บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

ฟางข้าว

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทยมานาน ทั้งนี้เนื่องจากประชากรบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก อีกทั้งยังส่งออกไปขายยังต่างประเทศเป็นอันดับ 1 ของสินค้าเกษตรมาตลอดอีกด้วย ประเทศไทยใช้เนื้อที่ประมาณ 50 % ของพื้นที่ถือครองทางการเกษตรในการปลูกข้าว ดังจะเห็นได้ว่าในปีการเพาะปลูก 2543/2544 ได้ใช้พื้นที่ปลูกข้าวถึง 61,007,000 ไร่ ได้ผลผลิต 25,608,000 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2545) และโดยทั่วไปยอมรับกันว่าสัดส่วนของผลผลิตเมล็ดข้าวต่อฟางข้าวประมาณ 1:1 (Doyle *et al.*, 1986) ดังนั้นจึงประมาณได้ว่าปริมาณฟางข้าวในปี 2544 มีมากถึง 25.6 ล้านตัน หากฟางข้าวดังกล่าวถูกเก็บรวบรวมอย่างมีประสิทธิภาพและไม่ได้ใช้ไปเพื่อวัตถุประสงค์อื่น และถ้าโคกินฟางข้าวได้วันละ 7 กก./ตัว ก็จะมีปริมาณเพียงพอที่จะเลี้ยงโคกระบือในฤดูแล้งประมาณ 6 เดือน ได้ถึง 20,323,800 ตัว ในขณะที่ปี 2543 ประเทศไทยมีประชากรโค กระบือเพียง 7,588,577 ตัว เท่านั้น (กรมปศุสัตว์ อ้างโดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2545)

Table 1 Rice production and estimated quantity of rice straw (1,000 ton).

Year	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Rice production	22,016	22,332	23,580	22,999	24,172	25,608
Estimated quantity of rice straw	22,016	22,332	23,580	22,999	24,172	25,608

Source : ดัดแปลงจาก สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2545)

ปัจจัยที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าว

ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบที่มีบทบาทสำคัญในการใช้เลี้ยงโคนมอย่างแพร่หลายในประเทศไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้ง แต่เนื่องจากฟางข้าวมีคุณค่าทางอาหารต่ำ โดยมีโปรตีนเพียง 2-4 % และมีสัดส่วนขององค์ประกอบภายในเซลล์ที่สามารถย่อยได้ง่าย เช่น โปรตีนที่ละลายได้ (soluble protein) น้ำตาล (sugar) แป้ง (starch) ไขมัน (lipid) และแร่ธาตุเพียง 20–40% เท่านั้น แต่มีสัดส่วนของผนังเซลล์ที่ประกอบด้วย cellulose, hemicellulose, lignin และเถ้าซึ่งเป็นส่วนที่ย่อยได้ยากอยู่สูงถึง 60 – 80 % (เสาวลักษณ์, 2542) ซึ่งสาร phenolic acid ที่มีอยู่ใน lignin จะยับยั้งการทำงานของ

เอนไซม์จากจุลินทรีย์ จึงทำให้ฟางข้าวมีการย่อยได้ต่ำ สัตว์กินได้ในปริมาณน้อย ได้สารอาหารที่มีประโยชน์ต่อสัตว์น้อย องค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าวแสดงในตารางที่ 2

Table 2 Chemical composition of rice straw (% DM basis).

DM	OM	CP	NDF	ADF	ADL	EE	Ash	Reference
89.2	82.7	4.0	77.5	52.4	5.24	-	-	Cheva-Isarakul (1991)
86.0	-	2.29	40.2	-	-	1.8	-	Potikanond *et al.* (1988)
94.9	81.7	4.11	75.9	56.7	5.1	1.9	-	Cheva-Isarakul and Potikanond (1986)
86.0	82.6	2.3	85.6	63.1	5.2	1.8	-	Cheva-Isarakul and Cheva-Isarakul (1984)
90.5	80.9	4.3	78.6	59.5	3.3	1.4	-	บุญเสริม และบุญล้อม (2529)
-	-	-	80.3	55.8	3.12	-	14.3	Jelan and Kabul (1988)
95.7	-	3.3	77.6	54.3	4.5	-	16.8	Wanapat and Kongpiroon (1988)
-	-	4.2	-	-	-	0.9	15.2	Chantalakhana (1985)
-	81.7	4.0	73.8	53.4	4.7	-	-	Wanapat (1985)
91.7	-	3.0	-	-	-	-	-	สมคิด (2538)
90.0	-	3.1	-	-	-	2.2	16.4	Promma *et al.* (1985)
93.3	-	2.23	76.4	55.3	4.7	-	-	Tinnimit (1988)

Source : ดัดแปลงจาก เสาวลักษณ์ (2542) และ Doyle *et al.*(1986)

องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะของฟางข้าวขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ชนิด และพันธุ์ข้าว ส่วนต่างๆ ของฟางข้าว ฤดูกาล การใส่ปุ๋ย การปนเปื้อนของวัสดุอื่นๆ เช่น ดิน หรือการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลง และการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยว ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ชนิดและพันธุ์ข้าว (kinds and varieties)

ฟางจากธัญพืชต่างชนิดและต่างพันธุ์กันจะมีองค์ประกอบทางเคมีและส่วนประกอบของเยื่อใยต่างกัน ดังตารางที่ 3, 4 และ 5 ซึ่งจะเห็นได้ว่าฟางข้าวจ้าวมีเซลลูโลสและลิกนินต่ำกว่าฟางข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต และข้าวบาร์เลย์ ตามลำดับ แต่มีซิลิกาสูงกว่า

Table 3 Fiber component of different kinds of straws (DM-basis).

Types	Cell content	Cell wall	Cell wall component (%)			
	-----% of total straw-----		Cellulose	Hemicellulose	Lignin	Silica
Rice straw	21	79	33	26	7	13
Barley straw	19	81	44	27	7	3
Wheat straw	20	80	39	25	10	6
Oat straw	27	73	41	18	11	3

Source : เมธา (2528)

นอกจากนี้ บุญล้อม (2531), Cheva–Isarakul and Cheva–Isarakul (1985a), Jelan and Kabul (1988) และ Devendra (1982) ยังได้ศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าวและข้าวสาลี พบว่าฟางข้าวสาลีมีปริมาณลิกนินและเฮมิเซลลูโลสสูงกว่าฟางข้าว แต่ฟางข้าวจ้าวพันธุ์ RD_1 มีโปรตีน สูงกว่าฟางข้าวชนิดอื่นๆ ซึ่งอาจเนื่องมาจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่มากกว่า และฟางข้าวสาลีจะมีอินทรียวัตถุสูงกว่าฟางข้าวจ้าว (ตารางที่ 4) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Doyle *et al.* (1988)

Table 4 Variation in percentage of chemical composition of different kinds of straw (% DM-basis).

	Glutinous RS[1]		Non-glutinous RS[1]			WS*[1]	MR_{71}[2]	MR_1[2]	MR_{77}[2]
	Kaew Khao	Sanpatong	Mali	RD_1	RD_7				
DM	90.8	92.8	92.8	91.4	91.9	91.0	-	-	-
OM	82.3	82.5	81.0	82.6	80.6	89.7	-	-	-
CP	3.0	3.1	4.0	6.1	3.6	4.5	-	-	-
NDF	74.9	74.9	73.8	74.0	77.6	77.3	79.3	81.8	79.8
ADF	53.1	55.0	55.0	53.5	56.0	53.3	57.0	55.3	55.1
ADL	4.3	5.2	5.2	4.7	5.5	8.8	5.3	5.6	4.8
Hemicellulose	21.8	19.9	18.8	20.5	21.6	24.0	-	-	-
Cellulose	-	-	-	-	-	44.5	-	-	-
Ash	-	-	-	-	-	10.3	14.5	13.8	15.0

WS* = Wheat straw

Source : [1] บุญล้อม (2531) และ Cheva-Isarakul and Cheva–Isarakul (1985a)

[2] Jelan and Kabul (1988)

Devendra (1982) ได้รายงานว่าองค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ในประเทศมาเลเซียค่อนข้างแตกต่างกันดังตารางที่ 5 ซึ่งสอดคล้องกับ Cheva–Isarakul and Cheva–Isarakul (1985a) ที่ศึกษาในประเทศไทย ทั้งนี้อาจเนื่องจากพื้นที่และสภาพแวดล้อมที่ปลูกที่แตกต่างกัน

Table 5 Variation in chemical composition of different variety of rice straw in Malaysia (DM-basis).

Varieties	DM	CP	CF	Ash	Ca	P	Mg	K	Zn	GE
	◄			(%)				►	(ppm.)	(MJ/Kg)
Bahagia	91.0	4.2	30.4	18.4	0.11	0.14	0.30	0.61	69	16.23
Mahsuri	91.0	3.6	32.1	17.5	0.41	0.13	0.20	2.40	68	14.73
Mat Candu	90.1	3.3	28.8	10.9	0.49	0.41	0.45	1.92	78	15.40
Malinja	90.1	3.7	33.6	18.7	0.47	0.14	0.17	2.19	79	16.15
Mumi	90.8	4.5	30.3	15.1	0.49	0.30	0.48	1.76	81	14.27
Ria	90.1	3.3	28.8	10.9	0.58	0.17	0.32	2.40	77	14.27
Sir Malaysia	93.3	4.5	26.0	16.8	-	-	-	-	-	14.06

Source : Devendra (1982)

2. ส่วนต่างๆ ของฟางข้าว (straw fraction)

Doyle *et al.* (1988) ได้รายงานว่า ฟางข้าวจ้าวนั้นจะประกอบด้วยส่วนที่เป็นใบ กาบใบ และส่วนอื่นๆ ของใบประมาณ 63 % ในขณะที่ข้าวสาลีมีส่วนของใบต่ำกว่า คือ 20-41 % เท่านั้น สำหรับส่วนของลำต้น พบว่าข้าวจ้าวมีลำต้น 26 - 27 % แต่ข้าวสาลีมีส่วนของลำต้นอยู่สูงถึง 46–71 % ดังตารางที่ 6

Table 6 Morphological composition of different varieties of rice and wheat straws (g/kgDM).

	Rice straw		Wheat straw		
	RS_1	RS_2	WS_1	WS_2	WS_3
Stem	262	272	464	539	711
Total leaf	638	630	409	376	204
Miscellaneous	100	98	127	85	85

Total leaf is the sum of leaf blades, leaf sheaths and leaf material that could not be separated as blades or sheaths.

Source : Doyle *et al.* (1988)

องค์ประกอบทางเคมีของส่วนต่างๆ ของฟางข้าว พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุในส่วนต่างๆ ของฟางข้าวจ้าวไม่ค่อยแตกต่างกันมากนัก แต่มีแนวโน้มว่าลำต้นมีค่าสูงกว่าใบและกาบใบเล็กน้อย ใบจะมีส่วนของ cell content ค่อนข้างสูงซึ่งแสดงให้เห็นถึงคุณค่าทางอาหารที่สูงกว่าส่วนอื่น และในลำต้นยังมีลิกนินสูงกว่าใบและกาบใบ ดังตารางที่ 7

Table 7 Characteristics of different fraction of rice and wheat straws (g/kgDM).

	STEMS					LEAF SHEATS					LEAF BLADES				
	Rice		Wheat			Rice		Wheat			Rice		Wheat		
	RS_2	RS_3	WS_1	WS_2	WS_3	RS_2	RS_3	WS_1	WS_2	WS_3	RS_2	RS_3	WS_1	WS_2	WS_3
OM	874	870	947	945	966	829	812	893	896	905	842	798	883	854	893
NDF	844	843	844	869	901	833	836	770	770	802	781	812	723	692	732
Lignin	49	57	80	84	105	34	40	52	60	66	29	28	49	54	47
Silica	63	66	ND	ND	ND	111	132	ND	ND	ND	104	117	ND	ND	ND
Nitrogen	3.5	4.2	3.3	2.6	3.7	3.6	4.1	4.1	3.4	6.3	4.8	4.4	5.8	6.7	7.7
IVOMD	37	36	36	30	25	44	45	54	47	43	61	63	54	50	48

ND = not determined

Source : Doyle *et al.* (1988)

นอกจากนี้ Wanapat and Kongpiroon (1988) และ Winugroho and Sutardi (1987) ยังได้ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างส่วนของฟางข้าวซึ่งเป็นลำต้นส่วนบนกับตอซัง พบว่าในส่วนของ ลำต้นส่วนบนจะมีโปรตีนรวม และเถ้าสูงกว่าตอซัง ดังตารางที่ 8

Table 8 Chemical composition of straw and stubble of two varieties of rice straw (% DM basis).

	DM	Ash	CP	NDF	ADF	ADL	Silica
Straw (RD-6)	95.8	17.5	3.2	78.7	54.4	4.3	9.6
Straw (Nang-MonS-4)	95.6	16.1	3.5	76.5	54.3	4.8	9.5
Stubble (RD-6)	95.5	17.1	2.0	77.7	56.7	5.5	9.4
Stubble (Nang – Mon S-4)	95.6	14.6	2.4	74.5	52.3	4.3	7.3

Source : Wanapat and Kongpiroon (1988)

3. ฤดูกาล (season)

Cheva-Isarakul and Cheva-Isarakul (1985a) ได้รายงานไว้ว่า ฟางข้าวที่ได้จากการปลูกข้าวในฤดูฝนมีองค์ประกอบของอินทรียวัตถุสูงกว่าฟางข้าวนาปรัง ซึ่งปลูกในฤดูแล้ง แต่โปรตีนรวมของฟางข้าวนาปรังจะสูงกว่า ดังตารางที่ 9 ทั้งนี้อาจเนื่องจากระดับการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และสภาพแวดล้อมอื่นที่แตกต่างกัน

Table 9 Chemical composition, *in vitro* organic matter digestibility (IVOMD) and energy content of wet and dry seasons of glutinous and non-glutinous rice straws (DM – basis).

(DM – basis).	Glutinous		Non – glutinous	
	Wet season	Dry season	Wet season	Dry season
Organic matter (%)	83.7	81.1	83.0	81.0
Crude protein (%)	3.6	5.1	3.4	4.4
Neutral detergent fiber (%)	73.3	75.3	73.1	73.8
Acid detergent fiber (%)	53.2	55.6	52.9	53.0
Acid detergent lignin (%)	4.9	4.9	4.8	4.4
IVOMD(%)	46.3	48.8	46.9	49.5
DE (MJ/kgDM)	7.4	7.5	7.8	7.6
ME (MJ/kgDM)	5.7	6.0	6.0	6.0

Source : Cheva–Isarakul and Cheva–Isarakul (1985a)

4. สภาพแวดล้อมและการจัดการในการเพาะปลูกอื่น ๆ

สภาพแวดล้อมและการจัดการ เช่น แสง อุณหภูมิ ความชื้นของดิน การใช้ปุ๋ย การพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงมีผลโดยตรงต่อองค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าว พืชที่ปลูกในช่วงความเข้มแสงต่ำจะมีการสังเคราะห์แสงเพื่อผลิตอาหารเลี้ยงลำต้นน้อย จึงมีคาร์โบไฮเดรตประเภทแป้งและองค์ประกอบอื่นๆ ภายในเซลล์ (cell content) น้อย มีสัดส่วนขององค์ประกอบโครงสร้างเซลล์ หรือ cell wall ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยยากอยู่สูง จึงทำให้คุณค่าทางอาหารลดลง (Doyle *et al.*, 1986) อุณหภูมิที่สูงมีผลเช่นเดียวกันกับความเข้มแสงต่ำ ส่วนการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้โปรตีนรวมของฟางข้าวเพิ่มขึ้นได้

5. การเก็บเกี่ยว

จากการที่ส่วนต่างๆ ของต้นข้าวมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันดังกล่าวแล้ว ระดับความสูงของต้นข้าวที่ถูกเก็บเกี่ยวมาจึงมีผลโดยตรงต่อองค์ประกอบทางเคมีดังที่รายงานโดย Wanapat and Kongpiroon (1988) ดังตารางที่ 8 และบุญล้อม (2531) ยังได้ให้ความเห็นว่าส่วนล่างๆ ของต้นข้าวอาจมีดินทรายติดอยู่มากกว่าส่วนบน เพราะฉะนั้นฟางข้าวที่ถูกเก็บเกี่ยวเอาส่วนดังกล่าวมาจึงอาจมีอินทรียวัตถุต่ำ แต่มีส่วนของเถ้าสูง ซึ่งรวมเอาดินทรายเข้าไว้ด้วย

6. การเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยว

Devendra (1982) ได้ศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าวที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในร่ม เก็บไว้กลางแจ้งแต่มีการปิดด้านบน และเก็บไว้กลางแจ้งโดยไม่มีการปิดคลุม พบว่า การเก็บไว้ในร่มมีองค์ประกอบต่างๆ ทางเคมีสูงกว่า และการเก็บไว้กลางแจ้งโดยไม่มีการปิดคลุมมีองค์ประกอบทางเคมีต่ำที่สุด ดังตารางที่ 10

Table 10 Variation in chemical composition of different storage of rice straw (% DM Basis).

Constituent	Under shade	Partial exposure	Full exposure
Dry matter	90.5	61.2	56.6
Crude protein	5.6	5.2	3.4
Crude fiber	27.6	24.7	24.2
Ash	16.7	16.5	16.6
Energy (MJ/kg)	15.31	14..24	12.21
Calcium	0.31	0.24	0.21
Phosphorus	0.11	0.05	0.02
Magnesium	0.15	0.13	0.14

Source : Devendra (1982)

การย่อยได้และค่าพลังงานของฟางข้าว

โดยทั่วไปพบว่าโคกระบือสามารถกินฟางข้าวคิดเป็นวัตถุแห้งได้เพียง 1–2 % ของ น้ำหนักตัว แพะ และแกะ อาจกินได้ใกล้เคียงกันหรือต่ำกว่าเล็กน้อย สำหรับการย่อยได้ของ วัตถุแห้งมีเพียง 35–55 % (Doyle *et al.*,1986) มีการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (*in vitro* organic matter digestibility; IVOMD) 38-52 % มีค่าพลังงาน 40–45 %TDN หรือ 7.2–7.8 MJDE/กก.วัตถุแห้ง ดังตารางที่ 11 ซึ่งนับว่าต่ำกว่าพืชอาหารสัตว์ทั่วไป

Table 11 Digestibility and energy value of rice straw (DM basis).

IVOMD[1] %	OMD[2] %	DE ⟨(MJ/kgDM)⟩	ME	TDN %	Reference
40	-	-	-	-	Ibrahim *et al.* (1984)
38	-	-	-	-	Sannasagala *et al.* (1985)
48	-	-	-	-	Cheva–Isarakul and Cheva-Isarakul (1985)
52	-	-	-	-	Cheva–Isarakul and Potikanond (1985)
-	39	-	-	-	Shin *et al.* (1981)
46	-	-	-	-	Roxas *et al.* (1985)
45.1-50.7	-	7.2-7.8	5.4-5.6	-	Cheva–Isarakul and Cheva–Isarakul (1985)
50.5	-	-	-	40.2	Promma *et al.* (1985)
-	-	--	-	44.7	สมคิด (2538)

[1]IVOMD = *in vitro* organic matter digestibility.

[2]OMD = Organic matter disappearance determined by Nylon bag.

Source : ดัดแปลงจาก Doyle *et al.* (1986)

จากการศึกษาของ Cheva–Isarakul and Cheva–Isarakul (1985b) ถึงการย่อยได้ของโภชนะในฟางข้าวต่างสายพันธุ์พบว่าแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย ดังรายละเอียดในตารางที่ 12 แต่ไม่พบว่ามีความแตกต่างระหว่างฟางข้าวที่ได้จากการปลูกในฤดูฝนและข้าวนาปรัง

Table 12 Digestion coefficient of nutrients and fiber fractions in different varieties of rice straw (% DM Basis).

Item	Kaew Khao	Sanpatong	Mali	RD_1	RD_2
DM	50.2	47.2	47.7	55.2	47.4
OM	56.5	52.8	54.5	60.5	54.9
NDF	50.3	48.6	48.5	58.9	55.2
ADF	47.7	46.2	45.3	55.4	45.3
ADL	18.7	21.1	20.0	12.8	29.7

Source : Cheva–Isarakul and Cheva–Isarakul (1985b)

Winugroho and Sutardi (1987) ได้นำฟางข้าวมาตัดเป็น 2 ส่วน ที่ประมาณกลางลำต้นของฟางข้าวแล้วนำแต่ละส่วนไปศึกษาการย่อยได้ พบว่าส่วนล่างของฟางข้าวมีการย่อยได้สูงกว่าส่วนบน

ซึ่งสอดคล้องกับ Wanapat and Kongpiroon (1988) แต่เมื่อศึกษาถึงปริมาณการกินได้ Wanapat and Kongpiroon (1988) กลับพบว่าโคกินส่วนบนของฟางข้าวได้มากกว่าส่วนล่าง

Pearce (1985) ได้ทำการศึกษาถึงค่าการย่อยได้ของส่วนต่างๆ ของต้นข้าวรวมถึงแกลบ พบว่าส่วนของลำต้นมีการย่อยได้สูงที่สุด ส่วนที่ย่อยได้ต่ำที่สุดคือเปลือกของเมล็ดข้าวหรือแกลบ ดังรายละเอียดในตารางที่ 13

Table 13 *In vitro* organic matter digestibility (IVOMD) of straw fraction.

Fraction	IVOMD (%)	Fraction	IVOMD (%)
Husk	20 ± 3.7	Leaf blade	52 ± 3.4
Rachis	28 ± 3.2	Leaf sheath	45 ± 3.4
Stem (internode)	54 ± 6.6	Stem(Internode+node)	55 ± 6.0
Stem (node)	58 ±4.5	Leaf(blade+Sheath)	48 ± 2.8
		Whole plant(excluding grain)	43 ± 3.7

Source : Pearce (1985)

ค่าพลังงานในรูป TDN ของฟางข้าวในสัตว์แต่ละชนิดก็อาจแตกต่างกันบ้าง เช่น ในกระบือเท่ากับ 37–55 %TDN และในแกะเท่ากับ 35–55 %TDN (Wanapat, 1985 และ Cheva-Isarakul, 1984) จากการที่ฟางข้าวมีคุณค่าทางอาหารต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรตีนและพลังงานที่ย่อยได้ ดังนั้นการเลี้ยงโคกระบือด้วยฟางข้าวธรรมดาเพียงอย่างเดียวจึงทำให้ โคกระบือมีน้ำหนักตัวลดลง (Wanapat, 1990)

สัตว์ที่ไม่ให้ผลผลิตหรือไม่ใช้แรงงานอาจให้กินฟางข้าวเพียงอย่างเดียวได้ แต่หากเป็นสัตว์ที่อยู่ในสภาวะการผลิตหรือใช้แรงงานควรเสริมฟางข้าวด้วยอาหารหยาบคุณภาพดีอื่นๆ เช่น ใบกระถิน หรือหญ้าสด และอาจมีการเสริมอาหารข้นด้วย หรืออาจนำฟางข้าวไปปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีต่างๆ ก่อนนำไปเลี้ยงสัตว์ก็ได้

การใช้ยูเรียและการเกิดพิษในสัตว์

จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถใช้ประโยชน์จากสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (NPN) เช่น ยูเรีย ไบยูเรท และเกลือแอมโมเนีย ในการสังเคราะห์เป็นโปรตีนซึ่งจะถูกย่อยเป็นกรดอะมิโนเพื่อดูดซึมไปใช้ประโยชน์ในร่างกายได้ ดังภาพที่ 1

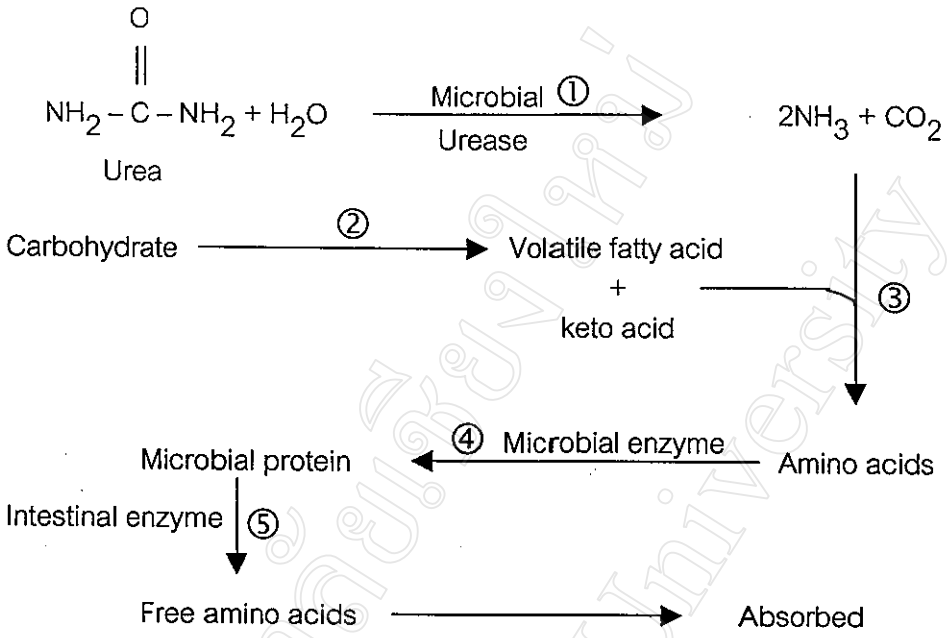

Figure 1 การย่อยสลายยูเรีย และสังเคราะห์กรดอะมิโนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง
(**Source** : บุญล้อม, 2541)

ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการนำยูเรียมาเป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยตรงแต่อยู่ในระดับที่จำกัด สำหรับในสัตว์กระเพาะเดี่ยวนั้นเนื่องจากไม่มีกระเพาะหมัก และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารมีน้อยจึงไม่สามารถใช้ประโยชน์จากสารประกอบ NPN ได้ บุญล้อม (2541) ได้แนะนำไว้ว่าไม่ควรให้สัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับยูเรียเกิน 30 กรัม ต่อน้ำหนักตัว 100 กก. ต่อวัน เพราะจะทำให้เกิดพิษทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทัน ระดับยูเรียที่อาจเกิดพิษต่อสัตว์ยังขึ้นอยู่กับโภชนะและแร่ธาตุบางชนิด เช่น หากโคได้รับคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย ฟอสฟอรัสและกำมะถันอย่างเพียงพอในสัดส่วนที่เหมาะสม จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักจะสามารถนำเอาแอมโมเนียที่เกิดจากการแตกตัวของยูเรียไปใช้สังเคราะห์กรดอะมิโนได้มากขึ้น แต่ถ้าหากได้รับยูเรียหรือแอมโมเนียมากเกินไปสัตว์จะพยายามขับออกนอกร่างกายทางปัสสาวะในรูปยูเรีย โดยแอมโมเนียใน Mitochondria จะทำปฏิกริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ได้เป็น Carbamyl phosphate ไปรวมกับ Omithine ซึ่งถูกนำเข้ามาใน Mitochondria ได้เป็น Citruline แล้วออกจาก Mitochondria มาสู่ Cytoplasm ทำปฏิกริยากับ Aspartate ได้ Arginosuccinate แล้วเปลี่ยนเป็น Arginine กับ Fumarate ซึ่ง Arginine ก็จะถูกย่อยสลายให้เป็นยูเรีย กับ Omithine ยูเรียก็จะถูกขับทิ้งออกนอกร่างกาย ส่วน

Ornithine ก็จะเข้าสู่ Mitochondria เพื่อรวมกับ Carbamyl phosphate ในวัฏจักรยูเรียต่อไป ดังวิถีเมตาบอลิสมในภาพที่ 2

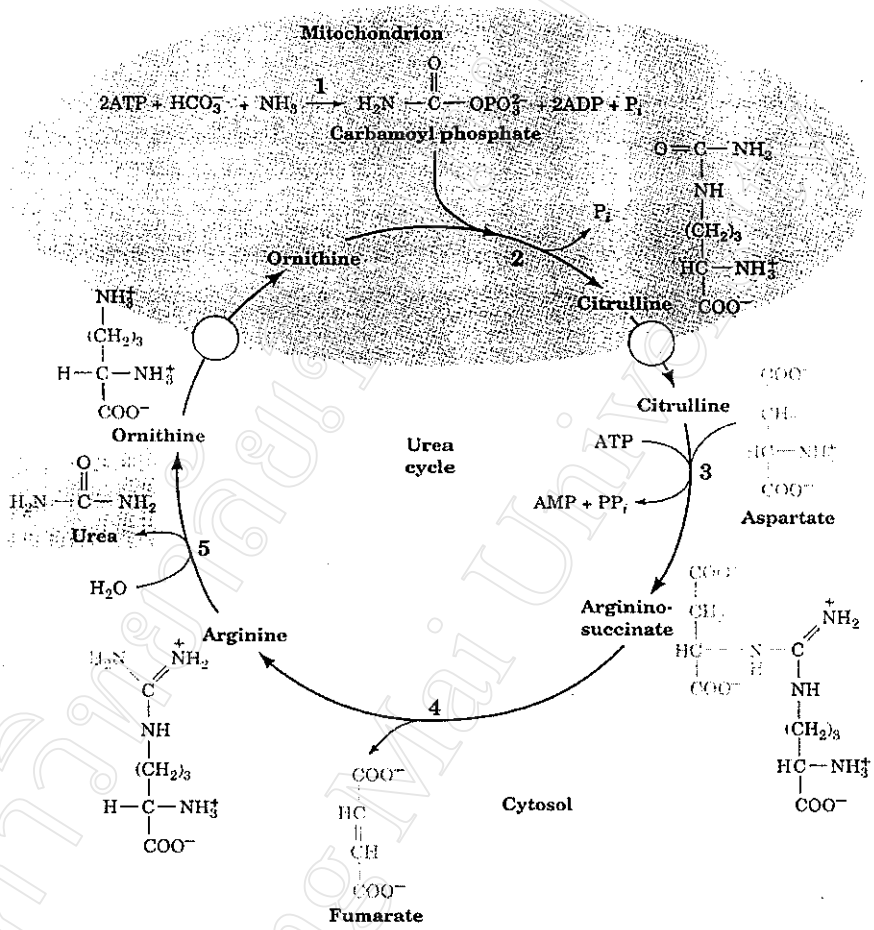

Figure 2 วัฏจักรยูเรีย

(**Source** : ดัดแปลงจาก Rawn, 1944 และ Voet and Voet, 1995)

แต่หากกระบวนการกำจัดยูเรียทิ้งทำงานไม่ทัน แอมโมเนียจะสะสมอยู่ในกระแสเลือด ซึ่งถ้าหากมีปริมาณสูงกว่า 10 มก.ต่อลิตร สัตว์จะแสดงอาการพิษเนื่องจากยูเรีย มีอาการน้ำลายไหล เป็นฟอง ฟูมปาก ชัก คล้ายมีอาการทางประสาทเนื่องจากกล้ามเนื้อทำงานไม่สัมพันธ์กัน ท้องอืด หายใจผิดปกติ และหากปริมาณแอมโมเนียในเลือดสูงถึง 30 มก. ต่อลิตรสัตว์จะตายเนื่องจากสภาพความเป็นด่างในเลือดสูง (บุญล้อม, 2541)

การปรับปรุงคุณภาพของฟางข้าว

การปรับปรุงคุณภาพของฟางข้าวสามารถทำได้หลายวิธี ทั้งวิธีทางกายภาพ ทางเคมี ทางกายภาพร่วมกับเคมี และวิธีทางชีวภาพ แต่วิธีที่นิยมนำมาใช้ในทางปฏิบัติมากที่สุดคือวิธีทางเคมี โดยในยุโรปและอเมริกานิยมใช้แอมโมเนียในรูปของแก๊สและของเหลวในการปรับปรุงคุณภาพของฟางข้าวสาลีเพื่อใช้เลี้ยงสัตว์ (Doyle *et al.*, 1986) ส่วนในประเทศกำลังพัฒนา การใช้แอมโมเนียในรูปของของเหลวและแก๊สไม่ได้รับความนิยมเนื่องจากไม่สะดวกในการขนส่งและการเก็บรักษา จึงนิยมใช้แอมโมเนียจากการสลายตัวของปุ๋ยยูเรีย (46 % ไนโตรเจน) (Ibrahim and Schier, 1985) โดยใช้สารละลายยูเรียซึ่งมีความเข้มข้น 3 – 7 % ราดหรือพ่นลงบนฟางข้าวแล้วเก็บในสภาพปิดสนิทเป็นระยะเวลา 2 – 6 สัปดาห์ จุลินทรีย์จำพวก bacteria, actinomycetes และ fungi ที่ติดอยู่กับฟางตามธรรมชาติซึ่งมีเป็นจำนวนมากเมื่อได้รับความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสมก็จะเพิ่มปริมาณและผลิตเอนไซม์ urease เพื่อสลายยูเรียให้เป็นแอมโมเนีย (Lacey, 1979 อ้างโดย Ibrahim, 1983) เมื่อแอมโมเนียละลายน้ำจะได้เป็นแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ทำให้สภาพภายในกองฟางหมักมีสภาพเป็นด่างสูง ซึ่งช่วยย่อยพันธะของลิกนินที่จับอยู่กับเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสในผนังเซลของฟางข้าว ทำให้เมื่อโคกินฟางข้าวเข้าไป จุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะหมักของโคจะเข้าย่อยโภชนะที่อยู่ภายในเซลล์ของฟางมาใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น อีกทั้งยังได้รับไนโตรเจนในรูปต่างๆซึ่งจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถใช้ประโยชน์ได้ (บุญล้อม และคณะ, 2543) และแก๊สแอมโมเนียยังช่วยรักษาคุณภาพของฟางหมักไม่ให้เกิดเชื้อราหรือการทำลายโดยจุลินทรีย์อื่นๆ อีกด้วย

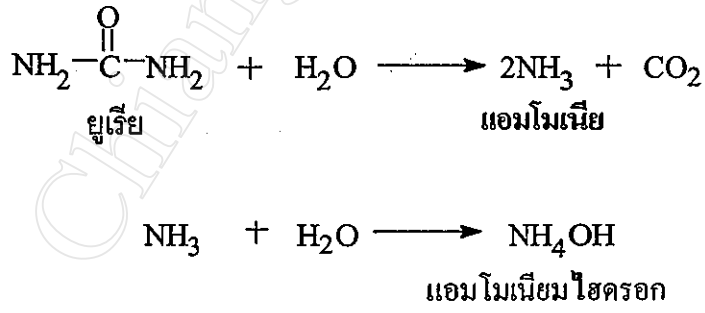

Figure 3 การเปลี่ยนแปลงของยูเรียเป็นแอมโมเนีย และแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์
(**Source** : บุญล้อม และคณะ,2543)

Davis (1983) ได้รายงานจากการตรวจเอกสารว่า ในการหมักซังข้าวโพดด้วยยูเรียพบว่ายูเรียถูกย่อยสลายได้ถึง 70 % ภายในเวลา 48 ชั่วโมง และยังได้สรุปต่อไปว่าในการหมักฟางข้าวด้วย

ยูเรียก็มีอัตราการย่อยสลายในลักษณะเดียวกัน นอกจากนี้ Ibrahim (1983) ยังได้รายงานจากการตรวจเอกสารว่าการเสริมวัสดุที่เป็นแหล่งของ urease เช่น ถั่วเหลือง ถั่วพร้า หรือเมล็ดแตงโม จะสามารถช่วยเร่งปฏิกิริยาการสลายยูเรียให้เป็นแอมโมเนียได้

นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิก็มีผลต่อความเร็วในการเกิดปฏิกริยาอีกด้วย Ibrahim and Schiere (1985) และ Dolberg *et al.* (1980) รายงานว่า ถ้าอุณหภูมิสภาพแวดล้อมสูงอาจใช้เวลาหมักเพียง 10 – 14 วัน Zulbardi *et al.*, (1980 อ้างโดย Djajanegara *et al.*, 1983) ได้รายงานว่าในขณะที่อุณหภูมิสภาพแวดล้อมอยู่ที่ประมาณ 28°C อุณหภูมิภายในกองฟางหมักขนาด 2 ตัน อาจสูงถึง 57°C และ Ibrahim *et al.* (1984) ยังได้รายงานว่า การทำฟางหมักยูเรียและเก็บภายใต้สภาพอับอากาศ (airtight) จะได้ฟางหมักที่มีคุณภาพดีกว่า และมีการสูญเสียของฟางข้าวน้อยกว่าแบบกองเปิด

ฟางข้าวหลังหมักยูเรียสามารถให้สัตว์กินได้ทันที แต่ที่ต้องผึ่งนั้นก็เพื่อลดกลิ่นของแอมโมเนียซึ่งอาจทำให้ความน่ากินลดลงเท่านั้น

องค์ประกอบทางเคมีของฟางหมักยูเรีย

Djajanegara *et al.* (1983) ได้หมักฟางข้าวด้วยยูเรีย 1, 2, 4, 8 และ 16 % นาน 1, 2, 4, 8 และ 16 สัปดาห์ พบว่าหลังจากเปิดกองฟางหมักและปล่อยให้แอมโมเนียระเหยไปแล้ว ฟางหมักจะมีปริมาณไนโตรเจนและ pH เพิ่มขึ้นตามระดับยูเรียที่สูงขึ้น อีกทั้งวัตถุแห้งก็เพิ่มขึ้นตามระดับยูเรียที่เพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 14 แสดงให้เห็นถึงการคงอยู่ของไนโตรเจนจากยูเรียในรูปใดรูปหนึ่งที่ไม่สามารถระเหยออกไปได้ อย่างไรก็ตาม pH ที่สูงขึ้นยังได้แสดงให้เห็นถึงการแตกตัวของยูเรีย หลังจากการหมัก 1 สัปดาห์ pH จะสูงประมาณ 9 ในทุกๆ treatment และหากการเก็บยังอยู่ในสภาพปิดสนิทความเป็นด่างก็จะคงอยู่ที่ระดับนี้ต่อไปจนถึงที่ระยะการหมักประมาณ 4 เดือน

Table 14 Dry matter, nitrogen, crude fiber contents and pH of straw treated with urea (% fresh basis).

	Level of urea (%, w/w)					
	0	1	2	4	8	16
Dry matter	32.6	33.2	34.2	35.6	35.6	38.6
Nitrogen	0.3	0.4	0.5	0.7	1.3	2.9
Crude fiber	9.3	10.1	10.4	11	11	10.6
PH	7.6	8.9	9.2	9.5	9.6	9.7

Source : Djajanegara *et al.* (1983)

Wanapat *et al.* (1983) ได้หมักฟางข้าวด้วยยูเรีย 5 % ใช้น้ำต่อฟางข้าวในอัตรา 1:1 โดยน้ำหนัก หมักนาน 3 สัปดาห์ พบว่า CP เพิ่มขึ้น 3.5 % ADL ลดลงเมื่อเทียบกับฟางธรรมดา การใช้ระยะ

เวลาหมักนานขึ้นทำให้ค่า ADF เพิ่มขึ้นแต่ CP ลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการระเหยไปของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนีย ค่า CP ที่เพิ่มขึ้นนี้ใกล้เคียงกับ Saadullah *et al.* (1991 อ้างโดย Ibrahim, 1983) ที่ใช้ยูเรีย 5 % พบว่า CP เพิ่มขึ้นจากฟางธรรมดา 3.9 % นอกจากนี้ Wanapat (1990) ยังได้รายงานจากการตรวจเอกสารว่า การหมักฟางข้าวด้วยยูเรียจะทำให้โปรตีนรวมเพิ่มขึ้นตามระดับยูเรียที่สูงขึ้น ค่าความเป็นด่างเพิ่มขึ้นแต่จะไม่มีผลต่อส่วนประกอบของแร่ธาตุ ดังตารางที่ 15 บางรายงานกล่าวว่าการหมักฟางด้วยยูเรียทำให้สัดส่วน องค์ประกอบของผนังเซลล์ (NDF, ADF และ ADL) เปลี่ยนแปลงไปบ้างเล็กน้อย ในขณะที่บางรายงานไม่พบความเปลี่ยนแปลงดังข้อมูลในตารางที่ 2 เทียบกับ 15

Table 15 Effect of urea treatment of rice straw on its chemical composition (% DM-basis).

Treatment	DM	OM	CP	Ash	NDF	ADF	ADL	Ca	P	Mg	pH	Reference
RS	46.2	-	4.2	17.2	-	-	-	0.28	0.11	0.06	5.7	Wanapat (1990)
	-	81.7	4.1	-	75.9	56.7	5.1	-	-	-	-	Cheva-Isarakul and Nirandorn (1986)
	90.5	80.9	4.3	-	78.6	59.5	3.3	-	-	-	-	บุญเสริม และบุญล้อม (2529)
1 % UTS	43.6	-	7.2	18.0	-	-	-	0.26	0.11	0.06	7.1	Wanapat (1990)
3 % UTS	44.1	-	11.9	17.2	-	-	-	0.26	0.11	0.06	8.7	Wanapat (1990)
	38.5	-	9.6	16.6	76.0	-	5.1	-	-	-	-	Wanapat (1985)
4 % UTS	50.3	80.04	9.16	-	73.5	61.8	5.45	-	-	-	-	บุญล้อม (2531)
	56.0	80.9	8.1	-	79.9	59.1	4.1	-	-	-	-	Cheva-Isarakul and Jeerachai (1987)
5% UTS	44.8	-	17.7	17.3	-	-	-	0.26	0.09	0.05	9.0	Wannapat (1990)
	90.5	80.3	5.3	-	80.5	62.3	4.0	-	-	-	-	บุญเสริม และบุญล้อม (2529)
	37.8	-	19.0	16.6	76.6	-	4.9	-	-	-	-	
6 % UTS	95.4	82.0	7.5	-	76.4	60.8	5.7	-	-	-	-	Cheva-Isarakul and Nirandorn (1986)

Verma (1983) ได้รายงานจากการตรวจเอกสารถึงการหมักฟางข้าวด้วยยูเรีย 3, 4 และ 5% ของน้ำหนักฟาง และใช้ความชื้น 45, 55, 65 และ 75 % ทำการเก็บตัวอย่างทุกสัปดาห์ในช่วงสัปดาห์ที่ 5 – 8 หลังจากนั้นเก็บทุกๆ 2 สัปดาห์ พบว่าฟางข้าวไม่หมักยูเรียมีไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนีย (NH_3-N) 0.066 % และมีไนโตรเจนทั้งหมด 0.92 % ในฟางหมักยูเรีย 3 % นาน 5 สัปดาห์ มี NH_3-N 1.546 % แต่เมื่อหมักนาน 12 สัปดาห์ กลับมี NH_3-N เพียง 0.382 % การหมักด้วยยูเรีย 5% เป็นเวลา 5 และ 12 สัปดาห์ ทำให้มี NH_3-N เท่ากับ 2.343% และ 0.962% ตามลำดับ การที่หมักนานขึ้นแล้วกลับมีแอมโมเนียต่ำลงนั้นอาจเนื่องมาจากการระเหยไปของแอมโมเนียเมื่อเปิดฝาภาชนะทุกๆ สัปดาห์ที่เก็บตัวอย่างก็ได้ อย่างไรก็ดีพอสรุปได้ว่าการใช้เปอร์เซ็นต์ยูเรียและความชื้นสูงขึ้นจะทำให้ฟางหมักมี NH_3-N สูงขึ้นเนื่องจากยูเรียมีโอกาสแตกตัวเป็นแอมโมเนียมากขึ้น การใช้เวลาหมักนาน

โดยมีการเปิดฝาภาชนะเพื่อสุ่มตัวอย่างทำให้ NH_3-N ลดลง เนื่องจากมีการระเหยไปได้มากขึ้น ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นตามระดับยูเรียที่ใช้หมัก

จากการศึกษาในรายงานการวิจัยต่างๆ พอสรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลทำให้องค์ประกอบทางเคมีของฟางหมักแตกต่างกันได้แก่ ระดับยูเรียที่ใช้ ระยะเวลาการหมัก วิธีการปิดกองฟางหมัก คุณภาพของฟางก่อนหมัก และเทคนิคการนำตัวอย่างฟางหมักมาวิเคราะห์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่า CP ซึ่งนอกจากจะขึ้นอยู่กับปริมาณไนโตรเจนแล้วยังขึ้นอยู่กับการเตรียมตัวอย่างด้วย หากนำฟางหมักไปผึ่งก่อนการวิเคราะห์จะทำให้ค่า CP ต่ำลง เป็นต้น

คุณค่าทางโภชนะของฟางหมักยูเรีย

ฟางหมักยูเรียจะมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าฟางธรรมดา Ibrahim (1983) และ Promma *et al.* (1985) รายงานว่าการย่อยได้ของฟางหมักยูเรียจะสูงกว่าฟางธรรมดา 5 – 17 % และสัตว์สามารถกินฟางหมักได้มากกว่าฟางธรรมดา ซึ่งทำให้สัตว์ได้รับโภชนะเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมี NPN สูงขึ้น ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนและเป็นประโยชน์ต่อตัวโคในทางอ้อม ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพของฟางข้าวด้วยยูเรียจึงทำให้โคได้รับโภชนะเพียงพอสำหรับการดำรงชีพ (Wanapat, 1985) และจากการทดลองหมักฟางข้าวด้วยยูเรีย 5 % โดยใช้น้ำต่อฟาง 1:1 หมักนาน 3 สัปดาห์ของ Wanapat *et al.* (1983) พบว่าทำให้ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งในห้องปฏิบัติการเพิ่มขึ้น 8% ใกล้เคียงกับ Saadullah *et al.* (1981 อ้างโดย Ibrahim, 1983) ที่ใช้ระดับความเข้มข้นของยูเรียเท่ากันและมีอินทรียวัตถุย่อยได้เพิ่มขึ้น 11% การกินได้เพิ่มขึ้น 15% นอกจากนี้ Wanapat (1990) ยังพบว่าการหมักฟางข้าวด้วยยูเรีย 3 และ 5 % ทำให้ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งเพิ่มขึ้นจากฟางธรรมดา 46.1 เป็น 52.4 และ 55.5 % ตามลำดับ Jayasuriya and Perera (1982) พบว่าถึงแม้แกะจะกินฟางข้าวธรรมดา และฟางหมักยูเรียได้เท่ากัน แต่ฟางข้าวที่ผ่านการหมักยูเรียมีการย่อยได้ของอินทรียวัตถุสูงกว่าถึง 9 % ในขณะที่ Gadre and Jackson (1980) รายงานว่าโคสามารถกินฟางข้าวสาลีหมักด้วยยูเรียคิดเป็น น้ำหนักแห้งได้มากกว่าฟางข้าวสาลีธรรมดา ดังรายละเอียดในตารางที่ 16 ซึ่งสอดคล้องกับ บุญล้อม (2531) ที่รายงานว่าการหมักฟางข้าวสาลีด้วยยูเรีย 4 % ทำให้แกะกินได้มากขึ้น (3.1 เทียบกับ 2.5 % ของน้ำหนักตัว) และทำให้การย่อยได้ของโภชนะต่างๆรวมทั้งของวัตถุแห้งดีขึ้น (60.2 เทียบกับ 56.9 %)

Verma (1983) ได้สรุปจากการตรวจเอกสารถึงการหมักฟางข้าวด้วยยูเรีย 3, 4 และ 5% โดยใช้ความชื้น 45, 55, 65 และ 75 % หมักนาน 5, 6, 7, 8, 10 และ 12 สัปดาห์ พบว่าฟางที่หมักด้วยยูเรีย 4 – 5 % และใช้ความชื้น 45–55 % จะมีการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DMD) สูงที่สุด การย่อยได้จะลดลงเมื่อใช้ความชื้นสูงขึ้น อีกทั้งการย่อยได้จะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ระดับยูเรียสูงขึ้น และระยะเวลาการหมักที่ทำให้มีการย่อยได้สูงที่สุดคือ 12 สัปดาห์ ระยะเวลาการหมักที่นานขึ้นทำให้การย่อยได้สูงขึ้น

Table 16 Effect of urea ensiling on digestibility and intake of ruminant

Source / Treatment	*Supplement*	*Digestibility* (%)	*Intake* (g DM/kg $W^{0.75}$)
Grade & Jackson (1980) Wheat straw – cattle		Dry matter	
	Green sorghum		(Diet)
Untreated	Straw: sorghum	43	70
Untreated + 2% urea			
Supplement	6.5:2	31	80
4% Urea ensiled (4 wks)		43	107
Jayasuriya (1980) Rice straw – buffalo			
	Concentrates 40%	Organic matter	
Untreated		31	69 (straw)
4% Urea ensiled (4 wks)		62	95
Dolberg *et al.* (1980) Rice straw			% increase in
			dig. Dry matter
Untreated		41	-
3% urea ensiled		51	33
5% urea ensiled		52	42
Jayasuriya & Pearce (1982) Rice straw – sheep			
		Organic matter	
4% urea supplemented	Concentrates 20%	44	41
4% urea ensiled (4 wks)		53	40
8% urea ensiled (4 wks)		57	51
Khan & Davis (1981) Rice straw – cattle			
	2 kg fresh grass		
			(Diet)
Untreated	500g rice bran	-	78
5% urea ensiled (1 wk)	100g min. Mix.	-	165
Saadullah *et al.* (1981) Rice straw		Organic matter	
Untreated		45	46
5% urea ensiled		46	61
Verma (1981) Straw			
4% NaOH (spray)		58	75
4% urea ensiled (4 wks)		54	52

Source : Ibrahim (1983)

Djajanegara *et al.* (1983) ได้ศึกษาการหมักฟางข้าวด้วยยูเรีย 0, 1, 2, 4, 8 และ 16 % ยูเรีย นาน 1, 2, 4 และ 16 สัปดาห์ พบว่าฟางข้าวที่หมักด้วยยูเรีย 16 % ใช้เวลาย่อยสลายโดยวิธี *in situ* น้อยกว่าฟางที่หมักด้วยยูเรีย 4 และ 0 % และระยะเวลาการหมักที่ 16 สัปดาห์ ก็ใช้เวลาในการย่อยสลายน้อยกว่า 4, 2 และ 1 สัปดาห์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการทดลองครั้งนี้ไม่ได้เอาฟางที่หมักยูเรียสูงถึง 16% ดังกล่าวไปให้สัตว์กินโดยตรง (feeding trial) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีปัญหาเรื่องความน่ากิน และผลจากยูเรียตกค้างที่อาจมีอยู่สูงก็ได้ Djajanegara *et al.* (1983) ได้หาการย่อยได้ในแกะของฟางหมักยูเรีย 0, 5 และ 10 % ยูเรีย พบว่าแกะกินฟางหมักยูเรีย 10% ได้มากกว่าฟางหมักยูเรีย 5 และ 0% ตามลำดับ อีกทั้งการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ และโภชนะอื่นๆ ก็สูงกว่าด้วย ดังตารางที่ 17 แต่ทั้งนี้ Djajanegara *et al.* (1983) ไม่ได้ศึกษาถึงระดับยูเรียตกค้าง และผลกระทบระยะยาวต่อตัวสัตว์ที่ได้รับฟางหมักยูเรียระดับสูงดังกล่าวนี้

Table 17 Nutrient digestibility of rice straw treated with 0, 5 and 10 % urea in sheep.

Nutrient	Urea treatment level (%)		
	0	5	10
Digestion coefficient			
Dry matter (%)	35	37	54
Organic matter (%)	44	47	61
Nitrogen (%)	58	55	72
Crude fiber(%)	52	55	66
Intake of rice straw (DM;g/d)	225	246	316

Source : Djajanegara *et al.* (1983)

Wongsrikeao and Wanapat (1985) ยังได้ศึกษาเปรียบเทียบการใช้ฟางข้าวธรรมดา ฟางข้าวหมักยูเรีย 3 และ 6 % พบว่ากระบือรุ่นกินฟางข้าวหมักยูเรีย 6 % ได้สูงกว่าฟางข้าวธรรมดาและหมักยูเรีย 3 % แต่ฟางหมักยูเรีย 3 % และฟางธรรมดานั้นกระบือกินได้ไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับที่รายงานโดย Saadullah and Haque (1983) การย่อยได้ของวัตถุแห้งและ ADF ในฟางหมักยูเรียสูงกว่าฟางธรรมดา ดังรายละเอียดตารางที่ 18 และยังพบว่ากระบือ ที่ได้รับฟางหมักยูเรีย 6 % สามารถเพิ่มน้ำหนักตัวได้ 210 กรัม/วัน ในขณะที่กลุ่มที่ได้รับฟางหมักยูเรีย 3 % และฟางธรรมดามีน้ำหนักตัวลดลง 50 และ 130 กรัม ตามลำดับ

Table 18 Dry matter intake and nutrient digestibility of rice straw and urea–treated rice straw fed to heifer buffaloes.

Attribute	Rice straw	Urea treated rice straw	
		3%	6%
Live weight mean(kg)	289	293	297
Dry matter intake			
(kg/d)	5.87^{b}	6.42^{b}	7.32^{a}
(kg/100 kg live weight)	2.03^{b}	2.17^{b}	2.52^{a}
(g/kg $W^{0.75}$)	83.6^{b}	89.9^{b}	103.8^{a}
Dry matter digestibility (%)	43.2^{b}	52.7^{a}	55.4^{a}
ADF digestibility (%)	43.1^{b}	51.2^{a}	55.4^{a}

Significant differences (P<0.05) between treatment means are indicated by dissimilar superscripts (a, b)

Source : Wongsrikeao and Wanapat (1985)

Cheva–Isarakul (1988) ได้ศึกษาการย่อยได้ของอาหาร 4 สูตรในแกะ พบว่าการให้แกะกินฟางข้าวหมักอย่างเดียวโดยไม่เสริมวัสดุอื่นๆ จะมีการย่อยได้ของวัตถุแห้งและโปรตีน 45.7 และ 54.7% ตามลำดับ มีการเพิ่มน้ำหนักตัว 36.6 กรัม/วัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการที่แกะ ได้รับฟางหมักยูเรียเพียงอย่างเดียวก็ได้รับโภชนะเพียงพอต่อการดำรงชีพ Wanapat (1987) ยังได้รายงานว่า การหมักฟางข้าวด้วย 5 % ยูเรีย จะมีการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และ NDF สูงกว่าฟางหมักยูเรีย 3 % (47.2 เทียบกับ 55.3 %, 53.0 เทียบกับ 64.0 % และ 57 เทียบกับ 66.3 % ตามลำดับ) ดังตารางที่ 19 และ Cheva–Isarakul and Cheva–Isarakul (1991) ได้ทำการศึกษาในแกะ พบว่าการหมักฟางข้าวด้วย 4 % ยูเรีย จะทำให้การย่อยของโภชนะต่างๆ เพิ่มขึ้นดังตารางที่ 19

Table 19 Nutrient digestibility of urea-treated rice straw (% DM-basis).

Rice straw	DMD	OMD	EE	CP	CF	NFE	NDF	ADF	TDN	Animal
Untreated	49.0	54.5	55.7	43.6	59.7	52.3	48.4	48.1	-	Sheep[1]
Urea-treated										
3 %	-	-	-	-	-	-	-	-	40.2	Dairy heifer [2]
	47.2	53.0	-	-	-	-	57.0	-	-	Native cattle[3]
4 %	58.3	65.3	49.9	53.4	72.2	62.1	67.0	59.2	-	Sheep[1]
	45.7	54.7	-	46.8	-	-	-	-	-	[4]
5 %	55.3	64.0	-	-	-	-	66.3	-	-	Native cattle[3]
6 %	-	-	-	-	-	-	-	-	45.9	Heifer dairy[2]

[1] Cheva-Isarakul and Cheva-Isarakul (1991)

[2] Promma *et,al.*(1985)

[3] Wanapat (1987)

[4] Cheva-Isarakul (1988)

Promma *et al.* (1985) รายงานว่าโคสาวที่ได้รับอาหารฐานเหมือนกัน การให้หญ้าสดหรือหญ้าแห้ง หรือฟางหมักยูเรีย ทำให้โคมีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างกันอย่างชัดเจนกับกลุ่มที่ได้รับฟางข้าวธรรมดา (401, 433, 431 และ 79 กรัม/วัน ตามลำดับ) Promma *et al.* (1985) ยังได้ทดลองให้หญ้าสด หญ้าสดร่วมกับฟางหมักยูเรีย และฟางหมักยูเรียเพียงอย่างเดียวเป็นอาหารหยาบ พบว่าโคทั้ง 3 กลุ่มมีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งไม่แตกต่างกัน (10.3, 11.8 และ 10.3 กก. วัตถุแห้ง/วัน) อีกทั้งการให้ผลผลิตนมและองค์ประกอบของน้ำนมก็ไม่ แตกต่างกัน

ความต้องการโภชนะของโครีดนมลูกผสมขาวดำ

Promma *et al.* (1998) สรุปผลจากการทดลองในโคที่ให้นมประมาณ 12-14 กิโลกรัม/วัน ว่าสามารถใช้มาตรฐานการให้อาหารของ NRC (1988) ได้ ยกเว้นระดับของโปรตีนสามารถลดลงได้ประมาณ 10 % ของระดับที่ NRC กำหนด แต่จากการทดลองในฟาร์มโคนมขนาดใหญ่ที่ใช้อาหารคุณภาพดี ต้นข้าวโพดสด ข้าวโพดหมัก และหญ้าแห้งเสริมด้วยอาหารข้นที่มีโปรตีนระดับต่างๆ กัน ในการทดลองต่อมา สมคิด และคณะ (2541) พบว่าการลดระดับโปรตีนดังกล่าวทำให้ผลผลิตน้ำนมลดลงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนเท่ากับ NRC อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (14.2 เทียบกับ 12.8 กิโลกรัม/วัน, $P< 0.001$)

สมคิด และบุญล้อม (2540) รายงานจากการตรวจเอกสารว่าสัดส่วนอาหาร (ration) สำหรับโคนมลูกผสมขาวดำที่ให้นมในระดับต่ำ (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 สำหรับปริมาณเยื่อใยในอาหารโคนมนั้น Promma *et al.* (1998) แนะนำว่าควรมี CF อย่างน้อย 17 % หรือ ADF อย่างน้อย 19 % เพื่อทำให้ระบบการย่อย การเคี้ยวเอื้อง ระดับ pH ในกระเพาะรูเมน และการผลิตไขมันนมอยู่ในระดับปกติ ส่วนโครีดนมขาวดำที่ให้นมเฉลี่ย 10-15 กิโลกรัม/วัน ซึ่งเลี้ยงด้วยอาหารหยาบคุณภาพปานกลางควรให้ได้รับโภชนะในระดับที่ NRC (1988) กำหนด

บุญล้อม และสมคิด (2542) แนะนำว่าระดับโปรตีนในอาหารข้นของโครีดนมควรมากกว่า 18% และของโครุ่นควรมากกว่า 12 % ส่วนระดับพลังงานในอาหารข้นทั้งโครุ่นและโครีดนมควรมีค่ามากกว่า 70 %TDN ขึ้นไป เพราะอาหารหยาบโดยทั่วไปในประเทศไทยมีพลังงานต่ำ (45.1-63.9%TDN) การใช้ต้นข้าวโพด ข้าวโพดหมัก หรือเศษเหลือจากข้าวโพดฝักอ่อนหรือข้าวโพดหวาน ซึ่งมีพลังงานสูงกว่า 55 % สามารถทดแทนพลังงานส่วนที่ขาดได้ ถ้าใช้วัสดุเศษเหลือที่มีคุณค่าทางอาหารต่ำ เช่น ฟางข้าวควรทำการปรับปรุงคุณภาพด้วยยูเรียหรือเสริมด้วยวัสดุอาหารข้นที่มีคุณภาพสูง นอกจากนี้การจัดการฝูงโคนมควรแบ่งกลุ่มตามระดับการให้ ผลผลิตเพื่อให้ง่ายต่อการให้อาหารให้มีโภชนะเพียงพอกับความต้องการ อีกทั้งควรพิจารณาถึงวิธีการให้อาหารที่เหมาะสม และปฏิบัติงานได้สะดวกเพื่อให้โคสามารถเพิ่มผลผลิตน้ำนมขึ้นมากกว่าการจัดการแบบปกติ

การให้อาหารโคนมที่ปฏิบัติกันอยู่ทั่วไปมักให้โคได้กินอาหารหยาบอย่างเต็มที่ แล้วเสริมด้วยอาหารข้นวันละ 2 ครั้งตามเวลารีดนมโดยให้ในอัตราส่วนของน้ำนม 2 กก./อาหารข้น 1 กิโลกรัม หรือเสริมอาหารข้นวันละ 1 ครั้ง สำหรับโคที่ไม่ได้รีดนม Owen (1981) ได้รายงานจากการตรวจเอกสารว่าการเลี้ยงโคนมโดยใช้หญ้าแห้งและฟางเป็นอาหารหยาบแล้วให้อาหารข้นซึ่งประกอบด้วยข้าวบาร์เลย์เป็นหลักพบว่า ถ้าให้โคเลือกกินอาหารหยาบและอาหารข้นตามใจชอบ โคจะกินอาหารหยาบได้น้อยมาก ทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมต่ำ และโคให้ปริมาณน้ำนมมากกว่ากลุ่มที่กินอาหารผสมครบส่วนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น การให้โคได้รับอาหารข้นอย่างเต็มที่ตั้งแต่หลังคลอดจนถึง 2 เดือน (ระยะ peak) ซึ่งมักปฏิบัติกันอยู่โดยทั่วไป จะทำให้โคมีปัญหาทางด้านสุขภาพ ประสิทธิภาพการใช้อาหารข้นต่ำและให้นมน้อยลงในระยะต่อมา จะเห็นได้ว่าการให้อาหารข้นเต็มที่ตามใจชอบเป็นบางช่วงหรือตลอดระยะการให้นมนั้นเกิดประโยชน์น้อย

การย่อยอาหารที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของระบบทางเดินอาหารโค

อาหารแต่ละชนิดมีการย่อยได้ในทางเดินอาหารแต่ละส่วนไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ น้ำย่อยที่สัตว์ขับออกมา ชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ที่มี และธรรมชาติของอาหาร เช่น อาหารที่มีเยื่อใยสูงไม่สามารถย่อยได้ที่กระเพาะแท้และลำไส้เล็ก เพราะเอนไซม์จากตัวสัตว์ไม่สามารถย่อยเยื่อใยได้แต่

มันอาจถูกย่อยได้บ้างในกระเพาะรูเมน ไส้ติ่ง และลำไส้ใหญ่ โดยอาศัยเอนไซม์ของจุลินทรีย์เกิดผลผลิตคือ

1. กรดไขมันระเหยได้ (short chain fatty acid, SCFA หรือ volatile fatty acid, VFA)
2. โปรตีนของจุลินทรีย์ (microbial protein)
3. แก๊สมีเทน และ คาร์บอนไดออกไซด์

ปฏิกิริยาการย่อยสลายอาหารโดยจุลินทรีย์มีทั้งส่วนที่เกิดขึ้นนอกเซลล์จุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ปล่อยน้ำย่อยออกมาย่อยอาหาร และส่วนที่เกิดภายในเซลล์ของจุลินทรีย์เอง ดังแสดงในภาพที่ 4

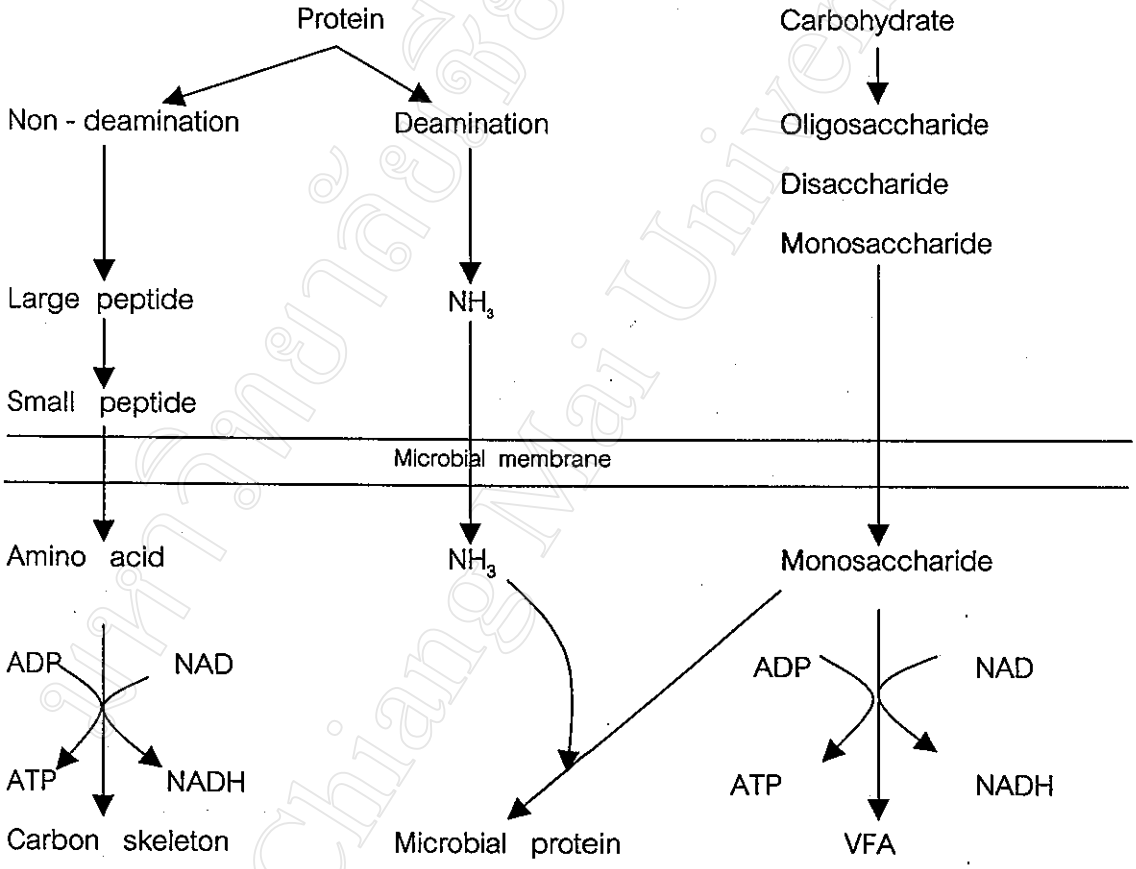

Figure 4 การย่อยสลายโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน

(Degradation of protein and carbohydrate in the rumen)

Source : ดัดแปลงจาก Van Soest (1994)

การย่อยสลายโปรตีนในกระเพาะรูเมน

เมื่อโปรตีนเข้าสู่กระเพาะรูเมน โปรตีนส่วนที่ย่อยสลายได้จะถูกย่อยสลายโดยกระบวนการ 2 ขั้นตอนคือ

1. การย่อยสลายภายนอกเซลล์จุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์จะขับเอ็นไซม์ออกมาย่อยโปรตีนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง 2 ลักษณะ คือ

1.1 เกิดปฏิกิริยา deamination ทำให้ได้ NH_3 ซึ่งจุลินทรีย์สามารถดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

1.2 ไม่เกิดปฏิกิริยา deamination แต่โปรตีนจะถูกย่อยสลาย โดยเอนไซม์ protein kinase กลายเป็น peptide สายสั้นๆ หลังจากนั้นจะถูกย่อยสลายต่อไปกลายเป็น amino acid ซึ่งจุลินทรีย์บางชนิดสามารถดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์ได้

2. เมทาบอลิซึมภายในเซลล์จุลินทรีย์ จุลินทรีย์จะดูดซึมกรดอะมิโนเข้าไป ซึ่งส่วนหนึ่งจะสลายตัวเหลือโครงสร้างคาร์บอน (carbon skeleton) เพื่อนำไปเผาผลาญเป็นพลังงานต่อไป อีกส่วนหนึ่งจะถูกจุลินทรีย์ใช้ในการสังเคราะห์ microbial protein ขณะเดียวกัน NH_3 ที่เข้าสู่เซลล์ของจุลินทรีย์จะทำปฏิกริยากับ monosaccharide (glucose) ซึ่งสลายตัวให้เป็นโครงสร้างคาร์บอนและแหล่งพลังงานที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการสร้าง microbial protein ได้เช่นกัน ในกระบวนการนี้ต้องใช้พลังงานเข้าร่วมด้วย ทำให้มีการสูญเสียพลังงาน

การย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน

คาร์โบไฮเดรตที่สัตว์กินเข้าไปจะถูกย่อยในกระเพาะส่วนหน้าภายนอกเซลล์ของจุลินทรีย์กลายเป็นน้ำตาลที่มีโมเลกุลเล็กลงตามลำดับ จากนั้น monosaccharide จะถูกดูดซึมผ่านผนังเซลล์และเกิดการย่อยสลายต่อไป ได้ผลผลิตดังนี้

- กรดไขมันระเหยได้ (short chain fatty acid, SCFA) ได้แก่ acetic acid (C_2), propionic (C_3) และ butyric acid (C_4)

- โปรตีนของจุลินทรีย์ (microbial protein) ซึ่งเกิดจากการที่จุลินทรีย์ดึง NH_3 จากกระบวนการ deamination มารวมตัวกับ monosaccharide หรือโครงสร้างสายคาร์บอนนั้น กระบวนการนี้ต้องใช้พลังงานเพื่อสร้าง microbial protein ซึ่งโคสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้

ประโยชน์จากการทราบตำแหน่งของการย่อยอาหาร

เนื่องจากการย่อยอาหารที่ตำแหน่งต่างๆ เกิดผลต่างกัน เช่น การย่อยสลายอาหารโปรตีนในกระเพาะรูเมนจะถูกนำไปใช้สังเคราะห์เป็น microbial protein ซึ่งมีคุณภาพค่อนข้างดีเพราะมีสัดส่วนของกรดอะมิโนที่จำเป็นใกล้เคียงกับความต้องการของสัตว์ (Schwab, 1995 อ้างโดย บุญล้อม, 2541) ดังนั้นถ้าโปรตีนที่สัตว์เคี้ยวเอื้องกินเข้าไปมีคุณภาพไม่ดี หรือเป็น สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non protein nitrogen, NPN) การย่อยสลายในกระเพาะ รูเมนจะมีประโยชน์มาก แต่ถ้าโปรตีนที่กินเข้าไปมีคุณภาพสูงการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนอาจไม่มีประโยชน์มากนัก เพราะการ

สลายตัวของโปรตีนไปเป็นแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนมักมีการสูญเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ไม่สามารถจับแอมโมเนียไปใช้ได้ทั้งหมดและ microbial protein ที่เกิดขึ้นอาจจะมีสัดส่วนของกรดอะมิโนด้อยกว่าโปรตีนเดิมที่สัตว์กินเข้าไป ดังนั้นถ้าโปรตีนประเภทนี้ถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์ในตัวสัตว์ที่กระเพาะแท้และลำไส้เล็กก็จะเกิดประโยชน์มากกว่า เพราะได้กรดอะมิโนที่มีสัดส่วนเหมาะสมซึ่งสัตว์สามารถดูดซึมได้โดยตรง (บุญล้อม, 2541)

สำหรับคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน ถ้าอยู่ในอัตราที่เหมาะสมจะเกิดประโยชน์มาก เนื่องจากใช้เป็นแหล่งพลังงานให้แก่จุลินทรีย์ อีกทั้งยังเป็นโครงสร้างคาร์บอนในการทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียเพื่อนำไปใช้สังเคราะห์ microbial protein ด้วย อย่างไรก็ดีการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน มีการสูญเสียพลังงานส่วนหนึ่งไปในรูปของแก๊สมีเธน และคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งมีประมาณ 8 % ของ gross energy ที่สัตว์ได้รับ ดังนั้นในกรณีของอาหารหยาบที่มีเยื่อใยสูง ซึ่งไม่สามารถถูกย่อยที่ลำไส้เล็กได้ การย่อยสลายในกระเพาะรูเมนจึงมีประโยชน์มากกว่า ส่วนอาหารข้นหรืออาหารเยื่อใยต่ำที่สามารถถูกย่อยได้ดีที่ลำไส้เล็ก การย่อยในลำไส้เล็กน่าจะเป็นประโยชน์มากกว่า เพราะจะได้เป็น monosaccharide ซึ่งสัตว์สามารถดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง ดังนั้นจึงควรให้อาหารประเภทนี้มีการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนเท่าที่จำเป็นเท่านั้น

การประเมินคุณค่าทางอาหาร

การประเมินคุณค่าทางอาหารเบื้องต้น คือการวิเคราะห์ทางเคมีโดยวิธีของ Weende หรือ Proximate analysis วิธีนี้นิยมใช้กันมานานและสามารถบอกองค์ประกอบทางเคมีในอาหารได้ระดับหนึ่ง แต่ยังมีข้อเสียหลายประการโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของเยื่อใย ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาการวิเคราะห์เยื่อใยขึ้น เรียกว่า Detergent method หรือ Forage fiber analysis (Goering and Van Soest, 1970) อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีนี้ ยังไม่สามารถบอกปริมาณอาหารที่สัตว์กินและโภชนะที่สัตว์จะได้รับได้ ดังนั้นจึงต้องมีการทดลองหาการย่อยได้ซึ่งมีทั้งวิธีที่ทดลองกับสัตว์โดยตรง (*in vivo*) หรือ *in sacco* และวิธีที่ทดลองในห้องปฏิบัติการ (*in vitro*) เป็นต้น

การหาการย่อยได้กับสัตว์โดยตรง (*in vivo* digestibility)

การหาการย่อยได้กับตัวสัตว์โดยตรงแบบ conventional method ทำได้โดยนำอาหารชนิดนั้นไปให้สัตว์กินโดยตรง ทำการทดลอง 2 ช่วง คือ

1. Preliminary period เป็นช่วงที่ให้สัตว์และจุลินทรีย์คุ้นเคยกับอาหาร และเพื่อให้อาหารทดลองเข้าไปแทนที่อาหารเดิมในทางเดินอาหาร สำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องถ้าเป็นอาหารปกติใช้เวลา 7–10 วัน แต่ถ้าเป็นอาหารแปลกใหม่อาจจะต้องใช้เวลา 14–21 วัน

2. Collection period เป็นช่วงที่วัดปริมาณอาหารที่สัตว์กินได้จริง และมูลที่สัตว์ขับออกมาทั้งหมด ถ้าให้อาหารระดับคงที่จะใช้เวลาประมาณ 7 วัน แต่ถ้าให้อาหารแบบเต็มที่เพื่อต้องการวัดปริมาณอาหารที่สัตว์กินได้ ต้องใช้เวลานานกว่า คือ 7–10 วัน ทำการสุ่มตัวอย่างอาหารและมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ทางเคมีแล้วนำค่าต่าง ๆ มาคำนวณหาการย่อยได้จากสูตร

$$\text{Nutrient digestibility (\%)} = \frac{\text{Nutrient consumed (kg)} - \text{Nutrient in feces (kg)}}{\text{Nutrient consumed (kg)}} \times 100$$

ในกรณีที่อาหารนั้นไม่สามารถให้สัตว์กินเป็นอาหารเดี่ยวได้ ควรหาค่าการย่อยได้โดยวิธีหาความแตกต่าง (difference method) แต่อาหารบางอย่างเมื่อให้ร่วมกับอาหารอื่นอาจมีผลทำให้ค่าการย่อยได้เปลี่ยนไป (เกิด associative effect) จึงควรหาการย่อยได้โดยวิธีใช้สมการถดถอย (regression method) โดยให้อาหารทั้งสองชนิดในสัดส่วนต่างๆ กันหลายระดับแล้วใช้สมการทำนายค่าการย่อยได้ของโภชนะในวัตถุดิบแต่ละชนิด จะทำให้ได้ค่าที่ถูกต้องยิ่งขึ้น (บุญล้อม, 2541)

เทคนิคที่นิยมใช้ศึกษาการย่อยสลายของอาหารในห้องปฏิบัติการ

เนื่องจากการวัดการย่อยได้ของอาหารในตัวสัตว์ (*in vivo* digestibility) เป็นวิธีที่ต้องใช้เวลาแรงงาน และค่าใช้จ่ายสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อทำกับสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดใหญ่ จึงได้มีนักวิจัยพยายามค้นคว้าและพัฒนาวิธีการทดลองย่อยอาหารในห้องปฏิบัติการ (*in vitro* technique) ซึ่งนิยมใช้กันอยู่หลายวิธี และบุญล้อม (2541) ได้แนะนำวิธีต่างๆ ไว้คือ

1. วิธีการ 2 ขั้นตอน (2 stages method) ของ Tilley and Terry วิธีนี้ได้รับความนิยมมานาน แต่ในภายหลังเมื่อมีการพัฒนาวิธีอื่นที่สามารถให้ข้อมูลได้มากกว่าและมีความแม่นยำสูงกว่าวิธีนี้จึงได้รับความนิยมลดลง

2. วิธีเปปซิน - เซลยูเลส ทำโดยใช้เอนไซม์ที่สกัดจากจุลินทรีย์มา incubate กับตัวอย่างอาหาร วิธีนี้มีข้อดีในแง่ที่สามารถทำได้รวดเร็ว ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาทั้งคุณภาพของเอนไซม์และวิธีการวิเคราะห์ทำให้ค่าที่ได้แม่นยำขึ้น สะดวกสำหรับห้องปฏิบัติการที่ไม่มีสัตว์เจาะกระเพาะ

De Boever *et al.* (1986) ได้ศึกษาการใช้เอนไซม์ pepsin - cellulase ในการหาการย่อยได้ของอาหาร 40 ชนิด พบว่าค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุที่วัดโดยวิธีนี้สัมพันธ์กับการย่อยได้ที่ทดลองในตัวสัตว์มากกว่าวิธี *in vitro* ของ Tilley and Terry

3. วิธีใช้ถุงไนลอน (nylon bag technique) หรือ *in sacco* ได้รับการพัฒนาขึ้นในประเทศอังกฤษ และได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง เพราะให้ข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการย่อยสลายของอาหารซึ่งนับว่าเป็นประโยชน์มาก (รายละเอียดภาคผนวก ก หน้า 90)

4. วิธีวัดปริมาณแก๊ส (gas production technique) ได้รับการพัฒนาขึ้นในประเทศเยอรมัน เพื่อให้สามารถทำนายการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และค่าพลังงานในอาหารได้ ต่อมาได้มีการดัดแปลงให้สามารถวัดอัตราการย่อยสลายของอาหารได้ด้วย (รายละเอียดภาคผนวก ก หน้า 98)

5. วิธีใช้อ่างรูเมนเทียม (rumen stimulation technique) ทำโดยจำลองสภาพการหมักในกระเพาะรูเมน ทำให้สามารถบอกถึงการย่อยสลายของโภชนะในอาหารเช่นกัน แต่เป็นวิธีการที่ต้องอาศัยเครื่องมือที่ค่อนข้างซับซ้อน จึงยังไม่เหมาะสมกับประเทศไทยในสภาพปัจจุบัน ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะวิธีการที่ 3 และ 4 เท่านั้น

หาการย่อยได้โดยวิธี *in vitro* gas production technique (Menke and Steingass,1988)

เป็นวิธีที่สามารถประเมินการย่อยได้ได้ใกล้เคียงกับการใช้สัตว์ทดลองมากที่สุด (Pell and Schofield,1993 และ Dewhurst *et al.*,1995) โดยอาศัยหลักการว่าการหมักย่อยอาหารด้วยจุลินทรีย์ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนจะทำให้เกิดแก๊สขึ้น ซึ่งสามารถนำมาคำนวณเพื่อใช้ทำนายคุณค่าทางอาหารได้ แก๊สที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่คือคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และมีเธน (CH_4) ที่เกิดจากการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตให้เป็นกรดไขมันสายสั้น (short chain fatty acid ;SCFA) ได้แก่ acetic acid, propionic acid และ butyric acid (Beuvink and Spoelstra,1992) ส่วนของโภชนะอื่น เช่น โปรตีน และไขมัน เมื่อถูกหมักจะได้ปริมาณแก๊สน้อยกว่าคาร์โบไฮเดรต (Menke and Steingass,1988)

เนื่องจากการประเมินคุณภาพของอาหารสัตว์โดยการวัดปริมาณแก๊สนี้ได้ถูกคิดค้นโดย Menke *et al.*(1979) จึงอาจเรียกว่า Menke's method หรือ Hohenheim gas test ซึ่งเป็นชื่อของสถานที่ที่ทำการศึกษา และได้มีการพัฒนาสมการรีเกรชชั่นเพื่อทำนายค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (organic matter digestibility ; OMD) ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ (metabolizable energy ; ME) และค่าพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (net energy for lactation ;NEL) โดยนำค่าองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างอาหารมาใช้ร่วมในสมการเพื่อให้การทำนายมีความแม่นยำยิ่งขึ้น การสร้างสมการทำนายใช้ข้อมูลจาก 400 การทดลองจากนั้นนำสมการที่ได้ไปตรวจสอบความแม่นยำโดยทำการทดลองอีก 300 การทดลอง รวมการทดลองที่ใช้ในการพัฒนาสมการรีเกรชชั่นทั้งหมด 700 การทดลอง (Menke and Steingass,1988)

Pell and Schofield (1993) และ Dewhurst *et al.*(1995) ได้กล่าวว่า *in vitro* Gas Production Technique เป็นวิธีที่มีความเหมาะสมในการศึกษากระบวนการย่อยสลายอาหาร (kinetic of fermentation) ประเภทคาร์โบไฮเดรตได้ดีกว่าวิธี *in vitro* อื่นๆ นอกจากนี้ Theodorou *et al.* (1991) และ Pell and Schofield (1993) ได้ปรับปรุงวิธีวัดค่าแก๊สที่เรียกว่า Pressue transducer technique

เพื่อให้สะดวกต่อการวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น จากวิธีเดิมที่ใช้ ตัวอย่างอาหารหมักบ่มกับของเหลวจากกระเพาะรูเมนในหลอดที่คล้ายหลอดฉีดยาขนาด 100 มล. มาเป็นขวดทดลองที่ปิดด้วย butyl rubber ที่มีตัววัดที่ไวต่อแรงดันของแก๊สที่เกิดขึ้น (pressure senser) เชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ เมื่อมีแก๊สเกิดขึ้นก็จะถูกบันทึกไว้ ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อปริมาณแก๊สและความแม่นยำของการศึกษาโดยวิธี gas production technique นี้อาจมีได้หลายปัจจัย เช่น อุปกรณ์เครื่องมือ การเตรียมสารละลาย สภาวะไร้ออกซิเจนในการเก็บของเหลวที่ได้จากกระเพาะรูเมนและขณะทำการทดลอง อุณหภูมิขณะบ่ม ระดับความร้อนที่ใช้ในการทำตัวอย่างให้แห้ง (drying temperature) ขนาดของตัวอย่างที่บด และการให้อาหารสัตว์ก่อนเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมน เป็นต้น (ดังรายละเอียดวิธีการในภาคผนวก ก หน้า 98)

การประเมินค่าพลังงานในอาหาร

ในการประกอบสูตรอาหารสัตว์เพื่อให้สัตว์ได้รับโภชนะ รวมทั้งพลังงานที่ถูกต้องเพียงพอต่อการดำรงชีพ การให้ผลผลิตและกิจกรรมต่างๆ ของสัตว์นั้น นักโภชนศาสตร์สัตว์จะต้องทราบถึงค่าพลังงานในอาหาร ทั้งนี้หากสัตว์ได้รับโภชนะต่างๆ และพลังงานไม่เพียงพอ ก็จะมีผลกระทบโดยตรงต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของสัตว์ แต่หากสัตว์ได้รับพลังงานสูงเกินไปก็จะทำให้สิ้นเปลืองและกระทบต่อรายได้ของผู้ประกอบการ ระบบพลังงานที่รู้จักกันทั่วไปมี 4 ระบบ (บุญล้อม, 2541n) คือ Total digestible nutrient (TDN), Digestible energy (DE), Metabolizable energy (ME) และ Net energy (NE) แต่ละระบบมีข้อดีข้อเสีย และความยากง่ายในการศึกษาแตกต่างกันไป ในประเทศที่พัฒนาแล้วซึ่งมีความพร้อมของอุปกรณ์ในการศึกษามักนิยมใช้พลังงานในรูปของ ME และ NE ซึ่งจะต้องใช้เครื่องมือที่ซับซ้อนในการวัดค่าแก๊สมีเธนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในตัวสัตว์มาหักลบออกจากค่า DE ส่วนการประเมินค่า NE นอกจากจะคำนึงถึงแก๊สมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ดังกล่าวแล้ว ยังนำความร้อนเพิ่ม (heat increment) ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการย่อยและเมแทบอไลซ์อาหารมาหักออกด้วย เนื่องจากการวัดพลังงาน ME และ NE โดยตรงต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาแพงซึ่งหน่วยงานวิจัยส่วนใหญ่ไม่มีใช้ ดังนั้นจึงต้องหาวิธีอ้อม ได้แก่ การวัดค่าการย่อยได้ในตัวสัตว์ (*in vivo* digestibility) แล้วนำค่าโภชนะที่ย่อยได้มาคำนวณค่าพลังงาน TDN และ DE (รายละเอียดแสดงไว้ใน บทที่ 3 หน้า 39) แล้วอาศัยสมการ regression ที่ผ่านการพิสูจน์และได้รับการยอมรับแล้ว ประเมินค่าพลังงาน ME และ NEL ต่อไป นอกจากนี้ยังอาจทำโดยการวัดปริมาณแก๊สด้วยวิธี *in vitro* gas production technique ของ Menke *et al.* (1979) และ Menke and Steingass (1988) ก็ได้

อาหารผสมครบส่วน (Total Mixed Ration ; TMR)

อาหารผสมครบส่วน หรือ TMR คืออาหารที่มีทั้งอาหารหยาบและอาหารข้นผสมรวมกันในสัดส่วนที่เหมาะสม และมีคุณค่าทางโภชนะเพียงพอกับความต้องการตามชนิด ประเภท และลักษณะการให้ผลผลิตของสัตว์ ในกรณีของโคนม สูตรอาหารควรมีเยื่อใยในรูปของ ADF ประมาณ 21 % และ NDF 30-35 % (บุญล้อม และคณะ, 2543)

ลักษณะของอาหารผสมครบส่วนที่ดี

สมชาย (2538) แนะนำว่าลักษณะของอาหารผสมครบส่วนที่ดีควรมีคุณสมบัติดังนี้

1. ควรประกอบด้วยอาหารหยาบและอาหารข้นในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยสูตรอาหารจะขึ้นอยู่กับอายุ และการให้ผลผลิตของโคนม
2. คุณภาพของอาหารหยาบและวัสดุอาหารข้นที่นำมาผสมกันต้องมีคุณภาพดี เพื่อให้การใช้ประโยชน์จากอาหารผสมครบส่วนเกิดประโยชน์สูงสุด
3. ขนาดความยาวของอาหารหยาบที่ใช้ผสมควรมีขนาดประมาณ 3 – 5 ซม.
4. การกระจายตัวของอาหารหยาบและอาหารข้นต้องสม่ำเสมอ
5. สภาพของอาหารต้องใหม่และมีกลิ่นหอมน่ากิน

นอกจากนี้ฉลอง และคณะ (2540) ได้รายงานถึงลักษณะของอาหารผสมครบส่วนที่ดีไว้ว่าจะต้องมีระดับพลังงานและโปรตีน ครบตามความต้องการของโคนมตามระยะการให้นม และปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้ มีระดับโปรตีนไหลผ่านประมาณ 30 – 50 % ของโปรตีนทั้งหมดในอาหาร มีระดับคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย (non fiber carbohydrate : NFC) ไม่เกิน 35 % และควรมีระดับเยื่อใย NDF (neutral detergent fiber) 30 – 35 % หรือ ADF (acid detergent fiber) 20 – 25 % และบุญล้อม และสมคิด (2542) ยังได้แนะนำว่าอาหารผสมครบส่วนสำหรับโคที่ให้นมต่ำ (8 – 12 กก./วัน) ควรมีเยื่อใย 22 – 24 % อาหารหยาบต่ออาหารข้น 50 : 50 แคลเซียมต่อฟอสฟอรัส 1.3 : 1 ส่วนโคที่ให้นมสูง (มากกว่า 20 กก./วัน) ควรมีเยื่อใยในอาหารลดลง (19 – 22 %) มีสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้น 40 : 60 แคลเซียมต่อฟอสฟอรัส 1.2 : 1 นอกจากนี้ บุญล้อม และสมคิด (2542) ยังได้รวบรวมระดับความต้องการโภชนะต่าง ๆ ของโคนมไว้ดังตารางที่ 20

ในการผสมอาหารผสมครบส่วนนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องลดขนาดของอาหารหยาบลง เพื่อให้สามารถผสมเข้ากันได้อย่างสม่ำเสมอ ป้องกันโคเลือกกินอีกทางหนึ่งด้วย แต่การลดขนาดที่มากเกินไปก็อาจมีผลกระทบต่อการเคี้ยวเอื้อง การหลั่งน้ำลาย และทำให้การไหลผ่านของอาหารหยาบออกจากกระเพาะหมักเร็วขึ้น เป็นผลให้การย่อยได้ของอาหารต่ำลง และยังทำให้ไขมันในน้ำนมต่ำลงอีกด้วย ขนาดของอาหารหยาบที่เหมาะสมควรอยู่ที่ 3 – 5 เซนติเมตร นอกจากนี้ Xu *et al.* (1994) ยัง

ได้แนะนำว่าการให้อาหารข้นในระดับสูงในสูตรอาหารผสมครบส่วนควรจะเติมบัฟเฟอร์ลงไปด้วย ทั้งนี้เพื่อลดความเป็นกรดภายในกระเพาะหมัก

Table 20 Nutrient level guidelines for dairy cattle.

Nutrient	Milking stage of lactation			Dry cows	
	Early	Mid	Late	Dry	Pre-fresh
Crude protein (CP; % of DM)	17.-5-19.5	16-17	15-16	12-12.5	14.5-15.5
Bypass protein (% of CP)	35-40	33-37	32-36	30-35	35-38
Bypass protein (% of DM)	6.25-7.25	5.50-6.25	5.5-6.0	3.5-4.25	5-6
Degradable protein (% of DM)	9.75-10.75	9.75-10.5	9.0-9.75	-	-
Soluble protein (% of CP)	30-33	30-34	30-35	30-38	26-30
Acid-detergent fiber (ADF), (% of DM)	17-21	19-22	21-25	30-35	25-29
Neutral detergent fiber (NDF), (% of DM)	28-31	28-33	32-36	42-50	37-43
NDF from forage, (% of DM)	18-23	19-23	21-25	35-38	31-34
Non fiber carbohydrate (NFC),(% of DM)	35-42	34-43	35-43	30-40	34-38
Ration forage level, (% of DM)	40-45	45-50	50-55	60	55
Fat, total (%)	5-7	5-6	3-5	3-4	4-5
Calcium (% of DM)	.90-1.1	.90-.78	.90-1.0	.60-.80	.60-.80
Phosphorus (% of DM)	.48-.55	.45-.48	.40-.45	.30-.36	.36-.42

Source : ดัดแปลงจาก บุญล้อม และสมคิด (2542)

การใช้อาหารผสมครบส่วน

การใช้อาหารผสมครบส่วนจะทำให้ง่าย และสะดวกต่อการจัดการให้อาหารสัตว์ ประหยัดเวลาและแรงงาน ขณะเดียวกันก็สามารถควบคุมโภชนะที่สัตว์จะได้รับอย่างสม่ำเสมอ

ฉลอง และคณะ (2540) ได้รายงานจากการตรวจเอกสารถึงการศึกษาการให้อาหารหยาบร่วมกับอาหารข้นในสูตรอาหารโคนมว่า เมื่อลดสัดส่วนของอาหารหยาบลง (80, 65, 50 และ 35% ตามลำดับ) จะมีผลทำให้ปริมาณน้ำนม โปรตีนในน้ำนมและแลคโตสเพิ่มขึ้น ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ไขมันนมจะลดลงเมื่อให้อาหารข้นในระดับสูงขึ้น (3.8, 3.72, 3.68 และ 3.33 % ไขมัน ตามลำดับ)

McCoy *et al.* (1966) ได้เปรียบเทียบการให้โคกิน 1.) หญ้าแห้งเต็มที่ ร่วมกับอาหารข้นในอัตรา 1 กก. ต่อ FCM 2.5 กก. 2.) การให้หญ้าแห้งและอาหารข้นเต็มที่ และ 3.) การให้อาหารผสมครบส่วนซึ่งประกอบด้วยอาหารข้นต่ออาหารหยาบอัตรา 70:30 (สัดส่วนของวัตถุแห้ง) ขนาดความยาวของหญ้าแห้งในอาหารผสมครบส่วน เท่ากับ 2.54 ซม. ให้กินเต็มที่พบว่ากลุ่มที่ให้กินหญ้าแห้งและอาหารข้นเต็มที่ (กลุ่ม 2) โคกินอาหารคิดเป็นกิโลกรัมของ TDN สูงที่สุด (9.78, 13.49 และ

11.5 กก. ตามลำดับ) แต่กลุ่มที่ให้อาหารผสมครบส่วน (กลุ่ม 3) ให้ผลผลิตนมสูงที่สุดถึงแม้จะได้รับ TDN ต่ำกว่าการให้อาหารข้นและหญ้าแห้งกินเต็มที่ก็ตาม

รัชนี และวิศิษฐิพร (2544) ได้ประกอบสูตรอาหารผสมครบส่วนโดยใช้ซานอ้อยปรับปรุงคุณภาพด้วย NaOH เป็นอาหารหยาบ เลี้ยงโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยนที่ให้นมเฉลี่ย 15 กิโลกรัม/วัน พบว่าโคที่ได้รับพลังงานต่ำกว่า และสูงกว่า NRC (1988) แนะนำ 10 % มีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำนมลดลง นอกจากนี้ยังมีของแข็ง (total solid) และของแข็งไม่รวมไขมัน (solid not fat) ในน้ำนมน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับพลังงานเท่ากับ NRC (1988)

นอกจากนี้กังวาน และคณะ (2544) ทดลองใช้อาหารผสมครบส่วนโดยใช้หญ้า อุบลพาสพาลั่ม (*Paspalum atratum* cv. Ubon) หมักเป็นอาหารหยาบ เลี้ยงโคลูกผสม โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยนที่ให้นมอยู่ในช่วง 10-15 กิโลกรัม/วัน พบว่าการเพิ่มระดับพลังงานหรือทั้งพลังงานและโปรตีนมากกว่าที่ NRC (1988) แนะนำ 20 % ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว ผลผลิตน้ำนมและส่วนประกอบทางเคมีของน้ำนม นอกจากนี้ยังพบว่าไม่มีผลกระทบต่อปริมาณการกินวัตถุแห้งเมื่อคิดเป็นกิโลกรัมวัตถุแห้งต่อวัน แต่เมื่อคิดในรูปของเปอร์เซ็นต์ น้ำหนักตัว และ metabolic body 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)

Coppock *et al.* (1972) รายงานว่าการให้โคกินอาหารผสมครบส่วนรวมกันเป็นกลุ่มจะทำให้โคกินอาหารได้มากกว่าให้กินแยกเป็นรายตัว (3.32 เทียบกับ 3.09 %BW) และทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันและเปอร์เซ็นต์โปรตีนในน้ำนมสูงขึ้น Everson *et al.* (1976) ได้ทดลองเปรียบเทียบการให้อาหารผสมครบส่วน 2 ระบบ คือ วิธีที่ 1 ให้อัตราส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้น คงที่ 60:40 วิธีที่ 2 ผันแปรอัตราส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นตามระยะการให้นม คือ ระยะ 21 สัปดาห์แรก ให้อาหารหยาบต่ออาหารข้น 50:50 ต่อมาในระยะ 23 สัปดาห์เป็นต้นไปให้ในอัตรา 65:35 และช่วง 8 สัปดาห์สุดท้ายให้ในอัตรา 85:15 พบว่าตลอดระยะเวลาที่ศึกษา 2 ปี วิธีที่ 2 ค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อนในการปฏิบัติอีกทั้งโคก็ให้นมและเปอร์เซ็นต์ไขมันนมไม่แตกต่างกัน

Owen (1981) สรุปว่ายังไม่มีการยืนยันพิสูจน์ข้อดีของการให้อาหารข้นแก่แม่โคนมในปริมาณต่างๆ ตามระยะการให้นม หรือการเปลี่ยนอัตราส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนตามระยะการให้นม แม้ว่าการเพิ่มอาหารข้นจะมีผลทำให้ได้นมเพิ่มขึ้น อัตราส่วนที่เหมาะสมของอาหารหยาบต่ออาหารข้นในอาหารผสมครบส่วนที่ใช้อาหารหยาบ คุณภาพดีไม่ควรเกิน 60:40 แต่โคที่ให้นมสูงอาจใช้อัตราส่วน 50:50 ได้ กรณีที่อาหารหลักเป็นพืชหมักควรเสริมแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพดี เช่น กากถั่วเหลืองและปลาป่น เพราะวัตถุดิบเหล่านี้สามารถให้ undegradable

protein (UDP) ตลอดจนทำให้ได้ microbial protein ในปริมาณที่เพียงพอแก่กระเพาะ abomasum และลำไส้เล็ก

อย่างไรก็ตาม การให้อาหารผสมครบส่วนที่มีอาหารข้นระดับเดียวเลี้ยงโคนมที่ให้ผลผลิตใกล้เคียงกันเป็นกลุ่มเปรียบเทียบกับการให้อาหารเป็นรายตัวตามปริมาณน้ำนม พบว่าการให้อาหารเป็นรายตัวไม่ได้ทำให้แม่โคให้ผลผลิตน้ำนมดีกว่าการให้อาหารข้นระดับเดียว

Xu *et al.*, (1994) ยังรายงานว่าการเติม Sodium sesquicarbonate ในอาหารผสมครบส่วนที่มีสัดส่วนของอาหารข้นสูงจะช่วยให้โคกินอาหารคิดเป็นวัตถุแห้งได้เพิ่มขึ้นทำให้ pH ในกระเพาะหมักคงที่ และทำให้โคให้นมเพิ่มขึ้น มีเปอร์เซ็นต์ไขมันนมสูงขึ้น การใช้อาหารผสมครบส่วนที่มีส่วนผสมของหญ้าหมัก เมล็ดฝ้าย ข้าวโพดหมัก และอาหารข้นเป็นหลัก พบว่าการเติมบัฟเฟอร์จะทำให้ pH ในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้น โคกินอาหารคิดเป็นวัตถุแห้งได้เพิ่มขึ้น และเปอร์เซ็นต์โปรตีนในน้ำนมก็จะเพิ่มขึ้น การเติมบัฟเฟอร์ในอาหารแก่แม่โคที่ให้นมมากๆ ซึ่งอยู่ในช่วงต้นๆ ของระยะการให้นมจะช่วยไม่ให้ไขมันในน้ำนมลดลงได้

ความเป็นกรด-ด่างของอาหารมีผลต่อปริมาณการกินอาหารของโค ดังที่ Erdman (1988) ได้ใช้ sodium bicarbonate ($NaCO_3$) ผสมลงในพืชหมักเพื่อลดความเป็นกรดแล้วให้โคกินพืชหมักอย่างเต็มที่แยกกับอาหารข้น พบว่าถ้าปรับ pH ของข้าวโพดหมักจาก 3.64 เป็น 5.44 จะทำให้โคกินข้าวโพดหมักคิดเป็นวัตถุแห้งได้เพิ่มขึ้น 1 กก./วัน เขาได้สรุปความสัมพันธ์ระหว่าง pH ของอาหารและความสามารถในการกินได้ไว้ดังนี้คือ

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

นอกจากนี้ Shaver *et al.* (1984) ยังพบว่าเมื่อลด pH ของพืชหมักจาก 5.2 เป็น 3.66 โดยการเติมกรด จะทำให้ปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุลดลง 0.29 – 3.62 กก./วัน ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่าง pH ของพืชหมักกับปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้สามารถสรุปได้ดังสมการ

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

ข้อดีของอาหารผสมครบส่วน

Holter *et al.* (1977) รายงานว่าโคที่ได้รับอาหารผสมครบส่วนจะให้ผลผลิตน้ำนมต่อหน่วยการกินอาหารข้นสูงและมีแนวโน้มว่าให้ผลผลิตน้ำนมสูงขึ้นกว่าการให้อาหารแบบแยกส่วน (24.1 เทียบกับ 22.8 กก./วัน)

จากการศึกษาเอกสารและรายงานต่างๆ พอสรุปได้ว่าอาหารผสมครบส่วนมีข้อดีดังนี้

1. สะดวกในการจัดการให้อาหาร และช่วยประหยัดแรงงานโดยเฉพาะในการจัดการอาหารหยาบ

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

3. เพิ่มความน่ากินของอาหาร ทำให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้น

4. สัตว์ได้รับโภชนะตามความต้องการอย่างสม่ำเสมอทำให้โคสามารถแสดงศักยภาพการให้ผลผลิตได้อย่างเต็มที่

5. รักษาอัตราส่วนของ acetic : propionic ในกระเพาะรูเมนให้อยู่ในช่วง 3:1 ซึ่งช่วยให้เปอร์เซ็นต์ไขมันนมไม่ลดต่ำลง

6. ทำให้โคกินอาหารข้นมากขึ้นโดยไม่มีผลกระทบต่อ pH ในกระเพาะรูเมน

7. ป้องกันอันตรายอันเนื่องมาจาก acidosis จากการกินอาหารข้นมากเกินไป

ข้อควรระวังในการใช้อาหารผสมครบส่วน

1.ควรวิเคราะห์คุณภาพของวัสดุที่นำมาใช้ผสมเป็นส่วนผสมของอาหารอย่างสม่ำเสมอหรือเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงชนิดของวัตถุดิบที่นำมาผสมเพื่อให้ทราบคุณค่าทางอาหารที่แน่นอนในการนำมาประกอบเป็นสัดส่วนของอาหาร

2. ต้องจัดสัตว์เป็นกลุ่มๆ ตามลักษณะความต้องการอาหารที่เหมือนหรือใกล้เคียงกัน

3.ต้องคำนวณส่วนประกอบของอาหารใหม่ตามสภาพการให้ผลผลิตของโคที่เปลี่ยนแปลงอยู่บ่อยๆ เช่น น้ำหนักตัว ปริมาณน้ำนมที่ให้ เปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนม เป็นต้น

4.ควรสุ่มอาหารผสมครบส่วนเพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารทุกๆ 2-3 เดือนหรือเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงส่วนผสมของวัตถุดิบ

5.ตรวจสอบปริมาณการกินได้ทุกๆ 2-3 เดือน เพื่อให้แน่ใจว่าโคกินได้มากพอที่จะได้รับโภชนะต่างๆ เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย

ระยะเวลาการเก็บอาหารผสมครบส่วน

Owen (1981) รายงานว่าอาหารผสมครบส่วนประกอบด้วยวัสดุที่แห้ง เช่นหญ้าแห้งสับกับอาหารข้น จะสามารถเก็บไว้ได้หลายวันหรืออาจเก็บไว้ได้เป็นสัปดาห์ พวกที่ประกอบด้วยหญ้าหมัก และวัสดุอื่นที่มีความชื้นก็สามารถเก็บไว้ได้หลายวันโดยไม่เสียเช่นกันถ้าอุณหภูมิสภาพแวดล้อมต่ำ จากการสังเกตจาก 3 ฤดูหนาวที่มีอุณหภูมิ 8.1, 3.2 และ 4.1°C พบว่าอาหารที่ประกอบด้วยหญ้าหมักคุณภาพดี (มี pH เฉลี่ยเท่ากับ 4) ในอัตรา 49-78 % ข้าวบาร์เลย์ 13-33 % (คำนวณเป็นวัตถุแห้ง) และมีส่วนผสมปลีกย่อยอื่นๆ เช่น ข้าวโพด ถั่วเหลือง โดยมี pH หลังการผสมคงที่อยู่ที่ 4.2- 4.6 เมื่อเก็บบรรจุในสภาพที่ไม่มีอากาศสามารถเก็บได้นาน 7 วัน โดยมีลักษณะของ

การเน่าเสียเพียงเล็กน้อย มีองค์ประกอบทางเคมีค่อนข้างคงที่และไม่มีสารพิษเกิดขึ้น อย่างไรก็ตาม ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง เช่น ในเขตร้อนอายุการเก็บของอาหารผสมครบส่วนในสภาพสด อาจลดลง จึงมักมีผู้นำไประเหยน้ำให้อยู่ในสภาพแห้งเช่นเดียวกับอาหารขัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University