บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 ข้าวโพดหมัก

ข้าวโพดหมักเป็นรูปแบบการเก็บรักษาพืชอาหารสัตว์เพื่อนำไปใช้ในช่วงขาดแคลนอาหารหรือยามต้องการ โดยนำข้าวโพดทั้งต้นรวมฝักมาหมักไว้ในสภาพไร้ออกซิเจน (anaerobic condition) ซึ่งกระบวนการทำพืชหมัก เรียกว่า เอนไซเลจ (ensilage) ส่วนหลุมที่บรรจุพืชหมัก เรียกว่า ไซโล (silo) หลักสำคัญของการทำพืชหมัก คือการหมักในสภาพไร้ออกซิเจน มีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายเพียงพอ การอัดแน่นเป็นวิธีปฏิบัติที่จะทำให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจน สามารถทำได้ดีหากพืชที่นำมาหมักมีปริมาณวัตถุแห้งประมาณ 25-35% และควรสับให้มีขนาด 1-2.5 เซนติเมตร (บุญเสริม, 2539)

ระยะการตัดต้นข้าวโพดเพื่อนำมาหมักที่เหมาะสมคือ ระยะที่ได้ทั้งผลผลิตและคุณค่าทางอาหารพอเหมาะ ซึ่งในทางปฏิบัติแนะนำให้พิจารณาจากรอยต่อของส่วนที่เป็นน้ำและส่วนที่เป็นแป้งของเมล็ด เรียกว่า เส้นน้ำนม (milkline) โดยระยะที่ดีที่สุดคือมีเส้นน้ำนมอยู่ในช่วง 1/2-2/3 ของเมล็ด (De Boever *et al.*,1993; Harrison *et al.*,1996; Bal *et al.*,1997) หรืออาจผันแปรระหว่าง 1/4 - 2/3 ของเมล็ดก็ได้ (Huber *et al.*,1965) พืชหมักสามารถทำได้ทุกช่วงฤดู แม้ว่าจะมีค่าใช้จ่ายสูงกว่าการทำพืชแห้ง แต่พืชหมักสามารถรักษาคุณค่าทางอาหารได้ดีกว่าพืชแห้ง พืชหมักใช้ได้ดีในสัตว์เคี้ยวเอื้อง สามารถใช้เป็นทั้งอาหารหยาบหลักเพียงอย่างเดียวหรือให้ร่วมกับอาหารชนิดอื่นๆ (บุญเสริม,2539)

2.1.1 ลักษณะของข้าวโพดหมักคุณภาพดี

Ensminger and Olentine (1978) ได้สรุปลักษณะของพืชหมักที่มีคุณภาพดีดังนี้

1. มีกลิ่นหอมของกรดไม่มีกลิ่นเน่าเหม็น
2. มีรสชาติดี ไม่ขมหรือรสจัดเกินไป
3. ไม่มีเชื้อรา หรือเน่าเปื่อยเป็นเมือก

4. มีความสม่ำเสมอทั้งด้านความชื้นและสี โดยทั่วไปพืชหมักที่ดีจะมีสีเขียวหรือน้ำตาลอ่อน ถ้ามีสีน้ำตาลเข้มหรือสีไหม้เกรียม แสดงว่ามีความร้อนสูงเกินไป ถ้ามีสีดำ แสดงว่าพืชหมักเน่า ไม่ควรนำมาเลี้ยงสัตว์
5. pH อยู่ระหว่าง 3.8 - 4.5
6. สัตว์ต้องชอบกินและมีการเจริญเติบโตดี
7. มีความชื้นอยู่ในช่วง 60 - 67%

2.1.2 คุณค่าทางอาหารของข้าวโพดหมัก

ข้าวโพดหมักจัดเป็นอาหารหยาบคุณภาพดีชนิดหนึ่ง มีปริมาณวัตถุแห้ง (dry matter, DM) ประมาณ 23-38%, โปรตีน (crude protein, CP) 7-9%, ไขมัน (ether extract, EE) 2-4%, เถ้า (ash) 4-7% และลิกนิน (acid dertergent lignin, ADL) 2.4-2.8% นอกจากนี้ยังมีเยื่อใยปานกลางโดยพิจารณาจากค่า crude fiber (CF), acid detergent fiber (ADF) และ neutral detergent fiber (NDF) มีค่าประมาณ 23-24%, 23-39% และ 41-65 % ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในตาราง 1 ข้าวโพดหมักมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันเนื่องมาจากปัจจัยหลายประการเป็นต้นว่าอายุการเก็บเกี่ยวต่างกัน, สภาพภูมิอากาศ, พันธุ์, การบำรุงรักษาที่ต่างกัน (O'Leary *et al.*, 1990; Bal *et al.*, 1997; Phipps *et al.*, 2000)

อย่างไรก็ตาม Ely (1988) รายงานว่าข้าวโพดหมักที่มีคุณภาพดีควรมี pH น้อยกว่า 4.2 มีระดับกรดแลคติก 1.5-2.5%, กรดอะซิติก 0.5-0.8%, กรดบิวทีริก น้อยกว่า 0.1% และมีแอมโมเนียไนโตรเจนคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 5-8%

ปริมาณแร่ธาตุของข้าวโพดหมักจากแต่ละแหล่งแตกต่างกันได้เช่นกันดังแสดงในตาราง 2 คือมี P 0.2-0.3%, Ca 0.2-0.5%, K 0.8-1.46%, Mg 0.2-0.3%, Zn 22-32 ppm., Mn 20-43 ppm., Fe 184-310 ppm., Cu 6-14 ppm. และ Na 51 ppm. ข้อควรพิจารณาในการใช้ข้าวโพดหมักคือ ข้าวโพดหมักมีแร่ธาตุ Ca, P อยู่ในระดับต่ำกว่าที่โครีดนมต้องการ ดังเช่นที่ NRC (1988) ได้แนะนำไว้ว่า โคนมที่มีน้ำหนักตัว 400 กิโลกรัม ให้นมวันละ 20 กิโลกรัม ต้องการอาหารที่มีโปรตีน 16%, NEL 1.62 Mcal/kgDM, Ca 0.58% และ P 0.37% ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้ข้าวโพดหมักเป็นอาหารเดี่ยวแก่โครีดนมได้ ระดับของธาตุ Mg ที่เหมาะสมกับโครีดนมคือช่วง 0.25-0.30% ระดับของซีลีเนียม (Se) ที่แนะนำสำหรับโคนมอยู่ในช่วง 0.1-0.3 ppm. การให้วิตามินอย่างเพียงพอโดยเฉพาะวิตามิน E ในระดับวันละ 400-600 มิลลิกรัม จะช่วยในการสร้างภูมิต้านทานแก่โคนมต่อการติดเชื้อ (สมคิดและคณะ, 2535) และระดับไอโอดีนที่เหมาะสมสำหรับโครีด

นมอยู่ในช่วง 0.5-1.0 ppm. (NRC, 1988) ในอาหารโคนมควรมีธาตุ Zn 60-80 ppm., Mn 50-60 ppm., Cu 15-25 ppm. (บุญล้อมและสมคิด, 2542)

ตาราง 1. องค์ประกอบทางเคมีของข้าวโพดหมัก

Chemical composition of corn silage

DM	OM	CP	EE	CF	NFE	Ash	ADF	NDF	ADL	TDN	Reference
	◄				%DM					►	
30.1	-	8.3	4.2	24.2	57.6	5.6	-	-	-	-	Byers *et al.* (1965)
32.6	-	8.4	-	-	-	-	23.7	42.0	2.5	-	Belyea *et al.* (1975)
30.5	-	9.5		-	51.2	-	28.5	61.3	-	-	Ely *et al* . (1982)
33.6	99.5	6.8	-	-	-	-	27.1	46.6	-	-	Shaver *et al.* (1984)
31.5	95.7	7.1	-	-	-	-	27.0	49.2	-	-	Shaver *et al.* (1985)
32.5	93.2	8.0	-	-	-	-	-	52.4	-	-	Deswysen *et al.* (1987)
30.8	89.4	9.3	-	23.0	-	-	-	50.5	-	-	Deswysen *et al.*(1993)
38.3	-	8.1	-	-	-	4.0	23.2	40.9	2.4	-	Weiss (1995)
23.2	93.3	8.7	2.4	-	-	6.7	39.1	64.5	2.8	-	บุญเสริม (2542)
-	-	7.7	-	-	-	-	29.8	-	-	67.1	บุญล้อมและสมคิด (2542)
31.2	94.5	7.9	2.0	-	-	5.5	27.4	58.4	-	66.5	บุญเสริม (2543)

ตาราง 2. ส่วนประกอบแร่ธาตุของข้าวโพดหมัก

Mineral content of corn silage

P	Ca	K	Mg	Zn	Mn	Fe	Cu	Na	Reference
◄	%DM		►	◄		ppm		►	
0.26	0.24	0.80	0.21	22.0	32.0	310.0	10.0	51.0	Belyea *et al.* (1975)
0.27	0.30	0.91	0.21	32.0	43.0	254	14	-	Smith *et al.* (1978)
0.22	0.26	0.94	0.22	25.5	20.6	184.0	6.3	-	Grieve *et al.* (1980)
0.22	0.29	-	0.15	-	-	-	-	-	Shaver *et al.* (1985)
0.30	0.55	1.46	0.32	-	-	-	-	-	Ruiz *et al.* (1992)

ตาราง 3 แสดงค่าการย่อยโภชนะข้าวโพดหมักของโคนม พบว่ามีการย่อยได้ของวัตถุแห้ง 60.2-68.8%, อินทรียวัตถุ (organic matter, OM) 61.3-71.5%, โปรตีน 44.1-68.5%, ไขมัน 81.9-85.7%, ADF 33.6-58.4%, NDF 45.3-61.8%, และคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย (nonfiber carbohydrate, NFC) 92.2%

สำหรับค่าโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (total digestible nutrients, TDN) พลังงานย่อยได้ (digestible energy, DE) พลังงานเมแทบอไลซ์ (metabolizable energy, ME) และพลังงานสุทธิ (net energy for lactation, NEL) ของต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หมักอยู่ในเกณฑ์สูงคือมี TDN 66-71% และมีค่า DE, ME และ NEL ประมาณ 2.9, 2.5 และ 1.5-1.7 Mcal/kgDM (ตาราง 4)

ตาราง 3. การย่อยได้ของโภชนะของข้าวโพดหมักในสัตว์เคี้ยวเอื้อง
Nutrient digestibility of corn silage by ruminants

Animal	DM	OM	CP	EE	ADF	NDF	NFC	Reference
	←			%DM			→	
Sheep	67.70	-	61.70	80.30	66.90	71.90	-	Sudweeks *et al.* (1979)
Sheep	66.11	69.11	56.40	68.95	72.88	70.15	82.51	บุญเสริม (2543)
Cow	68.80	-	56.40	85.70	-	-	-	Byers *et al.* (1965)
Cow	-	-	44.10	83.50	-	-	-	Huber *et al.* (1965)
Cow	-	71.50	68.50	-	58.40	61.80	-	Cleale *et al.* (1990)
Cow	60.20	61.30	61.10	81.90	47.80	45.30	-	Ruiz *et al.* (1992)
Cow	61.40	63.80	62.50	-	33.60	-	92.20	Bal *et al.* (1997)

2.1.3 การใช้ข้าวโพดหมักเป็นอาหารโค

Brown *et al.* (1965) รายงานว่าสามารถใช้ข้าวโพดหมักสามารถนำมาใช้เป็นอาหารหยาบเดี่ยวสำหรับโคนมได้โดยไม่มีผลกระทบต่อการให้ผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม

Klein *et al.* (1993) ได้รายงานว่าเมื่อให้โคนมกินข้าวโพดหมักในระดับสูง ไม่พบว่าโคมีปัญหาด้านสุขภาพแต่อย่างใด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Grieve *et al.* (1980) ที่รายงานว่าสามารถให้โคกินข้าวโพดหมักอย่างเดียวเป็นเวลานาน ๆ ได้โดยไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพและระบบการสืบพันธุ์ของโค อย่างไรก็ดี Grieve *et al.* (1980) พบว่าการที่ข้าวโพดหมักมีพลังงานสูงจะทำให้โคที่อยู่ในช่วงสุดท้ายของการให้นม (late lactation) และในช่วงนมแห้ง (dry period) มี

สภาพร่างกายอ้วนเกินไป ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้โคมีความอยากกินอาหารในระยะหลังคลอดลดลง และทำให้เกิดโรคคีโตซีส (ketosis) ได้ง่าย

ตาราง 4. พลังงานของต้นข้าวโพดหมัก

Energy content of corn silage

Species	TDN	DE	ME	NEL	Reference
	(%DM)	← Mcal / kgDM →			
Cow	70.90	-	-	-	Byers *et al.* (1965)
Cow	66.10	-	-	-	Huber *et al.* (1965)
Cow	-	-	-	1.47	Nocek *et al.* (1986)
Cow	-	-	-	1.69	Broderick *et al.* (1993)
Cow	67.10	-	-	1.50	สมคิดและคณะ, 2535.
Cow	-	-	-	1.61	Chen *et al.* (1994)
Sheep	66.50	2.90	2.50	1.50	บุญเสริม (2543)

Holden *et al.* (1995) รายงานว่าโคที่กินข้าวโพดหมักมีคะแนนสภาพร่างกาย (body condition score) ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ปล่อยเล็มหญ้าและเสริมอาหารข้น แต่ความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในเลือดจะต่ำกว่ากลุ่มควบคุมเพราะโปรตีนในหญ้าแม้ว่าจะมีไม่สูงแต่ก็สามารถถูกย่อยสลายได้ง่ายกว่าโปรตีนในข้าวโพดหมัก ดังนั้นการเสริมข้าวโพดหมักให้แก่โคที่ปล่อยเล็มหญ้าจะช่วยลดการย่อยสลายไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน Dhiman and Satter (1997) รายงานเช่นกันว่าการให้โคกินอาหารที่มีข้าวโพดหมักผสมอยู่จะช่วยลดความเข้มข้นของแอมโมเนียในรูเมนและลดการขับไนโตรเจนออกจากร่างกายประมาณ 6-15 %

2.2 อาหารผสมครบส่วน (Complete diet หรือ Total mixed ration, TMR)

อาหารผสมครบส่วน หมายถึง การนำอาหารหยาบ, อาหารข้น, อาหารเสริมแร่ธาตุ และวิตามิน มาผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสมและมีโภชนะต่าง ๆ ครบตามความต้องการของโคนม (บุญล้อม และสมคิด, 2542) ซึ่งปริมาณอาหารที่ให้และโภชนะต่าง ๆ ที่โคนมจะได้รับจะพิจารณาตามน้ำหนักตัว ปริมาณน้ำนมและช่วงของการให้นม

อาหารผสมครบส่วนจะช่วยแก้ปัญหาในการเลือกกินอาหารของโค และสามารถใช้เป็นอาหารเดี่ยวได้ สามารถให้สัตว์กินอาหารได้ตามใจชอบ (self - feeding system) จุดมุ่งหมายของการใช้อาหารผสมครบส่วน คือ เพื่อให้ง่ายและสะดวกต่อการให้อาหารในฝูงโคที่ให้นมสูง ช่วยประหยัดแรงงานและต้นทุน ขณะเดียวกันยังสามารถควบคุมโภชนะที่โคได้รับได้อย่างสม่ำเสมอ

พืชอาหารหยาบที่ใช้อาจเป็นชนิดที่อวบน้ำ เช่น ข้าวโพดหมัก หรือเป็นอาหารหยาบแห้งก็ได้โดยนำมาผสมกับอาหารข้นแล้วอัดเป็นเม็ดดังเช่นที่ขายเป็นการค้า แต่ในกรณีของข้าวโพดหมักเมื่อผสมเสร็จแล้วมักนำไปให้สัตว์กินทันทีโดยไม่ผสมทิ้งไว้ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการบูดหรือการหมักต่อ การให้อาหารแบบผสมครบส่วนเหมาะสมกับโคที่ให้ผลผลิตสูงเพราะสามารถช่วยให้กินอาหารข้นปริมาณสูงได้โดยไม่ทำให้ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ในกระเพาะรูเมนลดลงหรือลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจากโคได้รับอาหารข้นเข้าไปอย่างช้า ๆ ทำให้โคมีสุขภาพดี กินอาหารได้มาก และให้ผลผลิตสูง นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันการลดลงของไขมันนมได้ด้วย (Owen, 1981)

การให้แม่โคกินอาหารอย่างเต็มที่ควรให้ในรูปอาหารผสมครบส่วนเพราะสามารถปรับอาหารให้มีระดับพลังงานพอเหมาะแก่ความต้องการของโคได้ง่าย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อแม่โคทุกตัวภายในฝูง

2.2.1 ข้อควรพิจารณาในการใช้อาหารผสมครบส่วน

2.2.1.1 เปรียบเทียบการให้อาหารแบบแยกส่วนกับการให้อาหารผสมครบส่วน

วิธีการให้อาหารโคนมที่มักจะปฏิบัติกันทั่วไป คือ ให้อาหารหยาบเต็มที่แก่แม่โคและให้อาหารข้นตามปริมาณน้ำนม โดยให้อาหารข้นในช่วงรีดนมหรือแบ่งให้ช่วงเวลาอื่นด้วย เพราะโคอาจจะกินอาหารไม่หมดในช่วงรีดนม การให้อาหารข้นโดยวางแยกให้สัตว์เลือกกินตามใจชอบโดยไม่จำกัดปริมาณ ปรากฏว่าไม่ทำให้ได้ผลผลิตดีขึ้นโดยเฉพาะเมื่อพิจารณาการให้นมตลอดช่วงการให้นม

ในรายงานการตรวจเอกสาร Owen (1981) แสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงโคนมโดยใช้หญ้าแห้งและฟางเป็นอาหารหยาบ และให้อาหารข้นซึ่งประกอบด้วยข้าวบาร์เลย์เป็นหลัก ผลปรากฏว่าเมื่อให้โคกินอาหารทั้งสองตามใจชอบ โคกินอาหารหยาบน้อยมาก ส่งผลให้น้ำนมที่รีดได้มีไขมันต่ำ ปริมาณการกินอาหารไม่แน่นอน และโคให้น้ำนมมากกว่ากลุ่มที่กินอาหารผสมครบส่วนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ข้อเสียที่เกิดขึ้นจากการให้แม่โคเลือกกินอาหารตามใจชอบคือ แม่โคกินอาหารหยาบและอาหารข้นในสัดส่วนที่แตกต่างกันมาก ผลการศึกษาให้โคกินอาหารข้นตามใจชอบช่วง

หลังคลอดลูกแล้ว 2 เดือน มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันนมลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการให้อาหารผสมครบส่วนและการให้อาหารข้นตามความสามารถในการให้นม นอกจากนี้ในช่วง 3 เดือนแรกหลังคลอด ถ้าโคได้รับอาหารข้นอย่างเต็มที่จะมีปัญหาทางด้านสุขภาพ การใช้อาหารข้นไม่มีประสิทธิภาพ และให้นมลดลง สรุปได้ว่าการให้โคกินอาหารข้นตามใจชอบไม่ว่าจะให้บางช่วงหรือให้ตลอดช่วงการให้นมก่อให้เกิดประโยชน์น้อยและการปฏิบัติเช่นนั้นจะทำให้การใช้อาหารข้นไม่มีประสิทธิภาพ ไขมันนมลดลง และเกิดปัญหาสุขภาพ

Bath *et al.* (1974) ศึกษาการกินอัลฟัลฟ่าแห้งตามใจชอบของโค Holstein Friesian ที่ได้รับพลังงานสุทธิสูงกว่าระดับความต้องการในระดับ 20%, 35%, 50%, 65% หรือ 80% พบว่าการได้รับพลังงานสุทธิจากอาหารข้นสูงขึ้นจะทำให้การกินอัลฟัลฟ่าแห้งลดลง 0.78 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/กิโลกรัมวัตถุแห้งของอาหารข้นที่กิน โคที่ได้รับพลังงานสูงกว่าความต้องการ 50% ขึ้นไปจะทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันนมลดลง

Holter *et al.* (1977) รายงานว่าโคที่ได้รับอาหารผสมครบส่วนจะให้นม 4%FCM สูงกว่าโคที่ได้รับอาหารแบบแยกส่วนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และมีแนวโน้มกินวัตถุแห้งได้สูงกว่าการให้อาหารแยกส่วน (14.5 เทียบกับ 14.2 กิโลกรัม/วัน หรือ 2.56 เทียบกับ 2.51%BW)

Coppock *et al.* (1972) แนะนำว่าในการให้โคกินอาหารผสมครบส่วนควรให้กินเป็นกลุ่มเพราะส่งผลให้โคกินอาหารได้มากกว่าการให้อาหารเป็นรายตัว (3.32 เทียบกับ 3.09%BW) นอกจากนี้ยังส่งผลให้โคให้นมที่มีเปอร์เซ็นต์ไขมันและโปรตีนสูงขึ้นด้วย

การให้อาหารโคนมโดยเฉพาะช่วงแรกของการให้นมมีข้อควรคำนึงถึง 2 ประการดังนี้ (Owen, 1981)

1. สูตรอาหารมีอิทธิพลต่อการให้นม โดยมีผลต่อการหมักย่อยในกระเพาะรูเมน และมีผลต่อการนำพลังงานไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตและการผลิตนม

2. ถ้าในสูตรอาหารมีอาหารหยาบมากเกินไป ประสิทธิภาพการใช้อาหารของโคจะลดลง จะทำให้โคขาดพลังงาน โคที่ได้รับพลังงานน้อยจะหยุดให้นม น้ำหนักตัวลดลงมาก และมีอัตราการผสมติดลดลง

2.2.1.2 ความถี่ในการให้อาหาร

การให้อาหารบ่อยครั้งจะเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร Owen (1981) สรุปผลการศึกษาของนักวิจัยหลายท่าน ซึ่งศึกษากับแม่โคที่กำลังให้นมและสัตว์ชนิดอื่นอื่น ๆ พบว่าการให้อาหารบ่อยครั้งจะเพิ่มการย่อยได้ของวัตถุแห้งและไนโตรเจน โดยเฉพาะเมื่อใช้อาหารที่มีคุณภาพต่ำ การให้อาหารบ่อยครั้งยังช่วยลดความแปรปรวนของปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (volatile

fatty acid, VFA) และแอมโมเนียในกระเพาะรูเมน ทำให้ pH ในกระเพาะรูเมนเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเท่านั้น นอกจากนี้ยังเพิ่มสัดส่วนของกรดโพรพิโอนิค และจำนวนโปรโตซัว (protozoa) ในกระเพาะรูเมนด้วย การให้หญ้าแห้งอัดเม็ด วันละ 4 ครั้ง พบว่าทำให้นมมีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงกว่าการให้วันละ 2 ครั้ง เนื่องจากการให้อาหารบ่อยครั้งช่วยให้อัตราส่วนของ acetic: propionic มีแนวโน้มใกล้เคียงกับ 3:1 จึงสามารถป้องกันการลดลงของไขมันนม การให้อาหารบ่อยครั้งมีผลให้ความเข้มข้นของแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนค่อนข้างสม่ำเสมอซึ่งเป็นผลดีทำให้ประสิทธิภาพการใช้ non-protein nitrogen (NPN) ดีขึ้น

สรุปได้ว่าโคที่ให้นมสูงควรจะให้อาหารผสมครบส่วนกินตามใจชอบ ซึ่งจะทำให้กินอาหารได้เพิ่มขึ้น ไขมันนมไม่ลดต่ำลง และโคสามารถใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังป้องกันการเกิด acidosis ด้วย

2.2.2 การประกอบสูตรอาหารและการเตรียมอาหารผสมครบส่วน

หลักในการประกอบสูตรอาหาร และการเตรียมอาหารผสมครบส่วนมีประเด็นควรพิจารณาดังนี้

2.2.2.1 สัดส่วนของอาหารหยาบและอาหารข้น

สัดส่วนของอาหารหยาบและอาหารข้นในสูตรอาหารผสมครบส่วนขึ้นอยู่กับชนิดและคุณภาพของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่นำมาผสมในสูตรอาหาร และความต้องการโภชนะของโคนม โดยต้องคำนึงถึงระดับของเยื่อใย คือผนังเซลล์ (NDF) และ ADF ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ซึ่ง NRC (1988) ได้แนะนำไว้คือ 30-35 % และ 21% ตามลำดับ นอกจากนี้ควรมีระดับโปรตีนไหลผ่าน (by pass protein) 30-35% มีคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย (NFC) ไม่เกิน 35% และควรมีพลังงานและโปรตีนครบตามความต้องการของโคนมตามระยะการให้นมและปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้ (ฉลอง และคณะ, 2540)

Everson *et al.*(1976) ได้ทดลองเปรียบเทียบการให้อาหารผสมครบส่วน 2 ระบบคือ วิธีที่ 1 ให้อัตราส่วนอาหารหยาบ : อาหารข้น คงที่ 60:40 วิธีที่ 2 ผันแปรอัตราส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นตามระยะการให้นม คือ ในช่วง 21 สัปดาห์แรก ให้อาหารหยาบต่ออาหารข้น เท่ากับ 50:50 จากสัปดาห์ที่ 23 เป็นต้นไปให้ในอัตรา 65:35 และในช่วง 8 สัปดาห์สุดท้ายให้ในอัตรา 85:15 ผลปรากฏว่าตลอดระยะเวลาที่ศึกษา 2 ปี วิธีที่ 2 ค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อนในการปฏิบัติ และไม่ได้ทำให้แม่โคให้น้ำนมและไขมันนมสูงกว่าวิธีที่ 1 แต่อย่างใด

Owen (1981) สรุปว่ายังไม่มีการยืนยันพิสูจน์ข้อดีของการให้อาหารข้นแก่แม่โคนมในปริมาณต่าง ๆ ตามระยะการให้นม หรือการเปลี่ยนอัตราส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนตามระยะการให้นม แม้ว่าการเพิ่มอาหารข้นจะมีผลทำให้ได้นมเพิ่มขึ้น อัตราส่วนที่เหมาะสมของอาหารข้นต่ออาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนที่ใช้อาหารหยาบคุณภาพดีไม่ควรเกิน 60:40 แต่โคที่ให้นมสูงอาจใช้อัตราส่วน 50:50 ได้ กรณีที่อาหารหลักเป็นพืชหมัก ควรเสริมแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพดี เช่น กากถั่วเหลืองและปลาป่น เพราะวัตถุดิบเหล่านี้สามารถให้ undegradable protein (UDP) ตลอดจนทำให้ได้ microbial protein ในปริมาณที่เพียงพอแก่กระเพาะ abomasum และลำไส้เล็ก

อย่างไรก็ตาม การให้อาหารผสมครบส่วนที่มีอาหารข้นระดับเดียวเลี้ยงกลุ่มโคนมที่ให้ผลผลิตใกล้เคียงกันเปรียบเทียบกับการให้อาหารเป็นรายตัวตามปริมาณน้ำนม พบว่าการให้อาหารเป็นรายตัวไม่ได้ทำให้แม่โคให้ผลผลิตน้ำนมดีกว่าการให้อาหารที่มีอาหารข้นระดับเดียว ซึ่งจัดตามระดับผลผลิตหรือระยะการให้นม

Xu *et al.*(1994) แนะนำว่าการให้อาหารข้นในระดับสูงในสูตรอาหารผสมครบส่วนควรจะเติม buffer ลงไปด้วย ทั้งนี้เพื่อลดความเป็นกรดภายในกระเพาะรูเมนและช่วยเพิ่มปริมาณการกินอาหาร

2.2.2.2 การจัดส่วนประกอบของอาหารผสมครบส่วนที่พอเหมาะ คือ

1. มีเมล็ดธัญพืชในระดับที่เหมาะสมเพื่อให้ระดับของ NFC อยู่ในช่วง 25-35% (สมคิด, 2542)

2. มีระดับโปรตีนเหมาะสม ถ้าใช้โปรตีนที่มีคุณภาพดีระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารโคนมควรอยู่ที่ระดับ 13% (Owen, 1981)

3. มีแหล่งอาหารโปรตีน กรณีที่ใช้พืชหมักเป็นอาหารหยาบหลักควรเสริมแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพดี เช่น กากถั่วเหลือง และปลาป่น เพราะวัตถุดิบเหล่านี้สามารถให้ UDP ตลอดจนทำให้ได้โปรตีนจากจุลินทรีย์ที่เพียงพอแก่กระเพาะ abomasum และลำไส้เล็ก (Owen, 1981)

2.2.3 ข้อดีของอาหารผสมครบส่วน

จากการศึกษาเอกสารและรายงานต่าง ๆ พอจะสรุปได้ว่าอาหารผสมครบส่วนมีข้อดีดังนี้

1. ช่วยประหยัดแรงงานโดยเฉพาะในการจัดการอาหารหยาบ และสะดวกในการจัดการให้อาหาร

2. มีผลทำให้ pH ภายในกระเพาะรูเมนอยู่ในระดับที่เหมาะสม (pH 6-6.8) ทำให้การทำงานของจุลินทรีย์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะส่งผลดีต่อการให้นมทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพน้ำนม

3. เพิ่มความน่ากินของอาหาร ทำให้สัตว์กินอาหารมากขึ้น

4. สัตว์ได้รับโภชนะตามความต้องการอย่างสม่ำเสมอทำให้โคสามารถแสดงศักยภาพการให้ผลผลิตได้อย่างเต็มที่

5. รักษาอัตราส่วนของ acetic : propionic ในกระเพาะรูเมนอยู่ในช่วง 3:1 ซึ่งช่วยให้เปอร์เซ็นต์ไขมันนมไม่ลดต่ำลง

6. ทำให้โคมีการกินอาหารข้นมากขึ้นโดยไม่มีผลกระทบต่อ pH ในกระเพาะรูเมน

7. ป้องกันอันตรายของ acidosis จากการกินอาหารข้นมากเกินไป

2.2.4 ลักษณะของอาหารผสมครบส่วนที่ดี

สมชาย (2538) แนะนำว่าลักษณะของอาหารผสมครบส่วนที่ดีควรมีคุณสมบัติดังนี้

1. ควรประกอบด้วยอาหารหยาบและอาหารข้นในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยสูตรอาหารจะขึ้นอยู่กับอายุ และการให้ผลผลิตของโคนม

2. คุณภาพของอาหารทั้ง 2 ชนิดที่นำมาผสมกันต้องมีคุณภาพดี โดยเฉพาะอาหารหยาบเพื่อให้การใช้ประโยชน์จากอาหารผสมครบส่วนเกิดประโยชน์สูงสุด

3. ขนาดความยาวของอาหารหยาบที่ใช้ผสมควรมีขนาดประมาณ 3 - 5 ซม.

4. การกระจายตัวของอาหารหยาบและอาหารข้นควรสม่ำเสมอ

5. สภาพของอาหารต้องใหม่และมีกลิ่นหอมน่ากิน

2.3 ความต้องการโภชนะของโครีดนมลูกผสมขาวดำ

Promma *et al.* (1998a) สรุปผลจากการทดลองอาหารกับโครีดนมที่ให้นมประมาณ 12-14 กิโลกรัม/วัน ว่าสามารถใช้มาตรฐานการให้อาหารของ NRC (1988) ได้ ยกเว้นระดับของโปรตีนในอาหารสามารถลดลงได้ประมาณ 10% ของระดับที่ NRC กำหนด อย่างไรก็ตามในการทดลองต่อมาสมคิดและคณะ (2541) รายงานว่าเมื่อลดระดับโปรตีนในอาหารโคนมลงประมาณ 10% ของระดับที่ NRC (1988) กำหนด ปรากฏว่ามีผลทำให้ผลผลิตน้ำนมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.001$) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนเท่ากับ NRC กำหนด (12.8 เทียบกับ 14.2 กิโลกรัม/วัน)

สมคิด และบุญล้อม (2540) รายงานจากการตรวจเอกสารว่าสัดส่วนอาหาร (ration) สำหรับโคนมลูกผสมขาวดำ ที่ให้นมในระดับต่ำ (10-14 กิโลกรัม/วัน), ให้นมปานกลาง (15-20 กิโลกรัม/วัน) และให้นมสูง (21-30 กิโลกรัม/ วัน) ควรมี TDN 64, 67 และ 67% และมีโปรตีนเท่ากับ 14, 16 และ 16% ตามลำดับ สำหรับปริมาณเยื่อใยในอาหาร Promma *et al.* (1998a) แนะนำว่าอาหารโคนมควรมีเยื่อใย CF อย่างน้อย 17% หรือ ADF อย่างน้อย 19% เพื่อทำให้การผลิตไขมันนมอยู่ในระดับปกติ ส่วนโครีดนมขาวดำที่ให้นมเฉลี่ย 10-15 กิโลกรัม/วัน ที่เลี้ยงด้วยอาหารหยาบคุณภาพปานกลางระดับโภชนะในอาหารสอดคล้องกับที่ NRC (1988) กำหนด

บุญล้อม และสมคิด (2542) แนะนำว่าระดับโปรตีนในอาหารข้นของโครีดนมควรมากกว่า 18% และของโครุ่นควรมากกว่า 12% ส่วนระดับพลังงานในอาหารข้นทั้งโครุ่นและโครีดนมควรมีค่ามากกว่า 70% ขึ้นไป เพราะอาหารหยาบในไทยมีพลังงานต่ำ (45.1-63.9% TDN) การใช้ต้นข้าวโพด ข้าวโพดหมัก หรือเศษเหลือจากข้าวโพดฝักอ่อนหรือข้าวโพดหวาน ซึ่งมีพลังงานสูงกว่า 55% จะสามารถทดแทนพลังงานส่วนที่ขาดได้ นอกจากนี้การจัดการฝูงโคนมโดยมีการแบ่งกลุ่มตามระดับการให้ผลผลิตจะทำให้ง่ายต่อการให้อาหารให้มีโภชนะเพียงพอกับความต้องการ อีกทั้งยังต้องพิจารณาถึงวิธีการให้อาหารที่เหมาะสม และสะดวกในทางปฏิบัติเพื่อให้โคสามารถเพิ่มผลผลิตน้ำนมขึ้นกว่าการจัดการแบบปกติ

รัชนีกร และวิศิษฐิพร (2544) ประกอบสูตรอาหารผสมครบส่วนโดยใช้ชานอ้อยปรับปรุงคุณภาพด้วย NaOH เป็นอาหารหยาบ เลี้ยงโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน ที่ให้นมเฉลี่ย 15 กิโลกรัม/วัน พบว่าโคที่ได้รับพลังงานต่ำกว่า NRC (1988) แนะนำ 10% มีแนวโน้มว่าผลผลิตน้ำนมลดลง นอกจากนี้ยังมีของแข็ง (total solid) และของแข็งปราศจากไขมัน (solid not fat) ในน้ำนมน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับพลังงานเท่ากับ NRC (1988) ส่วนการเพิ่มพลังงานขึ้นอีก 10% ของระดับที่ NRC (1988) แนะนำ มีผลทำให้โคผลิตน้ำนมลดลง และส่วนประกอบของน้ำนมได้แก่ ไขมันนม, โปรตีนนม, ของแข็งในนม และของแข็งที่ปราศจากไขมันในน้ำนมน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับพลังงานเท่ากับ NRC (1988) สอดคล้องกับผลการทดลองของ เกียรติศักดิ์ และวิศิษฐิพร (2544) ซึ่งได้ทดลองกับโคลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน ที่ให้นมเฉลี่ย 8-9 กิโลกรัม/วัน อยู่ในระยะกลางของการให้นม เลี้ยงด้วยอาหารผสมครบส่วนโดยใช้ฟางหมักยูเรียเป็นอาหารหยาบ พบว่าโคกลุ่มที่ได้รับพลังงานต่ำกว่า NRC (1988) แนะนำ 10% มีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำนม, ไขมันนม, โปรตีนนม, ของแข็งในนม และของแข็งที่ปราศจากไขมันในน้ำนมน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับพลังงานเท่ากับ NRC แนะนำ และการลดระดับโปรตีนในอาหารลง 10% จะทำให้โคผลิตน้ำนม, ไขมันนม, ของแข็งในนม และของแข็งที่ปราศจากไขมันในน้ำนมมากกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีนเท่ากับ NRC กำหนด นอกจากนี้ยัง

พบว่าการเพิ่มระดับพลังงานมากกว่าที่ NRC (1988) แนะนำ 10% มีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำนม, ไขมันนม, โปรตีนนม, ของแข็งในนม และของแข็งที่ปราศจากไขมันในน้ำนมสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับพลังงานเท่ากับ NRC กำหนด ซึ่งขัดแย้งกับรายงานของ รัชนีกร และวิศิษฐิพร (2544)

นอกจากนี้กังวาน และคณะ (2544) ทดลองใช้อาหารผสมครบส่วนโดยใช้หญ้าอุบลพาสพาลั่ม (*Paspalum atratum* cv. Ubon) หมักเป็นอาหารหยาบ เลี้ยงโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน ที่ให้นมอยู่ในช่วง 10-15 กิโลกรัม/วัน พบว่าการเพิ่มระดับพลังงานหรือโปรตีน หรือทั้งสองอย่างมากกว่าที่ NRC (1988) แนะนำ 20% ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว ผลผลิตน้ำนม และส่วนประกอบทางเคมีของน้ำนม นอกจากนี้ยังพบว่าไม่มีผลกระทบต่อปริมาณการกินวัตถุแห้งเมื่อคิดเป็นกิโลกรัมวัตถุแห้ง/วัน แต่เมื่อคิดในรูปเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว และ metabolic weight (g DM/kgBW$^{0.75}$) พบว่าการเพิ่มโปรตีนขึ้นอีก 20% มีผลทำให้โคกินอาหารได้เพิ่มขึ้น (3.75 เทียบกับ 3.53 %BW และ 168 เทียบกับ 160 g DM/kgBW$^{0.75}$ ตามลำดับ)

2.4 ผลของพลังงานและโปรตีนในอาหารต่อผลผลิตน้ำนม และส่วนประกอบทางเคมีของน้ำนม

การเสริมไขมันลงในอาหารจากแหล่งต่าง ๆ มีผลทำให้ชนิดของกรดไขมันในน้ำนมเปลี่ยนแปลง กล่าวคือ มีกรดไขมันที่มีคาร์บอน 6-14 อะตอม (C_6-C_{14}) ซึ่งสังเคราะห์ได้ในต่อมน้ำนมลดลง และมีกรดไขมัน Oleic ($C_{18:1}$) เพิ่มขึ้น กรดไขมันในน้ำนมชนิดนี้ได้มาจากไขมันที่เสริมทั้งทางตรงและทางอ้อม ส่วนกรดไขมัน Palmitic และ Stearic ผันแปรไปตามชนิดไขมันที่เสริม (Palmquist, 2001) ถนัด (2531) รายงานว่าการใช้น้ำมันจากเมล็ดลินซีด, น้ำมันเมล็ดฝ้าย, ไขวัวเสริมลงในอาหารจะช่วยเพิ่มไขมันนม แต่การเสริมน้ำมันตับปลาคอดจะทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันนมลดลง โดยทั่วไปการเพิ่มระดับพลังงานหรือความเข้มข้นของพลังงานในอาหารจะมีผลทำให้ของแข็งปราศจากไขมันและโปรตีนในน้ำนมเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มว่าช่วยเพิ่มแลคโตสในน้ำนม อย่างไรก็ดีการให้อาหารที่มีระดับไขมันสูงเกินไปจะทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันนมลดลง Moorby *et al.* (1998) รายงานว่าการเสริมไขมันในระดับสูงทำให้ความเข้มข้นของโปรตีนและแลคโตสในน้ำนมลดลงด้วย แต่ถ้าอาหารมีพลังงาน ME สูงจะทำให้การผลิตโปรตีนและแลคโตสในนมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อให้โคกินอาหารที่มีทั้งพลังงาน ME และไขมันสูง พบว่าโคจะผลิตโปรตีนในนมได้มากกว่ากลุ่มที่กินอาหารที่มีทั้งพลังงานและไขมันต่ำ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการได้รับพลังงาน ME มากทำให้มีการเก็บสำรองกรดอะมิโนไว้ได้จากกระบวนการสังเคราะห์กลูโคส ดังนั้นความเข้มข้นของโปรตีนในนมไม่ได้ขึ้นอยู่กับการได้รับสารต้นตอที่ใช้ผลิตโปรตีนในนมเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่

กับการได้รับสารต้นตอที่ใช้ผลิตไขมันและแลคโตสในนมด้วย Scigoethe and Casper (1991) รายงานว่าการเพิ่มพลังงานโดยการเสริมไขมันในอาหารให้แก่แม่โคที่อยู่ในช่วงต้นของการให้นม คือ 4-16 สัปดาห์หลังคลอด จะทำให้โคผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้น และมีความคงทนในการให้นม (persistency) เพิ่มขึ้นตลอดช่วงการให้นม แต่เปอร์เซ็นต์ไขมันและโปรตีนนมจะลดต่ำลง

Sutton *et al.* (1994) รายงานว่าการเพิ่มโปรตีนในอาหารโคทำให้ได้ปริมาณนม, โปรตีน และแลคโตสในนมสูงกว่าการเพิ่มพลังงานในอาหาร แต่ถ้าเพิ่มทั้งโปรตีนและพลังงานพบว่าโคจะให้นม, ไขมันนม, โปรตีนนม และแลคโตสในนมได้มากที่สุด ในการทดลองต่อมา Sutton *et al.* (1996) ให้โคกินหญ้าหมักอย่างเต็มที่และเสริมด้วยอาหารข้น 6 kgDM/วัน อาหารข้นมีความเข้มข้นของโปรตีนเท่ากับ 200, 300 และ 400 g/kgDM พบว่าโคทุกกลุ่มกินอาหารคิดเป็นวัตถุแห้งได้ไม่ต่างกัน กลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีโปรตีน 400 g/kgDM จะให้น้ำนมและโปรตีนในนมสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีโปรตีน 200 และ 300 g/kgDM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่มีแนวโน้มว่าให้ไขมันนมลดลง ส่วนปริมาณแลคโตสมีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 3 กลุ่ม สอดคล้องกับผลการทดลองของ Gordon and Peoples (1986) ที่พบว่าการเพิ่มระดับโปรตีนในอาหารโคนมทำให้ผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้นและโคกินพืชหมักได้มากขึ้นแต่เปอร์เซ็นต์ไขมันนมลดลง

นอกจากระดับของโปรตีนในอาหารแล้วยังพบว่าแหล่งของโปรตีนที่ใช้เสริม การย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะรูเมนมีผลต่อปริมาณนมและส่วนประกอบของน้ำนมเช่นกัน Chiou *et al.* (1997) ได้ประกอบสูตรอาหารผสมครบส่วนโดยใช้ข้าวโพดหมักและอัลฟัลฟ่าแห้งเป็นอาหารหยาบแต่ใช้แหล่งเสริมโปรตีนในอาหารต่างกัน พบว่าการใช้ปลาป่นเป็นแหล่งทำให้แม่โคให้นมน้อยกว่าการใช้กากถั่วเหลืองและกากฝ้าย (24 เทียบกับ 26.5 และ 26.5 กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ) แต่น้ำนมมีเปอร์เซ็นต์ของของแข็งในนม, โปรตีน และแลคโตสในนมสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และมีแนวโน้มผลิตนมที่มีไขมันนมสูงขึ้น Metcalf *et al.* (1994) รายงานว่าการเสริมปลาป่นแก่โคนมทำให้ได้กรดอะมิโนที่จำเป็นเพิ่มขึ้น 26% และมีกรดอะมิโนเข้าสู่เต้านมเพิ่มขึ้น 34% ในสภาพอากาศร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซียลเซียส แม่โคนมในระยะกลางของของการให้นม (mid lactation) ที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนสูง (18.5%) และมีโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (rumen degradable protein, RDP) ได้สูง (65.3% ของโปรตีน) จะทำให้โคให้นมได้ลดลง เมื่อเทียบกับโคที่ได้รับอาหารโปรตีนสูง (18.5%) แต่มี RDP ปานกลาง (58.3% ของโปรตีน) หรือโคที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนปานกลาง (16.1%) แต่มี RDP ปานกลาง (58.3% ของโปรตีน) หรือมี RDP สูง (65% ของโปรตีน) (Higginbotham et al., 1989) เมื่อให้โคกินอาหารที่มีพลังงาน ME เท่ากันแต่เพิ่มระดับ UDP ในอาหารเป็น 1.5 เท่า หรือเพิ่ม RDP ในอาหารเป็น 1.25

เท่าของความต้องการ ผลปรากฏว่าการเพิ่มระดับของ UDP และ RDP ไม่มีผลต่อการกินวัตถุแห้งของโคและผลผลิตน้ำนม แต่การเพิ่ม UDP มีผลทำให้โคให้นมที่มี ไขมันนมต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ได้รับการเพิ่ม RDP ในอาหารและกลุ่มควบคุม ทั้งนี้ส่วนประกอบอื่น ๆ ของน้ำนมไม่ต่างกัน (Sloan and Rowlinson, 1988)

การเพิ่มโปรตีนในอาหารจะช่วยให้จุลินทรีย์มีอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ดีขึ้น ทำให้การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอัตราการไหลผ่านของอาหารเพิ่มขึ้น ส่งผลให้โคกินอาหารได้มากขึ้น และมีผลทำให้โคได้พลังงานมากขึ้นด้วย (Gordon, 1979; Nocek and Russell, 1988)

2.5 ผลของโปรตีนในอาหารต่อยูเรียไนโตรเจนในเลือดและในนม

Roseler *et al.* (1992) ได้รวบรวมผลการวิจัยจากแหล่งต่าง ๆ และสรุปว่าการให้อาหารที่มีโปรตีนเกินความต้องการแก่โคนมเป็นผลให้มีความเข้มข้นของยูเรียในเลือด ในน้ำนมและปัสสาวะสูงขึ้น การมีปริมาณยูเรียในร่างกายสูงจะทำให้แม่โคผสมติดยาก และทำให้สัตว์ขับไนโตรเจนที่ได้รับเกินออกมาทางมูลและปัสสาวะ พลังงานที่สัตว์จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ลดลง

ปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือด (blood urea nitrogen, BUN) จะสะท้อนให้เห็นถึงปริมาณโปรตีนในอาหารที่สัตว์ได้รับ, สัดส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายในรูเมนและเมตาบอลิซึมของโปรตีนในลำไส้เล็ก BUN จึงเป็นตัวชี้ความสามารถในการย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะรูเมนและโปรตีนที่ไปถึงลำไส้เล็ก

ยูเรียไนโตรเจนในน้ำนม (milk urea nitrogen, MUN) มีสหสัมพันธ์สูงกับ BUN ดังนั้นทั้ง MUN หรือ milk NPN (MNPN) จึงมีส่วนเกี่ยวข้องกับโปรตีนที่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมน รวมทั้งโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในรูเมนด้วย

Roseler *et al.* (1993) ได้ศึกษาผลการเพิ่มหรือลด DIP (degradable intake protein) และ UIP (undegradable intake protein) ในอาหารโดยถือเกณฑ์ของ NRC (1989) เป็นหลัก พบว่า ปริมาณ plasma urea nitrogen (PUN), MUN เปลี่ยนแปลงตามระดับ DIP และ UIP ในอาหาร แต่เมื่อโคได้รับพลังงาน NEL เพิ่มขึ้น PUN และ MUN จะลดลง PUN มีสหสัมพันธ์สูงกับ MUN ($r=0.88$) และ MNPN ($r=0.76$) MUN เป็นตัวบ่งชี้การกินโปรตีนของโคได้ดีกว่า MNPN แม่โคที่ให้นมระยะกลางไปจนถึงระยะท้ายของแลคเตชั่น (lactation) ที่ได้รับ UIP และ DIP ตามเกณฑ์ของ NRC จะมีความเข้มข้นของ PUN เท่ากับ 14.8 mg/dl เนื่องจาก MUN และ PUN มีสห

สัมพันธ์ต่อกันสูงดังได้กล่าวมาแล้ว ค่า MUN สามารถที่จะประเมินได้จากค่า PUN ดังสมการที่มีผู้เสนอไว้ดังนี้

MUN = 1.56 + (0.75 x PUN) (R^2 = 0.91) (Oltner *et al*., 1985)

หรือ MUN (mg/dl) = (0.0206 x 0.4251) + (0.838 x 0.026 x PUN) (R^2 = 0.788) (DePeter and Ferguson, 1992)

หรือ MUN (mg/dl) = -1.32 + (0.88xPUN) (R^2 = 0.88) (Roseler *et al*., 1993)

หรือ MUN (mg/dl) = 3.62 + (0.65 x PUN) (R^2 = 0.73) (Lyatuu and Eastridge, 2001)

ความสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนที่ย่อยสลายได้ง่ายในกระเพาะรูเมนและโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมนกับปริมาณยูเรียในเลือดในทำนองเช่นนี้ปรากฏในรายงานของ Higginbotham *et al*. (1989) และ Westwood *et al*. (2000)

Oltner *et al*. (1985) รายงานว่าความเข้มข้นของ MUN สามารถใช้เป็นข้อมูลพิจารณาสัดส่วนของโปรตีนต่อพลังงานในอาหารว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ ทั้งนี้ถ้านำมาใช้ควบคู่กับการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว, การให้นม และส่วนประกอบของน้ำนม จะช่วยให้การจัดการให้อาหารมีความเหมาะสมดีขึ้น

Mason (2001) รายงานว่า การที่ตับสังเคราะห์ยูเรียเพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากในอาหารมี degradable และ/หรือ undegradable protein มากเกินไป หรือเกี่ยวกับการขาดคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายซึ่งจุลินทรีย์ในรูเมนต้องการเพื่อใช้ในการสังเคราะห์โปรตีน ส่วนแอมโมเนียที่ไม่ถูกนำไปใช้จะถูกดูดซึมผ่านผนังรูเมนเข้าสู่กระแสเลือด และนำไปที่ตับเพื่อเปลี่ยนให้เป็นยูเรีย กระบวนการเปลี่ยนยูเรียให้เป็นแอมโมเนียที่ตับต้องการกรดอะมิโน aspartic acid

Mason (2001) รายงานว่า ในประเทศอังกฤษและแคนาดา น้ำนมมีค่า MUN เฉลี่ยเท่ากับ 10-16 mg/dl ส่วนในมลรัฐ Pensylvania และ Minnesota ประเทศสหรัฐอเมริกา น้ำนมโคจะมีค่า MUN เฉลี่ยเท่ากับ 14 mg/dl ประมาณร้อยละ 66 ของแม่โคจะมีค่า MUN อยู่ระหว่าง 10-18 mg/dl และร้อยละ 95 มีค่า MUN อยู่ระหว่าง 6-22 mg/dl นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อความเข้มข้นของ MUN เป็นต้นว่า

1. น้ำหนักตัวโค ถ้าน้ำหนักตัวมากจะมี MUN เพิ่มขึ้น
2. จำนวนการตั้งท้อง (parity) มีรายงานว่าโคสาวที่ให้นมครั้งแรกจะมีค่า MUN ต่ำ
3. จำนวนวันให้นม ค่า MUN จะน้อยในช่วงต้นของการให้นม และจะเพิ่มขึ้นจนถึงระยะให้นมสูงสุด
4. ผลผลิตน้ำนม พบว่าค่า MUN จะเพิ่มขึ้นตามผลผลิตน้ำนม

5. ความผันแปรในแต่ละวัน มีหลาย ๆ การทดลองรายงานว่า ระดับสูงสุดของ MUN จะอยู่ในช่วง 2-4 ชั่วโมง หลังกินอาหาร ดังนั้นระยะเวลาในการกินอาหารของโค และจำนวนครั้งที่โคกินอาหารจะมีผลกระทบต่อ MUN

6. ความแปรปรวนของฤดูกาล มีรายงานว่าความเข้มข้นของ MUN จะสูงที่สุดในฤดูร้อน

2.6 การตรวจหายูเรียไนโตรเจนในน้ำนม

Grant *et al.* (1996) รายงานว่า สามารถใช้ค่า MUN บ่งชี้ระดับของโปรตีนในอาหารโคได้ ถ้าค่า MUN สูงแสดงว่ามีโปรตีนในอาหารมากเกินไป หรือมีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายในกระเพาะรูเมนต่ำ การตรวจสอบ MUN และจัดการ MUN ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมจะช่วยให้สามารถปรับโปรแกรมการจัดการให้อาหารได้ดีขึ้น กล่าวคือ :

- ทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่ำลง
- เพิ่มสมรรถภาพการสืบพันธุ์
- เพิ่มการผลิตโปรตีนในน้ำนม
- ลดการขับไนโตรเจนออกสู่สิ่งแวดล้อม

ในฝูงโคที่มีจำนวนโคไม่มากสามารถตรวจหา MUN ได้ทุกตัว แต่สำหรับฝูงโคขนาดใหญ่ควรสุ่มตัวอย่างมา 10% ของฝูง หรือ 10% ของโคแต่ละกลุ่ม การสุ่มตัวอย่างน้ำนมจากโคแต่ละตัวจะดีกว่าการสุ่มตัวอย่างน้ำนมจากถังน้ำนมรวม

การเก็บตัวอย่างนมเพื่อวิเคราะห์หา MUN ควรจะเก็บในช่วงเวลารีดนมตามปกติ ระดับของ MUN จะบ่งบอกถึงระดับของ BUN ตลอด 12 ชั่วโมงก่อนหน้านี้ (ถ้ารีดนมวันละ 2 ครั้ง) หรือ 8 ชั่วโมงก่อนหน้านี้ (ถ้ารีดนมวันละ 3 ครั้ง) ถ้าจะตรวจหา BUN ควรจะสุ่มตัวอย่างเลือดหลังจากที่โคกินอาหารแล้วประมาณ 2-4 ชั่วโมง นักวิทยาศาสตร์หลายคนมีความเห็นตรงกันว่าค่า BUN และ MUN มีค่าเท่ากัน เพราะยูเรียในเลือดสามารถซึมผ่านเข้า-ออก เต้านมได้ ดังนั้นระดับ ยูเรียในนมจึงเท่ากับระดับยูเรียในเลือดอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการเก็บตัวอย่างน้ำนมจึงสะดวกกว่าการเก็บตัวอย่างเลือด โคที่ให้นมสูงจะมีระดับของ MUN สูงกว่าโคที่ให้นมต่ำหรือโคที่ให้นมในช่วงท้ายของการให้นม การวัด MUN ควรทำทุก ๆ 3 เดือน หรือประมาณ 4 ครั้ง/ปี หรือเมื่อเกิดสถานการณ์ดังนี้ ได้แก่ เปลี่ยนวิธีการเลี้ยง เช่น เปลี่ยนจากการเลี้ยงขังไปเป็นเลี้ยงปล่อยทุ่ง, เปลี่ยนสูตรอาหาร หรือเปลี่ยนส่วนประกอบของอาหาร, เมื่อนำพืชอาหารสัตว์ชนิดใหม่มาใช้เลี้ยงโคโดยเฉพาะเมื่อใช้พืชหมักหรือพืชแห้งที่มีโปรตีนสูง เช่น alfalfa ซึ่งจะมีทั้งโปรตีนรวมและโปรตีนที่ย่อยสลายได้ง่ายในปริมาณสูง หรือมีการลดขนาดและเพิ่มความชื้นให้แก่พืชอาหารและเมล็ดธัญพืช

ถ้าสังเกตพบว่าโคมีอัตราการตั้งท้องลดลง หรือมีโปรตีนในนมลดลง หรือมีลักษณะมูลเปลี่ยนไป จะต้องทำการตรวจสอบหา MUN เพื่อช่วยวินิจฉัยปัญหาและสาเหตุ ถ้าระดับ MUN สูงกว่า 18-19 mg/dl อัตราการตั้งท้องของโคจะลดลง 15-20% หรือลดลงมากกว่า Butler *et al.* (1998) รายงานเช่นกันว่าถ้าความเข้มข้นของยูเรียในเลือดหรือในน้ำนมมีค่าสูงเกิน 19 mg/dl จะทำให้การผสมติดของโคนมลดลง เนื่องจากมีผลทำให้ค่า pH ภายในมดลูกเปลี่ยนแปลง

Grant *et al.* (1996) สรุปข้อเสนอแนะจากข้อมูลการวิจัยที่ Cornell University และ University of Illinois ดังนี้

1. ค่าเฉลี่ย MUN ของฝูงโคควรอยู่ในช่วง 12-18 mg/dl
2. ค่าเฉลี่ย MUN ของโคเป็นรายตัวควรอยู่ในช่วง 8-25 mg/dl

ความแปรปรวนของค่า MUN ของโคแต่ละตัวในฝูงมีค่าประมาณ 4 mg/dl

ถ้าค่า MUN สูง (มากกว่า 16-18 mg/dl) แสดงว่า

1. โปรตีนรวมในอาหารสูงมาก
2. คาร์โบไฮเดรตที่สามารถหมักย่อยได้ในรูเมน มีปริมาณต่ำมาก
3. ปริมาณและคุณภาพของโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่สามารถหมักย่อยได้ในรูเมนอยู่ในระดับที่ไม่เหมาะสม

ถ้าค่า MUN ต่ำ (น้อยกว่า 12 mg/dl) แสดงว่า

1. โปรตีนรวมในสูตรอาหารต่ำ
2. สัดส่วนของโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายและที่สามารถย่อยสลายได้ในรูเมนไม่เหมาะสม
3. คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายในรูเมนถูกหมักย่อยในปริมาณสูง

2.7 การใช้อาหารผสมครบส่วนโดยใช้ข้าวโพดหมักเป็นฐานเลี้ยงโคนม

โคนมที่ให้นมสูงจะมีความต้องการอาหารที่มีพลังงานสูง ดังนั้นจึงควรเลือกใช้อาหารหยาบที่ย่อยง่ายและมีพลังงานสูง เช่น ข้าวโพดหมัก เป็นต้น เพราะข้าวโพดหมักจัดเป็นอาหารหยาบที่มีคุณค่าทางอาหารดีกว่าพืชอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ และมีค่า TDN สูง แต่มักมี pH ต่ำ ทำให้มีรสเปรี้ยว เมื่อให้โคกินข้าวโพดหมักอย่างเดียวจะทำให้กินอาหารได้น้อยลง ส่งผลให้ผลผลิตลดลง (Baxter *et al.*, 1975) นอกจากนี้ยังมีโปรตีน และแร่ธาตุบางตัว ที่จำเป็นสำหรับโครีดนมอยู่ในระดับต่ำ ดังแสดงในตาราง 1 และ 2 ดังนั้นการนำข้าวโพดหมักมาใช้ในรูปอาหารผสมครบส่วน

จะเป็นการแก้ไขจุดอ่อนทางโภชนาการของข้าวโพดหมัก มีรายงานต่าง ๆ เกี่ยวกับผลของการใช้อาหารผสมครบส่วนโดยใช้ข้าวโพดหมักเป็นฐานเลี้ยงโคนมดังต่อไปนี้

2.7.1. ผลต่อปริมาณการกินอาหาร

Nocek *et al.*(1986) รายงานว่าโคที่กินอาหารผสมครบส่วนจะกินอาหารคิดเป็นวัตถุแห้งได้ใกล้เคียงกับโคที่กินอาหารอาหารข้นและอาหารหยาบแยกกัน สอดคล้องกับ Baxter *et al.* (1972, อ้างโดย Nocek *et al.*, 1986) ที่พบว่าการให้อาหารแบบแยกส่วนและการให้อาหารผสมครบส่วนโคจะกินอาหารคิดเป็นวัตถุแห้งได้ในปริมาณใกล้เคียงกัน

สมคิดและคณะ (2535) พบว่าการใช้ข้าวโพดหมักในอาหารผสมครบส่วน จะทำให้อาหารมีความน่ากินสูงโดยโคใช้เวลาในการกินน้อยกว่าการใช้หญ้าจัมโบ้หมัก หรือหญ้ารูซี่ผสมกินนีหมัก ทำให้โคกินอาหารคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวได้มากกว่า (3.19 เทียบกับ 3.0 และ 3.1%BW ตามลำดับ) การให้อาหารแบบผสมครบส่วนจะช่วยลดต้นทุนค่าอาหารข้นได้โดยเฉพาะถ้าอาหารหยาบมีคุณภาพดีและมีความน่ากินสูงเพราะช่วยให้ประหยัดอาหารข้นได้มากขึ้น นอกจากนี้สัตว์ยังได้รับโภชนะครบถ้วนและมีสัดส่วนสม่ำเสมอตามความต้องการของสัตว์ ส่งผลให้สัตว์มีการเจริญเติบโตดีขึ้น

Waldo *et al.* (1997) ศึกษาการใช้อาหารผสมครบส่วนเลี้ยงโคสาวโดยใช้ข้าวโพดหมักหรืออัลฟัลฟ่าหมักเป็นอาหารฐาน พบว่าปริมาณการกินวัตถุแห้งของโคทั้ง 2 กลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน แต่โคที่ได้รับข้าวโพดหมักเป็นอาหารฐานจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นต่อวันสูงกว่าคือ 898 เทียบกับ 870 กรัม/วัน

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของพืชหมักเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณการกินอาหารของสัตว์ Erdman (1988)ได้ทดลองปรับ pH ของข้าวโพดหมักให้มีความเป็นกรดลดลงโดยใช้ sodium bicarbonate ($NaHCO_3$) ที่ระดับ 4% ผสมลงในพืชหมักก่อนให้โคนมกินแบบเต็มที่ โดยแยกอาหารข้นให้กินต่างหาก ปรากฏว่าเมื่อเพิ่ม pH ของข้าวโพดหมักจาก 3.64 มาเป็น 5.44 ทำให้การกินข้าวโพดหมักเพิ่มขึ้น 1 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/วัน และการกินวัตถุแห้งทั้งหมดเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวจะเพิ่มขึ้น 0.21% หรือ 1.3 กิโลกรัม/วัน ค่า pH ของพืชหมักอาจทำนายปริมาณการกินได้ดังสมการ

$$\text{Intake (\%BW)} = 0.96 + 0.88pH - 0.077(pH)^2$$

ส่วน Shaver *et al.* (1984) ได้เสนอสมการทำนายการกินอินทรียวัตถุ (Y) จากค่า pH ของพืชหมัก ดังนี้

$$Y = -3.20 + 3.92(pH) - 0.35(pH)^2$$

ในรายงานนี้พบว่าค่า pH ที่ทำให้โคกินอินทรียวัตถุสูงสุดคือ 5.6 ซึ่งใกล้เคียงกับที่ Erdman (1988) รายงานไว้คือ pH 5.7 และพบว่าโคจะกินอาหารได้มากขึ้นเมื่อ pH สูงกว่า 4.5 ดังนั้นค่า pH ที่เหมาะสมของข้าวโพดหมักควรอยู่ในช่วง 5-6 จากสมการทำนายจะเห็นว่าถ้า pH สูงหรือต่ำกว่านี้ อาจจะทำให้ปริมาณการกินอาหารลดลง Shaver *et al.* (1985) รายงานว่า เมื่อลด pH ของพืชหมักจาก 5.2 เป็น 3.66 โดยการเติมกรด จะทำให้ปริมาณการกินอินทรียวัตถุลดลง 0.29-3.62 กิโลกรัม/วัน

2.7.2. ผลต่อการย่อยได้

การย่อยได้ของอาหารผสมครบส่วนจะแปรผันตามอัตราส่วนของอาหารหยาบและอาหารข้นรวมทั้งปริมาณอาหารที่กิน เมื่อมีการกินแป้งและคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายเพิ่มขึ้นจะทำให้การย่อยได้ของเยื่อใยลดลง (Kromann, 1973 อ้างโดย Everson *et al.*, 1976)

Waldo *et al.* (1997) ได้ทดลองหาการย่อยได้ของอาหารผสมครบส่วนที่ใช้ข้าวโพดหมักเป็นฐานเปรียบเทียบกับที่ใช้ถั่วอัลฟัลฟาหมักเป็นฐาน พบว่าอาหารผสมครบส่วนที่ใช้ข้าวโพดหมักเป็นฐานจะมีการย่อยได้ของวัตถุแห้ง, อินทรียวัตถุ, พลังงาน, ไนโตรเจน และไขมัน สูงกว่าอาหารผสมครบส่วนที่ใช้ถั่วอัลฟัลฟาหมักเป็นฐาน แต่ค่า N balance จะมีค่าต่ำกว่า

2.7.3 ผลต่อการผลิตนมและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม

Klein *et al.* (1993) รายงานว่าในอาหารโคนมที่ประกอบด้วยข้าวโพดหมัก 0, 30, 60 หรือ 100% (วัตถุแห้ง) และเสริมกาก rapeseed พบว่า การใช้ข้าวโพดหมักในระดับสูงขึ้นโคจะกินพืชหมักได้เพิ่มขึ้น ทำให้ผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้น (18.5, 18.8,19.9 และ 20.3 ลิตร/วัน ตามลำดับ) ส่วนน้ำหนักตัวและเปอร์เซ็นต์ไขมันนมไม่เปลี่ยนแปลง

Holter *et al.* (1977) รายงานว่าโคที่ได้รับอาหารผสมครบส่วนจะให้ผลผลิตน้ำนมต่อหน่วยการกินอาหารข้นสูง และมีแนวโน้มว่าให้ผลผลิตน้ำนมสูงขึ้นกว่าการให้อาหารแบบแยกส่วน (24.1 เทียบกับ 22.8 กิโลกรัม/วัน) แต่ Nocek *et al.* (1986) รายงานว่าโคที่ได้รับอาหารแบบแยกส่วนจะทำให้ประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมและประสิทธิภาพการผลิต 4%FCM สูงกว่าโคที่ได้รับอาหารผสมครบส่วน

สมคิด และคณะ (2535) รายงานว่าการใช้ข้าวโพดหมักเป็นอาหารฐาน ทำให้โคมีแนวโน้มให้นมสูงกว่าการใช้หญ้าจัมโบ้หมัก หรือหญ้ารูซี่ผสมกินนีหมัก (20.63 เทียบกับ 20.11 และ 19.7 กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ) ส่วนเปอร์เซ็นต์ไขมันนมไม่แตกต่างกัน แต่การใช้ข้าวโพดหมักเป็นอาหารฐานจะช่วยให้โคให้นมที่มีโปรตีนสูงขึ้น (3.1 เทียบกับ 3.0 และ 2.8% ตามลำดับ)