่างๆเพื่อการเจริญเติบโต ส่วนในสัตว์เพศผู้จะมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าในสัตว์เพศเมีย คือ ประสิทธิภาพในการใช้อาหารของเพศผู้จะดีกว่าในเพศเมีย

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม

เป็นปัจจัยที่ส่วนใหญ่แล้วจะเกิดจากการจัดการในการเลี้ยงสัตว์เป็นส่วนใหญ่ กล่าวคือเป็นปัจจัยภายนอกที่มีผลกระทบต่อการกินอาหารของสัตว์ เช่น

การได้รับอาหารและน้ำไม่เพียงพอ เช่นในสัตว์ที่ขาดน้ำจะทำให้กินอาหารได้น้อยลงโดยเฉพาะถ้าอาหารนั้นมีลักษณะแห้งหรือเป็นฝุ่น

กระแสลมตามธรรมดาจะไม่กระทบกระเทือนต่อการกินอาหารของสัตว์ แต่ถ้าเป็นลมร้อนหรือเป็นลมที่พัดแรงเกินไปจะมีผลต่อสุขภาพของสัตว์ได้ เนื่องจากฝุ่นละอองที่มากับลมจะทำให้สัตว์ไม่สบายได้ แต่ลมที่พัดโชยผ่านคอกเพื่อช่วยระบายความร้อนภายในโรงเรือนจะช่วยให้สัตว์อยู่สบาย และคงกินอาหารได้ตามปกติ

ความชื้นและอุณหภูมิจะมีผลกระทบต่อปริมาณการกินอาหารเป็นอย่างมาก คือถ้าอุณหภูมิสูง และมีความชื้นมากการกินอาหารจะลดลงอย่างมากด้วย แม้ว่าจะมีอุณหภูมิสูงแต่ถ้ามีความชื้นน้อย สัตว์จะไม่ถูกกระทบกระเทือนมากนัก สัตว์เคี้ยวเอื้องมีความพยายามที่จะรักษาระดับอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ (ประมาณ 37°C) เมื่ออุณหภูมิสภาพแวดล้อมสูงขึ้น สัตว์เคี้ยวเอื้องพยายามที่จะลดปริมาณความร้อนในร่างกายที่เกิดขึ้นภายในร่างกายโดยการลดการกินอาหารโดยเฉพาะอาหารพลังงาน เมื่อการกินอาหารลดลงการเคลื่อนบีบตัวของกระเพาะก็ลดลงด้วย เมื่อสัตว์อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีอากาศร้อน Metabolism ภายในร่างกายสัตว์จะลดลง จะเกิดขึ้นร่วมกับการขับฮอร์โมน Thyroid ลดลง และความจุของกระเพาะเพิ่มขึ้น

ปัจจัยทางด้านอาหาร

อาหารสัตว์นั้นจะมีความน่ากินมากน้อยเพียงใดจะมีผลต่อการกินของสัตว์ สารพิษหรือสิ่งเจือปน อาหารที่มีสารพิษหรือสารที่ขัดขวางการเจริญเติบโต อายุการตัดในกรณีของพืชอาหารสัตว์ คือ ถ้าตัดพืชอาหารสัตว์มาในระยะที่ยังอ่อนอยู่ ก็จะทำให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้น ส่วนพืชที่แก่จะมีเยื่อใยและลิกนินอยู่มากสัตว์จะไม่ชอบกิน และลิกนินก็จะขัดขวางการย่อยเมื่ออาหารย่อยได้ช้า ปริมาณการกินได้ก็จะลดลง

สัตว์จะกินอาหารหยาบได้มากขึ้นเมื่อเพิ่มอาหารข้นมากขึ้น เพราะว่าอาหารข้นจะเป็นแหล่งของหลังงานสำหรับการทำงานของจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตามเมื่อมาถึงจุดหนึ่งที่สัตว์ได้รับอาหารข้นมากที่สุดแล้วจะทำให้ปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบลดลง

ปริมาณของลิกนิน (Lignin) นั้นมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับปริมาณ Fibre ในอาหาร จึงเป็นการยากที่จะแยกอิทธิพลของ Fibre ออกจากอิทธิพลของ Lignin โดยตรง การที่อินทรีย์วัตถุ (Organic matter) จะถูกย่อยได้มากน้อยเพียงใดจะขึ้นอยู่กับการจัดตัวระหว่าง Hemicellulose หรือ Cellulose กับ Lignin

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการย่อยได้ของอาหารในกระเพาะหมัก

อิทธิพลของ Rumen pH (Effect of rumen pH)โดยทั่วไปแล้วเมื่อระดับ pH ใน Rumen ลดต่ำลง อัตราการย่อยได้ของอาหารประเภท Fibre จะลดลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะจำนวนและการทำงานของจุลินทรีย์ประเภท Cellulolytic species ลดลง การปรับระดับ Rumen pH ให้สูงขึ้นอาจทำได้โดยให้สัตว์กิน Buffers เช่น $NaHCO_3$ จะทำให้การย่อยได้ของ Fibre ใน Rumen เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการให้ Buffers จะทำให้การย่อยได้ของอาหารจำพวกแป้งใน Rumen และในระบบย่อยอาหารอื่นๆ ลดลง

ปกติแล้ว Rumen pH จะอยู่ระหว่าง 5.5 – 7.0 แต่ระดับ pH ที่เหมาะสม สำหรับการแตกตัวของโปรตีน และการเกิด Ammonia ใน Rumen จะอยู่ระหว่าง 6.0 – 7.0 ซึ่งระดับ pH นี้จะ

เกิดการทำงานของจุลินทรีย์สูงสุด ภายใต้การจัดการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยทั่วๆ ไป ที่ปฏิบัติกันอยู่ ระดับ pH ใน Rumen จะอยู่ในช่วงนี้ซึ่งเหมาะกับการย่อยสลายของโปรตีนในอาหาร แต่ถ้าให้สัตว์ได้รับอาหารข้นในปริมาณมากระดับ pH ในกระเพาะหมักจะลดลง เป็นผลให้การย่อยได้ของอาหารหยาบลดลงด้วย

การขาดโปรตีนในอาหารจะมีผลทำให้การย่อยได้ของพลังงานลดลงและทำให้ปริมาณการกินได้ลดลง ถ้าการเสริมอาหารที่มีโปรตีนสูง หรือ Non-Protein Nitrogen เช่น Urea ให้สัตว์ที่กินฟางเป็นอาหารหลัก การย่อยได้ของฟางข้าวจะเพิ่มขึ้น การขาดแร่ธาตุที่สำคัญ เช่น Mg, P และ S และแร่ธาตุรอง เช่น Fe, Co, Mn และ Zn จะทำให้การย่อยได้ของอาหารใน กระเพาะหมักลดลง

จุลินทรีย์ในกระเพาะ Rumen มีความต้องการ Nitrogen ในปริมาณมากเพื่อการสังเคราะห์ Protein nitrogen ที่จุลินทรีย์จะนำไปใช้ประโยชน์ได้จะอยู่ในรูป NH_3-N ที่รวมตัวกันอยู่ใน Rumen เรียก Rumen ammonia pool ปริมาณความต้องการ NH_3-N จะกล่าวเป็นปริมาณความเข้มข้นของ NH_3-N ใน Rumen ที่ทำให้จุลินทรีย์จะสามารถทำงานสังเคราะห์โปรตีนได้เต็มที่อยู่ระหว่าง 6 ถึง 90 mg NH_3-N/litre ของ Rumen Fluid

การเพิ่มความถี่ของการให้อาหารโดยการให้อาหารมื้อละน้อยๆ แต่จำนวนหลายมื้อในแต่ละวันจะทำให้การย่อยได้ของอาหารเพิ่มขึ้น

การแปรรูปอาหาร (Processing) เช่น การบด การอัดแผ่นของเมล็ดธัญพืชจะช่วยให้การย่อยได้เพิ่มขึ้น การอัดเม็ด (Pelletting) เมล็ดธัญพืช มีผลน้อยมากต่อการย่อยได้ของเมล็ดธัญพืชที่อัดเม็ด แต่จะให้การย่อยได้ของอาหารหยาบลดลง

การเปลี่ยนอาหารใหม่จำเป็นต้องให้เวลากับจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักได้มีโอกาสปรับตัวระยะหนึ่งเพื่อจะใช้ประโยชน์จากอาหารใหม่ได้ดียิ่งขึ้น ในการเปลี่ยนอาหารใหม่ในระยะแรก การย่อยได้อาจลดลง แต่เมื่อจุลินทรีย์ปรับตัวระยะหนึ่งแล้วการย่อยได้จะค่อยๆ เพิ่มขึ้น

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของอาหาร

ความชื้นของดินมีผลต่อคุณภาพของพืชอาหารสัตว์ในฤดูฝนนั้นจะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยเฉพาะในพืชเขตร้อนซึ่งปริมาณของน้ำจะมีผลทำให้ความชื้นในดินเพิ่มมากขึ้นพืชสามารถที่จะนำน้ำไปใช้ได้ โดยที่การนำน้ำไปใช้นั้นจะมีความสัมพันธ์กับชนิดของพืชเพราะว่าพืชแต่ละชนิดจะมีรากที่แตกต่างกัน (Crowder and Cheda 1982) ซึ่งความชื้นของดินมีผลต่อการละลายของสารเนื่องจากว่าสารจะสามารถที่จะละลายได้ในอุณหภูมิที่ต่ำดังนั้นจะพบว่าพืชอาหารสัตว์ในเขตหนาวจะมีคุณภาพดีกว่าพืชอาหารสัตว์ในเขตร้อน (พันทิพา พงษ์เพียรจันทร์, 2539)

การเจริญเติบโตของหญ้าในเขตร้อนนั้นจะมีอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ที่ 30-35 องศาเซลเซียส แต่ก็มีพืชหลายชนิดเจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิมากกว่า 35 องศาเซลเซียส (Crowder and Cheda 1982) ในขณะที่หญ้าในเขตหนาวจะมีการเจริญเติบโตที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส และมีบางชนิดเจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิ 10-12 องศาเซลเซียส

จะเห็นว่ามีปัจจัยดังกล่าวที่มีผลกระทบคุณภาพของพืชอาหารสัตว์ ในประเทศไทยนั้นจัดเป็นประเทศในเขตร้อนมีอุณหภูมิสูงซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อ Chemical composition ในพืชอาหารสัตว์ เนื่องจากสารต่างๆนั้นจะสามารถละลายได้ในอุณหภูมิที่ต่ำทำให้คุณภาพพืชอาหารสัตว์ในประเทศในเขตหนาวมีคุณภาพสูงกว่าพืชอาหารสัตว์ในเขตร้อน ซึ่งมีผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร และในโคเขตร้อนอาจจะต้องใช้พลังงานในการย่อยสลายอาหารมากกว่าโคเขตหนาว

2.9 ผลของการให้พลังงานและโปรตีนที่มีผลต่อการผลิตน้ำนม

ปัจจุบันได้มีการศึกษาเกี่ยวกับประเภทของโปรตีนและผลจากการย่อยอาหารที่เป็นแหล่งของพลังงานว่ามีผลกระทบอย่างไรบ้างในแง่ของผลผลิตของโคที่ให้นม จากการรวบรวมเอกสารนั้นพบว่าระหว่างโปรตีนและอาหารที่เป็นแหล่งพลังงานที่โคได้รับโดยเฉพาะอาหารที่มีการย่อยสลายในกระเพาะหมักนั้นมีความสัมพันธ์กัน โดยมีจุลินทรีย์ที่เป็นตัวแปรที่ทำให้มีผลต่อปริมาณของกรดอะมิโนและพลังงานที่โคได้รับซึ่งจะส่งผลต่อการผลิตน้ำนมของโค

โปรตีนในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องถูกแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ RDP และ UDP ในการสร้างผลผลิตน้ำนมหรือแม้แต่กิจกรรมอื่นๆในตัวโคนั้นจำเป็นที่จะต้องใช้กรดอะมิโน เพื่อใช้ในขบวนการแมทตาบอลิซึมในร่างกาย ดังนั้นจึงมีการศึกษาการเพิ่มกรดอะมิโนจากอาหารโดยการเพิ่มปริมาณของ UDP ในอาหาร ซึ่งจากการรวบรวมเอกสารและศึกษาพบว่าการเพิ่มระดับของ UDP นั้นสามารถที่จะเพิ่มปริมาณของน้ำนมได้ในระดับหนึ่ง (Aldrich et al., 1997.; Atwal et al., 1995.; Mielke and Schingoethe 1981) แต่มีบางการทดลองพบว่าการเพิ่ม UDP นั้นไม่สามารถที่จะทำให้ปริมาณของน้ำนมเพิ่มขึ้นแต่อย่างใด เช่นการศึกษาของ Santos et al. (1998) พบว่าการเสริมอาหารที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมักไม่ทำให้ปริมาณน้ำนมเปลี่ยนไปเพราะว่า โปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (Ruminally degradable protein, RDP) ลดลงเป็นผลทำให้สัดส่วนของกรดอะมิโนเปลี่ยนไป เมื่อวิเคราะห์จะพบว่าแม้การเพิ่มปริมาณของ UDP จะทำให้ปริมาณของกรดอะมิโนที่โคได้รับสูงขึ้นแต่เมื่อพิจารณาถึงระยะของการให้นมจะเห็นว่าในระยะต้นของการให้นมนั้นโคต้องการกรดอะมิโนสูงเนื่องจากในช่วงนี้เป็นช่วงที่โคผลิตน้ำนมสูง การเพิ่มปริมาณของกรดอะมิโนในโคระยะนี้อาจจะสามารถที่จะทำให้โคให้ผลผลิตน้ำนมสูงขึ้น อย่างไรก็ตามจากการทดลอง

ที่ได้รวบรวมพบว่าการเพิ่มปริมาณของ UDP นั้นจะได้ผลเมื่ออาหารที่ให้โคมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูง ซึ่งเป็นข้อสังเกตที่อาจเป็นไปได้ว่าการเพิ่มระดับของ UDP ในอาหารนั้นจะทำให้ปริมาณของกรดอะมิโนที่โคได้รับเพิ่มมากขึ้นแต่ปริมาณเของกรดอะมิโนที่โคได้รับนั้นมีข้อจำกัดที่จะถูกนำไปใช้ในการผลิตน้ำนม และเป็นเหตุให้มีการศึกษาถึงความสำคัญของกรดอะมิโนที่มีผลต่อการสร้างน้ำนมโดยนักโภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้องได้ตั้งข้อสังเกตว่าสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้นอาจจะขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นเช่นเดียวกับ สัตว์กระเพาะเดี่ยว โดยเฉพาะ ไลซีน (Lysine) และ เมทไทโอนีน (Methionine) โดยไลซีนนั้นถือว่าเป็น First limiting amino acid และเมทไทโอนีน นั้นถือว่าเป็น Second limiting amino acid ซึ่งมีการศึกษาเกี่ยวกับการเสริมกรดอะมิโน ไลซีน และ เมทไทโอนีน พบว่าปริมาณน้ำนมสามารถที่จะเพิ่มขึ้นได้ในอาหารที่มีโปรตีนสูง (Nichols et al.,1998; Oventon et al., 1996.; Blauwiekel et al., 1997) ในขณะที่หลายการทดลองใช้ปริมาณโปรตีนในอาหารที่ต่ำทำให้ปริมาณน้ำนมไม่สามารถที่จะเพิ่มได้ (Robinson et al., 1995.; Bremmer et al., 1997) แต่อย่างไรก็ตามการที่ปริมาณน้ำนมที่เพิ่มขึ้นเมื่อใช้อาหารที่มีโปรตีนสูงแสดงให้เห็นว่ากรดอะมิโนไลซีนและเมทไทโอนีนนั้นมีความจำเป็นในการสร้างน้ำนม และจำเป็นจะต้องมีกรดอะมิโนตัวอื่นๆอยู่ด้วย นั่นคือจะต้องมีปริมาณของโปรตีนในอาหารอยู่ในระดับที่เพียงพอ ซึ่งจากการศึกษาทั้งการเพิ่มระดับของ UDP และการเพิ่มปริมาณของ ไลซีน และ เมธไทโอนีน แล้วจะเห็นว่ามีความสอดคล้องกันคือถ้าหากจะเพิ่มผลผลิตน้ำนมแล้วจำเป็นจะต้องมีระดับของกรดอะมิโนที่เพียงพอทั้งกรดอะมิโนที่จำเป็นและไม่จำเป็น อย่างไรก็ตามในด้านของการจัดการอาหารนั้นไม่สะดวกและใช้ทุนสูง ซึ่งจะเห็นว่ากรดอะมิโนที่ได้นั้นได้จากอาหารและให้เสริมซึ่งเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิตทำให้ได้มีการศึกษาถึงความสำคัญของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์นั้นสามารถที่จะเปลี่ยนไนโตรเจนเป็นกรดอะมิโน โดยเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็น เมื่อพิจารณาความต้องการของจุลินทรีย์ในการเจริญเติบโต จุลินทรีย์ต้องการพลังงานและสามารถที่จะใช้พลังงานจากไนโตรเจนและกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายอาหารที่เป็นแหล่งพลังงาน ในส่วนของไนโตรเจนนั้นโคได้รับจากโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะหมักและได้จากขบวนการ Nitrogen recycling อยู่แล้วทำให้นักโภชนศาสตร์ศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ โดยการเพิ่มอาหารที่เป็นแหล่งของพลังงานที่มีการย่อยสลายในกระเพาะหมักสูง พบว่าการเพิ่มการย่อยสลายอาหารที่เป็นแหล่งพลังงานสามารถมีแนวโน้มทำให้ปริมาณของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้น (Shabi, et al., 1998.; Mabjeesh, et al., 1997.; Lykos, et al., 1997) นั่นคือการเพิ่มของจุลินทรีย์นั้นมีผลทำให้โคได้รับกรดอะมิโนเพิ่มขึ้นจากจุลินทรีย์ที่ยึดเกาะตามอนุภาคของอาหารผ่านส่วนของกระเพาะหมักและได้กรดไขมันระเหยได้ที่เป็นผลผลิตจากจุลิทรีย์เพิ่มขึ้น ซึ่งในการศึกษาในเรื่องของโภชนะต่อไปจะศึกษาเกี่ยวกับอาหารที่มีผลต่อจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่าการเพิ่ม การย่อย Nostructural

carbohydrates ในกระเพาะหมักทำให้ระดับของกลูโคสที่สูงขึ้นจะไปมีผลกระทบต่อปริมาณน้ำนมและการกินได้ของโคนม ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะว่าระดับของ Glucose ในเลือดสูงเกินไปซึ่งจะไปมีผลต่อระดับฮอร์โมนที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดคือ ฮอร์โมน Insulin ซึ่งจะไปมีผลต่อการสร้างไขมันในน้ำนมในขณะที่ปริมาณน้ำนมไม่เปลี่ยนแปลง การที่ฮอร์โมน Insulin สูงขึ้นจะขัดขวางการใช้ Fatty acid จากการศึกษาของ Lemosquet et al. (1997) พบว่าการเพิ่มแป้ง 1.5 kg/d ในอาหาร จะทำให้ความเข้มข้นของ Insulin ในเลือดเพิ่มมากขึ้นจะไปขัดขวางการสลายกรดไขมัน ทั้งนี้เพราะว่าในเลือดมีระดับของ Glucose อยู่ในปริมาณที่มากร่างกายของสัตว์จึงไม่จำเป็นที่จะต้องสลายกรดไขมัน ร่างกายจึงรักษาสมดุลโดยการขัดขวางการสลายกรดไขมันโดยฮอร์โมน Insulin ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวไปมีผลต่อระดับไขมันในน้ำนม โดยพบว่าปริมาณของ Fatty acid โดยเฉพาะ Steric acid (C_{18}) นั้นจะมีปริมาณที่ลดลงเมื่อมีระดับของกลูโคสสูงขึ้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 คำนำ

การคำนวณความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคนมในปัจจุบันในประเทศไทยนั้นได้อ้างอิงตามสมการการทำนายความต้องการตามระบบของต่างประเทศเช่น National research council, NRC หรือในระบบของ Agricultural research council, ARC ซึ่งอย่างไรก็ตามความต้องการพลังงานและโปรตีนนั้นก็จะขึ้นอยู่กับความสามารถในการให้ผลผลิตซึ่งขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และนอกนี้ยังขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่ตัวสัตว์ดำรงชีพอยู่ หรือแม้กระทั่งคุณภาพของอาหาร เหล่านี้มีผลต่อความต้องการพลังงานและโปรตีนและเมื่อพิจารณาถึงสภาพโดยทั่วไปในการเลี้ยงโคนมในประเทศไทยแล้วพบว่ามีข้อแตกต่างจากดังข้อที่กล่าวข้างต้นไปจากประเทศที่มีระบบในการทำนายค่าสมการความต้องการพลังงานและโปรตีน อย่างไรก็ตามในการสร้างสมการขึ้นมาเพื่อเป็นของประเทศไทยแล้วนั้นจำเป็นจะต้องใช้ทุนที่ค่อนข้างสูงและในขณะเดียวกันจำเป็นที่จะต้องมีการทดลองในเรื่องเดียวกันนี้อยู่มาก ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ศึกษาระดับความต้องการพลังงานและโปรตีนเปรียบเทียบกับระบบของ NRC (1988) ที่ระดับต่ำและสูงกว่า 10%โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง

3.2 วัตถุประสงค์

3.2.1. เพื่อศึกษาผลกระทบต่อผลผลิตของโคนมที่ให้นมในระยะกลางจากการคำนวณความต้องการพลังงานและโปรตีนต่ำกว่า NRC (1988) แนะนำ 10%

3.2.2. เพื่อศึกษาผลกระทบต่อผลผลิตของโคนมที่ให้นมในระยะกลางจากการคำนวณความต้องการของพลังงานและโปรตีนสูงกว่า NRC (1988) แนะนำ 10%

3.2.3 เพื่อศึกษาถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างพลังงานและโปรตีนที่ระดับ 90% 100% และ 110% NRC (1988) ที่มีผลกระทบต่อผลผลิตของโคนมที่ให้นมในระยะกลาง

3.3. แผนการทดลอง

ใช้โคนมลูกผสมพันธุ์ Holstein-Friesian เลือดประมาณ 87.5% ในฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้นมในระยะกลาง การจัดกลุ่มสัตว์ทดลองใช้วิธีการ Stratified Random Balance Group โดยจัดกลุ่มตามปริมาณน้ำนม ระยะเวลาการให้นม จำนวนครั้งของการให้นมและอายุของสัตว์ทดลองตามลำดับ โดยใช้การทดลองแบบ Factorial 2 x 2 โดยมีปัจจัย A คือ ระดับพลังงาน และปัจจัย B คือ ระดับโปรตีน แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง คือ

3.4 วิธีการวิจัย

การทดลองที่1

กลุ่มที่ 1 ได้รับระดับพลังงานและโปรตีน 90% NRC (1988)

กลุ่มที่ 2 ได้รับระดับพลังงาน 90% และโปรตีน 100% NRC (1988)

กลุ่มที่ 3 ได้รับระดับพลังงาน100% และโปรตีน 90% NRC (1988)

กลุ่มที่ 4 ได้รับระดับพลังงานและโปรตีน 100% NRC (1988)

การทดลองที่ 2

กลุ่มที่ 1 ได้รับระดับพลังงานและโปรตีน 100% NRC (1988)

กลุ่มที่ 2 ได้รับระดับพลังงาน 100% และระดับโปรตีน 110% NRC (1988)

กลุ่มที่ 3 ได้รับระดับพลังงาน 110%NRC และรับระดับโปรตีน 100% NRC (1988)

กลุ่มที่ 4 ได้รับระดับพลังงานและโปรตีน 110% NRC (1988)

3.5 การให้อาหาร

การให้อาหารแก่สัตว์ทดลองได้จากการคำนวณความต้องการโภชนะ โดยใช้โปรแกรม Xration ซึ่งจะคำนวณได้ จากปริมาณการให้นม เปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนม น้ำหนักตัวของสัตว์ทดลอง จำนวนครั้งของการให้นม น้ำหนักที่เปลี่ยนไปของโคนมขณะให้นม และอายุของสัตว์ทดลอง โดยกำหนดระดับของโภชนะเปรียบเทียบกับมาตรฐาน NRC (1988).

3.6 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.6.1 ตัวอย่างจากอาหาร

การเก็บตัวอย่างอาหารและปริมาณการกินได้ในแต่ละวัน โดยชั่งอาหารที่เหลือหลังกินของโคทดลองแต่ละตัวจดบันทึก สุ่มตัวอย่างอาหารหลังกินของแต่ละตัวไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมงเพื่อหาน้ำหนักอาหารหลังกินในรูปของวัตถุแห้ง

การหาองค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ให้โคทดลองเก็บตัวอย่างวัตถุดิบแต่ละชนิดทุกวัน โดยข้าวโพดบดและกากถั่วเหลืองบด สุ่มเก็บตัวอย่างขณะเตรียมบรรจุถุงวัตถุดิบละ 100 กรัมต่อวัน และฟางข้าวหมักยูเรีย 5% สุ่มเก็บตัวอย่างวันละ 500 กรัมต่อวันตลอดการทดลอง และนำเอาตัวอย่างแต่ละชนิดรวมกัน (Pooled) ในแต่ละสัปดาห์ทำการสุ่มวัตถุดิบแต่ละชนิดโดยวิธี Pooled and Subsampling ก่อนการวิเคราะห์ อบตัวอย่างที่สุ่มมาที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 36 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นแล้วนำตัวอย่างที่อบมาบดด้วยเครื่องบดตะแกรงขนาด 1.0 มิลิเมตรจึงไปวิเคราะห์ด้วยวิธี Proximate analysis (AOAC, 1990) ประกอบด้วย DM, CP, EE, CF, NDF, ADF, ADL, NDIN, ADIN และ Ash

การศึกษาการย่อยสลายในกระเพาะหมัก โดยการใช้ถุงไนลอนแช่ในกระเพาะรูเมนของโคเจาะกระเพาะ (Nylon bag technique) (Linndberg, 1985) โดยการนำเอาวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ฟางข้าวหมักยูเรีย 5% ข้าวโพดบด และ กากถั่วเหลืองไปวิเคราะห์หาอัตราการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (Effective rumen degradability, dg)

3.6.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลการให้ผลผลิต

การเก็บข้อมูลโดยการบันทึกเป็นข้อมูลรายตัวดังนี้

การบันทึกน้ำหนักโคนมก่อนและหลังการทดลอง

การบันทึกปริมาณน้ำนม(กิโลกรัม)ทุกวัน

การบันทึกปริมาณการกินทุกวันตลอดการทดลอง

การวิเคราะห์องค์ประกอบในน้ำนมอาทิตย์ละ 1 ครั้ง

การวิเคราะห์องค์ประกอบของโภชนะเพื่อคำนวณโภชนะที่ให้กับโคนมแต่ละตัว

3.7 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

การกินได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน โภชนะที่ย่อยได้ ปริมาณน้ำนม ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน ปริมาณของแข็งพร่องไขมันในน้ำนม ปริมาณของแข็งในน้ำนม เปอร์เซ็นต์ไขมัน เปอร์เซ็นต์โปรตีน เปอร์เซ็นต์ของแข็งพร่องไขมันในน้ำนม เปอร์เซ็นต์ของแข็งในน้ำนม และน้ำหนักตัว ก่อน-หลัง ของแต่ละกลุ่มโคทดลอง

3.8 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลดังกล่าวจะวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) แบบ Factorial 2 x 2 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (Statistical analysis system, 1985)

3.9 สถานที่ทำการทดลอง

ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและอาคารเครื่องมือ 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.10 ระยะเวลาของการทำวิจัย

เริ่มการทำการวิจัยตั้งแต่วันที่ 17 กรกฎาคม 2543 ถึง วันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2544

บทที่ 4
การทดลองที่ 1 การศึกษาความต้องการพลังงานและโปรตีนในโคนมที่ให้นมระยะกลางต่ำกว่า NRC (1988) แนะนำ 10 %

4.1 คำนำ

การเลี้ยงโคนมในประเทศไทยได้นำเอาพันธุ์จากต่างประเทศเข้ามาเลี้ยงโดยใช้การผสมพันธุ์กับพันธุ์พื้นเมืองเพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศและเพื่อการปรับตัวของตัวสัตว์ การเปลี่ยนแปลงทั้งสภาพแวดล้อมและการปรับตัวของโคนมนั้นมีผลต่อความสามารถในการให้ผลผลิต ซึ่งผลผลิตของโคนมนั้นได้มาจากอาหารที่สัตว์ได้รับเข้าไป มีความเป็นไปได้ว่าโคนมที่มีการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะมีผลต่อระดับความต้องการของโภชนะ ดังนั้นในการทดลองที่ 1 นี้จะทำการศึกษาถึงความสัมพันธ์และความต้องการพลังงานและโปรตีนในโคนมที่ให้นมในระยะกลางต่ำกว่าคำแนะนำของ NRC (1988) 10%

4.2 วัตถุประสงค์

1). เพื่อศึกษาผลกระทบผลผลิตของโคนมที่ให้นมในระยะปานกลางจากการคำนวณความต้องการของพลังงานและโปรตีนต่ำกว่า NRC (1988) แนะนำ 10%

2). เพื่อศึกษาถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างพลังงานและโปรตีนที่ระดับ 90% 100% NRC (1988) ที่มีผลกระทบต่อผลผลิตของโคนมที่ให้นมในระยะกลาง

4.3 อุปกรณ์และวิธีการ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ใช้โคนมลูกผสมพันธุ์ Holstein-Friesian เลือดประมาณ 87.5 ที่ให้นมในระยะกลาง จัดกลุ่มทดลองใช้วิธีการ Stratified Random Balance Group โดยจัดกลุ่มตามปริมาณน้ำนม ระยะเวลาการให้นม จำนวนครั้งของการให้นมและอายุของสัตว์ทดลองตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 แสดงคุณสมบัติของกลุ่มตัวอย่างการทดลองที่ 1

คุณสมบัติ	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4
ปริมาณน้ำนม (กิโลกรัม/วัน)	11.1 ±1.14	11.1 ±1.12	11.1 ± 1.59	11.1 ±2.03
ระยะเวลาให้นม (วัน)	111±11.24	107±11.66	112 ±13.61	116 ±16.65
เปอร์เซ็นต์ไขมันนมในน้ำนม	3.90 ±0.24	4.30 ±0.22	5.22 ±0.50	4.28 ±0.36
น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	414 ± 27.06	420 ±16.05	411 ±15.80	386 ±10.28
จำนวนครั้งการให้นม	3 ± 0.61	3 ±0.34	2 ±0.42	2 ±0.33
อายุ (เดือน)	56 ± 13.02	80 ±7.38	62 ±8.99	76 ±9.12

การทดลอง

การทดลองที่1 จัดการทดลองแบบ Factorial 2 x 2 โดยจัดกลุ่มการทดลองแบบ Stratified Random Balance Group โดยมี 2 ปัจจัยคือ

ปัจจัย A คือระดับพลังงาน 2 ระดับ ที่ระดับพลังงาน 90% และ 100%

ปัจจัย B คือระดับโปรตีน 2 ระดับที่ระดับโปรตีน 90% และ 100%

แบ่งกลุ่มการทดลองเป็น 4 กลุ่มตาม Treatment

กลุ่มที่ 1 ได้รับระดับพลังงานและโปรตีน 90% NRC (1988)

กลุ่มที่ 2 ได้รับระดับพลังงาน 90% และโปรตีน 100% NRC (1988)

กลุ่มที่ 3 ได้รับระดับพลังงาน100% และโปรตีน 90% NRC (1988)

กลุ่มที่ 4 ได้รับระดับพลังงานและโปรตีน 100% NRC (1988)

การจัดสัตว์ทดลอง

ใช้สัตว์ทดลองกลุ่มละ 6 ตัว ทั้งหมด 24 ตัวจัดให้อยู่ในซองของแต่ละตัวโดยการจับฉลาก โดยมีรางอาหารและอ่างน้ำสำหรับโคทดลองทุกตัว ใช้เวลาในการปรับตัวและเก็บข้อมูลปริมาณน้ำนมของสัตว์ทดลอง 10 วันก่อนทดลองเก็บข้อมูลจริง

อาหารที่ใช้ในการทดลอง

การให้อาหารแก่สัตว์ทดลองได้จากการคำนวณความต้องการโภชนะ โดยใช้โปรแกรม Xration ซึ่งคำนวณได้ จากปริมาณการให้นม เปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนม น้ำหนักตัวของสัตว์ทดลอง จำนวนครั้งของการให้นม น้ำหนักที่เปลี่ยนไปของโคนมขณะให้นม และอายุของสัตว์ทดลอง โดยกำหนดระดับของโภชนะเปรียบเทียบกับมาตรฐาน NRC (1988).

วัตถุดิบที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย

ข้าวโพดบดใช้เป็นแหล่งของพลังงาน กากถั่วเหลืองเพื่อใช้เป็นแหล่งของโปรตีน และฟางข้าวหมักยูเรีย 5% และ แร่ธาตุ อาหารที่ให้จะอยู่ในรูปของอาหารผสมเสร็จ (Total Mixed Rations) โดยใช้การคำนวณจาก Worksheet Xration (ปรับปรุงจากสมคิดพรหมา โดยวิศิษฐิพร; Microsoft excel) ตามระดับความต้องการโภชนะของแต่ละ Treatment ให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน (06.00 น. และ 15.00 น.) โดยในแต่ละสัปดาห์จะคำนวณระดับความต้องการพลังงานและโปรตีนเพื่อหาปริมาณของอาหารที่ให้โคทดลองแต่ละตัวทุกสัปดาห์เป็นเวลา 4 สัปดาห์

การเตรียมอาหาร

วัตถุดิบแต่ละชนิดจะถูกเตรียมก่อนให้อาหารในแต่ละมื้อโดยจะผสมวัตถุดิบทั้ง 4 ชนิดลงในรางอาหารแต่ละตัวตามระดับความต้องการของโคนมที่ได้รับในแต่ละกลุ่มการทดลอง การจ่ายอาหารในแต่ละครั้งให้ฟางข้าวหมักยูเรีย 5% ข้าวโพดบด กากถั่วเหลืองบด และแร่ธาตุ ตามลำดับ แล้วจึงผสมคลุกเคล้าอาหารให้เข้ากันดีก่อนที่จะให้โคทดลองกิน

การเก็บตัวอย่างอาหารและปริมาณการกินได้ในแต่ละวัน โดยชั่งอาหารที่เหลือหลังกินของโคทดลองแต่ละตัวจดบันทึก สุ่มตัวอย่างอาหารหลังกินของแต่ละตัวไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมงเพื่อหาน้ำหนักอาหารหลังกินในรูปของวัตถุแห้ง

การหาองค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ให้โคทดลอง โดยเก็บตัวอย่างวัตถุดิบแต่ละชนิดทุกวันโดยข้าวโพดบดและกากถั่วเหลือง สุ่มเก็บตัวอย่างขณะเตรียมบรรจุถุงวัตถุดิบละ 100 กรัมต่อวัน และฟางข้าวหมักยูเรีย 5% สุ่มเก็บตัวอย่างวันละ 500 กรัมต่อวันตลอดการทดลอง และนำเอาตัวอย่างแต่ละชนิดรวมกัน (Pooled) ในแต่ละสัปดาห์ทำการสุ่มวัตถุดิบแต่ละชนิดโดยวิธี Pooled and Subsampling ก่อนการวิเคราะห์ อบตัวอย่างที่สุ่มมาที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 36 ชั่วโมงเพื่อไล่ความชื้นแล้วนำตัวอย่างที่อบมาบดด้วยเครื่องบดตะแกรงขนาด 1.0 มิลิเมตร จึงไปวิเคราะห์ด้วยวิธี Proximate analysis (AOAC, 1990) ประกอบด้วย CP, EE, CF, NDF, ADF, ADL, NDIN, ADIN และ Ash

ตารางที่ 4.2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในการประกอบสูตรอาหาร

องค์ประกอบทางเคมี (%)	ฟางข้าว[1/]	ข้าวโพดบด	กากถั่วเหลืองบด	แร่ธาตุ[2/]
วัตถุแห้ง	61.42	91.59	91.27	90
โปรตีน	5.71	7.90	47.92	
เยื่อใย	42.94	5.30	7.47	
ไขมัน	2.01	4.40	1.91	
NDF	79.33	6.20	13.54	
ADF	47.68	2.30	2.33	
ADL	9.44	0.18	1.58	
เถ้า	10.88	1.85	6.70	
TDN	43.62	89.60	82.68	

[1/] ฟางข้าวหมักยูเรีย 5% เวลาในการหมัก 10 วัน

[2/]แร่ธาตุต่อ 1 กิโลกรัม ประกอบด้วย ทองแดง 100 มิลลิกรัม แมงกานีส 6.4 กรัม สังกะสี 3 กรัม โคบอลล์ 60 มิลลิกรัม ไอโอดีน 3.04 มิลลิกรัม ซีลีเนียม 0.5 กรัม แมกนีเซียม 8 มิลิซลิกรัม โซเดียม 150 กรัม แคลเซียม 248.07 กรัม ฟอสฟอรัส 20.88 กรัม ซัลเฟอร์ 20 กรัม และสื่อเติมจนครบ 1 กิโลกรัม

การศึกษาการย่อยสลายในกระเพาะหมัก

โดยการใช้ถุงไนลอนแช่ในกระเพาะหมักของโคเจาะกระเพาะ (Nylon bag technique) (Ørskov and Mehrez, 1977., Lindlberg, 1985) แบ่งวัตถุดิบที่ได้จากการสุ่มและบดมาใช้ในการหาการย่อยสลายในกระเพาะหมักโดยแบ่งชนิดของอาหารเป็น 2 ชนิดคือส่วนของอาหารข้นและอาหารหยาบ อาหารข้นประกอบด้วย ข้าวโพดบด และกากถั่วเหลืองบด อาหารหยาบคือ ฟางข้าวหมักยูเรีย 5% วิธีการศึกษาการย่อยสลายในกระเพาะหมักของวัตถุดิบแต่ละชนิดคือ นำถุงไนล่อนและวัตถุดิบอาหารที่จะศึกษาอบในตู้อบอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในอาหารจะใช้เวลาในการอบ 36 ชั่วโมง ส่วนสำหรับถุงไนล่อนจะอบจนกระทั่งแห้งจึงนำถุงไนล่อนชั่งน้ำหนัก และชั่งน้ำหนักของวัตถุดิบปริมาณ 5 กรัม ตามลำดับ โดยที่ถุงไนล่อนจะถูกทำฉลากตัวเลขเพื่อสะดวกในการบันทึกข้อมูล ถุงไนล่อนที่บรรจุวัตถุดิบจะถูกมัดโดยใช้สายพลาสติกตามชั่วโมงต่างๆ กันคือ ในวัตถุดิบที่เป็นอาหารข้นจะใช้เวลา 0, 2, 4, 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง และในวัตถุดิบที่เป็นอาหารหยาบจะใช้เวลา 0, 6, 12, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง

การเก็บข้อมูลจากการใช้ถุงไนล่อนจะนำถุงไนล่อนออกตามระยะเวลาที่กำหนดจากกระเพาะหมัก ทำการล้างถุงไนล่อนที่มีเศษอาหารที่ติดมาจากกระเพาะหมัก แล้วนำถุงไนล่อนไปแช่แข็งเพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์จนกระทั่งได้ตัวอย่างครบที่ชั่วโมงสุดท้ายแล้วจึงนำไปล้าง

และใช้เครื่องซักผ้าปั่นในตะแกรงพลาสติกเพื่อป้องกันการปั่นโดยตรงจากเครื่องปั่นของเครื่องซักผ้าเพราะจะทำให้ตัวอย่างหลุดออกมาจากถุงไนล่อนได้ ใช้เวลาในการปั่น 15 นาที ต่อ ครั้ง จำนวน 3 ครั้ง จนกระทั่งน้ำใสสะอาดทำการปั่นแห้งแล้วจึงนำถุงไนล่อนไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 36 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักหลังอบและนำวัตถุดิบที่เหลือจากถุงไนล่อนวิเคราะห์หาเปอร์เซนต์โปรตีนโดยเครื่องเคเจลเทค (Kjeltec auto sample system) นำค่าของสัดส่วนโปรตีนที่สูญหายในระยะเวลาที่นำถุงออกจากกระเพาะรูเมนที่ได้มาคำนวณหาอัตราการย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะหมักโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NEW WAY (Ørskov, 1995)

การเก็บข้อมูลทางผลผลิต

การเก็บข้อมูลโดยการบันทึกและวิเคราะห์จะเป็นข้อมูลรายตัวซึ่งมีการจดบันทึกและวิเคราะห์ดังนี้

การบันทึกน้ำหนักโคนมก่อนและหลังการทดลอง

การบันทึกปริมาณน้ำนม(กิโลกรัม)ทุกวัน

การบันทึกปริมาณการกินทุกวันตลอดการทดลอง

การวิเคราะห์องค์ประกอบในน้ำนมอาทิตย์ละ 1 ครั้ง

การวิเคราะห์องค์ประกอบของโภชนะเพื่อคำนวณโภชนะที่ให้กับโคนมแต่ละตัว

การบันทึกน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลดังกล่าวจะวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (Statistical analysis system) ได้แก่

การกินได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน โภชนะที่ย่อยได้ ปริมาณน้ำนม ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน ปริมาณของแข็งพร่องไขมันในน้ำนม ปริมาณของแข็งในน้ำนม เปอร์เซ็นต์ไขมัน เปอร์เซ็นต์โปรตีน เปอร์เซ็นต์ของแข็งพร่องไขมันในน้ำนม เปอร์เซ็นต์ของแข็งในน้ำนม น้ำหนักตัว ก่อน-หลัง และน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงของแต่ละกลุ่มโคทดลอง

หมายเหตุ

การทดลองครั้งนี้มีเหตุจำเป็นในการคัดโคที่ใช้ในการทดลองออกจากการทดลองที่ 1 เนื่องจากปัญหาสุขภาพของตัวโคหลังจากเริ่มทำการทดลองไปแล้ว 2 อาทิตย์ ทำให้โคที่ใช้ในการ

ทดลองครั้งนี้มีจำนวน 23 ตัว ซึ่งการวิเคราะห์ความแปรปรวนนั้นใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนแบบ N ไม่เท่า

4.5 ผลการทดลอง

4.5.1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมเสร็จ (TMR) ที่โคทดลองได้รับตลอดการทดลอง

ตารางที่ 4.3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร TMR ที่ใช้กับโคทดลองได้รับทั้ง 4 กลุ่มตลอดการทดลอง โดยใช้ฟางข้าวหมักยูเรีย 5% เป็นแหล่งของอาหารหยาบ ข้าวโพดบดและกากถั่วเหลืองใช้เป็นแหล่งของอาหารข้น พบว่าโคทดลองได้รับโภชนะในแต่ละกลุ่มนั้นสัมพันธ์กับระดับของโภชนะที่กำหนดให้ กล่าวคือกลุ่มที่ได้รับระดับพลังงาน 100% NRC (1988) มีเปอร์เซ็นต์ TDN สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับพลังงาน 90% NRC (1988) ในขณะที่กลุ่มที่ได้รับระดับโปรตีน 100%NRC (1988) มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีน 90% NRC (1988)

ตารางที่4.3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของอาหารในรูปของอาหารผสม (TMR) ที่ใช้ในการทดลองที่ 1

โภชนะ	พลังงาน 90% NRC (1988)		พลังงาน 100% NRC (1988)	
	โปรตีน 90%	โปรตีน 100%	โปรตีน 90%	โปรตีน 100%
	---------------------------------------%---------------------------------------			
วัตถุแห้ง	70.26	70.23	72.19	71.79
โปรตีน	15.43	17.54	14.42	15.45
ไขมัน	2.32	2.14	2.66	2.48
เยื่อใย	28.77	28.81	26.04	26.63
Acid detergent fibre (ADF)	30.31	30.33	27.18	27.80
Neutral detergent fibre (NDF)	53.02	53.36	47.68	48.97
Total digestible nutrient (TDN)	65.21	64.97	67.48	66.87

4.5.2 ปริมาณการกินได้ โปรตีนและโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด

จากตารางที่ 4.4 พบว่าการกินได้ในรูปของวัตถุแห้ง โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด และโปรตีนรวมของทั้ง 4 กลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพลังงานและโปรตีน

ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณการกินได้ โปรตีนและโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมดของโคในการทดลองที่ 1

พลังงาน	90%		100%		SEM	-------------p-------------		
โปรตีน	90%	100%	90%	100%		E	P	E*P
วัตถุแห้ง (กิโลกรัม/ตัว/วัน)	8.14	8.06	9.25	8.16	0.38	0.076	0.777	0.894
TDN (กิโลกรัม/ตัว/วัน)	4.74	4.64	5.73	5.50	0.35	0.071	0.738	0.891
โปรตีน (กรัม/ตัว/วัน)	1,264	1,427	1,355	1,460	86.7	0.610	0.277	0.815

หมายเหตุ E*P ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพลังงานและโปรตีน
p Probability

4.5.3 ผลผลิตน้ำนม

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ปริมาณน้ำนม ปริมาณไขมันในน้ำนม ปริมาณโปรตีนในน้ำนม ปริมาณของแข็งพร่องในน้ำนม และปริมาณของแข็งในน้ำนม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณและองค์ประกอบของน้ำนม

ปริมาณต่อตัวต่อวัน	พลังงาน 90%		พลังงาน 100%		SEM	-----------p----------		
	โปรตีน		โปรตีน					
	90%	100%	90%	100%		E	P	E*P
น้ำนม (kg)	8.06	8.45	9.41	9.35	0.89	0.211	0.711	0.516
ไขมัน (g)	326	346	416	387	33.9	0.270	0.991	0.726
โปรตีน (g)	273	260	289	309	28.3	0.171	0.541	0.780
SNF (g)	671	713	832	766	79.7	0.225	0.614	0.396
ของแข็งรวมในนม (g/)	998	1059	1200	1153	109	0.222	0.716	0.469

4.5.4 เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของน้ำนม

เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของน้ำนมแสดงไว้ในตารางที่ 4.6 พบว่า เปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนม เปอร์เซ็นต์โปรตีนในน้ำนม เปอร์เซ็นต์ของแข็งพร่องในน้ำนม และเปอร์เซ็นต์ของแข็งในน้ำนม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P> 0.05)

ตารางที่ 4.6 แสดงเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของน้ำนม

พลังงาน	90%		100%		SEM	------------p-------------		
โปรตีน	90%	100%	90%	100%		E	P	E*P
%ไขมัน	4.00	4.16	4.27	4.35	0.24	0.885	0.294	0.538
%โปรตีน	3.11	3.02	3.40	3.27	0.12	0.548	0.791	0.390
% SNF	8.27	8.38	9.19	8.24	0.12	0.715	0.563	0.223
% ของแข็งทั้งหมด	12.27	12.55	13.46	12.64	0.28	0.774	0.529	0.966

4.5.5 น้ำหนักตัวและน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง

น้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงของโคทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 4.7 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P> 0.05)

ตารางที่ 4.7 แสดงน้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง

พลังงาน	90%		100%		SEM	-------------p-------------		
โปรตีน	90%	100%	90%	100%		E	P	E*P
น้ำหนักตัว (kg)	391	374	377	381	14.1	0.607	0.314	0.227
น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง (g/day)	-19	-39	-42	-33	5.12	0.281	0.482	0.053

4.6 วิจารณ์ผลการทดลอง

4.6.1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่โคได้รับ

จากตารางที่ 4.3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของอาหารในรูปของ TMR เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (%Dry matter, %DM) ในกลุ่มที่ได้รับระดับพลังงาน 100% NRC จะมีค่าของ %DM สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับระดับพลังงาน 90% NRC ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากการใช้วัตถุดิบในการผสมอาหารให้ได้ตามความต้องการของโคในแต่ละกลุ่มการทดลองซึ่งจะได้รับปริมาณของวัตถุดิบแต่ละชนิดไม่เท่ากัน โดยเฉพาะในกลุ่มที่ไดรับพลังงาน 100%NRC นั้นจะมี %DM สูง เนื่องจากข้าวโพดบดที่เป็นแหล่งของ TDN มี %DM อยู่ 91.50% มากกว่ากากถั่วเหลืองและฟางข้าวหมักยูเรีย 5% (91.27%, 61.42%)

เปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหารในรูปของ TMR (ตารางที่ 4.3) ในกลุ่มที่ได้รับระดับโปรตีน 100% NRC จะสูงกว่าในกลุ่มที่ได้รับระดับโปรตีน 90% NRC เนื่องจากสัดส่วนของโปรตีนและพลังงานนั้นมีผลต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหารในรูปของ TMR ซึ่งในกลุ่มที่ได้รับระดับพลังงานและโปรตีน 90% NRC กับกลุ่มที่ได้รับระดับพลังงาน 100% และโปรตีน 100% NRC มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหาร TMR ใกล้เคียงกัน เพราะการคำนวณเปอร์เซ็นต์ของโภชนะจะคำนวณเทียบกับอาหาร TMR ที่กลุ่มการทดลองได้รับในรูปของวัตถุแห้ง ดังนั้นในกลุ่มการทดลองที่มีสัดส่วนของโภชนะของพลังงานและโปรตีนเท่ากันจะมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหาร TMR ใกล้เคียงกัน ขณะที่ในกลุ่มที่ได้รับระดับของพลังงานและโปรตีนไม่เท่ากัน คือในกลุ่มการทดลองที่ได้รับระดับพลังงาน 90% ระดับโปรตีน 100% NRC กับกลุ่มที่ได้รับระดับพลังงาน 100% ระดับโปรตีน 90% NRC จะมีเปอร์เซ็นต์เซ็นโปรตีนต่างกัน (17.54% และ 14.42%) เนื่องจากโปรตีนที่ได้จากอาหาร TMR คือกากถั่วเหลืองซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดบดและฟางข้าวหมักยูเรีย 5% (ตารางที่ 4.2) จะเห็นว่ากากถั่วเหลืองจะมีความเข้มข้นของโภชนะโปรตีนต่อหน่วยสูงกว่ามาก ดังนั้นปริมาณของการใช้กากถั่วเหลืองจึงเป็นตัวกำหนดเปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหารของแต่ละกลุ่มการทดลอง ซึ่งจะแตกต่างไปจากโภชนะพลังงานที่โคได้รับ เนื่องจากพลังงานที่แสดงในรูปของ TDN ของแต่ละกลุ่มการทดลองในวัตถุดิบที่ใช้คือกากถั่วเหลืองและข้าวโพดนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน (82.68% และ 89.60%) ดังนั้นโคจะได้รับพลังงานทั้งกากถั่วเหลืองและข้าวโพดต่อหน่วยของการใช้ใกล้เคียงกัน

เปอร์เซ็นต์ไขมันในอาหารในรูปของ TMR ในแต่ละกลุ่มการทดลองทั้ง 4 กลุ่มนั้นมีค่าใกล้เคียงกันแต่อยู่ในระดับที่ต่ำ เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ประกอบเป็นอาหาร TMR นั้นมีเปอร์เซ็นต์ไขมันที่ต่ำโดยเฉพาะในกากถั่วเหลืองซึ่งเป็นกากถั่วเหลืองที่ผ่านการสกัดน้ำมัน (1.91%)

เปอร์เซ็นต์เยื่อใยในอาหาร TMR ฟางข้าวหมักยูเรีย 5% เป็นแหล่งของอาหารหยาบสำหรับในการประกอบอาหาร TMR ซึ่งในการทดลองนี้ได้ใช้ฟางข้าวหมักในปริมาณที่เท่ากันในแต่ละกลุ่มการทดลอง ทั้งนี้เพื่อที่จะศึกษาโภชนะพลังงานและโปรตีนได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะมีปริมาณของฟางข้าวหมักเท่ากัน แต่ในแต่ละกลุ่มการทดลองนั้นก็มีความแตกต่างกันตามระดับของโภชนะที่แต่ละกลุ่มได้รับ โดยเฉพาะกลุ่มที่ได้รับระดับพลังงาน 90% NRC นั้นจะมีเยื่อใยสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับพลังงาน 100% NRC ทั้งนี้เนื่องจากกลุ่มที่ได้รับพลังงาน 90% NRC นั้นได้รับข้าวโพดบดที่ใช้เป็นแหล่งของพลังงานในปริมาณที่ต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับพลังงาน 100% NRC ซึ่งมีผลต่อสัดส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบ นั่นคือกลุ่มที่ได้รับโภชนะพลังงานที่ต่ำกว่าจะมีเปอร์เซ็นต์เยื่อใยสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับโภชนะพลังงานสูง

4.6.2 ปริมาณการกินได้

จากการทดลองพบว่าปริมาณการกินได้ของโคในกลุ่มที่ได้รับระดับพลังงาน 100% NRC มีแนวโน้มได้รับอาหารมากกว่ากลุ่มที่ได้รับระดับพลังงาน 90% NRC ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณของวัตถุดิบของข้าวโพดบดและกากถั่วเหลืองมีผลต่อปริมาณของอาหารที่โคได้รับ ดังที่กล่าวข้างต้นเมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ของโภชนะพลังงาน (%TDN) และโปรตีนในข้าวโพดบดและกากถั่วเหลืองซึ่งมี %TDN ใกล้เคียงกัน 89.60% และ 82.68% ตามลำดับ และมี %CP เท่ากับ 7.90% และ 47.92% จะเห็นว่าความเข้มข้นของพลังงานของวัตถุดิบทั้ง 2 ชนิดใกล้เคียงกัน แต่มีความเข้มข้นของโปรตีนแตกต่างกันมาก ซึ่งความเข้มข้นของโภชนะสูงจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณการใช้ของวัตถุดิบ ทำให้กลุ่มที่ได้รับระดับพลังงาน 100% NRC และโปรตีน 90% NRC ได้รับแหล่งพลังงานจากข้าวโพดบดเป็นส่วนใหญ่และได้รับพลังงานจากกากถั่วเหลืองบางส่วนเพื่อใช้ในการปรับโภชนะโปรตีนในระดับ 90% ในขณะที่กลุ่มที่ได้รับระดับพลังงาน 90% และระดับโปรตีน 100% NRC นั้นจะได้พลังงานจากการใช้กากถั่วเหลืองในการปรับระดับโภชนะของโปรตีน 100% และได้รับพลังงานจากข้าวโพดบดในการปรับระดับพลังงาน 90% อย่างไรก็ตามในกลุ่มการทดลองที่มีสัดส่วนของระดับความต้องการโภชนะพลังงานและโปรตีนเท่ากันคือในกลุ่มที่ได้รับระดับพลังงานและโปรตีน 100% NRC และในกลุ่มที่ได้รับระดับพลังงานและโปรตีน 90% NRC นั้นพบว่าการกินได้ของโคทั้งสองกลุ่มนี้ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณของวัตถุดิบข้าวโพดบดและกากถั่วเหลืองนั้นใช้ในสัดส่วนที่เท่ากัน คือ 1 ต่อ 1

โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมดที่โคได้รับในแต่ละกลุ่มการทดลองนั้นมีความสัมพันธ์กับระดับของพลังงานและโปรตีนที่โคได้รับตามกลุ่มทดลองอย่างไรก็ตามก็ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เพื่อเป็นประโยชน์ในการศึกษาจึงมีความจำเป็นที่จะวิจารณ์ในเนื้อหาในเชิงของความเป็นไปได้ตามผลการทดลองโดยกลุ่มทดลองที่ได้รับระดับพลังงาน 100% NRC นั้นจะได้รับปริมาณของ TDN ที่มีแนวโน้มสูงกว่าในกลุ่มที่ได้รับระดับพลังงาน 90% NRC อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากสองกลุ่มทดลองที่ได้รับพลังงาน 100% และโปรตีน 90% กับกลุ่มที่ได้รับพลังงานและโปรตีน100% พบว่าการกินได้ของกลุ่มที่ได้รับพลังงาน 100% และโปรตีน 90% มีแนวโน้มสูงกว่าในกลุ่มที่ได้รับพลังงานและโปรตีน100% แต่มีปริมาณของ TDN ที่กลุ่มการทดลองทั้งสองกลุ่มได้รับใกล้เคียงกัน เนื่องจากในกลุ่มที่ได้รับพลังงาน 100% และโปรตีน 90% นั้นจะได้โภชนะของพลังงานโดยส่วนใหญ่จากข้าวโพดบด ในขณะที่ในกลุ่มที่ได้รับพลังงานและโปรตีน 100% NRC นั้นโภชนะของพลังงานที่โคได้รับในกลุ่มการทดลองนี้จะได้รับจากข้าวโพดบดและจากกากถั่วเหลืองที่ใช้ในการปรับระดับโภชนะ โปรตีน100%

โภชนะที่โคไดรับในแต่ละกลุ่มการทดลองจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของชนิดวัตถุดิบที่ใช้ในการประกอบอาหารในรูปของ TMR ในขณะที่ความเข้มข้นของโภชนะและปริมาณจะถูกกำหนดโดยระดับความต้องการในแต่ละกลุ่มการทดลอง ซึ่งอย่างไรก็ตามพบว่าในการทดลองนี้ปริมาณการกินได้รวมถึงโภชนะในรูปของ TDN และ โปรตีนที่โคได้รับในแต่ละกลุ่มการทดลองนั้นมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันกับระดับของความต้องการทีกำหนดให้ในแต่ละกลุ่มการทดลอง

ตารางที่ 4.8 แสดงพลังงานที่ได้รับจากอาหารและที่โคนมต้องการ

ระดับพลังงาน (E) NRC	**90%**		**100 %**	
ระดับโปรตีน (P) NRC	**90%**	**100%**	**90%**	**100%**
Total NE intake	11.16	10.89	13.53	12.50
NE_M	7.12	7.14	7.17	6.70
NE_L	5.78	6.05	7.38	6.66
NE_G	-0.06	-0.08	-0.04	-0.07
NE retention	5.72	5.98	7.34	6.59
$NEI-NE_M$	4.04	3.75	6.36	5.80

4.6.3 ปริมาณของพลังงานจากอาหารที่โคได้รับและความต้องการพลังงานของโคทดลอง

จากตารางที่ 4.8 แสดงระดับพลังงานที่โคนมได้รับในแต่ละกลุ่มการทดลองในรูปของ Net energy (NE intake) ซึ่งมีความสัมพันธ์เป็นในทางเดียวกับ %TDN ที่กลุ่มการทดลองแต่ละกลุ่มได้รับ อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ทำการศึกษาในระดับพลังงานที่ต่ำกว่า NRC กำหนด 10% นั้นพบว่าความต้องการพลังงานในการเจริญเติบโตหรือในการเพิ่มน้ำหนักตัวนั้นได้รับไม่เพียงพอมีผลทำให้น้ำหนักตัวของโค โดยเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มการทดลองลดลง เนื่องจากโคต้องใช้พลังงานที่ขาดไปโดยการสลายไขมันที่สะสมในตัวโคเพื่อเป็นแหล่งของพลังงานโดยเฉพาะในกลุ่มที่ได้รับพลังงาน 90% NRC ในขณะที่พลังงานที่ใช้ในการดำรงชีพของแต่ละกลุ่มการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน แต่พลังงานทีใช้ในการผลิตน้ำนมนั้นพบว่าในกลุ่มที่ได้รับพลังงาน 100% NRC นั้นมีการใช้พลังงานมากกว่าในกลุ่มที่ได้รับพลังงาน 90% NRC ซึ่งจากการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของพลังงานและโปรตีนพบว่าระดับของโปรตีนนั้นมีผลกระทบต่อการใช้พลังงานในโค กล่าวคือประสิทธิภาพของการใช้พลังงานนั้นจะถูกขัดขวางจากระดับโปรตีนที่มากเกินความจำเป็นของโค จากการศึกษาของ Tyrrell และคณะ (1970) พบว่าพลังงานที่โคได้รับจากโภชนะบางส่วนจะถูกนำไปใช้ในขบวนการในการเปลี่ยน Nitrogen เป็น Urine ซึ่งจะใช้พลังงาน 5.88 kcal นั่นคือหากระดับของโปรตีนที่มีมากเกินไปจะมีผลกระทบต่อ Net energy ที่โคจะได้รับ และยังทำให้สัดส่วนในการเปลี่ยนพลังงานในรูปของ DE เป็น ME ลดลง ซึ่งจากการทดลองนี้พบว่าความต้องการพลังงานในการสร้างผลผลิตน้ำนมและความต้องการในการเจริญเติบโตนั้นมีความสัมพันธ์กัน พบว่าในกลุ่มที่ได้รับระดับพลังงานและโปรตีน 90% NRC นั้นจะมีความต้องการในการสร้างผลผลิตต่ำกว่าในกลุ่มทดลองอื่นๆ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าระดับของโภชนะพลังงานที่โคต้องการนั้นได้รับไม่เพียงพอ ซึ่งจะสังเกตุได้จากความต้องการพลังงานในการเจริญเติบโต ในขณะที่ในกลุ่มที่ได้รับพลังงานและโปรตีน 100% NRC นั้นพบว่ามีการใช้พลังงานในการผลผลิตน้ำนมสูงกว่าในกลุ่มที่ได้รับพลังงานและโปรตีน 90% NRC แต่พลังงานที่ใช้ในการเจริญเติบโตนั้นมีไม่เพียงพอต่อความต้องการ

ทั้งนี้การคำนวณความต้องการพลังงานของโคในระยะให้นมนั้น จะคำนวณจากสมการความต้องการพลังงานในแต่ละกิจกรรมอันได้แก่ ความต้องการเพื่อการดำรงชีพ ความต้องการพลังงานเพื่อการเจริญเติบโต และความต้องการพลังงานเพื่อใช้ในการสร้างน้ำนม เมื่อพิจารณาปัจจัยที่ใช้ในการคำนวณจะเห็นว่าความต้องการพลังงานเพื่อการสร้างน้ำนมนั้นจะคำนวณมาจากเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมโดยมีสมการในการคำนวณ NEL เท่ากับ 0.3512 + 0.0962%Fat ในขณะที่การคำนวณพลังงานเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตมีค่าเท่ากับ 5.12 ต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น 1 กิโลกรัม และ 4.92 ต่อน้ำหนักที่ลดลง 1 กิโลกรัม โดยในกรณีที่น้ำหนักลดลงนั้นจะมีการใช้พลังงานในการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว 6 Mcal ต่อน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง และมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน

ในการสร้างน้ำนม 82% ในขณะที่ถ้าน้ำหนักของโคเพิ่มขึ้นจะมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานจาก ME เพื่อการสร้างน้ำนมและใช้ในการเพิ่มเนื้อเยื่อ 64% และ 75% ตามลำดับ ในขณะที่การทำนายพลังงานเพื่อใช้ในการดำรงชีพใช้ค่าคงที่คือ 0.08 ซึ่งค่าคงที่นี้ได้จากการทดลองที่มีปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพแตกต่างไปจากสภาพความเป็นจริงในประเทศไทย ปัจจัยที่น่าจะส่งผลกระทบต่อความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพนั้นก็คือ สภาพแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของอุณหภูมิ ความชื้น การจัดการ รวมไปถึงในเรื่องของคุณภาพของอาหารโดยเฉพาะอาหารหยาบ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ต่างส่งผลต่อความต้องการพลังงานเพื่อใช้ในการดำรงชีพ กล่าวคือ ถ้าโคได้รับอาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำส่งผลให้การใช้พลังงานในการย่อยอาหารสูงขึ้นขณะเดียวกันในขบวนการหมักย่อยนั้นจะเกิดความร้อนในกระเพาะหมัก และถ้าอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมสูง ก็ยิ่งจะส่งผลต่อการใช้พลังงานในการกำจัดความร้อนออกจากร่างกาย ซึ่งในโคนั้นจะกำจัดความร้อนนั้นด้วยการหายใจเพิ่มขึ้น ดังนั้นจะเห็นว่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นนี้น่าจะส่งผลต่อความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพเมื่อเปรียบเทียบกับความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพจากการคำนวณของ NRC

ตารางที่ 4.9 แสดงปริมาณของโปรตีนที่โคต้องการและได้รับจากอาหาร

ระดับพลังงาน (E)	**90% NRC**		**100 %NRC**	
ระดับโปรตีน (P)	**90% NRC**	**100% NRC**	**90% NRC**	**100% NRC**
RDP requirement	583	562	762	719
RDP supply	809	883	874	942
Deficit/surplus	+226	+321	+112	+223
Protein supply by microbial protein (MCP)	524	505	685	647
Total protein requirement (AP_R)	716	704	860	769
Protein requirement from UDP (AP_{UDP})	380	380	421	354
Equivalent to UDP	720	720	798	672
UDP supply	454	493	480	518
Deficit/surplus	-266	-227	-318	-154

4.6.4 ปริมาณโปรตีนจากอาหารที่โคทดลองได้รับ

จากการทดลองพบว่าในกลุ่มการทดลองนั้นได้รับ RDP มากเกินพอในขณะที่ได้รับ UDP ไม่เพียงพอต่อความต้องการ จากการศึกษาการป้องกันการสลายโปรตีนในกระเพาะหมัก จะช่วยให้โปรตีนมีคุณภาพดีขึ้นอาหารสามารถนำไปใช้ได้โประโยชน์โดยตรง จากการศึกษาของ Wright (1997) พบว่าปริมาณน้ำนม เพิ่มขึ้นเมื่อเสริมอาหารโปรตีนที่ป้องกันการย่อยสลายในรูเมน อย่างไรก็ตาม Santos et al. (1998) พบว่าการเพิ่มระดับของ UDPในกระเพาะหมักไม่ทำให้ปริมาณน้ำนมเปลี่ยนไปเพราะว่า โปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RDP) ลดลงเป็นผลทำให้สัดส่วนของ กรดอะมิโนเปลี่ยนไป นอกจากนี้การให้โปรตีนมากเกินไปทำให้ปริมาณน้ำนมลดลงได้ ซึ่งการให้ปริมาณโปรตีนมากเกินไปการใช้พลังงานในการขับไนโตรเจนจะสูญเสียไป การขับไนโตรเจนจะอยู่ในรูปของยูเรียออกไปทางปัสสาวะ การสูญเสียพลังงานส่วนนี้จะมีผลทำให้ผลผลิตน้ำนมลดลงได้ จากตารางที่ 4.9 จะพบว่าปริมาณของ RDP ที่ได้รับในแต่ละกลุ่มการทดลองนั้นมีในระดับเกินพอแก่ความต้องการของโคทุกกลุ่มการทดลอง ปริมาณของ RDP ที่โคได้รับได้จากการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักของโปรตีน ซึ่งแหล่งของโปรตีนในการทดลองคือ กากถั่วเหลืองซึ่งมีคุณสมบัติในการย่อยสลายในกระเพาะหมักได้สูง (70.90%) ในขณะที่ข้าวโพดและฟางข้าวหมักมีการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก 67.80% และ 62.80% ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาในกลุ่มที่ได้รับระดับพลังงาน 100% และโปรตีน 90% นั้นปริมาณของ RDP ในกลุ่มนี้จะได้รับ RDP น้อยกว่าในกลุ่มอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากไดรับปริมาณของกากถั่วเหลืองน้อยกว่ากลุ่มอื่นๆ

ผลกระทบจากระดับโปรตีนจากการทดลองพบว่าในกลุ่มการทดลองที่ได้รับโปรตีน 90% สูงกว่าในกลุ่มการทดลองที่ได้รับโปรตีน 100% ซึ่งจะเห็นว่าเป็นทางตรงกันข้ามกับความต้องการพลังงาน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงชนิดของโปรตีนที่โคได้รับคือ RDP และ UDP แล้วพบว่าปริมาณ ของ RDP นั้นน่าจะมีผลมากกว่า UDP ทั้งนี้ได้มีการศึกษาการเพิ่มปริมาณของ UDP ในอาหาร ซึ่งจากการรวบรวมเอกสารพบว่าการเพิ่มระดับของ UDP นั้นสามารถที่จะเพิ่มปริมาณของน้ำนมได้ในระดับหนึ่ง (Aldrich et al. 1997.; Atwal et al. 1995.; Mielke and Schingoeth. 1981) แต่มีบางการทดลองพบว่าการเพิ่ม UDP นั้นไม่สามารถที่จะทำให้ปริมาณของน้ำนมเพิ่มขึ้นแต่อย่างใด เช่นการศึกษาของ Santos et al. (1998) พบว่าการการเสริมอาหารที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมักไม่ทำให้ปริมาณน้ำนมเปลี่ยนไปเพราะว่า โปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (Ruminally Degradable Protein RDP) ลดลงเป็นผลทำให้สัดส่วนของ กรดอะมิโนเปลี่ยนไป

แม้การเพิ่มปริมาณของ UDP จะทำให้ปริมาณของกรดอะมิโนที่โคได้รับสูงขึ้นแต่เมื่อพิจารณาถึงระยะของการให้นมจะเห็นว่าในระยะต้นของการให้นมนั้นโคต้องการกรดอะมิโนสูงเนื่องจากในช่วงนี้เป็นช่วงที่โคผลิตน้ำนมสูง การเพิ่มปริมาณของกรดอะมิโนในโคระยะนี้อาจจะ

สามารถที่จะทำให้โคให้ผลผลิตน้ำนมสูงขึ้น แต่ในการทดลองนี้ได้ทำการศึกษาในโคนมระยะให้นมระยะกลางดังนั้นปริมาณของ UDP จึงอาจจะไม่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตน้ำนมของโค แต่จากการทดลองพบว่าปริมาณของจุลินทรีย์ที่โคผลิตได้จากการให้อาหารตามกลุ่มการทดลองนั้นน่าจะมีผลต่อการสร้างน้ำนม ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์สามารถที่จะเปลี่ยนไนโตรเจนเป็นกรดอะมิโนโดยเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็น จุลินทรีย์จะใช้พลังงานจากไนโตรเจนและกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายอาหารที่เป็นแหล่งพลังงานในการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณ ซึ่งในส่วนของไนโตรเจนนั้นโคได้รับจากโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะหมักและ Non protein nitrogen (NPN) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากสมการในการหาปริมาณของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักพบว่าปัจจัยที่ผลคือ TDN ซึ่งในกลุ่มการทดลองที่ได้รับพลังงานระดับ 100% NRC นั้นจะมี TDN สูงมีผลต่อปริมาณของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก (David et al, 1999.) นอกจากนี้ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ โดยการเพิ่มอาหารที่เป็นแหล่งของพลังงานที่มีการย่อยสลายในกระเพาะหมักสูง พบว่าการเพิ่มการย่อยสลายอาหารที่เป็นแหล่งพลังงานมีแนวโน้มทำให้ปริมาณของจุลินทรีย์เพิ่มได้ (Shabi, et al. 1998.; Mabjeesh, et al. 1997.; Lykos, et al. 1997) เมื่อวิเคราะห์ระดับโปรตีนในกลุ่มของการทดลองที่ได้รับพลังงาน 100% NRC พบว่าปริมาณของ RDP ที่โคกลุ่มทดลองที่ได้รับระดับพลังงาน 100% และโปรตีน 90% มีปริมาณของ RDP ที่เกินพออยู่ในระดับต่ำกว่าในกลุ่มที่ได้รับพลังงานและโปรตีน 100% การมีค่าย่อยสลายโปรตีนสูงทำให้ไนโตรเจนในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้น ปริมาณของไนโตรเจนที่สูงเกินไปทำให้ความต้องการพลังงานเปลี่ยนไนโตรเจนเป็นยูเรียเพื่อขจัดออกจากร่างกาย ซึ่งการเปลี่ยนไนโตรเจนเป็นยูเรียต้องใช้พลังงานส่วนหนึ่ง ทำให้สัดส่วนที่พลังงานที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้ลดลงจากอาหารที่สัตว์ได้รับเข้าไป (NRC, 1988) และจากการศึกษาของ Kalscheur et al. (1999) พบว่าการลดระดับโปรตีนลงในโคนมระยะกลางและตอนปลายของการให้นมนั้นไม่กระทบต่อผลผลิตทางด้านน้ำนมและสามารถลดต้นทุนและของเสียในรูปของไนโตรเจนลดลง ดังนั้นจะเห็นว่าระดับปริมาณของโปรตีนที่โคได้รับนั้นมีผลกระทบต่อการใช้พลังงานของโค

4.6.5 พลังงานและโปรตีนที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพน้ำนม

การลดระดับของพลังงานและโปรตีนลง 10% นั้นจากการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อมาพิจารณาค่า %CV ของปริมาณน้ำนมของการทดลองนี้พบว่ามีค่าสูงกว่าในการทดลองอื่นๆ (34.77 VS ~15.0) ดังนั้นในการสรุปผลของปริมาณน้ำนม ที่ได้รับระดับพลังงานและโปรตีนในการศึกษานี้อาจเป็นไปได้ว่าปริมาณน้ำนมนั้นอาจจะมีแนวโน้มที่จะพบความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองทั้ง 4 พบว่าระดับของพลังงานที่เพิ่มขึ้นนั้นมีแนว

โน้มที่ทำให้ปริมาณน้ำนมเพิ่มขึ้น และถ้าหากพิจารณาในส่วนของพลังงานที่โคต้องการในแต่ละกิจกรรมจะพบว่าในกิจกรรมที่โคจะต้องใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพนั้นได้รับไม่เพียงพอ กล่าวคือถ้าหากเชื่อว่าพลังงานในส่วนของการสร้างน้ำนมและพลังงานเพื่อการเจริญเติบโตนั้นเป็นไปตามสมการการทำนายความต้องการพลังงานแล้ว และนำความต้องการพลังงานของทั้งสองกิจกรรมนี้ไปหักลบออกจากพลังงานในอาหารที่โคได้รับ จะพบว่าความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพนั้นได้รับไม่เพียงพอทั้งนี้ก็เป็นผลมาจากการให้ระดับพลังงานตามการทดลองที่ระดับต่ำกว่า NRC (1988) แนะนำ 10% และโดยปกติแล้วโคจะใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพก่อนจึงใช้พลังงานในส่วนที่เหลือเพื่อใช้ในกิจกรรมอื่นต่อไป ซึ่งการที่โคได้รับพลังงานที่ไม่เพียงพอนี้จึงอาจจะเป็นสาเหตุที่ทำให้ในกลุ่มการทดลองที่ได้รับระดับพลังงาน 100% NRC นั้นมีแนวโน้มสูงกว่าในกลุ่มที่ได้รับพลังงาน 90% NRC

สำหรับระดับความต้องการของโภชนะที่โคได้รับที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำนมนั้นพบว่าปริมาณของไขมันในน้ำนม ของแข็งพร่องไขมัน และปริมาณของแข็งทั้งหมดนั้นในกลุ่มการทดลองที่ได้รับระดับพลังงาน 100% NRC นั้นจะมีแนวโน้มที่มีปริมาณสูงกว่าในกลุ่มการทดลองที่ได้รับพลังงาน 90% NRC ทั้งนี้เนื่องจากในกลุ่มนี้มีปริมาณของ TDN สูงและมีผลต่อปริมาณของกรดไขมันระเหยซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของไขมันในน้ำนม

4.6.6 ผลต่อน้ำหนักตัว

ผลของระดับพลังงานและโปรตีนที่มีผลต่อน้ำหนักตัวของโค พบว่าน้ำหนักของโคทดลองของทุกกลุ่มการทดลองมีน้ำหนักตัวลดลง ซึ่งสาเหตุอาจจะเกิดจากโภชนะที่โคได้รับนั้นไม่เพียงพอแก่ความต้องการทำให้ตัวโคต้องใช้พลังงานจากการสลายไขมันที่สะสมในตัวออกมาใช้เป็นผลทำให้น้ำหนักโคของแต่ละกลุ่มการทดลองลดลง

4.7 สรุปผลการทดลอง

1. ผลต่อการกินได้

พบว่าปริมาณอาหารในรูปของวัตถุแห้ง โปรตีนรวม และโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด ที่โคได้รับระดับพลังงานและโปรตีนต่ำกว่า NRC (1988) แนะนำ 10%ทั้ง 4 กลุ่มการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

2. ผลต่อผลผลิตน้ำนม

พบว่าปริมาณน้ำนม ปริมาณไขมันนม ปริมาณโปรตีนในนม ปริมาณของแข็งพร่องไขมัน และของแข็งรวมในนม ของโคที่ได้รับระดับพลังงานและโปรตีนต่ำกว่า NRC (1988) แนะนำ 10% ทั้ง 4 กลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

3. ผลต่อองค์ประกอบในน้ำนม

เปอร์เซ็นต์ไขมันในนม เปอร์เซ็นต์โปรตีนในนม เปอร์เซ็นต์ของแข็งพร่องไขมัน และเปอร์เซ็นต์ของแข็งรวมในนมของโคที่ได้รับระดับพลังงานและโปรตีนต่ำกว่า NRC (1988) แนะนำ 10%ทั้ง 4 กลุ่มการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

4. ผลต่อน้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง

น้ำหนักตัวของโค และน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงของโคที่ได้รับระดับพลังงานและโปรตีนที่ต่ำกว่า NRC (1988) แนะนำ 10%ทั้ง 4 กลุ่มการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

บทที่ 5
การทดลองที่ 2 การศึกษาความต้องการพลังงานและโปรตีนในโคนมที่ให้นมระยะกลางสูงกว่า NRC (1988) แนะนำ 10 %

5.1 คำนำ

ผลผลิตน้ำนมของโคนมได้รับจากการใช้ประโยชน์จากอาหารที่รับเข้าไป โดยการใช้พลังงานในการย่อยสลายอาหาร ขบวนการแมทาบอลิซึมและการดูดซึมภายสู่ร่างกาย การใช้พลังงานนี้มีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมที่โคนมดำรงชีพอยู่ โดยเฉพาะระดับของพลังงานและโปรตีนที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนั้นประเทศไทยได้ใช้มาตรฐานในการคำนวณความต้องการโภชนะของโคนมตามประเทศที่มีสภาพอากาศหนาว ซึ่งปกติแล้วการหมักย่อยในส่วนของกระเพาะหมักจะเกิดความร้อนขึ้น โคนมในเขตหนาวสามารถระบายความร้อนออกจากร่างกายได้ดีเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิในร่างกายและภายนอกต่างกัน ขณะที่โคนมในเขตร้อนจำเป็นต้องใช้พลังงานบางส่วนเพื่อถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกาย เนื่องจากอุณหภูมิภายในร่างกายและสภาพภูมิอากาศภายนอกใกล้เคียงกัน ขณะเดียวกันคุณภาพของอาหารหยาบในประเทศเขตร้อนจะมีการย่อยได้ต่ำ ความต้องการพลังงานเพื่อที่จะใช้ในขบวนการหมักย่อยจึงสูงกว่า สิ่งเหล่านี้มีผลต่อการให้ผลผลิต และอาจส่งผลต่อความต้องการของโภชนะของโคนมได้ ดังนั้นการศึกษาในการทดลองที่ 2 จะศึกษาความต้องการพลังงานและโปรตีนในโคนมที่ให้นมระยะปานกลางสูงกว่า NRC (1988) แนะนำ 10%

5.2 วัตถุประสงค์

1). เพื่อศึกษาผลกระทบผลผลิตของโคนมที่ให้นมในระยะปานกลางจากการคำนวณความต้องการพลังงานและโปรตีนสูงกว่า NRC (1988) แนะนำ 10%

2). เพื่อศึกษาถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างพลังงานและโปรตีนที่ระดับ 100% 110% NRC (1988) ที่มีผลกระทบต่อผลผลิตของโคนมที่ให้นมในระยะกลาง

5.3 อุปกรณ์และวิธีการ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ใช้โคนมลูกผสมพันธุ์ Holstein-Friesian เลือดประมาณ 87.5% ที่ให้นมในระยะปานกลาง การจัดกลุ่มสัตว์ทดลองใช้วิธีการ Stratified Random Balance Group โดยจัดกลุ่มตามปริมาณน้ำนม ระยะเวลาการให้นม จำนวนครั้งของการให้นมและอายุของสัตว์ทดลองตามลำดับ

ตารางที่ 5.1 แสดงคุณสมบัติของกลุ่มตัวอย่างของการทดลองที่ 2

คุณสมบัติ	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4
ปริมาณน้ำนม (กิโลกรัม/วัน)	7.8 ±1.17	7.8 ±1.25	7.8 ±0.90	7.8 ±1.15
ระยะเวลาให้นม (วัน)	131 ±20.49	125 ±13.04	152 ±14.49	148 ±17.70
เปอร์เซ็นต์ไขมันนมในน้ำนม	3.86 ±0.87	3.00 ±0.35	3.20 ±0.08	3.06 ±0.56
น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	389 ±15.17	375 ±32.29	380 ±10.73	375 ±15.58
จำนวนครั้งการให้นม	3 ± 0.42	3 ±0.54	2 ±0.49	2 ±0.42
อายุ (เดือน)	74 ±8.43	66 ±11.06	78 ±11.48	58 ±8.98

การทดลอง

จัดการทดลองแบบ Factorial 2 x 2 โดยจัดกลุ่มการทดลองแบบ Stratified Random Balance Group โดยมี 2 ปัจจัยคือ

ปัจจัย A คือระดับพลังงาน 2 ระดับ ที่ระดับพลังงาน 100% และ 110%

ปัจจัย B คือระดับโปรตีน 2 ระดับที่ระดับโปรตีน 100% และ 110%

แบ่งกลุ่มการทดลองเป็น 4 กลุ่มตาม Treatment คือ

กลุ่มที่ 1 ได้รับระดับพลังงานและโปรตีน 100% NRC (1988)

กลุ่มที่ 2 ได้รับระดับพลังงาน 100% และระดับโปรตีน 110% NRC (1988)

กลุ่มที่ 3 ได้รับระดับพลังงาน 110%NRC และรับระดับโปรตีน 100% NRC (1988)

กลุ่มที่ 4 ได้รับระดับพลังงานและโปรตีน 110% NRC (1988)

การจัดสัตว์ทดลอง

ใช้สัตว์ทดลองกลุ่มละ 6 ตัว ทั้งหมด 24 ตัวจัดให้อยู่ในซองของแต่ละตัวโดยการสุ่ม โดยมีรางอาหารและอ่างน้ำสำหรับโคทดลองทุกตัวใช้เวลาในการปรับตัวและเก็บข้อมูลปริมาณน้ำนมของสัตว์ทดลอง 10 วันก่อนทดลองเก็บข้อมูลจริง

อาหารที่ใช้ในการทดลอง

อาหารทดลองใช้วัตถุดิบชนิดเดียวกับการทดลองที่ 1 แต่การคำนวณปริมาณที่ให้โคจะคำนวณที่ระดับพลังงานและโปรตีนสูงกว่า NRC (1988) แนะนำ 10%

การเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างอาหารและปริมาณการกินได้ในแต่ละวันทำเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 โดยชั่งอาหารที่เหลือหลังกิน ของโคทดลองแต่ละตัวจดบันทึก สุ่มตัวอย่างอาหารหลังกินของแต่ละตัวไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมงเพื่อหาน้ำหนักอาหารหลังกินในรูปของวัตถุแห้ง

การหาองค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ให้โคทดลองเก็บตัวอย่างวัตถุดิบแต่ละชนิดทุกวันและทำเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

ตารางที่ 5.2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองที่ 2

องค์ประกอบทางเคมี (%)	ฟางข้าว[1/]	ข้าวโพดบด	กากถั่วเหลือง	แร่ธาตุ[2/]
วัตถุแห้ง	62.5	91.37	90.96	90
โปรตีน	7.52	8.21	47.94	
เยื่อใย	40.04	4.78	6.80	
ไขมัน	1.61	4.40	1.91	
NDF	77.0	4.5	14	
ADF	44.33	0.9	3.1	
ADL	9.44	0.18	1.58	
Ash	11.1	1.85	7.45	
TDN	43.62	83.68	82.60	

[1/] ฟางข้าวหมักยูเรีย 5% เวลาในการหมัก 10 วัน

[2/]แร่ธาตุต่อ 1 กิโลกรัม ประกอบด้วย ทองแดง 100 มิลลิกรัม แมงกานีส 6.4 กรัม สังกะสี 3 กรัม โคบอลล์ 60 มิลลิกรัม ไอโอดีน 3.04 มิลลิกรัม ซีลีเนียม 0.5 กรัม แมกนีเซียม 8 มิลิฃลิกรัม โซเดียม 150 กรัม แคลเซียม 248.07 กรัม ฟอสฟอรัส 20.88 กรัม ซัลเฟอร์ 20 กรัม และสื่อเติมจนครบ 1 กิโลกรัม

การศึกษาการย่อยได้

ทำการศึกษาเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 โดยแยกวัตถุดิบอาหารเพื่อศึกษาออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิด อาหารหยาบคือฟางข้าวหมักยูเรีย 5 % และอาหารข้นคือ ข้าวโพดบด,กากถั่วเหลือง

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

เช่นเดียวกันกับการทดลองที่ 1

5.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1และวิเคราะห์ความแปรปรวณ โดยใช้วิธี Analysis of Variance ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (Statistical analysis system, 1985)

หมายเหตุ

การทดลองครั้งนี้มีเหตุจำเป็นที่ต้องคัดโคที่ใช้ในการทดลองออกจากการทดลองที่ 2 จำนวน 4 ตัวในช่วงของการดำเนินการทดลองในสัปดาห์ที่ 2 – 3 ของการทดลอง เนื่องจากปัญหาสุขภาพของตัวโค โดยโคที่คัดออกนั้นอยู่ในกลุ่มของการทดลองอย่างละตัวทำให้จำนวนโคในแต่ละกลุ่มการทดลองมีอยู่กลุ่มละ 5 ตัว

5.5 ผลการทดลอง

5.5.1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมเสร็จ(TMR) ที่โคทดลองได้รับตลอดการทดลอง

ตารางที่ 5.3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร TMR ที่ให้โคทดลองทั้ง 4 กลุ่มทดลอง โดยใช้ฟางข้าวหมักยูเรีย 5% เป็นแหล่งของอาหารหยาบ ข้าวโพดบดและกากถั่วเหลืองใช้เป็นแหล่งของอาหารข้น พบว่าปริมาณของโภชนะที่โคทดลองได้รับนั้นมีความสัมพันธ์กับโภชนะที่กำหนดให้

ตารางที่ 5.3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของอาหารในรูปของ TMRที่ใช้ในการทดลองที่ 2

พลังงาน	100%		110%	
โปรตีน	100%	110%	100%	110%
โภชนะ	-------------------------------------	----%----	----------------------------------	
วัตถุแห้ง	73.25	73.01	74.36	74.19
โปรตีน	16.85	17.59	15.36	16.83
ไขมัน	2.30	2.19	2.52	2.40
เยื่อใย	23.49	24.18	21.94	22.37
ADF	24.00	24.82	22.08	22.59
NDF	44.29	45.81	40.89	41.96
TDN	62.89	61.47	65.35	64.43

5.5.2 ปริมาณการกินได้ โปรตีนและโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด

จากตารางที่ 5.4 แสดงปริมาณการกินได้โปรตีนและโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมดของอาหาร ที่โคได้รับทั้ง 4 กลุ่มการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 5.4 แสดงปริมาณการกินได้,โปรตีนและโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมดของโคในการทดลองที่ 2

พลังงาน	100%		110%		SEM	-------------p-------------		
โปรตีน	100%	110%	100%	110%		E	P	E*P
วัตถุแห้ง (kg/ตัว/วัน)	9.75	9.43	10.76	10.55	0.43	0.103	0.668	0.931
TDN (kg/ตัว/วัน)	6.17	5.84	7.11	6.87	0.38	0.087	0.605	0.930
โปรตีน (g/ตัว/วัน)	1,652	1,670	1,661	1,791	89.1	0.614	0.562	0.661

5.5.3 ผลผลิตน้ำนม

จากตารางที่ 5.5 ผลผลิตน้ำนมของโคทดลองทั้ง 4 กลุ่มการทดลอง พบว่า ปริมาณน้ำนม ปริมาณไขมันในน้ำนม ปริมาณโปรตีนในปริมาณของแข็งพร่องในน้ำนม และปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำนมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 5.5 แสดงปริมาณและองค์ประกอบของน้ำนม

ปริมาณต่อตัวต่อวัน	พลังงาน 100%		พลังงาน 110%		SEM	-----------p----------		
	โปรตีน		โปรตีน					
	100%	110%	100%	110%		E	P	E*P
น้ำนม (kg/cow/day)	7.55	6.16	8.63	7.84	0.92	0.576	0.711	0.760
ไขมัน (g/cow/day)	339	262	323	321	33	0.476	0.207	0.814
โปรตีน (g/cow/day)	221	203	262	245	25	0.181	0.553	0.981
SNF (g/cow/day)	591	491	571	647	73	0.408	0.698	0.553
Total solid (g/cow/day)	930	754	894	969	103	0.415	0.493	0.619

5.5.4 เปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบน้ำนม

เปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบน้ำนมแสดงไว้ในตารางที่ 5.6 พบว่า เปอร์เซ็นต์ไขมันในนม เปอร์เซ็นต์โปรตีนในนม เปอร์เซ็นต์ของแข็งพร่องในนม และเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด ทั้ง 4 กลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 5.6 แสดงเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของน้ำนม

พลังงาน	100%		110%		SEM	------------p------------		
โปรตีน	100%	110%	100%	110%		E	P	E*P
% ไขมัน	4.63	4.16	4.45	4.51	0.21	0.554	0.237	0.498
% โปรตีน	3.19	3.28	3.55	3.74	0.16	0.128	0.880	0.933
% SNF	7.69	7.63	6.64	8.26	0.14	0.079	0.900	0.104
% Total solid	12.33	11.80	12.42	12.78	0.62	0.131	0.282	0.133

5.5.5 น้ำหนักตัวและน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง

น้ำหนักตัวและน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงของโคทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 5.7 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ทั้ง 4 กลุ่มการทดลอง

ตารางที่ 5.7 แสดงน้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง

พลังงาน	100%		110%		SEM	-------------p-------------		
โปรตีน	100%	110%	100%	110%		E	P	E*P
น้ำหนักตัว (kg)	400	381	405	394	14	0.675	0.467	0.829
น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง (g/day)	+387	+42	+407	+650	5.13	0.110	0.527	0.527

5.6 วิจารณ์ผลการทดลอง

5.6.1 เปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบทางเคมีของอาหาร

เปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบทางเคมีในแต่ละกลุ่มการทดลองที่แสดงในตารางที่ 5.2 พบว่าเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งในกลุ่มการทดลองที่ได้รับระดับพลังงาน 110% NRC นั้นมีเปอร์เซ็นต์สูงกว่าในกลุ่มที่ได้รับระดับพลังงาน 100% NRC ทั้งนี้เนื่องจากแหล่งของพลังงานในอาหารในรูป TMR นั้นใช้ข้าวโพดบดซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งสูงกว่าในกากถั่วเหลืองและฟางข้าวหมัก 91.37% 90.96% และ 62.50% ตามลำดับ ประกอบกับในกลุ่มที่ได้รับระดับพลังงาน 110% นั้นมีสัดส่วนของข้าวโพดอยู่สูง

เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนในอาหารแต่ละกลุ่มการทดลอง พบว่าเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนที่โคได้รับในแต่ละกลุ่มการทดลองจะขึ้นอยู่กับสัดส่วนของระดับพลังงานและโปรตีนที่ได้รับ จะเห็นว่าในกลุ่มการทดลองที่ได้รับระดับพลังงานและโปรตีน 100% NRC กับกลุ่มการทดลองที่ได้รับระดับพลังงานและโปรตีน 110% NRC จะมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหารที่ใกล้เคียงกัน ขณะที่ในกลุ่มการทดลองที่ได้รับระดับพลังงาน 110% และโปรตีน 100% กับกลุ่มการทดลองที่ได้รับพลังงาน 100% และโปรตีน 110% ซึ่งมีสัดส่วนของระดับพลังงานและโปรตีนไม่เท่ากันจะมีความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์โปรตีน สาเหตุที่ทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนขึ้นอยู่กับสัดส่วนของระดับพลังงานและโปรตีนที่โคได้รับนั้นมาจากปริมาณของการใช้วัตถุดิบและคุณสมบัติของตัววัตถุดิบ ซึ่งแหล่งของโปรตีนที่ใช้คือ กากถั่วเหลืองที่มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูง (47.94%) ในขณะที่ข้าวโพดบดและฟางข้าวหมักมีอยู่ 6.80% และ 7.52 ตามลำดับ จะเห็นว่าความเข้มข้นของโปรตีนของกากถั่วเหลืองสูงกว่าข้าวโพดบดและฟางข้าวมากทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหารของแต่ละกลุ่มการทดลองขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้กากถั่วเหลือง ซึ่งจะแตกต่างไปจากเปอร์เซ็นต์ของ TDN ในอาหารของแต่ละกลุ่มการทดลอง พบว่าในกลุ่มการทดลองที่ได้รับระดับพลัง

งาน 110% NRC นั้น มี %TDN สูงกว่าในกลุ่มที่ได้รับระดับพลังงาน 100% NRC และจะเห็นว่า %TDN นั้นไม่ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของระดับพลังงานและโปรตีนที่แต่ละกลุ่มการทดลองได้รับ ทั้งนี้เนื่องจาก %TDN ของข้าวโพดบดที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารทดลองมีค่าใกล้เคียงกับ %TDN ของกากถั่วเหลือง คือ 89.60% และ 82.68% ตามลำดับ นั่นคือในแต่ละกลุ่มการทดลองจะได้รับพลังงานในการปรับระดับโปรตีนจากการใช้กากถั่วเหลืองด้วย

5.6.2 ปริมาณการกินได้

ปริมาณการกินได้ของโคในแต่ละการทดลองพบว่าในกลุ่มที่ได้รับระดับพลังงาน 110% NRC มีแนวโน้มของการได้รับอาหารสูงกว่าในกลุ่มที่ได้รับระดับพลังงาน 100% NRC ทั้งนี้เนื่องจากมีการใช้ปริมาณของอาหารสูงกว่าโดยเฉพาะข้าวโพดบด ในขณะที่ปริมาณของ TDN ที่โคได้รับในกลุ่มการทดลองที่ได้รับพลังงาน 110% NRC นั้นมีแนวโน้มสูงกว่าในกลุ่มที่ได้รับระดับพลังงาน 100% NRC แต่อย่างไรก็ตามก็ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติทั้ง 4 กลุ่มการทดลอง นอกจากนี้สัดส่วนของอาหารข้นที่มีอยู่สูงโดยเฉพาะในกลุ่มที่ได้รับระดับพลังงาน 110% NRC จะมีการกินได้สูง นั่นเป็นเพราะโดยคุณสมบัติของอาหารที่มีการย่อยได้สูงจะทำให้การไหลผ่านของอาหาร (Passage rate) นั้นเร็วทำให้เวลาที่อาหารอยู่ในกระเพาะหมัก (Retention time) ต่ำมีผลทำให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้น

ตารางที่ 5.8 แสดงพลังงานที่โคได้รับจากอาหารและที่โคนมต้องการ

ระดับพลังงาน (E)	**100%**		**110 %**	
ระดับโปรตีน (P)	**100%**	**110%**	**100%**	**110%**
Total NE intake	14.51	13.75	16.78	16.21
NE_M	7.09	6.89	7.13	6.95
NE_L	6.42	5.40	6.76	6.25
NE_G	0.02	0.00	0.02	0.03
NE retention	6.44	5.40	6.78	6.28
$NEI-NE_M$	7.42	6.86	9.65	9.26

5.6.3 พลังงานที่โคได้รับ

จากตารางที่ 5.8 พบว่าพลังงานที่โคได้รับในแต่ละกลุ่มการทดลองนั้นมีความสัมพันธ์เป็นไปในทางเดียวกับระดับพลังงานที่กลุ่มการทดลองแต่ละกลุ่มได้รับ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในส่วนของพลังงานทั้งหมดในอาหารที่ให้เปรียบเทียบกับความต้องการของตัวโค โดยเฉพาะถ้าเชื่อว่าในการ

คำนวณระดับความต้องการพลังงานในส่วนของการเจริญเติบโตและการสร้างน้ำนมนมนั้นเป็นไปตามสมการการคำนวณตาม NRC (1988) และพลังงานที่ใช้ในการดำรงชีพนั้นน่าจะมีผลกระทบอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมและคุณภาพของอาหารที่ได้รับแล้ว จะพบว่ามีพลังงานบางส่วนที่หายไป ซึ่งจากตารางที่ 5.9 จะเห็นว่า NEI-NE $_m$ จะมีค่ามากกว่า NE retention ซึ่งนั่นอาจหมายถึงพลังงานที่สูญหายไปนี้อาจจะปรากฏในการใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพ

หากพิจารณาพลังงานที่โคได้รับจากอาหารเปรียบเทียบกับพลังงานที่คำนวณจากสมการการทำนายความต้องการพลังงานจากตัวโคในแต่ละตัวแล้วจะพบว่า ในการคำนวณอาหารเพื่อศึกษาระดับความต้องการพลังงานในระดับที่สูงกว่า NRC (1988) แนะนำ 10% นั้นใช้โปรแกรม Xration ที่กำหนดระดับความต้องการพลังงานสูงกว่า NRC (1988) 10% ซึ่งการคำนวณความต้องการพลังงานนั้นจะป้องกันการขาดอันเนื่องจากการให้อาหารและการเลือกกินอาหารของโคประมาณ 10% นั่นคือระดับความต้องการพลังงานทั้งในส่วนของการเจริญเติบโต การสร้างน้ำนมและเพื่อการดำรงชีพเพิ่มระดับอีก 10% จากการคำนวณ ขณะเดียวกันในสมการการคำนวณพลังงานในส่วนของพลังงานเพื่อการดำรงชีพนั้นสมการการทำนายพลังงานนั้นยังเพิ่มอีก 10% คือจากการใช้ค่าคงที่ในการคำนวณจาก 0.073 เป็น 0.08 ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้เพิ่มระดับพลังงานสูงขึ้นอีก 10% นั่นหมายถึงเป็นการเพิ่มถึง 30% ของการคำนวณหาพลังงานในส่วนของการดำรงชีพ อย่างไรก็ตาม NRC (1988) นั้นก็ได้ให้คำแนะนำว่า ในการเพิ่มระดับพลังงานอีก 10 % นั้นเหมาะสำหรับโคที่เลี้ยงปล่อยแปลงโดยที่มีหญ้าขึ้นอย่างอุดมสมบูรณ์ และถ้าหากหญ้านั้นไม่อุดมสมบูรณ์พอสมควรแล้วควรที่จะเพิ่มระดับพลังงานในส่วนของพลังงานเพื่อการดำรงชีพอีก 20% ซึ่งจากการทดลองที่ 2 นี้พบว่าพลังงานในส่วนของพลังงานเพื่อการดำรงชีพเมื่อเปรียบเทียบระหว่างพลังงานจากอาหารและจากการคำนวณความต้องการพลังงานตาม NRC (1988) แล้วพบว่าสูงกว่า 29%

เป็นที่น่าสังเกตว่าพลังงานที่ได้รับเพิ่มขึ้นจากอาหารนั้นหายไป ซึ่งพลังงานเหล่านั้นควรที่จะเพิ่มในส่วนของปริมาณน้ำนมหรือการเพิ่มน้ำหนักตัว แต่จากการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งปริมาณน้ำนมและน้ำหนักตัว ดังนั้นจึงอาจเป็นไปได้ว่าพลังงานที่เพิ่มขึ้น 10% NRC นั้นบางส่วนน่าที่จะถูกนำไปใช้ในการดำรงชีพ นั่นอาจหมายถึงความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพของโคในประเทศไทยนั้นสูงกว่าโคที่ใช้ในการหาค่าสมการการทำนายความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพของ NRC ซึ่งปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความต้องการพลังงานดังกล่าวนี้ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น การจัดการและรวมไปถึงคุณภาพของอาหาร โดยเฉพาะอาหารที่มีคุณภาพต่ำการใช้พลังงานในการหมักย่อยจะสูงในขณะที่การหมักย่อยนี้ทำให้เกิดความร้อนในส่วนของกระเพาะหมัก การระบายความร้อนของโคนั้นทำได้โดยการเพิ่มอัตราการหายใจ ซึ่งเหล่านี้เป็นสาเหตุที่ส่งผลให้ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพนั้นเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 5.9 แสดงปริมาณโปรตีนที่โคได้รับจากอาหารและที่โคนมต้องการ

ระดับพลังงาน (E)	**100%**		**110 %**	
ระดับโปรตีน (P)	**100%**	**110%**	**100%**	**110%**
RDP requirement	939	878	1119	1074
RDP supply	1077	1082	1088	1172
Deficit/surplus	+138	+204	-31	+98
Protein supply by microbial protein (MCP)	845	790	1008	966
Total protein requirement (AP_R)	815	748	849	825
Protein requirement from UDP (AP_{UDP})	274	242	204	206
Equivalent to UDP	520	460	387	391
UDP supply	575	588	572	619
Deficit/surplus	+55	+128	+185	+228

5.6.4 ปริมาณโปรตีนที่โคได้รับ

จากตารางที่ 5.9 แสดงถึงชนิดและปริมาณของโปรตีนในแต่ละกลุ่มการทดลองพบว่าโปรตีนที่โคได้รับนั้นได้รับเพียงพอต่อความต้องการของโค และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณของจุลินทรีย์พบว่าในกลุ่มที่ได้รับระดับพลังงาน 110% NRC นั้นสูงกว่าในกลุ่มที่ได้รับพลังงาน 100% NRC ซึ่งจุลินทรีย์นั้นถือได้ว่าเป็นแหล่งของกรดอะมิโนที่มีคุณภาพมีผลต่อการสร้างน้ำนมของโค

จากการทดลองนี้การเพิ่มปริมาณของโปรตีนก็ไม่ทำให้ปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนมแตกต่างกันทางสถิติทั้ง 4 กลุ่มการทดลอง ในส่วนของโปรตีนนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก หรือ RDP และ โปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก หรือ UDP ซึ่งการคำนวณตามสมการเพื่อทำนายความต้องการโปรตีนนั้นคำนวณในรูปของโปรตีนที่ดูดซึมเพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆ ไม่น่ามีความแตกต่างกันมากในสัตว์ชนิดเดียวกัน แต่ถ้าหากพิจารณาความต้องการโปรตีนในส่วนอื่นๆ โดยเฉพาะในส่วนของกระเพาะหมักซึ่งมีความแปรปรวนสูงอันเนื่องมาจากความต้องการไนโตรเจนของจุลินทรีย์ ซึ่งในการคำนวณตามสมการการทำนายความต้องการโปรตีนตามคำแนะนำของ NRC (1988) แล้วพบว่าจะต้องให้เพิ่มอีก 15% ของโปรตีนที่คำนวณได้จากทั้ง RDP และ UDP การเพิ่มโปรตีน 15% นี้เพื่อใช้ในขบวนการ Nitrogen reclying ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าถ้าหากโคในประเทศไทยนั้นมีความต้องการโปรตีนที่จะใช้ในขบวนการ Nitrogen reclying ในส่วนของกระเพาะหมักต่ำกว่า NRC แนะนำ แล้ว Nitrogen ที่มีมากเกินความต้องการนั้นน่าจะส่งผลต่อลักษณะการแสดงออก (Performance) ทั้งทางด้านของการให้ผลผลิต และความสมบูรณ์พันธุ์

5.6.5 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานและโปรตีน

จากตารางที่ 5.8 และ 5.9 พบว่ามีความสัมพันธ์กับการผลิตน้ำนมของโคของแต่ละกลุ่มการทดลอง อย่างไรก็ตามเมื่อมาพิจารณาค่า %CV ของปริมาณน้ำนมของการทดลองนี้พบว่ามีค่าสูงกว่าในการทดลองอื่นๆ (35.70 VS ~15.0) ดังนั้นในการสรุปผลของปริมาณน้ำนม ที่ได้รับระดับพลังงานและโปรตีนในการศึกษานี้อาจเป็นไปได้ว่าปริมาณน้ำนมนั้นอาจจะมีแนวโน้มที่จะพบความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองทั้ง 4 และเพื่อเป็นประโยชน์ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้วิเคราะห์วิจารณ์ในเนื้อหาของผลการทดลองโดยอาศัยทฤษฎีประกอบกันซึ่งจากการทดลองพบว่าในกลุ่มที่ได้รับพลังงาน 110% NRC จะมีแนวโน้มของปริมาณน้ำนมสูงกว่าในกลุ่มที่ได้รับระดับพลังงาน 100% NRC จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าพลังงานที่สูญหายไปนั้นอาจปรากฏในส่วนของการใช้ในการดำรงชีพ ซึ่งโดยปกติสัตว์จะใช้พลังงานที่ได้รับจากอาหารไปใช้ในกิจกรรมเพื่อการดำรงชีพก่อนที่จะใช้พลังงานที่เหลือในการเพิ่มผลผลิตอย่างอื่น ซึ่งจากการทดลองเมื่อพิจารณาจากผลผลิต จะเห็นว่าปริมาณน้ำนมของกลุ่มการทดลองที่ได้รับพลังงาน 110% นั้นจะมีแนวโน้มการให้ผลผลิตสูงกว่าในกลุ่มอื่นๆ นั่นหมายถึงพลังงานที่เหลือจากการใช้ในการดำรงชีพนั้นจะถูกนำมาใช้ในการเพิ่มผลผลิต อย่างไรก็ตามในกลุ่มที่ได้รับระดับโปรตีน 110% นั้นปริมาณน้ำนมนั้นจะมีแนวโน้มที่ลดลง ทั้งนี้อาจมีสาเหตุเนื่องจากการให้โปรตีนในระดับสูงนั้นจะทำให้มีปริมาณของไนโตรเจนสูงตามไปด้วย ในขณะที่ความสามารถของโคนมในการให้ผลผลิตนั้นไม่สามารถที่จะใช้ผลผลิตที่ได้จากการย่อยและดูดซึมไนโตรเจนเหล่านั้นไปใช้ได้มีผลทำให้โคจำเป็นจะต้องขับไนโตรเจนออกจากร่างกาย ซึ่งในการขับไนโตรเจนออกจากร่างกายนั้นจะถูกขับในรูปของยูเรียทางปัสสาวะ ซึ่งตัวสัตว์เองจำเป็นที่จะต้องใช้พลังงานบางส่วนในการเปลี่ยนไนโตรเจนไปเป็นยูเรียประมาณ 5.88 Kcal และเปลี่ยนยูเรียเป็นยูรีน 5.41 Kcal. (Blaxter, 1962) ซึ่งนี่อาจจะเป็นสาเหตุให้ปริมาณน้ำนมในกลุ่มที่ได้รับระดับโปรตีน 110% นั้นมีแนวโน้มลดลง

5.7 สรุปผลการทดลอง

1. ผลต่อการได้รับอาหาร

พบว่าปริมาณอาหารที่โคได้รับในรูปของวัตถุแห้ง ปริมาณโปรตีน ปริมาณของพลังงานในรูปของ TDN ที่รับระดับพลังงานและโปรตีนสูงกว่า NRC (1988) แนะนำ 10%ทั้ง 4 กลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

2. ผลต่อผลผลิตน้ำนม

พบว่าปริมาณน้ำนม ปริมาณไขมันในนม โปรตีนในนม ปริมาณของแข็งพร่องไขมัน และของแข็งทั้งหมดในนม ที่โคได้รับระดับพลังงานและโปรตีนสูงกว่า NRC (1988) แนะนำ 10%ทั้ง 4 กลุ่มการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

3. ผลต่อคุณภาพน้ำนม

เปอร์เซ็นต์ไขมันในนม เปอร์เซ็นต์โปรตีนในนม เปอร์เซ็นต์ของแข็งพร่องไขมัน และของแข็งในนม ที่โคได้รับระดับพลังงานและโปรตีนสูงกว่า NRC (1988) แนะนำ 10%ทั้ง 4 กลุ่มการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

4. ผลต่อน้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง

น้ำหนักตัวของโค และน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงของโคที่ได้รับระดับพลังงานและโปรตีนที่สูงกว่า NRC (1988) แนะนำ 10%ทั้ง 4 กลุ่มการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาระดับความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคนมที่ให้นมระยะกลางของการให้นมที่ระดับต่ำและสูงกว่า NRC (1988) แนะนำ 10% ทั้ง 2 การทดลองซึ่งศึกษาผลกระทบต่อปริมาณการกินได้รวมทั้งโภชนะต่างๆที่โคได้รับ ผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบน้ำนม น้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง จากการทดลองสรุปได้ว่า

1. ผลต่อการได้รับอาหาร

พบว่าปริมาณอาหารที่ได้รับในรูปของวัตถุแห้ง ปริมาณโปรตีน ปริมาณของพลังงานในรูปของ TDN ของโคนมที่ให้นมระยะกลางที่รับระดับพลังงานและโปรตีนต่ำและสูงกว่า NRC (1988) แนะนำ 10% พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

2. ผลต่อปริมาณน้ำนม และองค์ประกอบน้ำนม

พบว่าปริมาณน้ำนม และองค์ประกอบน้ำนม ของโคนมที่ให้นมระยะกลางที่ได้รับระดับพลังงานและโปรตีนต่ำและสูงกว่า NRC (1988) แนะนำ 10% พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

อย่างไรก็ตามแม้ว่าไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองของโคนมที่ได้รับระดับพลังงานและโปรตีนต่และสูงกว่า NRC (1988) แต่เพื่อเป็นประโยชน์ในการศึกษาจึงได้วิเคราะห์ผลการทดลองโดยอาศัยทฤษฎีประกอบกันถึงทิศทางของผลผลิตจากผลการทดลอง 2 การทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากการรวบรวมข้อมูลพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ CV ของผลผลิตน้ำนมของทั้งสองการทดลองสูงกว่าการทดลองอื่น (35.23 vs ~ 16) ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าความต้องการพลังงานของโคนมมีแนวโน้มที่สูงกว่า NRC (1988) แนะนำ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมที่ทำให้ระดับความต้องการพลังงานของโคเพิ่มขึ้น กล่าวคือในโคที่อยู่ในเขตร้อนจะมีการใช้พลังงานในการดำรงชีพสูงกว่าโคในเขตหนาว เช่นอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมโดยปกติแล้วการหมักย่อยในกระเพาะหมักจะเกิดความร้อนในโคเขตหนาวจะสามารถระบายความร้อนออกจากร่างกายโดยอาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิภายในร่างกายและอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมด้านนอก ในขณะที่โคในเขตร้อนนั้นการระบายความร้อนที่เกิดจากการหมักย่อยจะต้องใช้พลังงานในการระบายความ

ร้อนออกจากร่างกายโดยการเพิ่มการหายใจ นอกจากนี้คุณภาพของโภชนะในประเทศเขตร้อนจะมีการย่อยได้ต่ำกว่าในประเทศที่มีอากาศหนาวดังนั้นในขบวนการหมักย่อยจะต้องใช้พลังงานสูงกว่าในขณะเดียวกันระดับของพลังงานก็มีผลต่อปริมาณของจุลินทรีย์ซึ่งพบว่าน่าจะมีผลต่อปริมาณของน้ำนมของโคนมด้วย

จากการทดลองพบว่าความต้องการโปรตีนของโคนมมีแนวโน้มต่ำกว่า NRC (1988) แนะนำ พบว่าโปรตีนในระดับต่ำกว่า NRC (1988) จะมีปริมาณน้ำนมสูงกว่าในกลุ่มที่ได้รับระดับโปรตีนที่สูงกว่า NRC (1988) การที่มีปริมาณของโปรตีนสูงมีความสัมพันธ์ต่อการใช้ประโยชน์พลังงาน กล่าวคือปริมาณของโปรตีนที่มากเกินความต้องการจะทำให้มีไนโตรเจนสูง ซึ่งตัวสัตว์เองจะต้องใช้พลังงานบางส่วนในการเปลี่ยนไนโตรเจนให้อยู่ในรูปของยูเรีย และขับออกจากร่างกาย ดังนั้นพลังงานที่โคได้รับจะถูกขัดขวางการนำไปใช้ประโยชน์จากปริมาณของโปรตีนที่สูงเกินไป และเมื่อพิจารณาการคำนวณความต้องการโปรตีนของโคพบว่าจะมีการเพิ่มไนโตรเจนในส่วนของกระเพาะหมัก 15 เปอร์เซ็นต์ซึ่งโคในประเทศเขตหนาวจะผลผลิตที่สูงการขาดไนโตรเจนในกระเพาะหมักของโคที่ให้ผลผลิตสูงจึงมีความเป็นไปได้ ในขณะที่โคในประเทศเขตร้อนการให้ผลผลิตต่ำกว่าในโคเขตหนาว การเพิ่มไนโตรเจน 15 เปอร์เซ็นต์สำหรับโคเขตร้อนอาจจะสูงเกินไป จากการทดลองจะเห็นว่ากลุ่มทดลองที่ได้รับระดับโปรตีน 90% จะมีแนวโน้มของการให้ผลผลิตที่ดีกว่าในกลุ่มที่ได้รับโปรตีน 100% และ 110% อย่างไรก็ตามก็ผลดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับระดับของพลังงานที่โคนมได้รับเช่นกัน

เมื่อนำข้อมูล พลังงานในรูปของ NE_L โปรตีนในรูปของ RDP และ UDP มาหาสมการ Multiple regression โดยวิธี Stepwise (SAS, 1985) โดยจากตารางที่ 6.1 จากสมการพบว่า ปริมาณน้ำนมของการทดลองครั้งนี้จะขึ้นอยู่กับพลังงานมากกว่า UDP และ RDP ตามลำดับดังนั้นจึงอาจเป็นไปได้ว่าระดับพลังงานที่ใช้ตามสมการของ NRC (1988) ยังไม่เหมาะสมกับการคำนวณพลังงานแก่โคในประเทศไทย

ตารางที่ 6.1 แสดงสมการ Regression ของปริมาณน้ำนม พลังงานที่โคได้รับจากอาหารกับระดับพลังงาน UDP และ RDP

Multiple regression equation			R^2
Milk Yield	=	3.042 + 0.438NE	0.18
	=	1.257 + 0.848NE - 0.005UDP	0.34
	=	-0.265 + 0.821NE + 0.002RDP - 0.004UDP	0.36

ปริมาณโภชนะพลังงานที่โคได้รับนั้นได้จากการคำนวณตามสมการของ NRC (1988) โดยคำนวณตามกิจกรรมที่แบ่งออกคือ ความต้องการพลังงานในการดำรงชีพ (Energy for maintenance, NE_M) ความต้องการพลังงานเพื่อการเจริญเติบโต (Energy for growth, NE_G) และความต้องการพลังงานเพื่อการสร้างน้ำนม (Energy for lactation, NE_L) จากการหาความสัมพันธ์ของพลังงานและโปรตีนในตารางที่ 6.1 แม้ว่าพลังงานนั้นจะมีอิทธิพลต่อการผลิตน้ำนมมากกว่าโปรตีนก็ตามแต่เมื่อพิจารณาค่า R^2 แล้วพบว่าเมื่อเพิ่มอิทธิพลจากโปรตีนในสมการที่ 2 จะเห็นว่าค่า R^2 สูงขึ้น นั่นแสดงให้เห็นว่าในการสร้างน้ำนมของโคนมนั้นจำเป็นจะต้องใช้ทั้งพลังงานและโปรตีนโดยเฉพาะโปรตีนที่อยู่ในรูปของ UDP ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของความสัมพันธ์ของพลังงานและโปรตีน

จากการทดลองเมื่อเปรียบเทียบความต้องการพลังงานและพลังงานที่โคได้รับจากอาหารพบว่าพลังงานที่โคได้รับนั้นได้รับไม่เพียงพอ ซึ่งหากพิจารณาจากสูตรการคำนวณของความต้องการในแต่ละกิจกรรมจะเห็นว่า NE_G จะได้จากการคำนวณจากประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่อการเพิ่มหรือลดปริมาณเนื้อ 1 กิโลกรัมซึ่งประสิทธิภาพนี้ในสัตว์ชนิดเดียวกันน่าจะมีประสิทธิภาพที่ไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับ NE_L อย่างไรก็ตามเนื่องจากสิ่งแวดล้อมมีผลต่อการดำรงชีพของสัตว์ ดังนั้นพลังงานที่คำนวณหา NE_M ที่โคได้รับนั้นน่าจะมีความแตกต่างกัน และเมื่อคำนวณพลังงานที่โคได้รับตาม NRC (1988) และหักลบโดยพลังงานเพื่อการดำรงชีพ พลังงานที่ใช้ในการเจริญเติบโตและพลังงานที่ใช้ในการสร้างน้ำนม พบว่าในการทดลองที่ 1 โคได้รับพลังงานไม่เพียงพอในขณะที่ในการทดลองที่ 2 มีพลังงานบางส่วนที่หายไปจากพลังงานทั้งหมดที่โคได้รับจากอาหาร

เนื่องจากพลังงานเพื่อการดำรงชีพนั้นมีผลกระทบจากสิ่งแวดล้อม ดังนั้นเมื่อพิจารณาเฉพาะ NE_M ที่โคได้รับจากอาหารจะมีค่าเท่ากับ NE intake – NE_G - NE_L และเทียบสมการกับสมการของ NRC (1988) ที่ใช้หา NE_M คือ $0.08LW^{0.75}$ โดยเปลี่ยน Factor ซึ่งจะได้สมการคือ

$$NE_M \text{ ที่โคได้รับจากอาหาร เท่ากับ } a LW^{0.75}$$

เมื่อคำนวณหาค่า a จากการทดลองที่ 1และ 2 รวมกัน พบว่าจะได้ค่า a เท่ากับ นั่นคือสมการในการหาคำนวณในการหาพลังงานเพื่อการดำรงชีพในสภาพภูมิอากาศและอาหารหยาบที่ใช้ฟางข้าวหมักยูเรียนั่นควรมีค่าเท่ากับ $0.087LW^{0.75}$

อย่างไรก็ตามสมการของการทดลองนี้ NE_M ได้จากการทดลองเพียงการทดลองเดียวซึ่งไม่สามารถที่จะทำนายความต้องการพลังงานของโคนมได้อย่างถูกต้อง ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยให้มีการทดลองในลักษณะเช่นเดียวกันมากยิ่งขึ้นเพื่อที่จะสรุปสมการการคำนวณหาพลังงานในโคนมของประเทศไทย

รายการอ้างอิง

ชวนิศนดากร วรวรรณ, ม.ร.ว.. (2534). **การเลี้ยงโคนม**. จำนวน 3000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช : กรุงเทพฯ.

พานิช ทินนิมิตร. (2535). **โภชนาศาสตร์สัตว์ประยุกต์.** คณะทรัพยากรธรรมชาติ: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พันทิพา พงษ์เพียรจันทร์. (2539). **หลักการอาหารสัตว์ เล่ม 2 หลักโภชนศาสตร์และการประยุกต์.** ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เมธา วรรณพัฒน์. (2533). **โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ และ ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ. (2534. **การผลิตโคนม**. จำนวน 2,000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ:โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. (2538). **เอกสารประกอบการเรียนการสอนรายวิชาโภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง.** สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

AFRC. (1992). **Energy and Protein Requirements of Ruminants**. AFRC Technical committee on responses to Nutrients. centre for agricultural bioscience international.

Agricultural Research Council. (1980). **The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock**. Commonweaith Agricultural Bureaux. The Gresham Press, Surrey. 135p.

Agricultural Research Council. (1984). **The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock**. (Supplement) Commonweaith Agricultural Bureaux. The Gresham Press, Surrey. 45p.

Aldrich, C.G.; Merchen, N.R.; Parson.C.M.; Hussein, H.S.; Ingram, S. and Clodfelter, J.R.(1997). Assessment of postruminal amino acid digestibility of roasted and extruded whole soybeans with the Precision-Fed Rooster Assay. **Journal of Dairy Science**.75:3046:3051.

Andrews, S.M.; Tyrrell, H.F.; Reynolds; C.K. and Erdman. (1991). Net energy for lactation of calcium soaps of long-chain fatty acids for cows fed silage-based diets. **Journal of Dairy Science.** 74: 2588.

Assosication of Official Analytical Chemists (AOAC). (1990). **Official Methods of Analysis**. 15th Ed. AOAC. Virginia, USA. 1298p.

Atwal, A.S., Mahadevan, S. and Wolynetz, M.S. (1995). Increased milk production of cows in early lactation fed chemically treated soybean meal. **Journal of Dairy Science**. 78:595-603

Baker, L.D.; Ferguson, J.D. and Chalupa, W. (1995). Responses in urea and true protein of milk to different protein feeding schemes for dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 78:2424-2434.

Blauwiekel, R., Xu. S.; Harrison, J.H.; Loney, K.A.; Riley, R.E. and Calhoun, M.C. (1997). Effect of whole cottonseed, gossypol, and ruminally protected lysine supplementation on milk yield and composition. **Journal of Animal Sdience**. 80:1358-1365.

Blaxter, K.L. (1962). **Energy metabolism in ruminant**. Hutchinson; scientific and technical, London.

Bremmer, D.R.; Oventon, T.R. and Clark, J.H. 1997. Production and composition of milk from jersey cows adminstered bovine somatotropin and fed ruminally protected amino acid. **Journal of Animal Science**. 80:1374-1380.

Brody, S.,, (1945). **Bioenergenetic and Growth**. New York: Reinhold.

Canfield, R. W.; Sniffen, J. J. and Butler, W.R. (1990). Effects of excess degradable protein on postpartum reproduction and energy balance in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. 79 :2342-2349.

Conrad, H.R.; Weiss, W.P.; Odwongo, W.O. and Shockey, W.L. (1984). Estimating net energy lactation from components of cell solubles and cell walls. **Journal of Dairy Science**. 67: 427.-437

Crowder, L.V. and Cheda, H.R. (1982). **Tropical Grassland Husbandry.** Longman Scientific &Technical. New York

David, P.; Caspre, *.; Harouna, A.; Maiga, .,Michael, J.; Brouk, . and David, J. (1999). Synchhronization of carbohydrate and protein sources on fermentation and passage rate in dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 82:1779-1790.

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

Hume, I.D. (1970). **Australian Journal of Agricultural Research**. Res. 21, 305-314.

Kalscheur, K.F.; Vandersall, J.H.; Erdman, R.A.; Kohk, R.A. and Russek-cohen, E. (1999). Effects of dietary protein concentration and degradability on milk production responses of early, mid, and late lactation dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 82:545-554.

Knowlton, K.F.; Dawson, T.E.; Glenn, B.P.; Huntington, G.B. and Erdman R.A..(1998). Glucose Metabolism and Milk Yield of Cows Infused Abomasally or Ruminally with Starch. **Journal of Dairy Science**. 81: 3248-3258.

Lemoquet, S.;. Rideau, N.; Rulquin, H.; Faverdin, P.; Simon, J. and Verite, R. (1997). Effects of a duodenal glucose infusion on the relationship between plasma concentrations of glucose and insulin in dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 80:2854-2865.

Lindberg, J.E. (1985). Estimation of rumen degradability of feed proteins with the *in sacco* technique and various *in vitro* methods: A review. **Acta Agriculturae Scandinavica**. Supplement No. 25:64-97.

Lykos. T., Varga, G.A. and Casper, D. (1997). Varying degradation rates of total nonstructural carbohydrates: effects on ruminal fermentation, blood metabolites, and milk production and composition in high Producing holstein cows. **Journal of Dairy Science**. 80:3341-3355.

Lykos. T. and Varga,G.A. (1997). Varying degradation rates of total nonstructural carbohydrates: effects on nutrient uptake and utilization by the mammary gland in high producing holstein cows. dairy cow. **Journal of Dairy Science**. 80:3356-3367

Mabjeesh, S.J.; Arieli, A.; Bruckental, I.; Zamwell, S. and Tagari, H. (1997). Effect of ruminal degradability of crude protein and nonstructural carbohydrates on the efficiency of bacterial crude protein synthesis and amino acid flow to the abomasum of dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 80:2939-2949.

MacDonald, P.; Edmand, R.A.; Greenhalgh, J.F.D. and Morgan, C.A. (1995). **Animal Nutrition.** Longman Scientific & Techinical. New York.

Meang, W.J. and Baldwin, R.L. (1976). **Journal of Dairy Scirnce** 59: 634-647.

Mielke, C.D. and Schingoethe, D.J. (1981). Heat-treated soybeans for lactating cows**. Journal of Dairy Science.**64:1579-1585.

Moe, P. W. and . Tyrrell, H.F.(1974). **Observation on the efficiency of utilization on metabolizable energy for meat and milk production**. P.27 Proc. Univ. of Notthingham Nutr. Conf. For Feed Manuf., Vol. 7. London: Butterworth.

Moe, P. W.; Tyrrell, H.F. and Flatt, W.P.(1971). Energetics of body tissue metabolizable. **Journal of Dairy Science**. 54:548 - 559

Nakamura, T.; Klopfenstein, T.J. and Britton, R.A. (1994). Evaluation of acid detergent insoluble nitrogen as an indicator of protein quality in nonforage proteins. **Journal of Animal Science**. 72: 1043.-1054

National Research Council. (1988). **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 6th Ed. National Academic Press, Washington D.C. 157p.

Nichols, J.R.; Schingoethe, D.J.; Maiga, H.A.; Brouk, M.J. and Piepenbrink, M.S. (1998). Evaluation of corn distillers grains and ruminally protected lysine and methionine for lactating dairy cows. **Journal of Animal Science**. 81:482-491.

∅rskov, E.R.1982. **Protein Nutrition in Ruminants**. Academic Press. London.

∅rskov, E.R. and Meherz, A.Z. (1977). Estimate of extent protein degradation from basal feeds in ruminant of sheep. **Proceeding of Nutrition Society**. 36:78A.

Overton, T.R.; Lacount, D.W.; Cicela, T.M. and Clark, J.H. (1996). Evolution of a ruminally protected methionine product for lactating dairy cows. **Journal of Animal Science**. 79:631-638.

Palmquist, D.L. (1991). Influence of source and amount of dietary fat on digestibility in lactating cows. **Journal of Dairy Science.** 74: 1354.

Perry, T.W. and Cecava, M.J.(1995). **Beef Cattle Feeding and Nutrition**. Academic Press.London

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

Santos, F.A.P.; Santos, J.E.P.; Theurer, C.B. and Huber, J.T. (1998). Effect of rumen-undegradable protein on dairy cows performance: A 12-year literature review. **Journal of Dairy Science**. 81:3182-3213.

Schmidt, G.H. and Van Vleck, L.D. (1974). **Principles of Dairy Science**. W.H. Freeman and Co., San Francisco. 558 p.

Shabi. Z. A.; Arieli, A.; Bruckental, I.; Aharoni, Y.; Zamwel, S.; Bor, A. and Tagari, H. (1998). Effect of the synchronization of the degradation of dietary crude protein and organic matter and feeding frequency on ruminal fermentation and flow of digesta in the abomasum of dairy Cows. **Journal of Dairy Science**. 81:1991-2000.

Statistical analysis system. (1985). **SAS User's Guide**: Statistics, Version 5 edition. Cary, NC : SAS institute Inc.

Tyrrell, H.F.; Moe, P.W. and Flatt, W.P. 1970. Influence of excess protein intake on energy metabolism of dairy cow. P. 69 in Energy Metabolism of farm animals, Proc. 5th Symp. Energy Metabolism., Schurch, A. and Wenk, C. eds. **Europe Association of Animals Production.** Publ. 13. Vitznau, Switzerland.

Weiss, W.P.; Conrad, H.R. and Shockey, W.L. (1983). Predicting digestible protein using acid detergent insoluble nitrogen. **Journal of Dairy Science.** 66 (Suppl.1): 192(abstr.).

Weiss, W.P.; Conrad, H.R. and St.Pierre, N.R. (1992). A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values for forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology.** 39:95-104

William, M.E.; Robert, E.J.; Poul, M.R. (1987). **Dairy Cattle Feeding and Management**. John Wiley & Sons. New York.

Wright, T.C.; Moscardini, S.; Luimes, P.H.; Susmel, P. and Mcbride, B.W. 1997. Effect of rumen-undegradable protein and feed intake on nitrogen balance and milk protein production in dairy cows. **Journal of Animal Science**. 81:784-793

Young, B.A. (1976). **Effects of cold environments on nutrient requirements of ruminantss**. pp. 491-496 In : Proc. 1st Int. symp. on feed composition, Animal nutrition requirements, and computerization of diets, P.V. Fonesbeck, L.F. Harris, and L.C. Hearl, eds. Logan : Utah State University.

ภาคผนวก ก

การประมาณค่าพลังงาน โปรตีนในอาหาร และความต้องการพลังงาน โปรตีนของโคนม

1. การคำนวณพลังงาน

การคำนวณโภชนะพลังงานและโปรตีนในการศึกษานี้ เป็นการศึกษาระดับของโภชนะพลังงานและโปรตีนที่ตัวสัตว์ต้องการและในอาหารที่สัตว์ได้รับโดยใช้สมการในการหาระดับของโภชนะตามคำแนะนำของ NRC (1988). ดังนี้

1.1 การคำนวณพลังงานในอาหาร (Net Energy Intake, NE int)

การประมาณค่าพลังงานสุทธิที่กินได้ของโคนม และค่าพลังงานที่โคใช้เพื่อกิจกรรมต่างๆ รวมถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโคที่ได้รับอาหารทั้ง 4 กลุ่มการทดลอง ของทั้ง 2 การทดลอง สามารถคำนวณได้ดังนี้

1) พลังงานรวมสุทธิที่กินได้ (Total NE int) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\text{NEL int} = NE_L \times \text{DM int}$$

เมื่อ $NE_L = (0.0245 \times TDN) - 0.125$

โดยที่ NE_L สามารถคำนวณได้จากค่า TDN ที่ได้คำนวณมาจากค่าพลังงานของโภชนะ ต่างๆ คือ CP, Fat, NFC และ NDF โดยในการคำนวณต้องใช้ค่า True digestibility (TD) ของโภชนะนั้นๆ ด้วย ค่า TDN จึงสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$TDN = E_{CP} + E_{FA} + E_{NDF} + E_{NFC} - 7$$

โดยที่ค่า E_{CP} (Energy of crude protein) E_{FA} (Energy of fatty acid) E_{NDF} (Energy of Neutral detergent fiber) และ E_{NFC} (Energy of nitrogen-free extract)สามารถคำนวณได้จาก

$E_{CP} = TD_{CP} \times CP$

เมื่อค่า $TD_{CP} = 1 - (0.004 \times ADIN)$

$E_{FA} = [1.03 - (0.03\ FA)] \times 2.25\ FA$

$E_{NDF} = 0.75\ (NDF_N - Lignin)\ [1 - (Lignin/NDF_N)^{0.667}]$

เมื่อค่า NDF_N = NDF – NDICP (โดยที่ NDICP เท่ากับ NDIN x 6.25)

$E_{NFC} = 0.98\ [100 - NDF_N - CP - Ash - (FA + 1.5)]$

1.2 การคำนวณความต้องการพลังงานในโคนม (Net Energy Requirement, NE_R)

พลังงานที่โคนมต้องการนำไปใช้คือเพื่อการดำรงชีพ (Net Energy for Maintenance, NE_M) เพื่อการเจริญเติบโต (Net Energy for Gain, NE_G) เพื่อการให้น้ำนม (Net Energy for Lactation, NE_L) นั่นคือ

$$NE_R = NE_M + NE_G + NE_L$$

เมื่อ

NE_M (Mcal)	=	$0.08 \times (\text{Live Weigh})^{0.75}$
NE_G (Mcal /Kg of Chang)	=	5.12 For Gain
		4.92 For Loss
NE_L (Mcal / Kg Milk)	=	$0.3512 + (0.0962 \times \%\text{Fat})$

ยกตัวอย่างเช่น โครีดนมน้ำหนัก 450 กิโลกรัมให้ปริมาณน้ำนม 25 กิโลกรัมต่อวัน มีเปอร์เซ็นต์ไขมันและโปรตีนในน้ำนม 4 และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และมีนำหนักตัวลดลง 0.5 กิโลกรัมต่อวัน

จากตัวอย่างนี้โคนมจะต้องการพลังงานดังนี้

$$NE_R = NE_M + NE_G + NE_L$$

เมื่อ

$$NE_M = 0.08 \times (\text{Live Weigh})^{0.75}$$
$$= 0.08 \times (450)^{0.75}$$
$$= 7.81 \text{ Mcal}$$

$$NE_G = 0.5 \times 4.92 \text{ (Weigh Loss)}$$
$$= 2.46 \text{ Mcal}$$

$$NE_L = (0.3512 + (0.0962 \times \%\text{Fat})) \times \text{Milk Yield (day)}$$
$$= 0.3512 + (0.0962 \times 4) \times 25$$
$$= 18.4 \text{ Mcal}$$

$$NE_R = 7.81 + 2.46 + 18.4$$
$$= 28.67 \text{ Mcal}$$

2. การคำนวณระดับโปรตีน

2.1 การคำนวณโปรตีนในอาหาร

การคำนวณโปรตีนในอาหารจะสามารถทำได้โดยการหาประสิทธิภาพการย่อยได้ของอาหารจากวิธีการ Nylon Bag Technique

2.2 ความต้องการโปรตีนในตัวโคนม

การคำนวณตามสมการของ NRC (1988) นั้นจะนำเสนอความต้องการโปรตีนในรูปของ Absorbed Protein Requirement (AP_R) เช่นเดียวกับการคำนวณความต้องการพลังงานในโคนม ที่ต้องการโปรตีน เพื่อการดำรงชีพ (Absorbed Protein for Maintenance, AP_M) เพื่อการเจริญเติบโต (Absorbed Protein for Growth, AP_G) และเพื่อการให้น้ำนม (Absorbed Protein for Lactation, AP_L) โดยมีสมการกรคำนวณดังนี้

$$AP_R = AP_M + AP_G = AP_L$$

เมื่อ

$$AP_M\ (g) = \frac{(EUP + DPL)}{0.67} + MFP$$

EUP คือ Endogenous Urinary Protein มีค่าเท่ากับ

$$EUP\ (g/day) = 2.75 \times (\text{Live Weigh})^{0.5}$$

DPL คือ Dermal Protein Loss มีค่าเท่ากับ

$$DPL\ (g/day) = 0.2 \times (\text{Live Weigh})^{0.6}$$

MFP คือ Metabolic Fecal Protein มีค่าเท่ากับ

$$MFP\ (g/day) = 0.03 \times \text{Dry Matter Intake}$$

AP_G (g/kg change) = 175-188g or 181 g / kg change (For gain)

160 g / kg change (For Loss)

$$AP_L\ (g/kg\ milk) = \frac{\text{Milk Protein (g)}}{0.65}$$

อย่างไรก็ตามการคำนวณความต้องการโปรตีนในรูปของ Absorbed Protein Requirement (AP_R) นั้นไม่สะดวกในการจัดการด้านอาหารที่จะแสดงในรูปของ Crude Protein Requirement (CP_R) ฉะนั้นจึงต้องคำนวณจาก AP_R เป็น CP_R

AP_R นั้นจะได้จากโปรตีนที่โคนมได้รับซึ่งโปรตีนที่ได้รับนั้นประกอบด้วย โปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (Rumen degradable protein, RDP) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (Undegradable protein, UDP) นั่นคือ $AP_R = AP_{RDP} + AP_{UDP}$

ส่วนของ RDP โดยประมาณว่าจะถูกนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Microbial crud protein, MCP) 90%ของ RDP และ MCP ที่จะใช้ได้จริง (Microbial true protein, MTP) 80% ของ MCP และจะสามารถย่อยและดูดซึมได้ (Digestible microbial true protein, DMTP) 80%ของ MTP

$$MCP = 0.9 \times RDP$$

$$MTP = 0.8 \times MCP$$

$$DMTP \text{ หรือ } AP_{RDP} = 0.8 \times MTP$$

การคำนวณหาความต้องการRDPในโคนมสามารถหาได้จากสมการ NRC (1988).

โดยที่ $$MCP = 6.25 \times [(11.45 \times NE) - 30.93]$$

$$RDP = \frac{MCP}{0.9}$$ ซึ่งสามารถคำนวณหา AP_{RDP} ได้

จากสมการ $$AP_R = AP_{RDP} + AP_{UDP}$$

หรือ $$AP_{UDP} = AP_R - AP_{RDP}$$

UDP จะถูกย่อยสลาย (Digestible undegradable protein, DUDP) ประมาณ 80% ของUDP และ, มีประสิทธิภาพในดูดซึมเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการให้น้ำนมเท่ากับ 66 เปอร์เซ็นต์

นั่นคือ $$DUDP = \frac{AP_{UDP}}{0.66}$$

$$UDP = \frac{DUDP}{0.8}$$

ดังนั้นจะสามารถคำนวณ CP requirement จาก RDP และ UDP จากสมการ

$$CP_R = RDP + UDP$$

อย่างไรก็ตามเนื่องจากในโคนมนั้นสามารถที่จะใช้ Nitrogen ในตัวสัตว์เอง (Nitrogen recycling) 15% ดังนั้น โคนมจะต้องการโปรตีน

$$CP_R = (RDP + UDP) \times 1.15$$

ภาคผนวก ข

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการทดลองแบบแฟกตอเรียล (Factorial experiment)

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

เมื่อกำหนดให้ X คือ ค่าสังเกตแต่ละค่า

μ คือ ค่าเฉลี่ยของประชากร

α , β คือ อิทธิพลหลักของแฟกเตอร์ A และ B ตามลำดับ

$\alpha\beta$ คือ ปฏิกิริยาระหว่างอิทธิพลหลัก

ε คือ ค่าความคาดเคลื่อนในการทดลอง

i คือ จำนวนระดับของแฟกเตอร์ A

j คือ จำนวนระดับของแฟกเตอร์ B

k คือ จำนวนค่าสังเกตในแต่ละทรีทเมนต์

ตารางวิเคราะห์วาเรียนซ์ของการทดลองที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ปริมาณการกินได้ของโภชนะในอาหารรวม (ตารางที่ 4.4)

Source	df	SS	MS	F value	Pr > F
การกินได้วัตถุแห้ง					
Treatment	3	6.265	2.088	1.20	0.337
Energy (E)	1	6.091	6.091	3.49	0.077
Protein (P)	1	0.143	0.143	0.08	0.778
ExP	1	0.317	0.317	0.02	0.894
Error	19	34.935			
Total	22	41.200			
R^2 = 0.152		**C.V.** = 16.996			
การกินได้โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด					
Treatment	3	5.341	1.780	1.26	0.316
Energy (E)	1	5.151	5.151	3.64	0.071
Protein (P)	1	0.163	0.163	0.12	0.738
ExP	1	0.027	0.027	0.02	0.891
Error	19	28.331	1.416		
Total	22	33.672			
R^2 = 0.159		**C.V.** = 23.067			
การกินได้โปรตีนรวม					
Treatment	3	136268.676	45422.892	0.52	0.6705
Energy (E)	1	23229.499	23229.499	0.27	0.610
Protein (P)	1	108168.668	108168.668	1.25	0.277
ExP	1	4870.508	4870.508	0.06	0.815
Error	19	1732491.018	86624.551		
Total	22	1868759.694			
R^2 = 0.073		**C.V.** = 21.374			

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบในน้ำนม (ตารางที่ 4.5)

Source	Df	SS	MS	F value	Pr > F
ปริมาณน้ำนม					
Treatment	3	20.810	6.937	0.75	0.536
Energy (E)	1	15.457	15.457	1.67	0.211
Protein (P)	1	1.305	1.305	0.44	0.711
ExP	1	4.047	4.047	0.14	0.516
Error	19	175.653	9.245		
Total	22	196.464			
R^2 = 0.106		**C.V.** = 34.778			
ปริมาณไขมันในน้ำนม					
Treatment	3	18821.057	6273.685	0.47	0.705
Energy (E)	1	17145.543	17145.543	1.29	0.270
Protein (P)	1	1.562	1.562	0.00	0.991
ExP	1	1673.951	1673.951	0.13	0.726
Error	19	252367.027	13282.475		
Total	22	271188.084			
R^2 = 0.069		**C.V.** = 32.870			
ปริมาณโปรตีนในน้ำนม					
Treatment	3	23032.455	7677.485	0.83	0.494
Energy (E)	1	18706.237	18706.237	2.02	0.171
Protein (P)	1	3583.111	3583.111	0.39	0.541
ExP	1	743.106	743.106	0.08	0.780
Error	19	175777.903	9251.468		
Total	22	198810.358			
R^2 = 0.116		**C.V.** = 33.820			

ตารางที่ 2 ต่อ

Source	Df	SS	MS	F value	Pr > F
ปริมาณของแข็งพร่องไขมันนม					
Treatment	3	189345.342	63115.114	0.86	0.478
Energy (E)	1	115050.972	115050.972	1.57	0.225
Protein (P)	1	19218.694	19218.694	0.26	0.164
ExP	1	55075.676	55075.676	0.75	0.396
Error	19	1390798.124	73199.901		
Total	22	1580143.466			
R^2 = 0.120		**C.V.** = 36.815			
ปริมาณของแข็งรวมในน้ำนม					
Treatment	3	315851.619	105283.873	0.76	0.531
Energy (E)	1	221024.697	221024.697	1.59	0.222
Protein (P)	1	18873.755	18873.755	0.14	0.716
ExP	1	75953.167	75953.167	0.55	0.469
Error	19	2639371.906	138914.311		
Total	22	2955223.525			
R^2 = 0.107		**C.V.** = 34.334			

ตารางที่ 3 **ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบในน้ำนม (ตารางที่ 4.6)**

Source	df	SS	MS	F value	Pr > F
เปอร์เซ็นต์ไขมันนม					
Treatment	3	1.051	0.350	0.53	0.669
Energy (E)	1	0.014	0.014	0.02	0.885
Protein (P)	1	0.775	0.775	1.16	0.294
ExP	1	0.262	0.262	0.39	0.538
Error	19	12.642	0.665		
Total	22	13.693			
R^2 = 0.077		**C.V.** = 19.859			
เปอร์เซ็นต์โปรตีนในน้ำนม					
Treatment	3	0.212	0.071	0.41	0.750
Energy (E)	1	0.065	0.065	0.37	0.548
Protein (P)	1	0.013	0.013	0.07	0.791
ExP	1	0.134	0.134	0.77	0.390
Error	19	3.309	0.174		
Total	22	3.522			
R^2 = 0.060		**C.V.** = 13.373			
เปอร์เซ็นต์ของแข็งพร่องไขมันนม					
Treatment	3	0.400	0.133	0.69	0.569
Energy (E)	1	0.026	0.026	0.14	0.715
Protein (P)	1	0.067	0.067	0.35	0.563
ExP	1	0.307	0.307	1.59	0.223
Error	19	3.669	0.193		
Total	22	4.070			
R^2 = 0.098		**C.V.** = 5.254			

ตารางที่ 3 ต่อ

Source	**df**	**SS**	**MS**	**F value**	**Pr > F**
เปอร์เซ็นต์ของแข็งรวมในนม					
Treatment	3	0.469	0.156	0.17	0.918
Energy (E)	1	0.080	0.080	0.08	0.774
Protein (P)	1	0.387	0.387	0.41	0.529
ExP	1	0.002	0.002	0.00	0.966
Error	19	17.918	0.943		
Total	22	18.387			
R^2 = 0.025		**C.V.** = 7.786			

ตารางที่ 4 **ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์น้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลองและน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงของโค (ตารางที่ 4.6)**

Source	df	SS	MS	F value	Pr > F
น้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง					
Treatment	3	6667.792	2222.597	0.96	0.429
Energy (E)	1	630.375	630.375	0.27	0.607
Protein (P)	1	2460.375	2460.375	1.07	0.314
ExP	1	3577.042	3577.042	1.55	0.227
Error	19	46088.167	2304.408		
Total	22	52755.958			
R^2 = 0.126		**C.V.** = 12.820			
น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง					
Treatment	3	1864.333	621.444	1.99	0.1481
Energy (E)	1	384.000	384.000	1.23	0.281
Protein (P)	1	160.167	160.167	0.51	0.482
ExP	1	1320.167	1320.167	4.23	0.053
Error	19	6249.000	312.450		
Total	22	8113.33			
R^2 = 0.230		**C.V.** = 52.245			

ตารางวิเคราะห์วาเรียนซ์ของการทดลองที่ 2

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ปริมาณการกินได้ของโภชนะในอาหารรวม (ตารางที่ 5.4)

Source	df	SS	MS	F value	Pr > F
การกินได้วัตถุแห้ง					
Treatment	3	6.021	2.007	1.06	0.392
Energy (E)	1	5.647	5.647	2.99	0.103
Protein (P)	1	0.359	0.359	0.19	0.668
ExP	1	0.015	0.015	0.01	0.931
Error	16	30.216	1.889		
Total	19	36.237			
$\mathbf{R}^2$ = 0.166		**C.V.** = 13.570			
การกินได้โปรตีนรวม					
Treatment	3	64471.135	21490.378	0.27	0.846
Energy (E)	1	20912.915	20912.915	0.26	0.615
Protein (P)	1	27727.925	27727.925	0.35	0.563
ExP	1	15830.294	15830.294	0.20	0.661
Error	16	1271079.201	79442.450		
Total	19	1335550.336			
$\mathbf{R}^2$ = 0.048		**C.V.** = 16.637			
การกินได้ TDN					
Treatment	3	5.295	1.765	1.20	0.341
Energy (E)	1	4.874	4.874	3.31	0.087
Protein (P)	1	0.409	0.409	0.28	0.605
ExP	1	0.011	0.011	0.01	0.930
Error	16	23.533	1.471		
Total	19	28.828			
$\mathbf{R}^2$ = 0.184		**C.V.** = 18.649			

ตารางที่ 6 **ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม (ตารางที่ 5.5)**

Source	df	SS	MS	F value	Pr > F
ปริมาณน้ำนม					
Treatment	3	4.854	1.618	0.19	0.903
Energy (E)	1	2.804	2.804	0.33	0.576
Protein (P)	1	1.220	1.220	0.14	0.711
ExP	1	0.830	0.830	0.10	0.760
Error	16	137.674	8.605		
Total	19	142.529			
R^2 = 0.034		**C.V.** = 35.707			
ปริมาณไขมันในน้ำนม					
Treatment	3	25689.553	8563.184	0.77	0.525
Energy (E)	1	5888.831	5888.831	0.53	0.476
Protein (P)	1	19166.413	19166.413	1.73	0.207
ExP	1	634.309	634.309	0.06	0.814
Error	16	176942.606	11058.913		
Total	19	202632.159			
R^2 = 0.127		**C.V.** = 30.444			
ปริมาณโปรตีนในน้ำนม					
Treatment	3	14773.076	4924.358	0.77	0.525
Energy (E)	1	12426.733	12426.733	1.95	0.181
Protein (P)	1	2342.553	2342.553	0.37	0.553
ExP	1	3.790	3.790	0.00	0.981
Error	16	101832.695	6364.543		
Total	19	116605.771			
R^2 = 0.127		**C.V.** = 28.506			

ตารางที่ 6 ต่อ

Source	df	SS	MS	F value	Pr > F
ปริมาณของแข็งพร่องไขมัน					
Treatment	3	67873.153	22624.384	0.41	0.745
Energy (E)	1	39341.808	39341.808	0.72	0.408
Protein (P)	1	8518.253	8518.253	0.16	0.698
ExP	1	20013.092	20013.092	0.37	0.553
Error	16	873189.331	54574.333		
Total	19	941062.484			
R^2 = 0.072		**C.V.** = 35.836			
ปริมาณของแข็งรวมในนม					
Treatment	3	156685.455	52228.485	0.48	0.698
Energy (E)	1	75672.535	75672.535	0.70	0.415
Protein (P)	1	53239.655	53239.655	0.49	0.493
ExP	1	27773.265	27773.265	0.26	0.619
Error	16	1727695.359	107980.960		
Total	19	1884380.814			
R^2 = 0.083		**C.V.** = 32.949			

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบในน้ำนม (ตารางที่ 5.6)

Source	df	SS	MS	F value	Pr > F
เปอร์เซ็นต์ไขมันนม					
Treatment	3	1.053	0.351	0.79	0.520
Energy (E)	1	0.163	0.163	0.36	0.555
Protein (P)	1	0.675	0.675	1.51	0.237
ExP	1	0.125	0.125	0.48	0.498
Error	16	7.157	0.447		
Total	19	8.210			
R^2 = 0.128		**C.V.** = 15.605			
เปอร์เซ็นต์โปรตีนในนม					
Treatment	3	0.707	0.235	0.87	0.478
Energy (E)	1	0.698	0.698	2.57	0.128
Protein (P)	1	0.006	0.006	0.02	0.880
ExP	1	0.002	0.002	0.01	0.933
Error	16	4.342	0.271		
Total	19	5.049			
R^2 = 0.140		**C.V.** = 15.582			
เปอร์เซ็นต์ของแข็งพร่องไขมันนม					
Treatment	3	1.356	0.452	2.17	0.132
Energy (E)	1	0.733	0.733	3.52	0.079
Protein (P)	1	0.003	0.003	0.02	0.900
ExP	1	0.619	0.619	2.97	0.104
Error	16	3.336	0.208		
Total	19	4.692			
R^2 = 0.289		**C.V.** = 5.750			

ตารางที่ 7 ต่อ

Source	Df	SS	MS	F value	Pr > F
เปอร์เซ็นต์ของแข็งรวมในนม					
Treatment	3	3.297	1.309	2.09	0.142
Energy (E)	1	1.588	1.588	2.53	0.131
Protein (P)	1	0.774	0.774	1.24	0.283
ExP	1	1.565	1.565	2.50	0.134
Error	16	10.029	0.627		
Total	19	13.956			
R^2 = 0.281		**C.V.** = 6.475			

ตารางที่ 8 **ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์น้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลองและน้ำหนักเปลี่ยนแปลงของโค (ตารางที่ 5.7)**

Source	Df	SS	MS	F value	Pr > F
น้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง					
Treatment	3	1591.600	530.533	0.26	0.852
Energy (E)	1	369.800	369.800	0.18	0.675
Protein (P)	1	1125.000	1125.000	0.55	0.467
ExP	1	96.800	96.800	0.05	0.830
Error	16	32465.200	2029.075		
Total	19	34056.800			
R^2 = 0.047		**C.V.** = 11.392			
น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง					
Treatment	3	977.350	325.783	1.23	0.330
Energy (E)	1	756.450	756.450	2.86	0.110
Protein (P)	1	110.450	110.450	0.42	0.527
ExP	1	110.450	110.450	0.42	0.527
Error	16	4225.600	264.100		
Total	19	5202.950			
R^2 = 0.188		**C.V.** = 134.864			

ประวัติผู้เขียน

นายเกียรติศักดิ์ ศรีพันธบุตร เกิดเมื่อวันที่ 24 ธันวาคม พ.ศ. 2519 จังหวัดหนองบัวลำภู ศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาเมื่อปี พ.ศ. 2541 และได้ศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ในปี พ.ศ. 2542