บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 . องค์ประกอบทางเคมีของต้นอ้อย

อ้อยทดลองเป็นพันธ์อู่ทอง 2 เก็บเกี่ยวเฉพาะต้นไม่รวมยอดมีองค์ประกอบทางเคมีของต้นอ้อยสด ต้นอ้อยแห้ง และอาหารข้นที่ใช้ แสดงไว้ในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 องค์ประกอบทางเคมี พลังงานและน้ำตาลของต้นอ้อยสด อ้อยแห้ง และอาหารข้นที่ใช้ในการทดลอง (% วัตถุแห้ง)

Table 10 Chemical composition , energy and sugar content of fresh , dried sugarcane stalks (FSS, DSS) and concentrate mixture (%DM basis)

Chemical composition (%)	Fresh sugarcane	Dried sugarcane	Concenrate
DM	29.67	91.75	89.77
OM	98.47	98.45	94.99
CP	1.46	1.37	31.20
EE	1.42	0.87	4.39
NDF	46.34	40.75	21.76
ADF	29.12	27.02	7.39
ADL	6.37	5.27	0.48
Ash	1.53	1.55	5.01
NFC	49.25	55.46	37.64
GE (Mcal/kgDM)	4.29	4.26	4.67
Sugar (%)	46.90	46.68	-

ต้นอ้อยสดมีวัตถุแห้ง (DM) ประมาณ 30% และมีอินทรีย์วัตถุ (OM) คิดเป็น %DM สูงถึง 98% แต่มีโปรตีน (CP) ไขมัน (EE) และเถ้า (Ash) ต่ำมาก นอกจากนี้ยังพบว่ามีค่าเยื่อใยในรูป NDF และ ADF ไม่สูงนักเมื่อเทียบกับอาหารหยาบอื่นๆ เช่น หญ้าโดยทั่วไปจะมีค่า NDF อยู่ระหว่าง 60-70% ค่า NDF และ ADF ของต้นอ้อยนี้สูงกว่ารายงานของ Kawashima *et al.* (1996) (NDF = 37.8, ADF = 23.2%) เล็กน้อย แต่ใกล้เคียงกับรายงานของ Salas *et al.* (1992) ซึ่งวิเคราะห์ ต้นอ้อยสดที่เก็บเกี่ยวเมื่อต้นอ้อยมีอายุ 10 เดือน(NDF = 48.1, ADF = 29.5%) ในรายงานเดียวกันนี้พบว่าต้นอ้อยที่อายุ 10 เดือน เป็นระยะเปลี่ยนแปลงปริมาณวัตถุแห้งที่สำคัญ คือ มีวัตถุแห้งเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับต้นอ้อยที่

อายุ 6 และ 8 เดือน (ดูในตารางที่ 4) และมี DM ไม่ต่างจากต้นอ้อยอายุ 12 เดือน ต้นอ้อยสดในการศึกษานี้มี NFC สูงถึง 49.25% มีน้ำตาล 46.90% การที่มี NFC และน้ำตาลสูง Kung and Stanley (1982) กล่าวว่าทำให้การเก็บถนอมอ้อยในรูปหมักเกิดความไม่สะดวกเพราะยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์

สำหรับต้นอ้อยแห้งมีส่วนประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับต้นอ้อยสด จะเห็นว่าอ้อยสามารถถนอมไว้ได้โดยการตากแห้งโดยที่คุณค่าทางอาหารแทบจะไม่เปลี่ยนแปลง ต้นอ้อยสดที่ใช้ในการศึกษานี้เมื่อเทียบกับรายงานอื่นๆ พบว่า มีค่า NDF และ ADF สูงกว่ารายงานของ Kawashima *et al.* (1996) แต่ใกล้เคียงกับรายงานของ Salas *et al.* (1992) ความแตกต่างขององค์ประกอบเคมีของต้นอ้อยในรายงานต่างๆ น่าจะเป็นผลของสายพันธุ์อ้อยและปัจจัยอื่นๆ ในการปลูกที่ต่างกัน ส่วนอาหารข้นที่ใช้ในการศึกษานี้มี CP 31.2%, NDF 21.76%, ADF 7.39% และมีค่า GE 4.67 Mcal/kgDM

ตารางที่ 11 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ประกอบด้วยต้นอ้อยแห้งระดับต่างๆ

Table 11 Chemical composition of diets at different level of dried sugarcane stalk

Chemical composition (%)	DSS : concentrate		
	74:26	62:38	50:50
DM	91.23	90.99	90.76
OM	97.55	97.13	96.72
CP	9.12	12.70	16.28
EE	1.78	2.20	2.63
NDF	35.81	33.53	31.25
ADF	21.91	19.56	17.20
ADL	4.02	3.44	2.87
Ash	2.44	2.86	3.28
NFC	50.82	48.68	46.55
GE (Mcal/kgDM)	4.36	4.41	4.46

ตารางที่ 11 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของอาหารแต่ละสูตร จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มสัดส่วนของอาหารข้นขึ้นในสูตรอาหารจะทำให้ค่า CP เพิ่มขึ้น จาก 9.12% เป็น 16.28% ในขณะที่ปริมาณเยื่อใยลดลงอย่างเห็นได้ชัด อย่างไรก็ตามค่า GE ไม่ต่างกัน ขณะที่ NFC ลดลงเพียงเล็กน้อย

4.2. ปริมาณต้นอ้อยแห้งที่สัตว์กินได้ (Voluntary Feed Intake)

ผลการทดลองให้โคและแกะกินอาหารสูตรต่างๆ ที่ประกอบด้วยต้นอ้อยแห้งต่ออาหารข้นในสัดส่วน 74:26, 62:38 และ 50:50 สัดส่วนของต้นอ้อยแห้งที่กินได้จริงในโคคิดเป็นร้อยละของปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ทั้งหมดเท่ากับ 68.70 , 60.15 และ 51.07 ส่วนในแกะเท่ากับ 68.39, 55.41 และ 47.41 ปริมาณวัตถุแห้งที่โคและแกะกินได้เป็น กรัมต่อวัน (g/d) ร้อยละของน้ำหนักตัว (%BW) และ กรัมต่อน้ำหนักเมแทบอลิก ($g/W^{0.75}$) แสดงในตารางที่ 12 จะเห็นว่าเมื่อลดสัดส่วนของต้นอ้อยแห้งในสูตรอาหาร ทั้งโคและแกะจะกินวัตถุแห้งได้เพิ่มขึ้น โคจะกินอาหารเพิ่มขึ้นตั้งแต่เฉลี่ยวันละ 5,867.7 กรัม ในสูตรอาหารที่มีต้นอ้อยแห้ง 68.70% เพิ่มเป็น 6,629.3 กรัม ในสูตรที่มีต้นอ้อยแห้ง51.07% ในทำนองเดียวกันแกะกินวัตถุแห้งได้เพิ่มขึ้นจาก 738.75 กรัม/วัน เป็น 916.89 กรัม/วัน สอดคล้องกับรายงานของ Kawashima *et al.* (1996) ที่ใช้ commercial complete feed (TMR) ทดแทนต้นอ้อยในสูตรอาหารที่สัดส่วนต่างๆ ในอาหารโค โดยเมื่อเพิ่มสัดส่วนของ TMR ในสูตรอาหารทำให้ปริมาณการกินวัตถุแห้งรวมเพิ่มขึ้น การที่โคและแกะกินวัตถุแห้งได้เพิ่มขึ้นเมื่อมีส่วนประกอบต้นอ้อยแห้งลดลง อาหารข้นเพิ่มขึ้น เป็นเพราะสูตรอาหารมีคุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้นเช่น CP เพิ่ม เยื่อใยลดลง (ตารางที่ 12) จึงส่งผลให้สัตว์กินได้มากขึ้น (Van Soest, 1982 ; McDonald *et al.*, 1995)

ตารางที่ 12 ปริมาณวัตถุแห้งที่สัตว์ทดลองกินได้ในสูตรอาหารที่มีต้นอ้อยแห้งระดับต่างๆ

Table 12 DMI of experimental animals fed with diets at different level of dried sugarcane stalk

%DSS in ration	74	62	50	
Cows : %DSS intake	68.70	60.15	51.07	r
g/d	5867.7	6287.0	6629.3	-0.99
%BW	1.23	1.31	1.38	-0.99
$g/W^{0.75}$	57.56	61.46	64.84	-0.99
Sheep : %DSS intake	68.39	55.41	47.41	r
g/d	738.75	800.00	916.89	-0.95
%BW	2.17	2.31	2.70	-0.92
$g/W^{0.75}$	52.41	56.09	65.21	-0.93

ตารางที่ 13 สมการทำนายปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้เมื่อให้อ้อยเป็นอาหารเดี่ยว

Table 13 Regression equation for prediction DMI when dried sugarcane stalk fed as sole diets

Cows	Regression equation	R^2	DMI
g/d	Y=8848.84-43.143X	0.99	4534.48
%BW	Y=1.8164-0.00849X	0.99	0.96
$g/W^{0.75}$	Y=86.026-0.4125X	0.99	44.77
Sheep	Regression equation	R^2	DMI
g/d	Y=1282.43-8.1284X	0.90	469.59
%BW	Y=3.7556-0.02387X	0.84	1.36
$g/W^{0.75}$	Y=90.9308-0.5787X	0.86	33.06

เมื่อนำปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ของอาหาร 3 สูตร กับปริมาณต้นอ้อยแห้งในสูตรอาหารมาสร้างสมการทำนายจะได้สมการดังตารางที่ 13 เมื่อ X เป็นเปอร์เซ็นต์ของต้นอ้อยแห้งที่สัตว์ได้รับในสูตรอาหาร และ Y คือ ปริมาณวัตถุแห้งที่สัตว์กินได้ จากตารางจะเห็นว่า R^2 (coefficient of determination) มีค่าสูง แสดงว่าสมการถดถอยที่สร้างขึ้นมีความแม่นยำ เมื่อต้องการทราบปริมาณวัตถุแห้งของต้นอ้อยที่กินได้ให้แทนค่า X ด้วย 100 ลงในสมการดังกล่าว พบว่าปริมาณวัตถุแห้งของต้นอ้อยที่โคกินได้มีค่าเท่ากับ 4534.48 กรัม/วัน หรือ 0.96%น้ำหนักตัว หรือ 44.77 กรัม/น้ำหนัก$^{0.75}$ ส่วนแกะกินต้นอ้อยแห้งได้ 469.56 กรัม/วัน หรือ 1.36%น้ำหนักตัว หรือ 33.06 กรัม/น้ำหนัก$^{0.75}$

เป็นที่น่าสังเกตว่าปริมาณวัตถุแห้งที่โคและแกะกินได้เมื่อคิดเทียบเป็นร้อยละของน้ำหนักตัว แกะกินต้นอ้อยแห้งได้มากกว่าโคในทุกสูตรอาหาร แต่ถ้าเทียบเป็นปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ต่อน้ำหนักเมแทบอลิก โคกินต้นอ้อยแห้งได้มากกว่าแกะ ในรายงานของ Cheva-Isarakul and Cheva-Isarakul (1984) และ อิทธิพล (2543) ซึ่งใช้ฟางข้าวและเปลือกถั่วเหลืองเป็นอาหารทดลองก็ได้รายงานข้อสังเกตเช่นเดียวกันนี้เอาไว้

ปริมาณต้นอ้อยแห้งที่โคกินได้นี้ค่อนข้างต่ำ (0.96%น้ำหนักตัว) เมื่อเทียบกับการกินฟางข้าว (เสาวลักษณ์, 2542 ; Cheva-Isarakul and Cheva-Isarakul, 1984) ซึ่งรายงานว่าโคกินฟางข้าวได้ 1.2% น้ำหนักตัว ในทำนองเดียวกันพบว่าแกะกินต้นอ้อยแห้งได้น้อยกว่าฟางข้าวน่าจะเป็นเพราะต้นอ้อยแห้งมี CP ต่ำกว่าฟางข้าวและมีน้ำตาลสูงมีผลให้ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนมีค่าลดลง ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อจุลินทรีย์พวกย่อยเยื่อใย ดังนั้นจึงมีผลให้การย่อยได้และปริมาณการกินได้ของสัตว์ลดลง

4.3. การย่อยได้ในโคและแกะและพลังงานของต้นอ้อยแห้งทดลอง

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ ค่าพลังงานของอาหาร และสมดุลไนโตรเจนในโคและแกะที่ได้รับอาหารประกอบด้วยต้นอ้อยแห้งและอาหารข้นในอัตราส่วนต่างๆ กัน 3 ระดับ แสดงในตารางที่ 14 จากตารางจะเห็นได้ว่า ค่าสหสัมพันธ์ (r) ระหว่างค่าการย่อยได้ของโภชนะ (ยกเว้น NFC) กับสัดส่วนของต้นอ้อยแห้ง มีค่าสูงและเป็นลบ เมื่อลดระดับต้นอ้อยแห้งลดลงในสูตรอาหารจะทำให้ค่าการย่อยได้ของโภชนะเพิ่มขึ้นในสัตว์ทั้งสองชนิด

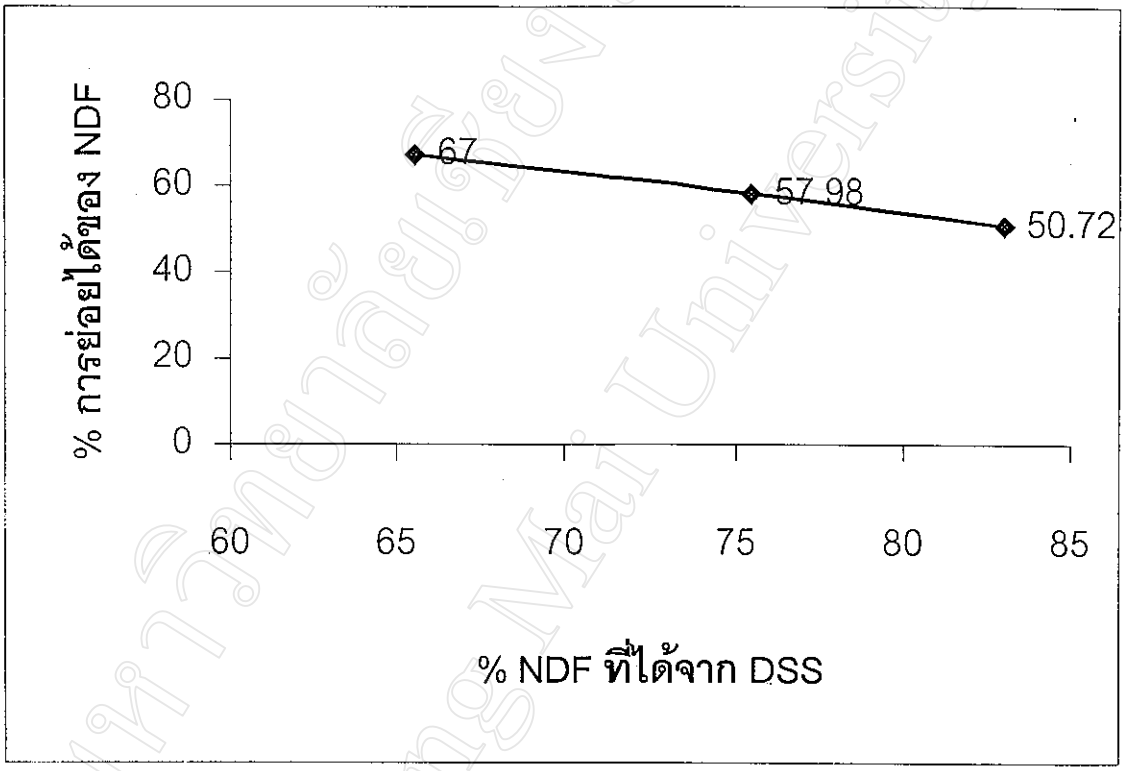
ตารางที่ 14 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะและสมดุลไนโตรเจนในโคและแกะ ตลอดจนค่าพลังงานของอาหารสูตรต่าง ๆ

Table 14 Digestion coefficient of nutrients, nitrogen balance and energy value of diets

Sugarcane Stalk	Cows				Sheep			
: Concentrate	74:26	62:38	50:50	r	74:26	62:38	50:50	r
Digestion Coefficient (%)								
DM	75.25	78.69	82.64	-0.9998	70.42	72.43	76.05	-0.9886
OM	77.27	80.35	84.19	-0.9992	71.97	73.97	77.63	-0.9884
CP	62.37	75.53	79.53	-0.9531	65.72	74.15	79.88	-0.9994
EE	74.18	76.37	82.23	-0.9508	49.56	52.18	55.26	-0.9916
NDF	50.72	57.98	67.00	-0.9999	36.77	39.02	45.50	-0.9792
ADF	52.35	56.12	63.94	-0.9954	37.73	38.06	42.25	-0.9374
NFC	97.49	97.07	97.46	0.043	98.14	97.66	97.72	0.7811
Nitrogen-balance (NB)								
N-balance(g/d)	45.08	85.32	120.62	-0.9982	6.74	11.59	18.24	-0.9770
Energy								
TDN (%)	77.12	80.17	85.80	-0.9890	72.84	74.54	77.91	-0.9847
DE(Mcal/kgDM)	3.25	3.45	3.69	-0.9995	2.96	3.07	3.27	-0.9875

เมื่อนำค่าโภชนะแต่ละตัวที่ได้มาจากต้นอ้อยแห้งในแต่ละสูตรและค่าการย่อยได้ของโภชนะนั้นๆ ซึ่งได้จากการทดลองกับสัตว์ มาสร้างสมการถดถอยเพื่อใช้ทำนายค่าการย่อยได้ของโภชนะของต้นอ้อยแห้งจะได้สมการดังแสดงในตารางที่ 14 ส่วนรูปภาพที่ 6 แสดงตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างการย่อยได้ของ NDF กับปริมาณ NDF ที่ได้จากต้นอ้อยแห้งในสูตรอาหาร ได้สมการถดถอยที่ใช้ในการทำนายค่าการย่อยได้คือ $Y = 128.16 - 0.93X$ ($R^2 = 0.9998$) เมื่อ Y คือ เปอร์เซ็นต์สัมประสิทธิ

การย่อยได้ของ NDF และ X คือ เปอร์เซ็นต์ NDF ที่ได้จากต้นอ้อยแห้ง เมื่อแทนค่า X ด้วย 100 ก็จะได้ค่าการย่อยได้ NDF ของต้นอ้อยแห้งเท่ากับ 34.97% ตารางที่ 15 แสดงสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะและพลังงานของต้นอ้อยแห้งซึ่งทดลองกับโคและแกะ โดยคำนวณได้จากสมการในตารางที่ 14



ภาพที่ 6 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างค่าการย่อยได้ของ NDF กับปริมาณ NDF ที่ได้จากต้นอ้อยแห้งในสูตรอาหาร

Fig 6 Relationship between % digestibility of NDF and % NDF from dried sugarcane stalks in diets

ผลการศึกษาพบว่าค่าการย่อยได้ของโภชนะต่างๆ ในโคและแกะมีค่าใกล้เคียงกันแต่มีแนวโน้มว่าค่าการย่อยได้ในโคสูงกว่าแกะเล็กน้อย เสาวลักษณ์ (2542) รายงานผลการศึกษาเช่นกันว่าโคย่อยโภชนะในฟางข้าวได้ดีกว่าแกะยกเว้น CP เมื่อเปรียบเทียบค่าการย่อยได้ของโภชนะระหว่างต้นอ้อยแห้งกับฟางข้าว ซึ่งเสาวลักษณ์ (2542) รายงานไว้ จะเห็นได้ว่าต้นอ้อยแห้งมีค่าการย่อยได้ของ

DM และ OM สูงกว่าฟางข้าว สำหรับค่าการย่อยได้ NDF และ ADF ในต้นอ้อยแห้งจัดอยู่ในระดับปานกลาง (ประมาณ 32.52 และ 38.43% ตามลำดับ) ต่ำกว่าการย่อยได้ NDF และ ADF ในฟางข้าว การที่ต้นอ้อยแห้งมีน้ำตาลอยู่สูงทำให้ย่อยสลายง่าย เกิดกรดมากขึ้นส่งผลให้ pH ในรูเมนลดลงซึ่งเป็นผลกระทบต่อการย่อยเยื่อใยของ cellulolytic bacteria นอกจากนี้ต้นอ้อยแห้งยังมีลิกนินสูงกว่าฟางข้าว มีผลทำให้การย่อยเยื่อใยของต้นอ้อยแห้งต่ำกว่าเยื่อใยของฟางข้าวเช่นกัน

ค่าการย่อยได้ของ CP ทั้งการทดลองกับโคและแกะได้ค่าติดลบซึ่งหมายถึงว่า ปริมาณ CP ที่ขับออกมากับอุจจาระสูงกว่า CP ที่สัตว์ได้รับต้นอ้อยแห้งมีค่าCP ต่ำมาก เท่ากับ 1.4% DM ขณะที่ metabolic fecal protein (MFP) ถูกขับออกมาในปริมาณสูงกว่า ดังนั้นค่าการย่อยได้จึงออกมาติดลบ NRC (1978 อ้างโดย Miller, 1979) รายงานว่าโคจะสูญเสีย MFP ในแต่ละวันเท่ากับ 6.8% ของ fecal dry matter ในเกณฑ์นี้ โคทดลองในครั้งนี้จะมีค่า MFP ประมาณ 162 กรัมต่อวัน ขณะที่ได้รับโปรตีนจากต้นอ้อยแห้งเพียง 98 กรัมต่อวัน

เมื่อพิจารณา TDN ของต้นอ้อยที่ศึกษาในโคมีค่าเท่ากับ 66.48 ใกล้เคียงกับรายงานของ McDowell *et al.* (1974, อ้างโดย Donefer and Latrille, 1980) คือ 69.6% แต่มีค่าสูงกว่าที่ Kawashima *et al.* (1996) รายงานไว้ที่ 60.0% สำหรับค่า DE ของต้นอ้อยแห้งในการทดลองนี้ (2.81 Mcal/kgDM) มีค่าสูงกว่ารายงานของ Kawashima *et al.* (1996) (2.25 Mcal/kgDM) และใกล้เคียงกับที่ Salas *et al.* (1992) รายงานไว้ (2.79 Mcal/kgDM) การที่ค่า DE ในการทดลองนี้มีแนวโน้มสูงกว่ารายงานของ Kawashima *et al.* (1996) เป็นเพราะวิธีการศึกษาการย่อยได้ที่ต่างกัน Kawashima *et al.* (1996) ให้โคทดลองกินต้นอ้อยสดเป็นอาหารเดี่ยว ส่วนในการศึกษานี้ใช้วิธีรีเกรซชั่น ซึ่งสภาพการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมนน่าจะดีกว่าสภาพที่ให้สัตว์ได้รับต้นอ้อยเป็นอาหารเดี่ยว เมื่อเทียบค่า TDN และ DE ที่ได้จากการใช้โคและแกะเป็นสัตว์ทดลองพบว่าค่าพลังงานในแกะมีแนวโน้มต่ำกว่าในโค ทั้งนี้ความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อพิจารณาค่าสมดุลไนโตรเจนและการย่อยได้ของ CP ระหว่างโคและแกะ พบว่าแกะจะมีการใช้โปรตีนได้มีประสิทธิภาพดีกว่าโคอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ในการทดลองนี้ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะต่างๆ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันระหว่างโคกับแกะจะเห็นว่า โภชนะส่วนใหญ่นั้นมีค่าการย่อยได้ใกล้เคียงกัน ยกเว้นโปรตีนที่แกะย่อยได้ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับรายงานส่วนใหญ่ที่ศึกษาค่าการย่อยได้ที่เปรียบเทียบการย่อยได้ระหว่างสัตว์ทั้งสองชนิด (Colucci *et al.*, 1989 ; Sudekum *et al.*, 1995) และโคมีแนวโน้มที่จะย่อยเยื่อใยได้ดีกว่าแกะ โดย Playne (1978a) ได้อธิบายว่า เป็นเพราะโคมีระบบการนำเอาแร่ธาตุ เช่น ไนโตรเจน กำมะถัน ฟอสฟอรัส เป็นต้น กลับมาใช้ในกระเพาะรูเมนมีประสิทธิภาพดีกว่าจึงส่งผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในรูเมนเพิ่มขึ้น มีแนวโน้มให้ย่อยเยื่อใยได้ดีกว่าแกะ

ตารางที่ 15 ร้อยละของโภชนะจากต้นอ้อยแห้ง การย่อยได้ของต้นอ้อยแห้งในอาหารและสมการถดถอย

Table 15 Percentage of nutrients from DSS, digestibility of the diets and regression equation

Nutrient		Cows			Sheep		
DM	%DM from SS	73.16	62.23	50.45	74.52	61.92	48.74
	Digestibility	75.25	78.69	82.64	70.42	72.43	76.05
	Reg eq.	$Y = 99.02 - 0.32X$		($R^2 = 0.9996$)	$Y = 86.47 - 0.22X$		($R^2 = 0.9773$)
OM	%OM from SS	73.89	63.08	51.35	75.26	62.83	49.73
	Digestibility	77.27	80.35	84.19	71.97	73.97	77.63
	Reg eq.	$Y = 99.89 - 0.30X$		($R^2 = 0.9984$)	$Y = 88.43 - 0.22X$		($R^2 = 0.9769$)
CP	%CP from SS	9.02	6.68	4.27	12.72	7.34	4.11
	Digestibility	62.37	75.53	79.53	65.72	74.15	79.88
	Reg eq.	$Y = 96.46 - 3.60X$		($R^2 = 0.9084$)	$Y = 86.43 - 1.63X$		($R^2 = 0.9994$)
EE	%EE from SS	34.07	24.56	16.77	44.63	30.28	19.64
	Digestibility	74.18	76.37	82.23	49.56	52.18	55.26
	Reg eq.	$Y = 89.07 - 0.45X$		($R^2 = 0.9040$)	$Y = 59.44 - 0.22X$		($R^2 = 0.9826$)
NDF	%NDF from SS	83.02	75.45	65.57	84.81	75.12	62.80
	Digestibility	50.72	57.98	67.00	36.77	39.02	45.50
	Reg eq.	$Y = 128.16 - 0.93X$		($R^2 = 0.9998$)	$Y = 70.30 - 0.40X$		($R^2 = 0.9588$)
ADF	%ADF from SS	90.46	85.68	78.80	91.63	85.55	76.84
	Digestibility	52.35	56.12	63.94	37.73	38.06	42.25
	Reg eq.	$Y = 142.78 - 1.00X$		($R^2 = 0.9908$)	$Y = 66.25 - 0.31X$		($R^2 = 0.8787$)
NFC	%NFC from SS	80.64	70.71	60.03	82.12	72.27	61.12
	Digestibility	97.49	97.07	97.46	98.14	97.66	97.72
	Reg eq.	$Y = 97.27 - 0.001X$		($R^2 = 0.0018$)	$Y = 96.44 - 0.02X$		($R^2 = 0.6101$)
TDN	%TDN from SS	73.16	62.23	50.45	74.52	61.92	48.74
(%)	TDN, diet	77.12	80.17	85.80	72.84	74.54	77.91
	Reg eq.	$Y = 104.78 - 0.38X$		($R^2 = 0.9781$)	$Y = 87.26 - 0.19X$		($R^2 = 0.9696$)
DE	%DM from SS	73.16	62.23	50.45	73.23	60.19	46.77
(Mcal/kgDM)	DE, diet	3.25	3.45	3.69	2.96	3.07	3.27
	Reg eq.	$Y = 4.663 - 0.0194X$		($R^2 = 0.9990$)	$Y = 3.805 - 0.0117X$		($R^2 = 0.9753$)
N-balance	%DM from SS	73.16	62.23	50.45	73.23	60.19	46.77
(g/d)	N-balance	45.08	85.32	120.62	6.74	11.59	18.24
	Reg eq.	$Y = 289.46 - 3.32X$		($R^2 = 0.9964$)	$Y = 39.75 - 0.44X$		($R^2 = 0.9940$)

Remark : Y = Digestibility of nutrient (%) ; X = Amount of nutrient from DSS (%) in the diet

ตารางที่ 16 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ และพลังงานของต้นอ้อยแห้งตลอดจนสมดุลไนโตรเจนในโคและแกะคำนวณจากสมการถดถอย

Table 16 Digestibility coefficient of nutrient, energy content of dried sugarcane stalk and nitrogen balance in cows and sheep predicted from regression equation

Nutrient (%)	Cows	Sheep	Average
DM	66.47	64.59	65.53
OM	69.16	66.21	67.68
CP	-263.83[a]	-77.23[b]	-170.53
EE	43.39	36.88	40.14
NDF	34.97	30.06	32.52
ADF	42.39	34.47	38.43
NFC	97.37	98.38	97.87
TDN	66.48	67.55	67.01
DE (Mcal/kgDM)	2.72	2.63	2.68
N-balance (g/d)	-42.74[a]	-4.90[b]	-

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

4.3.1 การคำนวณค่าพลังงานจากค่าที่ทดลองกับตัวสัตว์

เมื่อนำค่า TDN มาคำนวณค่า DE ME และNEL โดยใช้สมการ NRC (1988) และนำค่า DE ที่ทดลองได้จากตัวสัตว์โดยตรงมาคำนวณเป็น ME และNEL โดยสมการของ NRC (1988) ได้ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 17

$$\text{DE (Mcal/kgDM)} = 0.04409 \times \text{TDN (\%)}$$

$$\text{ME}^{*} \text{ (Mcal/kgDM)} = -0.45 + (0.04453 \times \text{TDN (\%)})$$

$$\text{NEL (Mcal/kgDM)} = (0.0245 \times \text{TDN (\%)}) - 0.12$$

หรือคำนวณจาก DE โดยใช้สูตร

$$\text{ME (Mcal/kgDM)} = -0.45 + (1.01 \times \text{DE})$$

$$\text{NEL}^{*} \text{ (Mcal/kgDM)} = (0.5557 \times \text{DE}) - 0.12$$

หมายเหตุ : * คือ สูตรที่ดัดแปลงจาก NRC (1988)

ตารางที่ 17 พลังงานย่อยได้ พลังงานเมแทบอไลซ์ และพลังงานสุทธิของต้นอ้อยแห้งในโคและแกะที่คำนวณจาก TDN เทียบกับค่าจาก DE

Table 17 DE, ME and NEL of dried sugarcane stalk in cows and sheep calculated from TDN compared to those from DE

Energy (Mcal/ kgDM)	Cows (C)			Sheep (S)			Avg. from C&S
	Calculated from		Average	Calculated from		Average	
	TDN	DE		TDN	DE		
TDN(%)	66.48		68.29	67.55		67.55	67.01
DE	2.93	2.72	2.82	2.98	2.63	2.80	2.81
ME	2.51	2.23	2.37	2.56	2.15	2.36	2.36
NEL	1.51	1.39	1.45	1.53	1.07	1.30	1.37

จากตารางจะเห็นได้ว่าพลังงาน ME และNEL ที่คำนวณจาก DE มีค่าต่ำกว่าที่คำนวณจาก TDN มาก สอดคล้องกับรายงานของเสาวลักษณ์ (2542) อย่างไรก็ตามพบว่าค่าพลังงานที่ได้จากการทดลองในแกะและโคมีค่าใกล้เคียงกันโดยในแกะมีแนวโน้มต่ำกว่า ซึ่งเมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยพบว่าได้ค่าดังแสดงในตารางในช่องสุดท้าย ค่าเหล่านี้จะนำไปเปรียบเทียบกับพลังงานที่คำนวณจากการวัดปริมาณแก๊สในตอนท้ายของรายงานฉบับนี้ เพื่อสรุปเป็นค่าพลังงานของต้นอ้อยต่อไป

ตารางที่ 18 สมการทำนายค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ และโปรตีน ตลอดจนโภชนะย่อยได้รวม พลังงานย่อยได้และปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ในโคโดยใช้ค่าที่ได้จากแกะ

Table 18 Prediction equations for digestibility of dry matter organic matter and crude protein as well as TDN, DE and dry matter intake for cows based upon sheep data

Digest Nutrient (%)	Ratio of SS : concentrate						Reg. equation	R^2	SE
	74:26		62:38		50:50				
	Cows	Sheep	Cows	Sheep	Cows	Sheep			
DMD	75.25	70.42	78.69	72.43	82.64	76.05	Y=12.58+0.765X	0.985	0.498
OMD	77.27	71.97	80.35	73.97	84.19	77.63	Y=8.15+0.823X	0.989	0.423
CPD	62.37	65.72	75.53	74.15	79.53	79.88	Y=16.77+0.779X	0.965	1.895
TDN	77.12	72.84	80.17	74.54	85.80	77.91	Y=27.62+0.586X	0.999	0.006
DE(Mcal/kgDM)	3.25	2.96	3.45	3.07	3.69	3.27	Y=0.645+0.709X	0.987	0.002
DMI(g/kg$W^{0.75}$/d)	57.56	52.41	61.46	56.09	64.84	65.21	Y=-48.58+1.737X	0.923	2.592

เมื่อเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะต่างๆ ในต้นอ้อย ระหว่างสัตว์ทั้ง 2 ชนิด (ตารางที่ 18) พบว่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและโภชนะอื่นๆ ส่วนใหญ่โคมีการย่อยได้สูงกว่าแกะ ยกเว้นส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย (NFC) ที่แกะย่อยได้ดีกว่า

ในกรณีที่ต้องการใช้แกะเป็นสัตว์ทดลองแทนโค โดยนำค่าการย่อยได้ของโภชนะ พลังงาน และปริมาณการกินได้ ของโคและแกะในสูตรอาหารที่มีต้นอ้อยระดับต่างๆ กันมาสร้างสมการถดถอย จะได้สมการในกรณีของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน TDN DE และ DMI ดังแสดงในตารางที่ 18 เมื่อ X เป็นค่าการย่อยได้ของโภชนะ หรือ พลังงานในแกะ และ Y เป็นค่าที่ต้องการทำนายในโค จะเห็นว่าสมการเหล่านี้มีค่า R^2 สูงมาก แสดงถึงความแม่นยำจึงน่าจะสามารถใช้ทำนายตัวอย่างอื่นๆ ของต้นอ้อยแห้งที่ทำการทดลองกับแกะเมื่อไม่สามารถทำการทดลองในโคโดยตรง

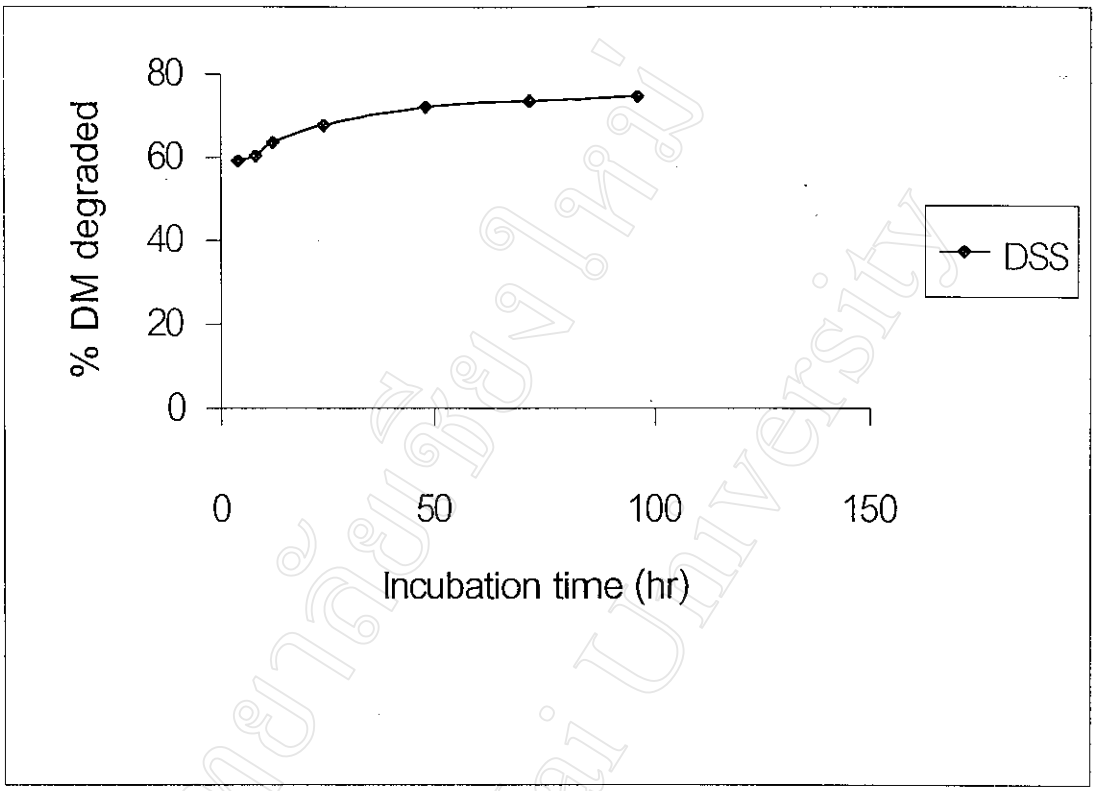
4.4 ลักษณะการย่อยสลายของต้นอ้อยแห้งในกระเพาะรูเมนโดยวิธีถุงไนล่อน

การย่อยสลายของต้นอ้อยแห้งในกระเพาะรูเมนโดยใช้เทคนิคถุงไนล่อนได้ผลดังแสดงในตารางที่ 19 พบว่าที่ระยะเวลาเพียง 4 ชั่วโมง ต้นอ้อยแห้งถูกย่อยสลายไปอย่างรวดเร็ว (> 50%) เนื่องจากมีส่วนของโภชนะที่ย่อยได้ง่ายอยู่มาก พิจารณาได้จากค่า NFC ที่มีในต้นอ้อยแห้งถึง 55.46 % ของวัตถุแห้ง หลังจากการแช่นาน 48 ชั่วโมง เป็นต้นไป การสลายของวัตถุแห้งมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก สอดคล้องกับรายงานของ Kawashima *et al.* (1996) ที่หาค่าการย่อยสลายของต้นอ้อยในกระเพาะรูเมนโดยใช้ถุงไนล่อนในโคทดลองที่ได้กินอ้อยเสริมด้วยยูเรียระดับต่างๆกัน 3 ระดับ (0, 1 และ 2%) โดยพบว่าค่าการย่อยสลายของอ้อยในทุกกลุ่มสลายตัวเร็วในช่วงชั่วโมงที่ 0 อยู่ที่ระดับ 45-47% แต่หลังจากนั้นการเปลี่ยนแปลงไม่มาก และอาหารแต่ละสูตรมีการย่อยสลายของวัตถุแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 19 ค่าร้อยละของวัตถุแห้งที่หายไปของต้นอ้อยแห้งที่ชั่วโมงต่างๆ

Table 19 Dry matter disappearance (%) of dried sugarcane stalk at various incubation time

Incubation time (hrs)						
4	8	12	24	48	72	96
58.79	60.14	63.25	67.55	71.97	73.28	74.40



ภาพที่ 7 เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายของต้นอ้อยแห้งในกระเพาะรูเมนที่เวลาต่างๆ

Fig 7 *In sacco* DM degradation (%) of dried sugarcane stalk at various incubation time

เมื่อนำค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งที่ชั่วโมงต่างๆ ไปเข้าสมการ $P = a + b\ (1-e^{-ct})$ และคำนวณโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY ได้ค่าต่างๆ ดังตารางที่ 19 เมื่อ a คือ ส่วนโภชนะที่ละลายได้จากการคำนวณ (immediately soluble material) b คือ ส่วนโภชนะที่ไม่ละลายแต่สามารถย่อยสลายได้ (insoluble fermentable material) c คือ อัตราการย่อยสลาย (degradation rate) ของ b และ t คือ ช่วงระยะเวลาต่างๆ (incubation time) A คือ ส่วนที่ละลายได้ที่หาได้จริง และ B คือ (a + b) -A ส่วน P คือ โภชนะที่หายไปที่เวลา t (total nutrient degradation)

ตารางที่ 20 ค่าการย่อยสลายวัตถุแห้งของต้นอ้อยแห้งที่วัดโดยวิธีถุงไนล่อน

Table 20 Degradation characteristic of dried sugarcane stalk incubated *in sacco*

a (%)	b (%)	c (%/h)	L (h)	A (%)	B (%)	A+B (%)
56.3	18.5	0.038	0	55.1	19.7	74.8

จากตารางจะเห็นได้ว่าต้นอ้อยนั้นมีส่วนที่ย่อยสลายได้ง่ายอยู่สูงมาก คือ A เท่ากับ 55.1% ส่วนที่ย่อยได้ยาก B มีค่าต่ำเท่ากับ 19.7% และ มีอัตราการย่อยสลาย (c) ของส่วนที่ย่อยได้ยาก (B) ต่ำด้วย แต่เมื่อคิดรวมกัน (A+B) ค่าการย่อยได้สูงสุดของต้นอ้อยจะมีค่าเท่ากับ 74.8% สูงกว่าฟางข้าว ตามที่เสาวลักษณ์ (2542) รายงานไว้ ซึ่งเมื่อพิจารณาส่วนที่ละลายได้ทันที ค่า A (immediately soluble material) ต้นอ้อยแห้งจะสูงกว่าฟางข้าวมาก (55.1% กับ 17.2%) เพราะต้นอ้อยแห้งมีน้ำตาลซึ่งเป็นส่วนที่ละลายได้ง่ายอยู่สูงกว่า แต่ค่า B (insoluble fermentable material) ของต้นอ้อยแห้งจะต่ำกว่าของฟางข้าวแสดงว่าต้นอ้อยแห้งมีส่วนที่ถูกหมักย่อยได้น้อยกว่า (46.5% กับ 19.2%) ทั้งนี้เนื่องจากต้นอ้อยแห้งมีลิกนินเป็นส่วนประกอบอยู่สูงกว่า (ADL = 5.27%)

การศึกษาด้วยวิธีถุงไนล่อนปรากฏชัดเจนว่า ต้นอ้อยแห้งมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่ายสูง เมื่อใช้ต้นอ้อยแห้งระดับสูงในสูตรอาหารจะเกิดเป็นกรดในกระเพาะรูเมนอย่างรวดเร็วทำให้ pH ต่ำลง อาจจะเป็นผลเสียต่อการทำงานของกระเพาะรูเมน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้เลี้ยงสัตว์ต่อเนื่องเป็นเวลานาน ดังนั้นการใช้ต้นอ้อยแห้งในระดับสูงจึงเหมาะกับการใช้เลี้ยงขุนโคในระยะสุดท้ายก่อนส่งโรงฆ่า เพราะแม้ว่ากระเพาะรูเมนของโคขุนจะได้รับผลกระทบก็ยังไม่แสดงผลเสีย กรณีของโคนมที่มีระยะการเลี้ยงยาวนานต่อเนื่อง หากใช้ต้นอ้อยในระดับสูงผลกระทบดังกล่าวน่าจะมีผลกระทบต่อผลผลิตตามมา ดังนั้นการใช้ต้นอ้อยระดับสูงในสูตรอาหารจึงเหมาะสมกับโคขุนระยะสุดท้ายมากกว่าโคนม

ตารางที่ 21 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการย่อยสลาย (effective degradation, ED) ของอาหารที่มีค่าอัตราการไหลผ่านออก (outflow rate) 0.02 ,0.05 และ 0.08 fraction/h โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY ระหว่าง ต้นอ้อยแห้ง (DSS) ฟางข้าว (RS) จากรายงานของเสาวลักษณ์ (2542) เปลือกฝักถั่วเหลือง (SPH) และต้นถั่วเหลืองติดฝักแห้ง (SBH) จากงานของอิทธิพล (2543)

ตารางที่ 21 ประสิทธิภาพในการย่อยสลายวัตถุแห้งของต้นอ้อยแห้งที่อัตราการไหลผ่านระดับต่างๆ

Table 21 Effective degradation of dried sugarcane stalk at various outflow rate

Outflow rate (fraction/h)	0.02	0.05	0.08
DSS	68.5	64.3	62.3
RS	43.4	31.9	26.7
SPH	49.6	39.7	33.4
SBH	66.3	58.4	52.7

จะเห็นได้ว่าแม้จะเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลออกของอาหารจากกระเพาะรูเมนช้าลงก็ไม่ได้ช่วยให้ค่า ED ของต้นอ้อยแห้งสูงขึ้นมากเมื่อเทียบการเปลี่ยนแปลง ED ของอาหารอื่นๆ ได้แก่ ฟางข้าว เปลือกฝักถั่วเหลือง และต้นถั่วเหลืองติดฝักแห้ง แสดงให้เห็นว่าเยื่อใยในต้นอ้อยแห้งเป็นชนิดที่ย่อยได้ยากกว่า ฟางข้าว เปลือกฝักถั่วเหลือง และต้นถั่วเหลืองติดฝักแห้ง

4.5 การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุและพลังงานโดยวิธีวัดปริมาณแก๊ส

ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นที่ชั่วโมงต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 22 จะเห็นว่าปริมาณแก๊สเกิดขึ้นในช่วงต้นอย่างรวดเร็วแต่หลังจากชั่วโมงที่ 48 การเกิดแก๊สจะเป็นไปในอัตราที่ช้ามากดังจะเห็นได้จากปริมาณแก๊สที่เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย สอดคล้องกับค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งโดยวิธีใช้ถุงไนล่อน ทั้งนี้เนื่องจากต้นอ้อยมีน้ำตาล (NFC) อยู่มากซึ่งเป็นส่วนที่จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้ง่ายดังได้กล่าวแล้ว

ตารางที่ 22 ปริมาณแก๊สจากกระบวนการย่อยสลายต้นอ้อยแห้งที่ชั่วโมงต่างๆ

Table 22 Gas production (ml/200 mgDM) from incubated dried sugarcane stalk at various incubation time

Incubation time (hrs)								A	B	c
2	4	8	12	24	48	72	96	(ml)	(ml)	(ml/h)
23.6	30.5	42.3	50.1	64.4	75.0	81.6	83.4	18.18	64.55	0.054

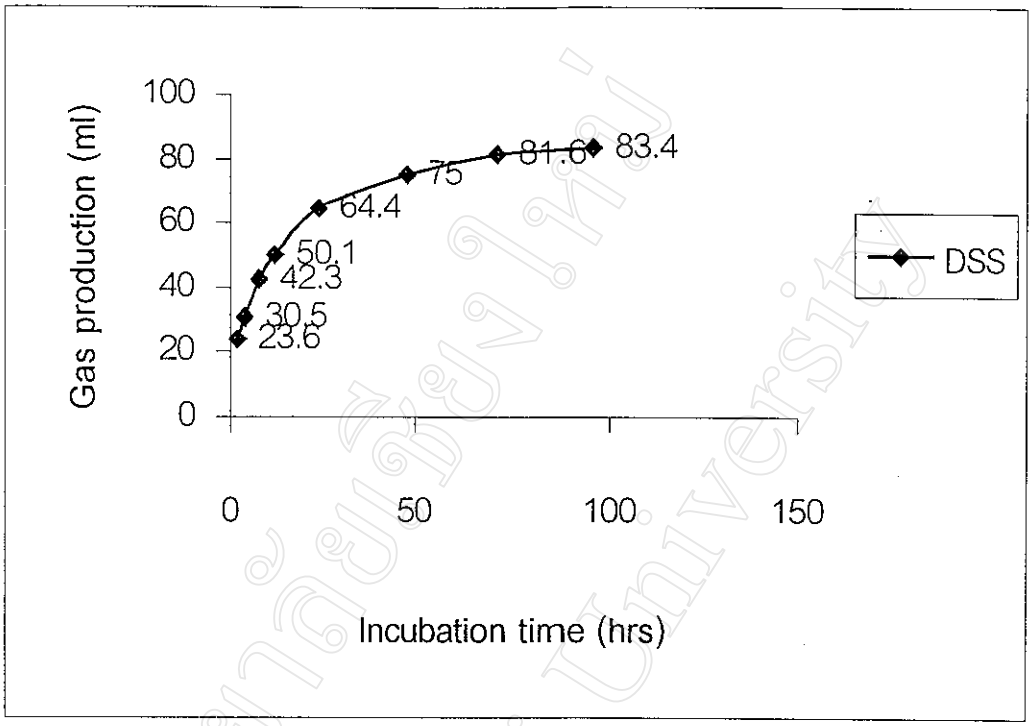
เมื่อนำค่าแก๊สที่เกิดขึ้นที่เวลา 24 ชม. มาคำนวณค่า OMD, ME และ NEL โดยอาศัยสมการของ Menke and Steingrass (1988) เสนอไว้

$$\text{OMD (\%)} = 15.38 + 0.8453\ Gb + 0.0595\ XP + 0.0675\ XA$$

$$\text{ME (MJ/kgDM)} = 2.20 + 0.1357\ Gb + 0.0057\ XP + 0.0002859\ XP^2$$

$$\text{NEL (MJ/kgDM)} = 0.54 + 0.0959Gb + 0.0038XP + 0.0001733XP^2$$

$$1\ \text{Mcal} = 4.184\ \text{MJ}$$



ภาพที่ 8 ปริมาณแก๊สที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายของต้นอ้อยแห้งที่ชั่วโมงต่างๆ

Fig 8 Gas production (ml) of dried sugarcane stalk at various incubation time

ตารางที่ 23 ปริมาณแก๊สปรับที่ 24 ชั่วโมง ปริมาณโปรตีน เถ้า ค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ พลังงานเมแทบอไลซ์ และพลังงานสุทธิ ของต้นอ้อยแห้ง

Table 23 Adjusted gas production at 24 hr, CP, Ash, OMD, ME and NEL of dried sugarcane stalk

Adjusted gas production (ml)	XA (g/kg)	XP (g/kg)	XP^2 (g/kg)	OMD (%)	ME (Mcal/kgDM)	NEL (Mcal/kgDM)
57.35	15.5	13.7	187.69	65.71	2.41	1.46

ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 23 ค่า OMD (65.71%) มีค่าค่อนข้างสูง แต่ยังมีค่าที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยที่วัดจากตัวสัตว์จริงทั้งในโคและแกะ คือ 67.08% ค่า ME ที่ได้จากสมการทำนายเท่ากับ 2.41 Mcal/kgDM ส่วน NEL เท่ากับ 1.46 Mcal/kgDM สำหรับค่า ME ที่ได้นี้มีค่าอยู่ระหว่างค่า ME ที่ได้จากการคำนวณจากค่า TDN และ DE ซึ่งเท่ากับ 2.51 และ 2.23 Mcal/kgDM ตามลำดับ และใกล้เคียงกับรายงานของ Donefer and Latrille (1980) ซึ่งรายงานว่าต้นอ้อยมีค่า ME เท่ากับ 2.51 Mcal/kgDM

ส่วนค่า NEL ที่ได้จากค่าแก๊ส เมื่อเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณจาก TDN และ DE ในการศึกษานี้มีค่าในทำนองเดียวกับค่า ME และมีค่าต่ำกว่าที่ Donefer and Latrille (1980) รายงานเล็กน้อย (1.51, 1.39 และ 1.69 Mcal/kgDM ตามลำดับ เทียบกับ 1.46 Mcal/kgDM)

ตารางที่ 24 ค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ พลังงานเมแทบอไลซ์ และพลังงานสุทธิ จากการศึกษาในโคและแกะ เทียบกับที่ประเมินด้วยวิธีวัดปริมาณแก๊ส

Table 24 OMD, ME and NEL from *in vivo* digestibility study with cows and sheep compared with the values calculated from *in vitro* gas production

Nutrient	*In vivo*			*In vitro*
	Cows	Sheep	Average	Gas production
OMD(%)	69.16	66.21	67.68	65.71
ME(Mcal/kgDM)	2.51	2.55	2.53	2.41
NEL(Mcal/kgDM)	1.51	1.53	1.52	1.46

ส่วนของอาหารที่เหลือจากการบ่มหมักตัวอย่างจำนวน 500 มก. เป็นเวลา 24 ชม. เมื่อนำมาคำนวณค่าวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุที่ย่อยสลายอย่างแท้จริง (TDDM และ TDOM) ตลอดจนค่า partitioning factor (PF) ตามวิธีของ Bluemmel and Bullerdieck (1997) ได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 24

ตารางที่ 25 การย่อยสลายของวัตถุแห้ง และอินทรีย์วัตถุอย่างแท้จริง และ PF ของต้นอ้อยแห้ง

Table 25 Truly degraded DM and OM (%) and partitioning factor (PF) of dried sugarcane stalk

Substrate	% truly degraded	Adjusted Gb at 24 hrs (ml)	truly degraded (mg)	PF
DM	65.92	54.81	137.24	2.50
OM	66.07	54.81	135.44	2.47

พบว่า TDDM และ TDOM เท่ากับ 65.92% และ 66.07% ตามลำดับ ซึ่ง Bluemmel *et al.* (1994) รายงานว่า truly degraded substrate นี้มีความสัมพันธ์ทางตรงกับ microbial biomass yields และรายงานไว้อย่างน่าสนใจว่า อัตราส่วนของ truly degraded substrate (mg) ต่อ volume of gas production (ml) นี้เรียกว่า partitioning factor (PF) ดังแสดงในตารางที่ 23 จากรายงานของ Bluemmel and Bullerdieck (1997) ค่า PF ที่ได้จากการบ่มหมักตัวอย่าง 24 ชั่วโมง กับค่าวัตถุแห้งที่กินได้ มีค่าสหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.637 เมื่อนำค่า PF ที่ 24 ชั่วโมง มาเป็นปัจจัยหนึ่งในสมการทำนาย ปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ (DMI) ช่วยให้สมการ multiple regression มีค่า R^2 สูงขึ้น

อย่างไรก็ตามรายงานเกี่ยวกับการนำค่า PF มาใช้ในการทำนายปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ยังจำกัด ทำให้ไม่สามารถสรุปได้ในที่นี้ แต่เป็นเรื่องที่น่าจะได้มีการศึกษาต่อไป

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University