บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. องค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าว

องค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าวได้แสดงไว้ในตารางที่ 11

ตารางที่ 11. องค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าว (% ของวัตถุแห้ง)

Chemical composition of rice straw (% DM basis)

Chemical composition	(%)	Chemical composition	(%)
Dry matter (DM)	96.7	Acid detergent fibre (ADF[a])	34.1
Organic matter (OM)	81.6	Acid detergent lignin (ADL)	3.5
Crude protein (CP)	4.6	Cellulose	35.2
Ether extract	2.3	Hemi-cellulose	30.3
Ash	18.4	Acid insoluble ash (AIA)	13.0
Neutral detergent fibre (NDF[a])	64.4	Nonfibre carbohydrate (NFC)	10.3

หมายเหตุ : 1. NDF[a] และ ADF[a] คือค่าที่หักเอาเถ้าออกแล้ว (ash free) เพื่อความถูกต้องทั้งนี้เพราะฟางข้าวมีเถ้าสูง

2. NFC = DM - Ash - CP - EE - NDF

ฟางข้าวมีอินทรียวัตถุ (OM) 81.6% ซึ่งใกล้เคียงกับที่ Cheva-Isarakul and Cheva-Isarakul (1984, 1986, 1991) และเจริญ (2529) รายงานไว้ แต่มีวัตถุแห้ง (DM) สูงถึง 96.7% ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากช่วงที่ทำการทดลองเป็นช่วงฤดูแล้ง สภาพอากาศค่อนข้างแห้ง วัตถุแห้งของฟางข้าวในการทดลองครั้งนี้จึงค่อนข้างสูง นอกจากนี้ยังมีปริมาณโปรตีน (CP) และไขมัน (EE) สูงกว่ารายงานดังกล่าวเล็กน้อย สาเหตุที่ฟางข้าวในการทดลองครั้งนี้มีคุณภาพดีอาจเนื่องจากปัจจัยหลายประการ รวมทั้งการเก็บรักษาที่ดี คือ เก็บไว้ในร่ม จึงมีการสูญเสียโภชนะต่างๆ น้อย และเป็นฟางข้าวที่มีสภาพใหม่ จึงทำให้มีคุณค่าทางอาหารค่อนข้างสูง

ส่วนของผนังเซลล์ (NDF) และ ADF ของฟางข้าว เท่ากับ 64.4% และ 34.1% ซึ่งต่ำกว่ารายงานส่วนใหญ่ ทั้งนี้เนื่องจาก NDF ในการทดลองนี้ได้หักค่าเถ้าออกด้วย ทำให้ใกล้เคียงกับที่ Fonseca *et al.* (1998) ได้รายงานไว้คือ 67.5% ซึ่งได้หักเถ้าออกแล้วเช่นกัน สำหรับค่าลิกนินที่ได้ใกล้เคียงกับที่ Cheva-Isarakul and Cheva-Isarakul (1986) และ เจริญ (2529) ได้รายงานไว้คือ 3.3% และ 3.0% ตามลำดับ ส่วน cellulose ที่ได้ สอดคล้องกับรายงานของ Doyle *et al.* (1986) คือ อยู่ในช่วง 30-51% แต่มีปริมาณ hemi-cellulose สูงกว่าที่ Doyle *et al.* (1986) ได้รายงานไว้คือ 6-28%

การที่องค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าวแตกต่างกันในแต่ละการทดลองเนื่องจากมีปัจจัยเกี่ยวข้องหลายประการ เช่น ชนิด พันธุ์ สัดส่วนของใบและลำต้น วิธีการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษา ตลอดจนปัจจัยอื่น ๆ จากสภาพแวดล้อม เช่น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการให้ปุ๋ย เป็นต้น (Cheva-Isarakul and Cheva-Isarakul, 1984)

2. ปริมาณฟางข้าวที่สัตว์กินได้ (voluntary intake)

จากการทดลองให้โคและแกะกินอาหารที่ประกอบด้วยฟางข้าวในระดับต่างๆ กันอย่างเต็มที่ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12. ปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ของสูตรอาหารที่ประกอบด้วยฟางข้าวระดับต่าง ๆ ในโคและแกะ

Dry matter intake by cows and sheep of diets containing different levels of rice straw

Dry matter intake	Cows				Sheep			
% RS intake	69.67	55.14	40.92	r	71.51	56.71	42.66	r
g/day	7002	7745	8762	-0.9958	776	987	1008	-0.9169
%BW	1.60	1.76	2.02	-0.9965	3.74	4.36	4.60	-0.9762
$g/kgW^{0.75}$	73.32	81.27	93.32	-0.9954	79.75	93.49	103.45	-0.9837

หมายเหตุ : ร้อยละของฟางข้าวที่กินเป็นค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้งจากฟางข้าวที่สัตว์แต่ละกลุ่มได้กินจริง

จากตารางที่ 12 จะเห็นว่าเมื่อลดสัดส่วนของฟางข้าวลงหรือเพิ่มสัดส่วนของอาหารข้นในสูตรอาหารให้สูงขึ้น จะทำให้ปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้เพิ่มขึ้นทั้งในโคและแกะ เนื่องจากเป็นการเพิ่มโภชนะที่เป็นประโยชน์ต่อจุลินทรีย์ ทำให้การย่อยได้ดีขึ้น อาหารจึงออกจากทางเดินอาหารได้เร็วขึ้น เหลือเนื้อที่ในรูเมนที่จะกินอาหารใหม่เข้ามาได้ จึงทำให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้น (McDonald *et al.*, 1995) เมื่อนำค่าเหล่านี้มาหาสหสัมพันธ์พบว่าได้ค่า r สูงมาก แสดงว่าสัดส่วนของฟางข้าวในสูตรอาหารมีสหสัมพันธ์สูงกับปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ ดังจะสังเกตเห็นได้จากค่า r ซึ่งมีค่าสูงมากทั้งในโคและแกะโดย

โคมีค่าสูงกว่าแกะเล็กน้อย และค่าดังกล่าวเป็นลบ แสดงว่าเมื่อมีฟางข้าวในสูตรอาหารสูง สัตว์จะกินอาหารได้น้อยกว่าเมื่อมีฟางข้าวต่ำ ผลของการเสริมอาหารข้นที่มีต่อปริมาณอาหารที่กินได้ สอดคล้องกับรายงานของบุญล้อม (2531)

สำหรับสมการ regression และสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ตลอดจนปริมาณวัตถุแห้งของฟางข้าวที่กินได้เมื่อทำนายโดยใช้สมการ regression แสดงไว้ในตารางที่ 13

ตารางที่ 13. ปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ของฟางข้าวในโคและแกะคำนวณจากสมการถดถอย
Dry matter intake of rice straw as predicted by regression equations

	Cows			Sheep		
	R^2	regression equation	DMI	R^2	regression equation	DMI
g/day	0.9917	y=10974.8-58.23x	**5152**	0.8406	y=1338.3-7.76x	**562**
%BW	0.9930	y=2.55-0.014x	**1.16**	0.9529	y=5.76-0.029x	**2.90**
g/kgW$^{0.75}$	0.9909	y=116.18-0.63x	**53.23**	0.9676	y=126.5-0.664x	**60.07**

โดยที่ y คือ ปริมาณอาหารที่สัตว์กินได้ (กก.) และ x คือ ปริมาณฟางข้าวในสูตรอาหาร (%)

จากตารางพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มีค่าสูง แสดงว่าสมการ regression ที่สร้างโดยใช้ข้อมูลในตารางที่ 12 มีความแม่นยำสูง สามารถนำมาใช้ทำนายปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้เมื่อให้สัตว์ได้รับฟางข้าวเพียงอย่างเดียวได้ดี ซึ่งเมื่อแทนค่าสมการดังกล่าว โดยให้ x เป็น 100 พบว่าปริมาณวัตถุแห้งของฟางข้าวที่โคจะกินได้มีค่าเท่ากับ 1.16%นน.ตัว และ 53.32 ก./นน.$^{0.75}$ ซึ่งใกล้เคียงกับที่ Cheva-Isarakul and Cheva-Isarakul (1984) ได้รายงานไว้ ส่วนค่าดังกล่าวในแกะสูงกว่าโค คือ 2.90 และ 60.07 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าที่ Cheva-Isarakul and Cheva-Isarakul (1984) ได้รายงานไว้ การที่แกะในการทดลองนี้กินอาหารสูตรต่าง ๆ กันรวมทั้งกินฟางข้าวเพียงอย่างเดียวได้มากกว่าโค อาจเป็นเพราะแกะมีการย่อยได้ของโปรตีนในสูตรอาหารที่มีฟางข้าวสูงได้ดีกว่าโคดังแสดงในตารางที่ 14

3. สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆและพลังงานในฟางข้าว

จากการทดลองให้โคและแกะกินอาหารที่ประกอบด้วยฟางข้าวและอาหารผสมในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน 3 ระดับ แล้วศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารแต่ละสูตร รวมทั้งคำนวณค่าพลังงานในรูปของ TDN และวัดพลังงานในรูปของ DE โดยตรง ได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14. สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะและพลังงานของอาหารที่ประกอบด้วยฟางข้าวระดับต่าง ๆ ในโคและแกะ

Digestibility coefficients of nutrients and energy contents of diets containing different levels of rice straw fed to cows and sheep

Dig (%)	Cows				Sheep			
RS:Conc	70:30	55:45	40:60	r	70:30	55:45	40:60	r
DM	62.25	67.57	73.37	-0.9996	58.98	60.72	67.25	-0.9435
OM	70.00	73.97	78.85	-0.9992	66.00	67.42	72.95	-0.9348
CP	64.16	73.12	79.73	-0.9998	72.15	72.85	75.30	-0.8825
EE	68.50	76.20	79.20	-0.9791	64.25	70.72	74.85	-0.9996
NDF	66.55	68.52	71.21	-0.9999	61.93	59.85	63.45	-0.4886
ADF	61.47	64.40	65.01	-0.8870	55.15	52.98	57.43	-0.5741
NFC	83.55	86.40	90.67	-0.9856	75.82	80.15	87.28	-0.9675
TDN	62.98	68.55	75.18	-0.9984	59.25	62.42	69.35	-0.9744
DE(Mcal/kgDM)	2.48	2.82	3.17	-0.9999	2.38	2.57	2.92	-0.9380

หมายเหตุ สัดส่วนของฟางข้าว และอาหารข้นในตารางนี้เป็นสัดส่วนของอาหารที่ให้สัตว์กิน แต่การคำนวณหาการย่อยได้ของโภชนะในฟางข้าวในตารางที่ 15 โดย วิธี regression ใช้สัดส่วนของโภชนะนั้น ๆ จากฟางข้าวที่สัตว์แต่ละตัวกินเข้าไปได้จริง (รายละเอียดโปรดดูในตารางที่ 15 และตารางผนวกที่ 1และ 2)

จากตารางจะเห็นได้ว่า เมื่อลดระดับฟางข้าวในสูตรอาหารลงหรือเพิ่มระดับอาหารข้นในสูตรอาหารขึ้น จะทำให้การย่อยได้ของโภชนะในสัตว์ทั้ง 2 ประเภท เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของโค ดังจะเห็นได้จากค่าสหสัมพันธ์ (r) ที่มีค่าสูงมากและเป็นลบ ทั้งนี้เนื่องจากฟางข้าวมีโภชนะต่ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ เมื่อเพิ่มอาหารข้นขึ้นจะทำให้มีโภชนะที่เป็นประโยชน์ต่อจุลินทรีย์ในรูมเพิ่มขึ้น เป็นผลให้การเพิ่มประชากรและการทำงานของจุลินทรีย์มีประสิทธิภาพดีขึ้น การย่อยได้ของโภชนะจึงเพิ่มขึ้น ผลนี้สอดคล้องกับปริมาณอาหารที่กินได้ และกับรายงานของบุญล้อม (2531)

เมื่อคำนวณค่าพลังงานในรูป TDN จากปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณอาหารข้นที่เพิ่มขึ้นทั้งในโคและแกะ แต่พบว่าในแกะต่ำกว่าโคเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับค่าการย่อยได้ของโภชนะในอาหารแต่ละสูตร สำหรับค่าพลังงานย่อยได้ (DE) ซึ่งทำการวัดโดยตรงด้วย Bomb calorimeter ก็ได้ผลในทำนองเดียวกัน

ตารางที่ 15. ร้อยละของโภชนะจากฟางข้าว การย่อยได้ของฟางข้าวในสูตรอาหารและสมการถดถอย

Percentage of nutrients from rice straw, digestibility of the diets and regression quations

Nutrient		Cows			Sheep		
DM	% DM from RS	69.67	55.14	40.92	71.51	56.71	42.66
	Digestibility	62.25	67.57	73.37	58.98	60.72	67.25
	Reg eq.	$y = 89.25 - 0.39x$		(R^2=0.9990)	$y = 78.56 - 0.29x$		(R^2=0.8902)
OM	% OM from RS	66.24	52.22	37.16	68.18	52.80	38.87
	Digestibility	70.00	73.97	78.85	66.00	67.42	72.95
	Reg eq.	$y = 90.07 - 0.30x$		(R^2=0.9985)	$y = 81.39 - 0.24x$		(R^2=0.8775)
CP .	% CP from RS	27.85	17.45	10.33	29.38	17.85	11.02
	Digestibility	64.16	73.12	79.73	72.15	72.85	75.30
	Reg eq.	$y = 88.78 - 0.89x$		(R^2=0.9996)	$y = 76.46 - 0.16x$		(R^2=0.8052)
EE	% EE from RS	47.78	33.68	21.56	50.10	34.38	22.97
	Digestibility	68.50	76.20	79.20	64.25	70.72	74.85
	Reg eq.	$y = 88.77 - 0.41x$		(R^2=0.9586)	$y = 84.02 - 0.39x$		(R^2=0.9988)
NDF	% NDF from RS	85.05	75.90	63.22	86.00	76.22	64.53
	Digestibility	66.55	68.52	71.21	61.93	59.85	63.45
	Reg eq.	$y = 84.69 - 0.21x$		(R^2= 0.9999)	$y = 67.95 - 0.08x$		(R^2=0.2176)
ADF	% ADF from RS	91.49	85.84	76.51	92.20	86.05	77.75
	Digestibility	61.47	64.40	65.01	55.15	52.98	57.43
	Reg eq.	$y = 82.03 - 0.22x$		(R^2=0.7679)	$y = 70.12 - 0.17x$		(R^2=0.3410)
NFC	% NFC from RS	39.81	26.99	16.40	42.03	27.47	17.73
	Digestibility	83.55	86.40	90.67	75.82	80.15	87.28
	Reg eq.	$y = 95.23 - 0.30x$		(R^2=0.9715)	$y = 94.43 - 0.46x$		(R^2=0.9368)
TDN	% RS	69.67	55.14	40.92	71.51	56.71	42.66
	Digestibility	62.98	68.55	75.18	59.25	62.42	69.35
	Reg eq.	$y = 92.34 - 0.42x$		(R^2=0.9968)	$y = 83.54 - 0.35x$		(R^2=0.9495)
DE	% RS	69.67	55.14	40.92	71.51	56.71	42.66
	Digestibility	2.48	2.82	3.17	2.38	2.57	2.92
	Reg eq.	$y = 4.15 - 0.02x$		(R^2=-0.9998)	$y = 3.69 - 0.02x$		(R^2=0.9664)

หมายเหตุ y คือ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะในสูตรอาหาร (%)

x คือ ปริมาณโภชนะที่ได้จากฟางข้าวคิดเป็นร้อยละของโภชนะในสูตรอาหารทั้งหมด

เมื่อนำปริมาณโภชนะในฟางข้าวที่คิดเป็นร้อยละของโภชนะนั้นๆ ในสูตรอาหาร (x) กับค่าการย่อยได้ของโภชนะในสูตรอาหารนั้น ๆ (y) ไปสร้างสมการถดถอย (regression equation) เพื่อทำนายค่าการย่อยได้และพลังงานของฟางข้าว พบว่าได้สมการดังแสดงในตารางที่ 15 จะเห็นได้ว่าสมการเหล่านี้มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงมาก แสดงว่ามีความแม่นยำสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของโค

สำหรับในแกะ ค่าการย่อยได้แปรผกผันกับระดับฟางข้าวในสูตรอาหารเช่นเดียวกัน แม้ว่าค่าสหสัมพันธ์ (r) ในตารางที่ 14 และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ในตารางที่ 15 จะต่ำกว่าโคเล็กน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในกรณีขององค์ประกอบผนังเซลล์ (NDF และ ADF) ที่มีค่าดังกล่าวค่อนข้างต่ำ

ค่าการย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ และพลังงานของฟางข้าวในโคและแกะ แสดงไว้ในตารางที่ 16 ข้อมูลในตารางนี้ได้จากการแทนค่าสมการถดถอยในตารางที่ 15 โดยให้ค่า x เท่ากับ 100 ซึ่งหมายความว่าเมื่อโภชนะนั้นมาจากฟางข้าวเพียงอย่างเดียว ค่า y ที่ได้จะเป็นการย่อยได้ของโภชนะในฟางข้าว เช่นในกรณีของอินทรียวัตถุในโคมีค่าเท่ากับ 59.61% หมายความว่าเมื่อโคได้รับอินทรียวัตถุจากฟางข้าว 100 หน่วย จะมีการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ 59.61 หน่วย เป็นต้น

ตารางที่ 16. สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะและพลังงานของฟางข้าวในโคและแกะคำนวณจากสมการถดถอย

Digestibility coefficients of nutrient and energy content of rice straw predicted from regression equations

Nutrient	Cows	Sheep	Nutrient	Cows	Sheep
DM (%)	50.30[a]	50.04[a]	ADF (%)	60.29[a]	52.64[b]
OM (%)	59.61[a]	57.77[a]	NFC (%)	65.10[a]	48.45[b]
CP (%)	0.11[b]	60.86[a]	TDN (%)	49.92[a]	48.66[a]
EE (%)	47.59[a]	44.80[a]	DE (Mcal/kgDM)	1.75[a]	1.82[a]
NDF (%)	63.37[a]	59.77[a]			

a, b Means in the same row with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 16 จะเห็นได้ว่าฟางข้าวมีการย่อยได้ของวัตถุแห้งทั้งในโคและแกะใกล้เคียงกันคือประมาณ 50% สอดคล้องกับ Cheva-Isarakul and Cheva-Isarakul (1984, 1991) ได้รายงานไว้คือ 51.2% และ 49.0% ตามลำดับ

การย่อยได้ของโภชนะอื่นในโคส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 50-65% ยกเว้น CP (0.11%) และ EE (47.59%) โดยการย่อยได้ของอินทรียวัตถุมีค่าใกล้เคียงกับที่ Cheva-Isarakul and Cheva-Isarakul (1984) ได้รายงานไว้คือ 59.2% ในขณะที่การย่อยได้ของ NDF และ ADF (63.37% และ 60.29 % ตามลำดับ) ต่ำกว่าที่ Cheva-Isarakul and Cheva-Isarakul (1984) ได้รายงานไว้คือ 71.0% และ 67.9% การย่อยได้ของ CP ในโคมีค่าต่ำสุด คือเพียง 0.11% เท่านั้น ในขณะที่ของแกะมีค่าค่อนข้างสูง จึงเป็นที่น่าสังเกตว่าแกะอาจมีการใช้โปรตีนระดับต่ำได้มีประสิทธิภาพกว่าโค อย่างไรก็ตามข้อมูลนี้ขัดแย้งกับรายงานของ Cheva-Isarakul and Cheva-Isarakul (1984) ที่พบว่าการย่อยได้ของโปรตีนในฟางข้าวที่ทดลองในโค แกะ และกระบือ มีค่าติดลบทั้งสิ้น แสดงว่าปริมาณโปรตีนในฟางข้าวที่กินเข้าไปน้อยกว่าที่ขับออกในมูล การที่การย่อยได้และค่าพลังงานของโภชนะต่าง ๆ ของฟางข้าวในแต่ละการทดลองต่างกัน นอกเหนือจากปัจจัยของตัวพืชเองดังได้กล่าวมาแล้ว ปัจจัยด้านตัวสัตว์ตลอดจนวิธีการทดลองก็น่าจะมีผลด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทดลองนี้ให้สัตว์กินฟางข้าวร่วมกับอาหารข้นแล้วคำนวณหาค่าต่าง ๆ ด้วยวิธี regression ดังนั้นจึงอาจให้ผลต่างจากที่ให้กินฟางข้าวเพียงอย่างเดียวไปบ้าง

TDN ของฟางข้าวที่ศึกษาในโค เท่ากับ 49.92% ซึ่งใกล้เคียงกับที่ Cheva-Isarakul and Cheva-Isarakul (1984) ได้รายงานไว้คือ 50.2% แต่สูงกว่าที่ Potikanond *et al.* (1987) รายงานไว้คือ 45.0% สำหรับค่า DE ของฟางข้าวในโคที่วัดโดยใช้เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ คือ 1.75 Mcal/kg ซึ่งใกล้เคียงกับที่ Cheva-Isarakul and Cheva-Isarakul (1984) ได้รายงานไว้คือ 1.9 Mcal/kg ค่า TDN ในแกะมีแนวโน้มต่ำกว่าโค ในขณะที่ค่า DE ในแกะสูงกว่าโค แต่ความแตกต่างนี้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อนำค่า TDN มาคำนวณค่า DE, ME และ NEL จากสมการที่เสนอโดย NRC (1988) ได้ค่าดังแสดงไว้ในตารางที่ 17

ตารางที่ 17. โภชนะย่อยได้รวม และพลังงานย่อยได้ที่วัดโดยตรง และพลังงานย่อยได้ พลังงานเมแทบอไลซ์ และพลังงานสุทธิที่คำนวณจากค่าโภชนะย่อยได้รวม
TDN and DE measured directly as well as DE, ME and NEL (Mcal/kgDM) calculated from TDN

	In vivo		Calculated from TDN		
Animal	TDN (%)	DE	DE	ME	NEL
Dairy cows	49.92	1.75	2.20	1.77	1.10
Sheep	48.66	1.82	2.15	1.72	1.07

DE ของฟางข้าวจากการคำนวณจากค่า TDN ในโคและแกะเท่ากับ 2.20 และ 2.15 Mcal/kg ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าค่าที่วัดจริงคือ 1.75 และ 1.82 Mcal/kg ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบค่า DE, ME และ NEL ในสัตว์ทั้ง 2 ชนิด ที่คำนวณจากค่า TDN พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันมากโดยแกะมีค่าต่ำกว่าในโคเล็กน้อย

4. การทำนายการย่อยได้และพลังงานในโคเมื่อใช้แกะเป็นสัตว์ทดลอง

เมื่อเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะต่างๆ ในฟางข้าวระหว่างสัตว์ 2 ชนิด (ตารางที่ 16) พบว่าโคและแกะมีการย่อยได้ของวัตถุแห้งและโภชนะอื่นๆ ส่วนใหญ่ใกล้เคียงกัน แต่แกะมีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนสูงกว่าโค ส่วนโคมีการย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรตทั้งส่วนที่เป็นเยื่อใย (ADF) และส่วนที่ไม่ใช่เยื่อใย (NFC) ได้ดีกว่าแกะ ($P < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับที่ Heaney (1980) ได้รายงานไว้ว่าโคสามารถย่อยอาหารหยาบคุณภาพต่ำได้ดีกว่าแกะ

ในกรณีที่ต้องการทำนายค่าการย่อยได้ของโภชนะและพลังงานในโคเมื่อใช้แกะเป็นสัตว์ทดลอง สามารถทำได้โดยนำค่าการย่อยได้ของโภชนะในโคและแกะในสูตรอาหารที่มีฟางข้าวระดับต่าง ๆ กันมาสร้างสมการถดถอย จะได้สมการในกรณีของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน TDN และ DE ดังแสดงไว้ในตารางที่ 18 เมื่อ x เป็นค่าการย่อยได้ของโภชนะ หรือพลังงานในแกะ และ y เป็นค่าที่ต้องการทำนายในโค จะเห็นได้ว่าสมการเหล่านี้มีค่า (R^2) สูงมาก แสดงถึงความแม่นยำจึงน่าจะสามารถใช้ทำนายตัวอย่างอื่น ๆ ของฟางข้าวที่ทำการทดลองกับแกะเมื่อไม่สามารถทำการทดลองกับโคโดยตรงได้

ตารางที่ 18. สมการทำนายค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และโปรตีน ตลอดจนโภชนะย่อยได้รวมและพลังงานย่อยได้ในโคโดยใช้ค่าที่ได้จากแกะ

Prediction equations for digestibility of dry matter (DMD) organic matter (OMD) and crude protein (CPD) as well as TDN and DE for cows based upon sheep data

	Ratio of rice straw : concentrate						Regression equation	R^2
	70:30		55:45		40:60			
	Cows	Sheep	Cows	Sheep	Cows	Sheep		
DMD	62.25	58.98	67.57	60.72	73.37	67.25	y = -5.83 + 1.18x	0.9139
OMD	70.00	66.00	73.97	67.42	78.85	72.95	y = 5.15 + 1.01x	0.9290
CPD	64.16	72.15	73.12	72.85	79.73	75.30	y = -256.2 +4.47x	0.8502
TDN	62.98	59.25	68.55	62.42	75.18	69.35	y = -3.99 + 1.46x	0.9741
DE	2.48	2.38	2.82	2.57	3.17	2.92	y = -0.40 + 1.22x	0.9743

5. พลังงานย่อยได้ที่วัดได้โดยตรงและที่คำนวณจาก TDN

เมื่อนำค่า TDN ไปคำนวณค่า DE, ME และ NEL โดยใช้สมการที่ NRC (1988) ได้เสนอไว้เปรียบเทียบกับค่า DE ที่วัดโดยตรงด้วยบอมบ์แคลอริมิเตอร์ แล้วคำนวณเป็นค่า ME และ NEL ทั้งในกรณีของโคและแกะ ได้ข้อมูลดังแสดงไว้ในตารางที่ 19

ตารางที่ 19. พลังงานย่อยได้ พลังงานเมแทบอไลซ์ และพลังงานสุทธิ ของฟางข้าวในโคและแกะที่คำนวณจาก TDN เทียบกับค่าจาก DE

Digestible, metabolizable and net energy calculated from TDN compared to those from DE

Energy	Cows			Sheep		
	Calculated from		average	Calculated from		average
	TDN	DE		TDN	DE	
TDN(%)	49.92		49.92	48.66		48.66
DE (Mcal/kg)	2.20	1.75★	1.98	2.15	1.82★	1.98
ME (Mcal/kg)	1.77	1.32	1.55	1.72	1.39	1.56
NEL(Mcal/kg)	1.10	0.85	0.98	1.07	0.89	0.98

★ Direct measurement

จะเห็นได้ว่าค่า DE, ME และ NEL ที่คำนวณจาก TDN มีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากการวัด DE โดยตรง ทั้งในกรณีของโคและแกะ อย่างไรก็ตาม เมื่อนำค่าที่ได้จาก 2 วิธีนี้มาหาค่าเฉลี่ย พบว่าค่าพลังงานที่ได้จากโคและแกะมีค่าใกล้เคียงกันมาก

จากการที่การย่อยได้ของโภชนะส่วนใหญ่ในโคและแกะมีค่าใกล้เคียงกัน อีกทั้งค่าพลังงานทั้งที่ได้จากการคำนวณและการวัดโดยตรงในสัตว์ทั้ง 2 ประเภทก็ไม่ต่างกัน ดังนั้นจึงพอสรุปได้ว่าแกะสามารถใช้เป็นตัวแทนของโคในการหาการย่อยได้และวัดค่า DE และ TDN ของฟางข้าวโดยวิธี regression ได้ อย่างไรก็ดีข้อสรุปนี้ไม่ได้หมายรวมถึงอาหารทุกชนิดเพราะอาจมีความแปรปรวนเนื่องจากชนิดและคุณค่าอาหารด้วย (Schneider and Flatt, 1975)

6. สมดุลไนโตรเจนของฟางข้าวในโคและแกะ

เมื่อวัดปริมาณไนโตรเจนในมูลและปัสสาวะของโคและแกะที่ได้รับฟางข้าวกับอาหารข้นในอัตราส่วนต่าง ๆ เพื่อคำนวณค่าสมดุลไนโตรเจน ได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 20

ตารางที่ 20. สมดุลไนโตรเจน ในโคและแกะที่ได้รับอาหารซึ่งมีฟางข้าวระดับต่างๆ กัน
Nitrogen balance of cows and sheep consumed diets containing different proportions of rice straw

	Cows			Sheep		
RS:Concentrate	70:30	55:45	40:60	70:30	55:45	40:60
N-balance (g/day)	29.24	55.72	111.45	1.1	4.8	5.9

จะเห็นได้ว่า ค่า N-balance เพิ่มขึ้นตามระดับของอาหารข้นในสูตรอาหารทั้งในโคและแกะ ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มระดับของอาหารข้นทำให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนมีการสังเคราะห์โปรตีนเพิ่มขึ้น ช่วยเพิ่มกรดอะมิโนให้ถูกดูดซึมในลำไส้เล็กมากขึ้น จึงทำให้มีการสะสมไนโตรเจนสูงขึ้น

เมื่อนำค่า N-balance ของอาหารที่ประกอบด้วยฟางข้าวและอาหารข้นในอัตราส่วนต่าง ๆ มาสร้างสมการถดถอยเพื่อทำนายค่า N-balance เมื่อได้รับฟางข้าวเพียงอย่างเดียว ได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 21

ตารางที่ 21. สมดุลไนโตรเจนของฟางข้าวในโคและแกะที่คำนวณจากสมการถดถอย
N-balance of cows and sheep fed rice straw as a sole diet as predicted from regression equation.

	Cows		Sheep	
	Regression equation	RS	Regression equation	RS
N-balance (g/day)	y=223.2-2.86x, R^2 = 0.9570	-62.34	y=13.45-0.17x, R^2 = 0.9193	-3.26

จะเห็นได้ว่าค่า N-balance ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณไนโตรเจนที่สัตว์สะสมไว้ในร่างกาย พบว่าค่าดังกล่าวติดลบทั้งในกรณีของโคและแกะ โดยในแกะมีค่าเท่ากับ -3.26 ก./วัน ซึ่งใกล้เคียงกับบุญล้อม (2535) และ Cheva-Isarakul and Cheva-Isarakul (1991) ได้รายงานไว้คือ -5.2 และ -1.0 ก./วัน ตามลำดับ

การที่ค่า N-balance ติดลบแสดงว่าเกิดการสูญเสียไนโตรเจน กล่าวคือ สัตว์ได้รับไนโตรเจนไม่เพียงพอสำหรับการดำรงชีพ ต้องมีการย่อยสลายโปรตีนหรือเนื้อเยื่อในร่างกายมาใช้ (บุญล้อม, 2535) ดังนั้นในกรณีนี้จึงแสดงว่าเมื่อสัตว์ได้รับฟางข้าวเป็นอาหารแต่เพียงอย่างเดียว สัตว์จะได้รับไนโตรเจนไม่เพียงพอแก่ความต้องการของร่างกาย แต่เมื่อได้รับอาหารข้นเสริมด้วย ค่าสมดุลไนโตรเจนจะเป็นบวก ดังแสดงในตารางที่ 20

สำหรับในโค มีค่า N-balance ของฟางข้าวเท่ากับ -62.34 ก./วัน ซึ่งมีค่าติดลบมากกว่าแกะ เนื่องจากโคมีน้ำหนักตัวมากกว่า จึงต้องดึงไนโตรเจนในร่างกายมาใช้เป็นปริมาณสูงกว่า

7. การย่อยสลายของฟางข้าวในรูเมนโดยใช้ถุงไนลอน

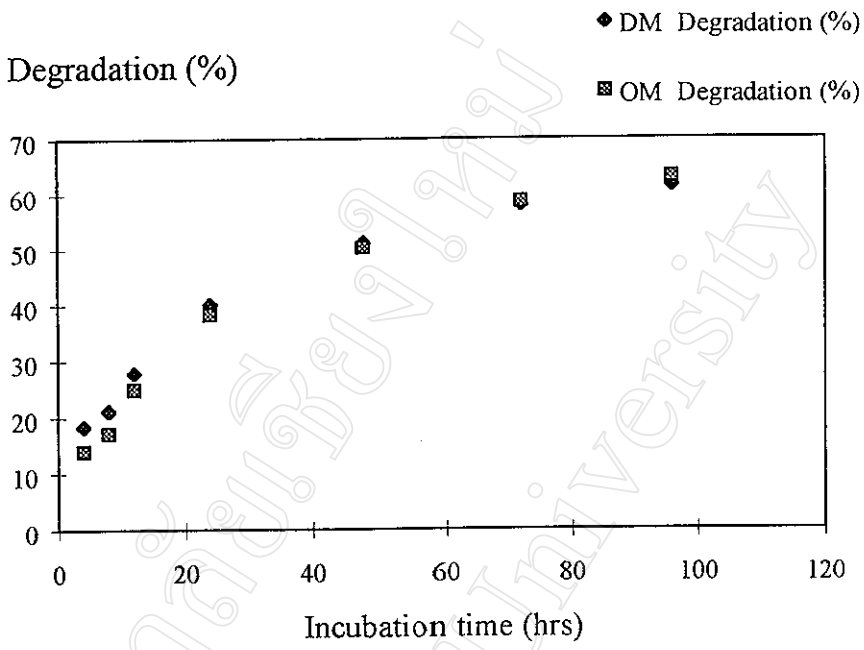
เมื่อนำฟางข้าวใส่ถุงไนลอนไปแช่ในรูเมนของโคที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน แล้วนำมาล้าง อบ ชั่ง หาวัตถุแห้ง และอินทรียวัตถุที่เหลืออยู่ แล้วคำนวณหาเปอร์เซนต์วัตถุแห้งและอินทรียวัตถุที่หายไปได้ค่าดังแสดงไว้ในตารางที่ 22 และภาพที่ 11

ตารางที่ 22. ค่าเปอร์เซนต์วัตถุแห้งและอินทรียวัตถุที่หายไปที่ชั่วโมงต่าง ๆ

Dry matter and organic matter disappearance (%) at various incubation time

	Incubation time (hrs)						
	4	8	12	24	48	72	96
Dry matter	18.33	21.06	27.75	40.13	51.25	57.97	61.42
Organic matter	13.98	17.05	24.75	38.28	50.32	58.54	62.98

จะเห็นได้ว่าระยะแรก (4-8 ชั่วโมง) ฟางข้าวจะถูกย่อยสลายอย่างช้า ๆ เนื่องจากมีโภชนะที่ย่อยได้ง่ายอยู่น้อย ซึ่งสอดคล้องกับค่า NFC เท่ากับ 10.3% ของวัตถุแห้ง นอกจากนี้ยังเป็นช่วงเวลาที่รอให้จุลินทรีย์เริ่มทำการย่อยสลายฟางข้าว หลังจากนั้นจุลินทรีย์จะเริ่มย่อยสลายส่วนที่ย่อยยาก อัตราการย่อยสลายจะเพิ่มขึ้นตามลำดับจนกระทั่งส่วนที่ย่อยยากหมด เหลือแต่ส่วนที่ไม่สามารถย่อยสลายได้อีก ดังนั้นในช่วง 72-96 ชั่วโมง ค่าการย่อยสลายจึงเริ่มคงที่



ภาพที่11. ปริมาณวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุที่หายไปที่ชั่วโมงต่าง ๆ

Dry matter and organic matter disappearance (%) of rice straw at various incubation time

8. Degradation characteristic ของฟางข้าวจากเทคนิคถุงไนลอน

เมื่อนำค่าวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุที่หายไปที่ชั่วโมงต่าง ๆ ไปคำนวณค่า a, b, c, A, B และ L โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY ได้ค่าต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 23

ตารางที่ 23. ค่าการย่อยสลายของฟางข้าวที่วัดโดยถุงไนลอน

Degradation characteristic of rice straw incubated *in sacco*

	a	b	c	L	A	B	A + B
	--------(%)-------		(% / h)	(hrs)	----------(%)----------		
Dry matter	11.2	52.5	0.031	3.9	17.2	46.5	63.7
Organic matter	6.5	59.3	0.030	4.0	13.1	52.8	65.9

จากตารางจะเห็นได้ว่า ในการทดลองนี้ฟางข้าวมีค่าการละลายได้ (A) เท่ากับ 17.2% ซึ่งใกล้เคียงกับที่ Fonseca *et al.* (1998) รายงานไว้คือ 15.0% แต่สูงกว่าที่ Shen *et al.* (1998) และเสาวลักษณ์ (2541) ได้รายงานไว้คือ 10.0% และ 9.75% ตามลำดับ แสดงว่าฟางข้าวในการทดลองครั้งนี้มีส่วนที่ละลายได้สูง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์โปรตีนและ ไขมันที่พบว่ามีค่าสูงกว่า 2 รายงานข้างต้น นอกจากนี้การที่มีส่วนที่ละลายได้สูงยังทำให้สามารถย่นระยะเวลาที่จุลินทรีย์เริ่มทำการย่อยสลายให้สั้นลง จึงทำให้ค่า L ต่ำกว่าที่ เสาวลักษณ์ (2541) และ Fonseca *et al.* (1998) รายงานไว้คือ 5.7 และ 4.7 ชั่วโมง ตามลำดับ

ค่าการย่อยสลายของส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถเกิดกระบวนการหมักย่อยได้ (B) ของฟางข้าวในการทดลองนี้เท่ากับ 46.5% ซึ่งต่ำกว่าที่เสาวลักษณ์ (2541) ได้รายงานไว้คือ 50.1% เล็กน้อย แสดงว่าฟางข้าวในการทดลองครั้งนี้มีส่วนของผนังเซลล์ที่สามารถย่อยได้อยู่น้อย แต่เมื่อรวมกับค่า A ที่ค่อนข้างสูงดังกล่าวแล้วข้างต้น จึงทำให้ค่าการย่อยได้สูงสุด (A+B) ใกล้เคียงกับเสาวลักษณ์ (2541) นอกจากนี้ยังมีค่าอัตราการย่อยสลาย (c) ของส่วนที่ย่อยยาก (B) ต่ำด้วย

อาหารที่มีระยะเวลาอยู่ในรูเมนต่างกันจะถูกย่อยสลายต่างกัน โดยที่อาหารที่อยู่ในรูเมนนาน คือ มีอัตราการไหลออกจากรูเมน (outflow rate) ต่ำ จะมีโอกาสถูกย่อยสลายได้มาก แต่ในสภาพจริงอาหารมีระยะเวลาอยู่ในรูเมน (retention time) จำกัด คือเฉลี่ยประมาณ 24 ชั่วโมง ดังนั้นในระยะเวลาเท่ากันอาหารที่มีความสามารถในการย่อยสลาย (effective degradation, ED) สูง จะสามารถย่อยสลายได้ดีกว่า ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้เมื่อนำมาคำนวณให้มีค่าอัตราการไหลออกจากรูเมน เท่ากับ 0.02, 0.05 และ 0.08 fraction/h โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY จะได้ค่าดังแสดงไว้ในตารางที่ 24

ตารางที่ 24. ความสามารถในการย่อยสลายของฟางข้าวที่อัตราการไหลผ่านระดับต่างๆ

Effective degradation of rice straw at various outflow rate

	Outflow rate (fraction/h)		
	0.02	0.05	0.08
Dry matter	43.4	31.9	26.7
Organic matter	42.1	29.1	23.4

ค่า outflow rate ของอาหารจะแปรปรวนโดยมีค่าตั้งแต่ 0.01 ถึง 0.1/ชม. ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง อาทิเช่น ลักษณะทางกายภาพของอาหารและปริมาณอาหารที่กิน (Orskov, 1992) ดังเช่นที่ Orskov *et al.* (1981 อ้างโดย Orskov, 1992) ได้รายงานค่า outflow rate ของอาหารแต่ละชนิดไว้คือ อาหารเม็ดที่ให้ระดับดำรงชีพ เท่ากับ 0.02 /ชม. ในขณะที่อาหารผสมที่ให้ 2 เท่าของระดับดำรงชีพ เท่ากับ 0.05 /ชม. ส่วนอาหารผสมที่ให้ 3 หรือ 4 เท่าของระดับดำรงชีพ เท่ากับ 0.1 /ชม. ซึ่งใกล้เคียงกับที่ Orskov (1983 อ้างโดย Orskov, 1992) ได้รายงานค่า outflow rate ของโคนมที่อยู่ในช่วงแรกของการให้นม ที่กินอาหารวันละ 16-20 กก. เท่ากับ 0.1 ± 0.09 /ชม.

ในการพิจารณาค่า ED ต้องเลือกใช้ระดับ outflow rate ที่เหมาะสม ในการศึกษาครั้งนี้ได้ให้อาหารโคนมระดับดำรงชีพ ดังนั้นค่า outflow rate ที่ใช้คือ 0.02 /ชม. แสดงว่าฟางข้าวมีค่า ED ของวัตถุแห้งเท่ากับ 43.3%

นอกจากนี้ค่า outflow rate ยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า ED ของอาหารแต่ละชนิดต่างกันด้วย ดังเช่นค่า ED ของวัตถุแห้งในใบกระถินที่ outflow rate 0.02, 0.05 และ 0.08 /ชม. เท่ากับ 64.0, 54.8 และ 48.6% ตามลำดับ (เสาวลักษณ์, 2541 : ข้อมูลไม่ได้ตีพิมพ์) ในขณะที่ของฟางข้าวในการศึกษาครั้งนี้กับ 43.4, 31.9 และ 26.7% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเมื่อค่า outflow rate เปลี่ยนไป ค่า ED ของฟางข้าวจะมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าของใบกระถิน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Orskov (1992) ที่กล่าวไว้ว่า อาหารที่มีส่วนที่ละลายได้ (A) สูง แต่มีส่วนที่ย่อยยาก (B) ต่ำ การเปลี่ยนค่า outflow rate จะมีผลต่อค่า ED น้อย เพราะเมื่ออาหารตกสู่กระเพาะรูเมนจะเกิดการย่อยสลายทันที ไม่จำเป็นต้องรอจุลินทรีย์ย่อยสลาย ดังนั้นถึงแม้อาหารจะอยู่ในรูเมนนานขึ้นก็ไม่ทำให้การย่อยสลายเพิ่มขึ้น ค่า ED จึงเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก นอกจากนี้อาหารที่มีส่วนที่ย่อยยากต่ำ จะมีปริมาณโภชนะที่จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้น้อย ดังนั้นถึงแม้อาหารจะอยู่ในรูเมนเพิ่มขึ้นก็ไม่ทำให้การย่อยสลายเพิ่มขึ้น ค่า ED จึงเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก นอกจากนี้อาหารที่มีส่วนที่ย่อยยากต่ำ จะมีปริมาณโภชนะที่จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้น้อย ดังนั้นถึงแม้อาหารจะอยู่ในรูเมนเพิ่มขึ้น (outflow rate ลดลง) ค่า ED ก็จะเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ในทางตรงกันข้ามอาหารที่มีส่วนที่ย่อยยากสูง แต่มีค่าอัตราการย่อยสลาย (c) ต่ำ การเปลี่ยนแปลงค่า outflow rate จะมีผลต่อค่า ED มาก ทั้งนี้เพราะถ้าลดค่า outflow rate จะทำให้อาหารอยู่ในรูเมนได้นานขึ้น จุลินทรีย์มีโอกาสย่อยสลายได้มากขึ้น ค่า ED จึงเพิ่มขึ้น ด้วยเหตุนี้ฟางข้าวซึ่งมีเยื่อใยมากกว่าใบกระถิน เมื่ออยู่ในรูเมนนานขึ้น จะทำให้จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้ดีกว่าใบกระถิน ค่า ED จึงเปลี่ยนแปลงมากกว่า

9. การหาการย่อยได้ของอินทรียวัตถุและพลังงานโดยวิธีวัดปริมาณแกส

เมื่อนำฟางข้าวมา incubated กับ rumen liquor medium แล้วนำค่าแกสที่ 24 ชั่วโมงมาคำนวณค่า OMD, ME และ NEL โดยสมการของ Menke and Steingass (1988) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 25

ตารางที่ 25. การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ พลังงานเมแทบอไลซ์ และพลังงานสุทธิ ที่คำนวณจากปริมาณแกสที่ 24 ชั่วโมง

Organic matter digestibility (OMD) metabolizable energy (ME) and net energy lactation (NEL) calculated from gas volume at 24 hours

GP (ml)	OMD (%)	ME	NEL
		(Mcal/kgDM)	
22.0	49.13	1.45	0.84

การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (OMD) ที่คำนวณจากปริมาณแกสที่ 24 ชั่วโมงเท่ากับ 49.13% ซึ่งใกล้เคียงกับของ Cheva-Isarakul and Cheva-Isarakul (1984) คือ 51.9% แต่สูงกว่าของ Ibrahim *et al.* (1984) และ Roxas *et al.* (1984) คือ 39.8% และ 31-42% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่า 49.13% นี้ยังต่ำกว่าค่าที่ได้จากการทดลองกับโคนมและแกะโดยตรง (*in vivo* OMD) ซึ่งเท่ากับ 60.45 และ 58.49% ตามลำดับ

สำหรับค่า ME คำนวณจากการวัดปริมาณแกสพบว่าเท่ากับ 1.45 Mcal/kg ซึ่งใกล้เคียงกับค่าของอิทธิพล (2528) แต่ต่ำกว่าของ Cheva-Isarakul and Cheva-Isarakul (1984) คือ 1.56 และ 1.8 Mcal/kg ตามลำดับ ส่วนค่า NEL ที่ได้จากการวัดปริมาณแกสเท่ากับ 0.84 Mcal/kg ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณจาก TDN ในการทดลองแบบ *in vivo* โดยใช้สมการที่เสนอโดย NRC (1988) แม้ค่า ME ที่ได้จะมากกว่าค่า ME ในโคที่คำนวณจากค่า DE เล็กน้อย คือ 1.45 เทียบกับ 1.32 Mcal/kg จึงเป็นที่น่าสนใจที่การหาค่าพลังงานโดยวัดปริมาณแกส ตามวิธีของ Menke and Steingass (1988) น่าจะเป็นวิธีที่ดีวิธีหนึ่ง ที่สามารถประมาณค่าพลังงานได้อย่างรวดเร็ว

สำหรับกากที่เหลือจากการย่อยที่ 24 ชั่วโมง เมื่อนำมาคำนวณค่าวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุที่ย่อยได้อย่างแท้จริง (TDMD และ TOMD) ตลอดจนค่า Partitioning factor (PF) ตามวิธีของ Bluemmel and Bullerdieck (1997) ได้ค่าดังแสดงไว้ในตารางที่ 26

ตารางที่ 26. การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุอย่างแท้จริงและค่า partitioning factor (PF) ของฟางข้าว

True dry matter and organic matter digestibility (TDMD, TOMD) and partitioning factor (PF) of rice straw

Nutrient	True digestibility (%)	PF
Dry matter	52.34	3.76
Organic matter	49.22	2.88

สำหรับค่าการย่อยได้ที่แท้จริงของวัตถุแห้ง (TDMD) ที่ได้จากการทดลองนี้พบว่ามีค่าสูงกว่าที่ทดลองกับตัวสัตว์จริงซึ่งเป็นค่าการย่อยได้แบบปรากฏเล็กน้อย คือ 52.34 เทียบกับ 50.30% ค่าดังกล่าวนี้น่าจะยอมรับได้เพราะตามทฤษฎีแล้วค่าการย่อยได้แบบแท้จริงของโภชนะน่าจะสูงกว่าแบบปรากฏเสมอ (บุญล้อม, 2541) อย่างไรก็ดีพบว่าในกรณีของอินทรียวัตถุ ค่าการย่อยได้ที่แท้จริงซึ่งคำนวณโดยวิธีนี้ต่ำกว่าค่าแบบปรากฏที่วัดจากตัวสัตว์มาก (49.22 เทียบกับ 61.45%) และยังต่ำกว่าค่าการย่อยได้แบบแท้จริงของวัตถุแห้งด้วย ซึ่งไม่น่าจะเป็นไปได้ ดังนั้นการหาการย่อยได้ที่แท้จริงของอินทรียวัตถุโดยวิธีนี้จึงไม่น่าจะถูกต้อง

ค่า Partitioning factor (PF) ที่คิดจากปริมาณวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุที่ย่อยได้จริงต่อ มล. ของแกสที่เกิดขึ้น (PF_{DM} และ PF_{OM}) ตามลำดับ พบว่ามีค่าเท่ากับ 3.76 และ 2.88 ตามลำดับ ค่านี้คาดว่าจะมีประโยชน์ในการจัดลำดับคุณค่าทางอาหารเมื่อมีการเปรียบเทียบอาหารหลายชนิด แต่ในการทดลองนี้ศึกษาฟางข้าวเพียงชนิดเดียว จึงยังไม่สามารถบอกได้ว่าค่าดังกล่าวนี้จะใช้ได้หรือไม่

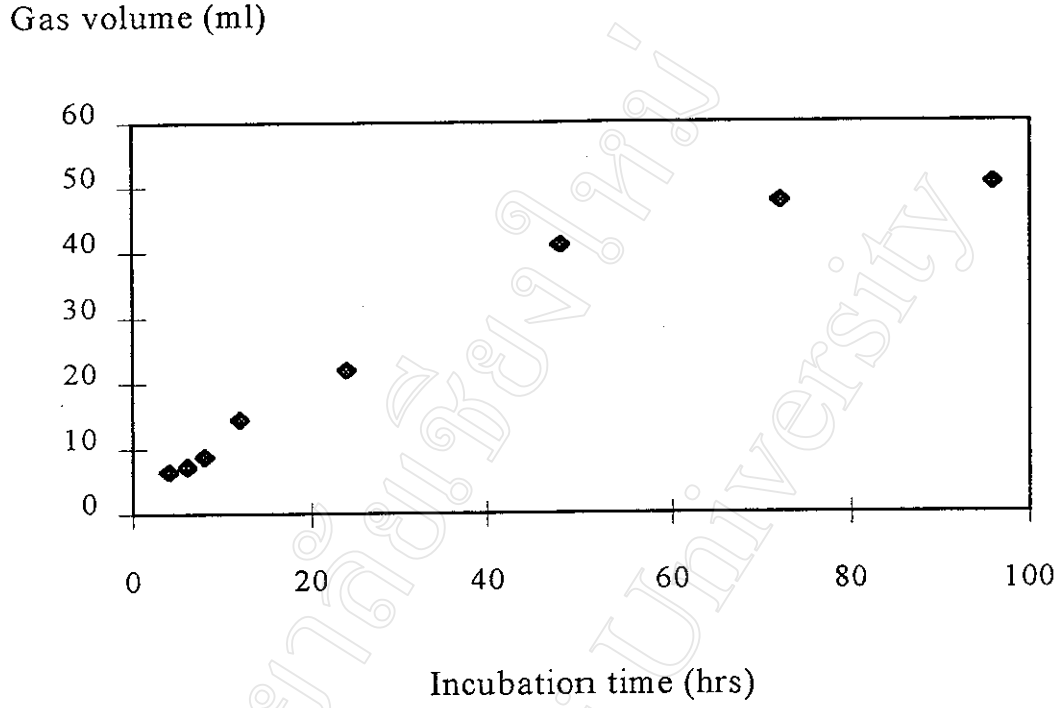
10. Degradation characteristic ของฟางข้าวจากปริมาณแกสที่เกิดขึ้น

เมื่อนำปริมาณแกสที่เกิดขึ้นที่ชั่วโมงต่าง ๆ มาเขียนกราฟ และเข้าสมการ $P = a+b(1-e^{-ct})$ ทำนองเดียวกับ *in sacco* technique ได้ค่าดังแสดงไว้ในตารางที่ 27 และภาพที่ 12

ตารางที่ 27. ปริมาณแกสจากกระบวนการย่อยสลายฟางข้าวที่ชั่วโมงต่างๆ

Gas production (ml/200 mgDM) from incubation of rice straw at various incubation time

Incubation time (hrs)								A	b	c
4	6	8	12	24	48	72	96	------(ml)-------		(ml/h)
6.5	7.3	8.9	14.5	22.0	41.1	47.8	50.5	-0.22	57.95	0.024



ภาพที่ 12. ปริมาณแกสที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายของฟางข้าวที่ชั่วโมงต่าง ๆ

In vitro gas production (ml) of rice straw at various incubation time

จากตารางจะเห็นได้ว่า ปริมาณแกสชั่วโมงที่ 24 ใกล้เคียงกับที่ Shen *et al.* (1998) ได้ทดลองในฟางข้าวคือ 20.3 ml แต่ในชั่วโมงที่ 48 และ 96 ชั่วโมง ตลอดจนค่า a และ b สูงกว่ารายงานดังกล่าว (30.6 และ 39.2 ml และ -3.58% และ 45.06% ตามลำดับ) สำหรับอัตราการเกิดแกส (c) ในงานทดลองนี้ต่ำกว่ารายงานดังกล่าว (0.031 มล./ชม.)

นอกจากนี้ยังพบว่า ในช่วงแรก 4-8 ชั่วโมงมีแกสเกิดขึ้นน้อยเนื่องจากเป็นช่วงที่รอการทำงานของจุลินทรีย์ในการเริ่มย่อยส่วนที่ย่อยยาก แต่หลังจากชั่วโมงที่ 24 แล้ว การเกิดแกสจะมีอัตราเร็วขึ้น และจะช้าลงหลังชั่วโมงที่ 48 จนค่อนข้างคงที่หลังชั่วโมงที่ 72 ซึ่งระยะเวลาดังกล่าวจุลินทรีย์อาจย่อยสลายส่วนที่ย่อยยากหมดแล้ว เหลือแต่ส่วนที่ย่อยไม่ได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้จากวิธีใช้ถุงไนลอน

11. การทำนายปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้จากเทคนิคถุงไนลอน และวิธีวัดปริมาณแกส

จากการนำค่า a, b และ c ของฟางข้าวที่ได้จากเทคนิคถุงไนลอนและวิธีวัดปริมาณแกสที่เกิดขึ้นมาทำนายปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ (DMI) และปริมาณวัตถุแห้งย่อยได้ที่ได้รับ (DDMI) ตามสมการ multiple regression สำหรับกรณีของเทคนิคถุงไนลอนที่เสนอโดย Shem *et al.* (1995) และ ในกรณีของวิธีวัดปริมาณแกสที่เสนอโดย Bluemmel and Orskov (1993) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 28

ตารางที่ 28. ปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ ปริมาณวัตถุแห้งย่อยได้ที่สัตว์ได้รับของฟางข้าวที่คำนวณจากค่าการย่อยสลายโดยถุงไนลอนและวัดปริมาณแกส
Dry matter intake (DMI) and digestible dry matter intake (DDMI) of rice straw predicted from *in sacco* degradation and *in vitro* gas production

In sacco degradation					*In vitro* gas production				
a	B	c	DMI	DDMI	a	b	c	DMI	DDMI
------(ml)----		(ml/h)	(kg/day)		------(ml)-----		(ml/h)	(kg/day)	
17.2	46.5	0.031	3.33	2.01	-0.22	57.95	0.024	3.40	1.87

จากการทำนายโดยใช้ค่าการย่อยสลายจากเทคนิคถุงไนลอนพบว่า โคสามารถกินฟางข้าวได้ 3.33 กก./วัน และวัตถุแห้งย่อยได้ที่ได้รับเท่ากับ 2.01 กก./วัน ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ทำนายโดยวิธีวัดปริมาณแกส คือ เท่ากับ 3.40 และ 1.87 กก./วัน ตามลำดับ และค่าเหล่านี้สูงกว่าที่เสาวลักษณ์ (2541) ได้เคยใช้สมการเดียวกันทำนาย (0.2 กก./วัน และ -0.4 กก./วัน ตามลำดับ) อย่างไรก็ตามค่าดังกล่าวนี้ยังต่ำกว่าค่าจากการทดลองกับตัวสัตว์โดยตรงในการศึกษาครั้งนี้คือ 5.15 กก./วัน และ 2.59 กก./วัน อีกทั้งยังต่ำกว่าค่าที่ Cheva-Isarakul and Cheva-Isarakul (1984) รายงานจากการทดลองกับตัวสัตว์โดยตรง แสดงว่าสมการของ Shem *et al.* (1995) และ Bluemmel and Orskov (1993) ที่เสนอไว้ยังไม่สามารถนำมาใช้ในการทำนายปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้และปริมาณวัตถุแห้งย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ

12. พลังงานที่คำนวณจากองค์ประกอบทางเคมี

ค่า TDN ที่คำนวณจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่มีความเป็นเอกภาพ โดยสมการ Theoretically based model แสดงไว้ในตารางที่ 29

ตารางที่ 29. โภชนะย่อยได้รวม พลังงานย่อยได้ พลังงานเมแทบอไลซ์ และพลังงานสุทธิของฟางข้าวที่คำนวณจากองค์ประกอบทางเคมีโดย theoretical based model
TDN, DE, ME and NEL calculated from chemical composition by theoretical based model

Chemical composition and energy								Theoretical based model			
CP	E_{CP}	EE	E_{EE}	NDF	E_{NDF}	NFC	E_{NFC}	TDN	DE	ME	NEL
(%)		(%)		(%)		(%)		(%)	---(Mcal/kgDM)--		
4.6	4.23	2.3	2.90	64.4	45.57	10.3	10.01	55.7	2.5	2.0	1.2

เมื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานในตารางที่ 29 และ 19 พบว่า ค่า TDN ที่คำนวณจากองค์ประกอบทางเคมีตามวิธี Theoretical based model มีค่าสูงกว่าที่วัดจากตัวสัตว์โดยตรง (*in vivo*) และสูงกว่ารายงานอื่น ๆ (อิทธิพล, 2528 และ Cheva-Isarakul and Cheva-Isarakul, 1984) ดังนั้นค่าที่ได้โดยวิธี Theoretical based model จึงยังไม่น่านำมาใช้ เพราะจะทำให้ได้ค่าสูงเกินความเป็นจริง

13. สรุปค่าพลังงานในฟางข้าว

เมื่อนำค่า TDN, DE, ME และ NEL ทั้งที่วัดโดยตรงและที่คำนวณจากการวัดปริมาณแกสมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อให้ได้ค่าพลังงานสำหรับฟางข้าว พบว่าได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 30 คือ TDN เท่ากับ 49.29% และ DE, ME และ NEL เท่ากับ 1.98, 1.50 และ 0.91 Mcal/kgDM ตามลำดับ

ตารางที่ 30. ค่าเฉลี่ยของโภชนะย่อยได้รวม พลังงานย่อยได้ พลังงานเมแทบอไลซ์ และพลังงานสุทธิของฟางข้าวทั้งในโคและแกะที่คำนวณจากค่าการย่อยได้ วัดโดยตรงและวิธีวัดปริมาณแกส
Average TDN, DE, ME and NEL of rice straw determined in both animal species *in vivo* and *in vitro*

TDN (%)			DE (Mcal/kgDM)			ME (Mcal/kgDM)			NEL (Mcal/kgDM)		
Cows	Sheep	Avg	*in vivo*	Gas	Avg	*in vivo*	Gas	Avg	*in vivo*	Gas	Avg
49.92	48.66	**49.29**	1.98	-	**1.98**	1.55	1.45	**1.50**	0.98	0.84	**0.91**