การประกอบสูตรอาหารสำหรับโคนม
2. ศึกษาระดับของคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ง่าย

1) ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ปัจจุบันเกษตรกรไทยมีการเลี้ยงโคนมเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับ จากปี 2532 ประเทศไทยมีจำนวนแม่โคทั้งหมด 96,646 ตัว ในจำนวนนี้เป็นแม่โครีดนม 56,905 ตัว (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2533) จากการสำรวจของ จีระชัย และคณะ (2533) พบว่าอัตราการผสมติดของแม่โคนมในประเทศไทยมีค่า 42.03% ดังนั้นจะมีลูกโคเกิดในปี 2533 ประมาณ 40,620 ตัว และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โคนมที่นิยมเลี้ยงเป็นโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียน ปี พ.ศ. 2538 ได้มีการนำโคนมเข้ามาโดยกรมปศุสัตว์มากกว่า 40,000 ตัว ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียนและพันธุ์ซาลฮิวาลฟรีเซี่ยน และเมื่อคำนวณแล้วโคนมที่มีทั้งหมดในประเทศประมาณ 120,000 ตัว โดยมีสายเลือดลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยนเฉลี่ยประมาณ 65 – 70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งให้น้ำนมเฉลี่ยวันละ 10± กิโลกรัมต่อตัว ทำให้มีน้ำนมสู่ตลาดวันละ 1,200 ตันหรือประมาณปีละ 360,000 ตันซึ่งคิดเป็น 30 เปอร์เซนต์ ของความต้องการบริโภคทั้งหมดของประเทศ (สมชาย, 2529;อ้างโดย ศรเทพ, 2539) ดำรง (2537) กล่าวว่าค่าเฉลี่ยการให้นมของโคนมในประเทศไทยอยู่ที่ประมาณ 9 – 10 กิโลกรัม ต่อตัวต่อวัน ในหนึ่งช่วงระยะการให้นม (รวมประมาณ 3,000 กิโลกรัมต่อหนึ่งระยะการให้นม) ทั้งที่ศักยภาพตามพันธุกรรมควรจะอยู่ในเกณฑ์ 15 กิโลกรัม ต่อวันต่อตัว (รวมประมาณ 4,500 กิโลกรัมต่อหนึ่งระยะการให้นม)

สัตว์เคี้ยวเอื้องได้แก่ โคเนื้อ โคนม และกระบือ จะได้รับโภชนะและดำรงชีพอยู่ได้โดยอาศัยผลผลิตสุดท้ายจากกระบวนการหมัก (เช่น เซลล์ของจุลินทรีย์, VFA) และโภชนะที่ไหลผ่าน ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการใช้ประโยชน์ของแอมโมเนียในกระเพาะหมักเพื่อการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน ได้แก่คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง (non-structural carbohydrate, NSC) (ARC,1988: เมธา 2533) ในโคนมที่ให้ผลผลิตน้ำนมสูงๆ มักจะถูกจำกัดด้วยปริมาณพลังงานและกรดแอมมิโนที่ไหลผ่านไปยังลำไส้เล็ก และเนื่องจากการเสริมโปรตีนแท้ในอาหารมีราคาแพง ดังนั้นการเพิ่มการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนในกระเพาะหมัก การเพิ่มการไหลผ่านของโปรตินแท้จึงเป็นแนวทางที่สามารถรักษาระดับของผลผลิตน้ำนมให้คงอยู่ได้ จากการวิจัยในต่างประเทศการใช้คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ง่าย สามารถเพิ่มการใช้ประโยชน์กรดแอมมิโนในกระเพาะหมักเพื่อการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน (microbial protein synthesis) ให้สูงขึ้น (Casper and Schingoethe, 1989 ; MacGregor et. al., 1983) แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาถึงการใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ในท้องถิ่นซึ่งมีความสามารถในการย่อยสลายได้สูง เช่น มันสำปะหลัง (กฤตพล และ คณะ 2533) มีปริมาณมากอยู่ในประเทศยังไม่ได้มุ่งเน้นศึกษาถึงการนำไปใช้อย่างละเอียดชัดเจน เช่น การนำมันสำปะหลังไปใช้ในสูตรอาหารโคนมร่วมกับการใช้สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non - protein nitrogen, NPN) ศึกษาถึงระดับที่เหมาะสมของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง ซึ่งถือว่าเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ง่ายในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยการใช้มันสำปะหลังในสูตรอาหารโคนมระดับต่างๆ กัน 4 ระดับ เพื่อศึกษาถึงปริมาณการนำไปใช้มันสำปะหลังในอาหารโคนม เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโคนมในการเป็นแหล่งพลังงานหลัก (energy source) โดยศึกษาในโคนมที่ให้น้ำนมในช่วงแรก (early lactation) และช่วงกลาง (mid lactation) ของการให้น้ำนม

เนื่องจากเป็นช่วงที่สัตว์มีความต้องการพลังงานสูงและมีอิทธิพลต่อความคงทนหรือสม่ำเสมอ (persistency) ของการให้น้ำนมระดับสูง (high production) นอกจากนั้นแล้วในช่วงดังกล่าวโคนมยังมีความต้องการอาหารพลังงานเพื่อการใช้ในกระบวนการทางเมแทบอลิซึมและการสืบพันธุ์ในปริมาณที่สูงด้วย ดังนั้นเพื่อเป็นการศึกษาถึงการใช้ประโยชน์ของมันสำปะหลังในสูตรอาหารโคนม เป็นแนวทางในการเลือกใช้ในระดับที่เหมาะสมตลอดจนเป็นการเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของมันสำปะหลังในเชิงพาณิชย์ ซึ่งจากการรายงานจากเอกสารวิจัยที่ผ่านมายังไม่ได้มีการศึกษาวิจัยถึงการนำไปใช้ประโยชน์อย่างลึกซึ้งและจริงจังในสูตรอาหารโคนม ทั้งนี้เพื่อเป็นการพัฒนาการนำไปใช้ประโยชน์ในสัตว์ที่ให้ผลผลิตระยะต่างๆ รวมทั้งสัตว์วัยอ่อนและการเจริญเติบโตด้วย

2) วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาระดับของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง (non-structural carbohydrate, NSC)ในอาหารโคนม

2.2 เพื่อศึกษาแหล่งพลังงานที่เหมาะสมต่อการเพิ่มผลผลิต โดยใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานหลัก

2.3 เพื่อศึกษาระดับของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้างที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางเมแทบอลิซึมในกระเพาะหมัก

2.4 เพื่อศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในโคนมที่ใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานหลัก

3) ขอบเขตของงานวิจัย

ศึกษาระดับที่เหมาะสมของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้างในสูตรอาหารสำหรับโคกำลังให้น้ำนมโดยใช้มันเส้น (มันสำปะหลัง) เป็นอาหารพลังงานหลักในสูตรอาหารโคนม โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียน 50% และ 75%

4) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง (non-structural carbohydrate, NSC) หรือคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ง่าย (reading fermentable carbohydrate, RFC)องค์ประกอบส่วนใหญ่คือ น้ำตาล แป้ง และเพคติน และสามารถย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักได้สูง 80-100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและขนาดของอาหาร อัตราความเร็วในการสลายตัวและการหมักคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะหมักจะผันแปรและส่งผลต่อสภาพภายในกระเพาะหมัก คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้างจัดเป็นแหล่งของพลังงานที่สำคัญมากสำหรับจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก และมีความสัมพันธ์กับปริมาณและคุณภาพของน้ำนม ในการเพิ่มระดับของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้างของอาหารสำหรับโคให้สูงขึ้น สามารถจะช่วยเพิ่มปริมาณ และโปรตีนในน้ำนม ซึ่งในขณะเดียวกันก็จะมีผลต่อการลดลงของไขมันในน้ำนม และอาจจะก่อให้เกิดความผิดปกติทางสรีรวิทยาของกระเพาะ (bloat, acidosis, and laminitis) (Coomer and Amos, 1992) Stern et al (1978) ได้ศึกษาผลของ NSC ต่อ

ระดับ pH ในกระเพาะหมักพบว่าเมื่อมีการใช้ NSC 3 ระดับคือ 19.6%, 32.6%, และ 49% ของอาหารทั้งหมด จะมีผลต่อการลดลงของ pH จาก 6.61, 6.58, และ 6.58 ตามลำดับ สอดคล้องกับ Feng et al. (1993) ที่ทดลองพบว่าเมื่อใช้ระดับ NSC ระดับ 29% และ 39% จะมีผลต่อระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) 6.07 และ 5.88 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าระดับ NSC ที่มีระดับสูงจะมีผลทำให้ระดับ pH ต่ำลง สำหรับผลของ NSC ต่อ NH_3-N จากการรายงานของ Aldrich et al. (1993) พบว่าช่วงที่มีการย่อยสลาย NSC ระดับสูงในอาหารที่มี NPN สูงจะมีผลให้ pH ลดลง ระดับของ NH_3-N จะสัมพันธ์กับโปรตีนที่ใช้ โดยมีระดับเหมาะสม ซึ่งจะต่ำลงเมื่อมี NSC เพิ่มขึ้น (9.6 และ 13.6 mg/dl.) ส่วน Nocek and Tamminga (1991) รายงานว่าคาร์โบไฮเดรตมีความสำคัญโดยเฉพาะ NSC ซึ่งสามารถใช้เป็นแหล่งของพลังงานสำหรับการเจริญและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักได้สูงและรวดเร็ว จะมีผลต่อการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้าง (structural carbohydrate, SC) ได้รวดเร็วขึ้นด้วย

Ishler at al. (1996) อ้างโดย Bethard (1997) กล่าวว่า ระดับ NSC ในอาหารโคนมที่เหมาะสมคือ ระดับ 32 - 38 % ของอาหารทั้งหมดโดยไม่คำนึงถึงระยะของการให้นม สำหรับการใช้ NSC ในระดับสูงถึง 40 - 42 % อาจมีผลเสียต่อสุขภาพของโคนมได้ โคนมที่ได้รับอาหารที่มีระดับ NSC สูงกว่า 42 % จะไวมากต่อการเกิด Acidosis ได้ง่าย กระบวนการหมักภายในกระเพาะหมักจะเกิดรวดเร็วและมีผลต่อ pH ในกระเพาะที่ลดลง ส่งผลเสียต่อการเจริญของจุลินทรีย์ การย่อยได้ของเยื่อใย การผลิตกรดอะซิติก (acetic acid) ซึ่งไม่สามารถผลิตขึ้นมาได้ในสภาพที่ pH ต่ำ การผลิตกรดโปรพิโอนิค (propionic acid) ต่อ กรดอะซิติกเพิ่มขึ้น และสภาพของ papillae ถูกทำลาย รวมทั้งมีการกินได้ของวัตถุแห้ง การผลิตน้ำนม และไขมันในน้ำนมลดลง ส่วนแหล่งของ NSC ส่วนมากจะได้จากเมล็ดธัญพืช ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่จำเป็นสำหรับโคให้นมมากโดยเฉพาะมีผลต่อการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนในระดับสูงและ ประสิทธิภาพของโปรตีนไหลผ่านด้วย มีการรายงานเกี่ยวกับการเพิ่มการใช้ประโยชน์ของ NH_3-N สำหรับการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนได้มากขึ้น เมื่อมีใช้ NSC ระดับสูงขึ้น (Casper and Schingoethe, 1989)

Table 1 ผลของระดับ NSC ต่อการกินได้ ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนม

References	NSC levels	Intake,%BW	Milk yield,kg	Milk fat,%	4%FCM
MacGregor et al., 1983	25%NSC	2.8	33.9	4.1	32.1
	33%NSC	3.0	34.9	3.5	31.7
Beauchemin et al., 1997	24%NSC	3.3	26.4	2.3	19.8
	42%NSC	3.4	26.0	2.9	21.8
โอภาส และคณะ, 2540	42%NSC	4.0	16.7	3.1	14.4
	45%NSC	4.2	14.3	3.6	13.4
	49%NSC	3.9	16.3	3.5	15.1
กฤตพล และคณะ, 2540	30%NSC	3.2	11.9	3.8	11.5
(concentrate)	35%NSC	3.5	12.4	4.0	13.0
	40%NSC	3.6	13.4	3.7	13.2

5) ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

5.1 ได้ข้อมูลเกี่ยวกับระดับของคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ง่าย ในอาหารโคนม

5.2 ได้ข้อมูลแหล่งพลังงานที่เหมาะสมต่อการเพิ่มผลผลิตของโค โดยใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานหลัก

5.3 ได้ข้อมูลผลที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางเมแทบอลิซึมในกระเพาะหมัก

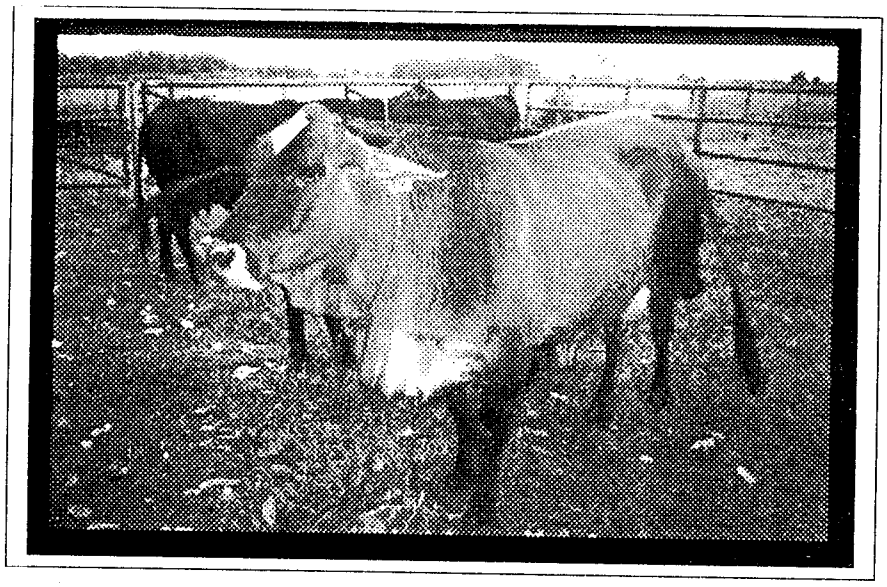
5.4 ได้ข้อมูลผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ด้านต้นทุนการผลิต ในการใช้มันสำปะหลังในสูตรอาหารข้น

วิธีการวิจัย

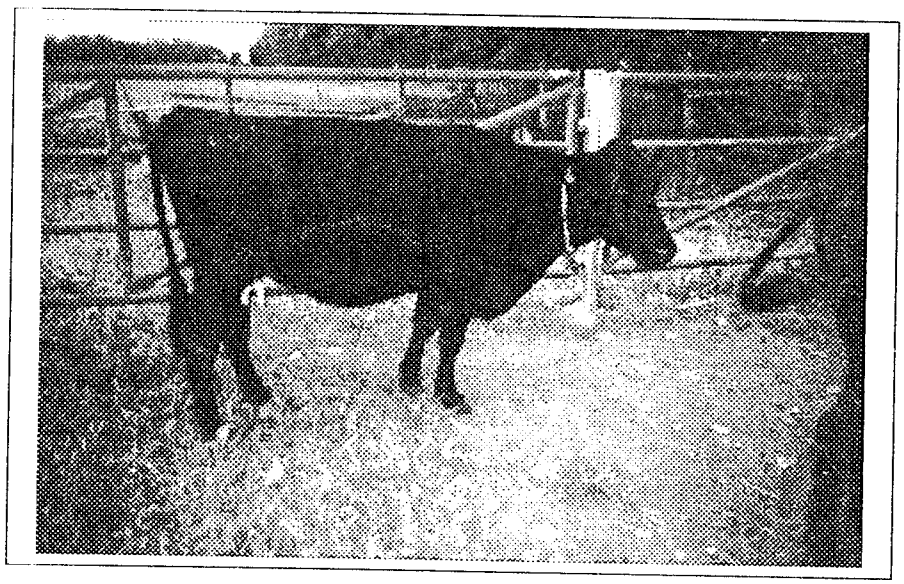
6) อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

สัตว์ทดลอง ใช้โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน 50 % จำนวน 4 ตัวและ 75 % จำนวน 4 ตัว มีช่วงให้นม (lactation) ที่ 3, 4 และ 5 เท่ากัน โคนมมีน้ำหนักเฉลี่ย 389.8±27.5 กิโลกรัม อยู่ในระยะให้นมช่วงกลาง (mid lactation) วันที่ให้นมเริ่มต้นทดลอง 141±43.5 วัน จัดสุ่มสัตว์ตามแผนการทดลองแบบ two 4x4 Latin Square Design โคทุกตัวจะได้รับการถ่ายพยาธิภายในและภายนอกด้วย nitroxylny injection 34% ขนาด 1.5 ml/50 kgBW พร้อมการให้ไวตามิน AD_3E ประกอบด้วยไวตามินเอ 50000 IU, ไวตามิน D_3 10000 IU และ ไวตามิน E 10 IU โดยการฉีดเข้ากล้ามเนื้อ 5 ml/ตัวก่อนเข้าทดลอง และนำเข้าขังคอกเดี่ยว ขนาด 2 x 4 เมตร มีรางอาหารและรางน้ำสะอาดให้กินตลอดเวลาเฉพาะแต่ละคอก

การให้อาหาร ทำการทดลองระดับคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง (non-structural carbohydrate, NSC) ในสูตรอาหารข้น 4 ระดับ คือ 54, 58, 62 และ 66 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานหลัก (ตารางที่ 1) หรือคิดเป็น 38%, 41%, 44%, และ 47% ของอาหารทั้งหมด โดยปรับทุกสูตรให้มีโปรตีนหยาบ (crude protein, CP) เท่ากันที่ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยให้ร่วมกับอาหารหยาบ (หญ้ารูซี่แห้ง) ที่สับให้มีขนาด 3-5 ซม. และผสมกันตามอัตราส่วน 70:30 ก่อนนำไปให้สัตว์กินตลอดช่วงการทดลอง ในเวลา 0700 น. และ 1700 น. โดยคำนวณให้สัตว์ได้รับโภชนะตามความต้องการตามน้ำหนักตัวและการให้ผลผลิต (NRC, 1989) ทั้งในระยะปรับสัตว์ทดลอง (preliminary period) ซึ่งใช้เวลา 14 วัน และในระยะทดลอง (experimental period) แบ่งเป็น 4 ระยะทดลอง แต่ละระยะทดลองใช้เวลา 28 วัน โดยการให้อาหารกับสัตว์อย่างเต็มที่ (ad libitum)



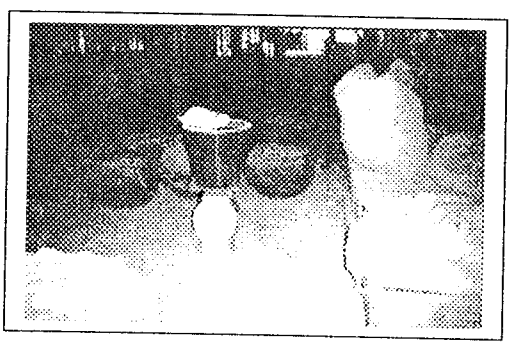
รูปที่ 1 พันธุ์โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน 50% ที่ใช้ในการทดลอง



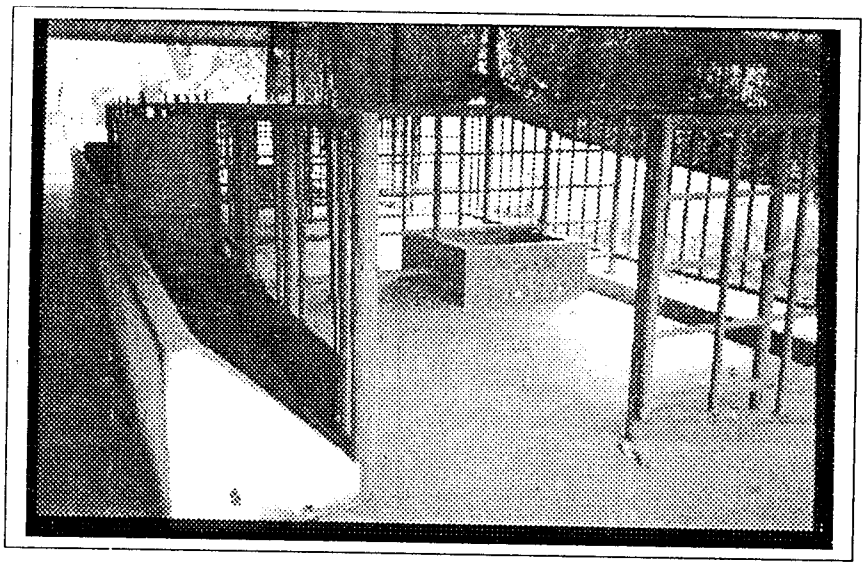
รูปที่ 2 พันธุ์โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน 75% ที่ใช้ในการทดลอง

Table 2 Ingredient composition of concentrates used in the experiment (% DM basis).

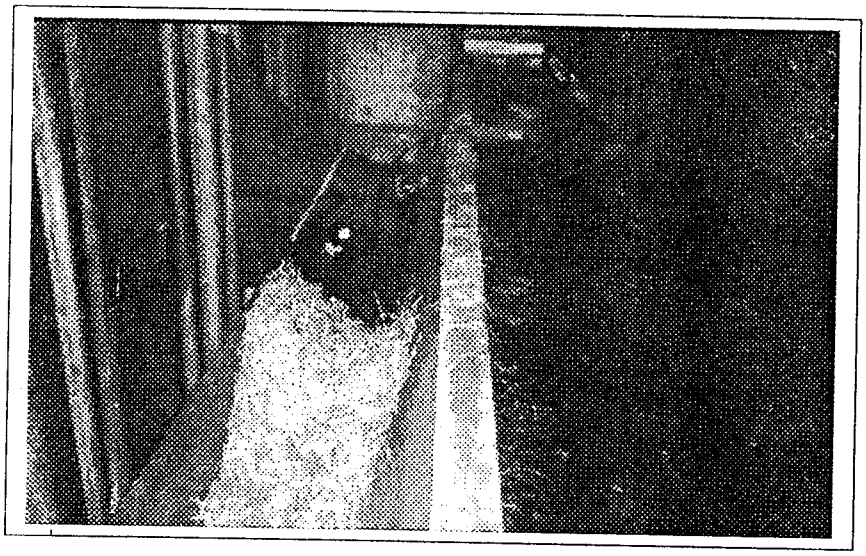
Ingredients	NSC levels			
	52%	54%	62%	66%
Cassava chip	25.00	35.00	45.00	55.00
Soybean meal	13.00	10.00	8.00	0.00
Rice bran	25.00	15.00	5.00	0.00
Cotton seed meal	14.00	14.00	14.00	14.00
Dried brewery grains	0.00	5.00	10.00	15.00
Corn meal	19.00	16.50	13.00	10.00
Urea	0.00	0.50	1.00	2.00
Dicalcium phosphate	1.00	1.00	1.00	1.00
Limestone	1.00	1.00	1.00	1.00
Salt	1.00	1.00	1.00	1.00
Premix mineral AD$_3$E	1.00	1.00	1.00	1.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition (by calculation)				
CP %	20.50	20.37	20.62	20.19
RUIP %	38.73	35.93	32.68	28.65
NSC %	53.70	58.35	62.36	66.06
NE_l Mcal/kg	1.79	1.79	1.79	1.76
Feed cost (baht/kg)	5.23	4.96	4.74	4.18



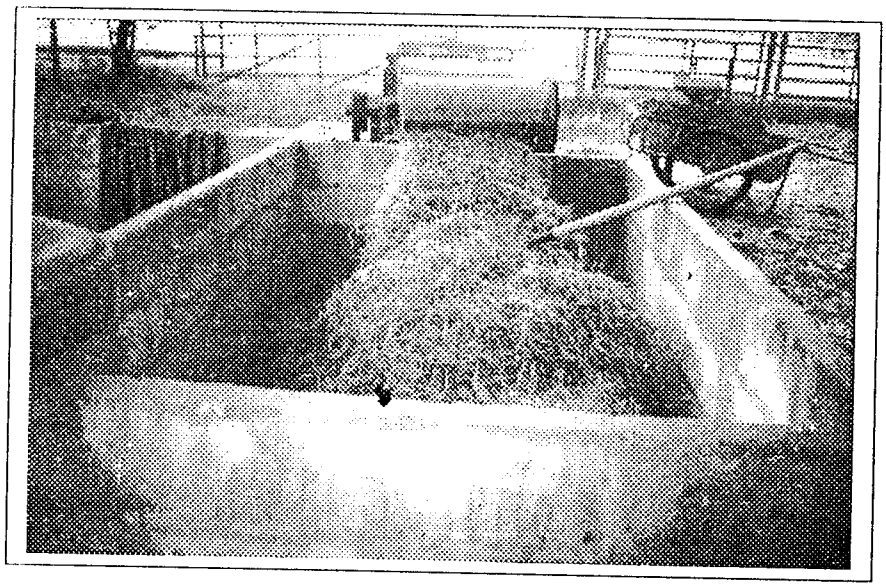
รูปที่ 3 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการให้อาหาร



รูปที่ 4 สภาพคอกทดลองขนาด 2x4 เมตร มีรางน้ำและรางอาหาร



รูปที่ 5 ลักษณะรางอาหารและการกินอาหารของโคที่ใช้ทดลอง



รูปที่ 6 ลักษณะของหญ้ารูซี่แห้งสับ

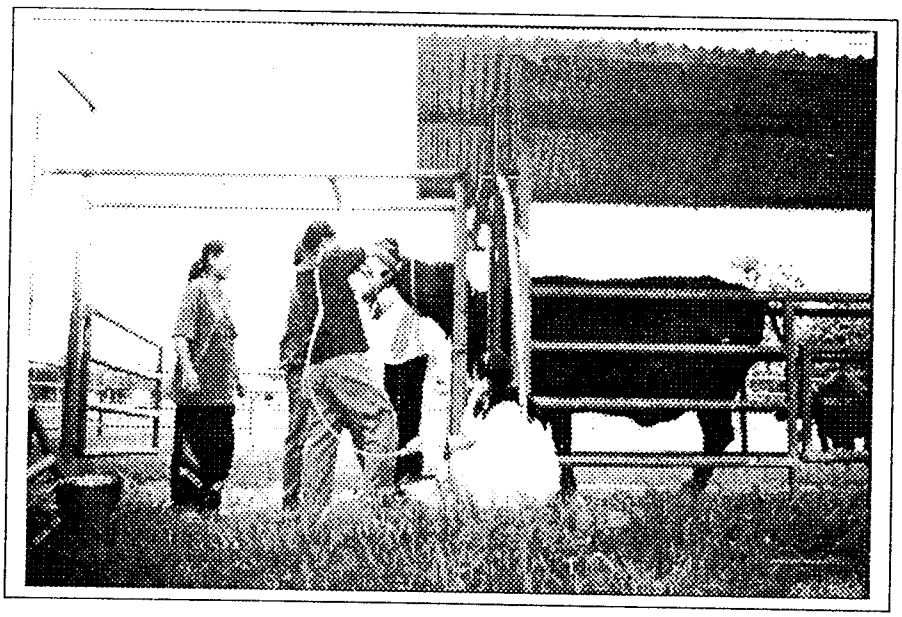
การเก็บข้อมูลและการเก็บตัวอย่าง ทำการรีดนมด้วยเครื่องรีดนมในตอนเช้าเวลา 05.30 น. และตอนเย็นเวลา 16.30 น และบันทึกปริมาณน้ำนมที่รีดได้จากแม่โคแต่ละตัว ทุกวันตลอดการทดลอง บันทึกปริมาณการกินได้ของอาหารทุกวันในตอนเช้าของวันถัดไปก่อนให้อาหารตอนเช้า และ เก็บตัวอย่างอาหารข้นและอาหารหยาบในระหว่างการทดลองทุกๆ ระยะทดลอง เพื่อวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมี คือ วัตถุแห้ง (dry matter, DM), เถ้า (ash), โปรตีนหยาบ (crude protein, CP) ตามวิธีมาตรฐานของ AOAC (1985) และวิเคราะห์หาผนังเซลล์ (neutral-detergent fiber, NDF) acid-detergent fiber, ADF ตามวิธีการของ Goering and Van Soest (1970) เก็บตัวอย่างมูลสัตว์ทุกตัวในแต่ละระยะทดลอง โดยเก็บในช่วงเช้า และไม่มีการปนเปื้อนของดิน นำตัวอย่างมูลเก็บไว้ในตู้แช่แข็งทันที เพื่อรอการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ตัวอย่างอาหารสัตว์ นอกจากนี้ยังวิเคราะห์ตัวบ่งชี้ภายใน คือ acid-insoluble ash (AIA) โดยใช้ 2 N HCl ตามวิธีการของ Van Keulen and Young (1977) เพื่อคำนวณสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ DM, OM, CP และ NDF ตามวิธีการของ Schnieder and Flatt (1975) ดังนี้

$$\text{สัมประสิทธิ์ของการย่อยได้ของวัตถุแห้ง} = 100 - 100 \times \frac{\%\text{AIA ในอาหาร}}{\%\text{ AIA ในมูล}}$$

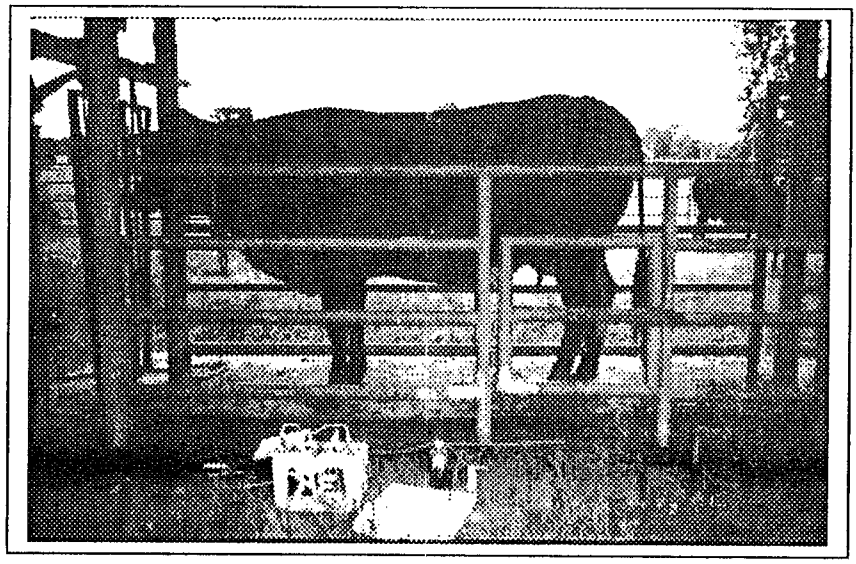
$$\text{สัมประสิทธิ์ของการย่อยได้ของโภชนะ} = 100 - 100 \times \frac{(\%\text{AIA ในอาหาร}) \times (\%\text{โภชนะในมูล})}{(\%\text{AIA ในมูล}) \times (\%\text{โภชนะในอาหาร})}$$

ทำการสุ่มของเหลวจากกระเพาะหมักในวันสุดท้ายของแต่ละระยะทดลอง โดยใช้ stomach tube ร่วมกับ vacuum pump จากสัตว์แต่ละตัว ในช่วงเวลาหลังให้อาหารตอนเช้า 4 ชั่วโมง วัด pH ของของเหลวจากกระเพาะหมักทันทีด้วยเครื่องวัด pH/Temperature meter (Model 671 บริษัท Extech) จากนั้นตวงให้ได้ปริมาณ 100 มล. เติมกรด 6N HCl เพื่อหยุดกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ นำไปปั่นเหวี่ยงใส (centrifuge) ที่ 2000 rpm เป็นเวลา 10 นาที นำน้ำใส (supernatant) แช่แข็งไว้รอการวิเคราะห์หา NH_3-N ด้วยวิธีการกลั่น (Bremmer and Keeney, 1965)

ตัวอย่างน้ำนมจะสุ่มเก็บ 2 วันสุดท้ายของแต่ละระยะทดลองติดต่อกัน โดยเก็บในตอนเช้าและตอนเย็นครั้งละ 100 มล.ต่อตัว นำมารวมกันและวิเคราะห์หาองค์ประกอบที่สำคัญ คือ โปรตีน, ไขมัน, ของแข็งทั้งหมด (total solids, TS), และของแข็งไม่รวมไขมัน (solids not fat, SNF) ด้วยเครื่อง Milko-scan 33 (Foss electric, Denmark)



รูปที่ 7 การสุ่มเก็บของเหลวในกระเพาะหมักหลังการให้อาหาร 4 ชั่วโมง



รูปที่ 8 การชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งแบบเคลื่อนที่

ข้อมูลต่างๆ จากการทดลอง ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of Varinace (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ two 4x4 Latin Square Design และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้ Proc GLM (SAS, 1986) มีสมการในการวิเคราะห์

Model $Y_{ijkl} = \mu + S_i + R_{ij} + C_{ik} + Trt_{l(ijk)} + \varepsilon_{ijkl}$

Y_{ijkl}= ค่าสังเกตที่ได้จากสิ่งทดลอง

μ =ค่าเฉลี่ยทั้งหมดในการทดลอง

S_i = อิทธิพลจาก square

R_{ij} = อิทธิพลของเวลา (period)

C_{ik} = อิทธิพลจากตัวสัตว์

$Trt_{l(ijk)}$ = อิทธิพลจากสิ่งทดลอง (treatment)

ε_{ijkl} = ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการทดลอง

หอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

7) ผลการทดลอง

ส่วนประกอบทางเคมีของอาหาร

ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารข้นทั้ง 4 สูตร และหญ้ารูซี่แห้งที่ใช้ในการทดลอง อาหารข้นและอาหารหยาบในแต่ละช่วงการทดลอง มีองค์ประกอบทางเคมีแปรปรวนน้อยมาก ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3

Table 3 Chemical composition of concentrates and roughage used in the experiment. (MEAN+SEM)

Item	DM	Ash	CP	NDF	ADF
	%	% dry matter basis			
Concentrate 54%NSC	94.6±0.1	9.6+0.1	19.9+0.1	20.8+0.8	11.7±0.5
Concentrate 58%NSC	94.6+0.1	9.5±0.3	20.9±0.1	24.9±0.7	11.9±0.2
Concentrate 62%NSC	95.1±0.04	8.7±0.02	21.1+0.7	28.6±0.8	13.3±0.5
Concentrate 66%NSC	95.4±0.5	9.4±0.1	20.7+0.1	34.9+0.7	15.8+0.1
Dried ruzi grass	93.4±0.3	5.7±0.7	6.1±0.1	81.4+3.6	48.1±1.1

DM = dry matter; CP = crude protein, NDF = neutral-detergent fiber

ADF= acid-detergent fiber

ปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของอาหาร

ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งทั้งหมดของโคลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน 50% และ 75% ที่ได้รับอาหารหยาบและอาหารข้นที่มี NSC ทั้ง 4 ระดับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4) ส่วนสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ DM, และ OM ของอาหารทั้งหมดที่ได้รับอาหารข้นที่มีระดับ NSC เท่ากับ 54, 58, 62 และ 66% มีแนวโน้มที่ลดลง ตามระดับการเพิ่มขึ้นของระดับ NSC แต่สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ NDF กลับมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) อย่างไรก็ดี สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ DM, OM และ NDF ของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน 50% มีแนวโน้มที่สูงกว่าโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน 75%

Table 4 Effect of NSC levels on feed intake and digestibilities.

Item	NSC level					Crossbred		
	38%	41%	44%	47%	±SE	50%	75%	±SE
Body weight (BW), kg	411.3	415.3	413.6	414.0	2.92	406.6	420.4	2.06
BW change, kg/d	0.3	0.3	0.6	0.3	0.18	0.3	0.5	0.18
Total DM intake								
Kg/d	12.0	12.4	12.3	12.2	0.14	12.3	12.2	0.14
%BW	2.9	3.0	3.1	3.0	0.03	3.1	3.0	0.25
G/kg $BW^{0.75}$	138.8	135.2	133.5	134.9	2.82	137.1	134.2	1.91
Digestion coefficient, %								
DM	70.7	70.1	69.3	68.5	1.60	70.6	68.6	1.12
OM	73.1	72.8	71.9	71.8	1.54	73.5	71.4	1.09
NDF	62.9	64.8	63.4	66.7	1.89	66.1	62.8	1.34
Nutrient intake								
Protein kg/d	1.8	2.0	2.0	2.0	0.06	2.0	1.91	0.04
OM kg/d	7.3	7.7	8.0	8.4	0.4	8.2	7.5	0.3
Digestible nutrient intake								
ME, Mcal/d	2.3	2.4	2.5	2.6	0.1	2.6	2.3	0.1

DM = dry matter, OM = organic matter, NDF = neutral-detergent fiber,

ผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม

ปริมาณของผลผลิตน้ำนมต่อตัวต่อวันและองค์ประกอบของน้ำนม (ไขมัน, โปรตีน, แลคโตส, ของแข็งไม่รวมไขมัน, ของแข็งทั้งหมด) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างระดับ NSC ในสูตรอาหารข้น ($p>0.05$) (ตารางที่ 5) แต่พบว่า 4%FCM ของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน 50% สูงกว่าโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน 75% อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

Table 5 Effect of NSC levels on milk yield and milk composition.

Item	NSC level					Crossbred		
	38%	41%	44%	47%	±SE	50%	75%	±SE
Milk yield, kg/day	9.4	9.7	9.3	9.4	0.15	10.4	8.6	0.11
4% FCM, kg/day	8.5	8.6	8.4	8.8	0.26	9.3	7.9	0.19
Fat yield, kg/d	0.29	0.31	0.30	0.32	0.02	0.32	0.29	0.01
Protein yield, kg/d	0.29	0.30	0.29	0.30	0.01	0.33	0.27	0.007
Milk composition								
Fat, %	3.3	3.3	3.3	3.4	0.10	3.3	3.4	0.08
Protein, %	3.0	3.1	3.1	3.1	0.04	3.1	3.1	0.03
Lactose, %	4.5	4.5	4.6	4.6	0.12	4.6	4.5	0.90
Solid not fat, %	8.1	8.1	8.2	7.9	0.21	8.2	7.9	0.15
Total Solid, %	11.2	11.5	11.7	11.5	0.20	11.6	11.4	0.14

ค่าความเป็นกรด-ด่างและระดับแอมโมเนียไนโตรเจนในของเหลวในกระเพาะหมัก

โคนมที่ได้รับอาหารผสมที่มีระดับ NSC 54%, 58%, 62% และ 66% ในสูตรอาหารข้น พบว่า ค่า pH ในของเหลวจากกระเพาะหมักที่ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหารตอนเช้าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เช่นเดียวกับระดับ NH_3-N ในของเหลวจากกระเพาะหมัก (ตารางที่ 6) ซึ่งค่าของ pH อยู่ในช่วง 6.5-6.7 และ NH_3-N อยู่ระหว่าง 46.2-54.2 mg/l

Table 6 Effect of NSC levels on pH, and ammonia-nitrogen (NH_3-N) in rumen fluid.

Item	NSC level					Crossbred		
	38%	41%	44%	47%	±SE	50%	75%	±SE
PH	6.7	6.6	6.5	6.6	0.05	6.7	6.5	0.03
NH_3-N, mg/l	53.4	54.2	52.0	46.5	3.0	53.7	49.4	2.12

ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

เมื่อทำการคำนวณต้นทุนของอาหารข้นที่ระดับ NSC (มันเส้น) ต่าง ๆกัน 54%, 58%, 62% และ 66% พบว่ามีราคาต่อหน่วย 5.23, 4.96, 4.74, และ 4.18 บาทต่อ กิโลกรัมตามลำดับ และจากการคำนวณต้นทุนการผลิตต่อหน่วยน้ำนมต่อวัน หักค่าใช้จ่ายเฉพาะด้านอาหารออก โดยไม่รวมต้นทุนการผลิตอื่นๆ พบว่าอาหารสูตรที่มีระดับ NSC 66% มีราคาต่อหน่วยที่ให้ผลตอบแทนดีที่สุด 41.9 บาทต่อวัน เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารข้นสูตรระดับ NSC 52%, 58% และ 62% เท่ากับ 34.5, 38.5 และ 36.8 บาทต่อวัน (ตารางที่ 6)

เมื่อปรับ 4% ไขมัน (4%FCM) พบว่าค่าตอบแทนที่ได้ต่อวันของ NSC 54%, 58%, 62% และ 66% เท่ากับ 26.4, 28.6, 28.7 และ 36.5 บาทต่อวันตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าอาหารข้นที่มีระดับ NSC ระดับ 66% จะให้ตอบแทนสูงสุด 36.5 บาทต่อวัน จึงสามารถสรุปได้ว่าต้นทุนการผลิตที่คำนวณ 4%FCM ให้ผลตอบแทนในทางเศรษฐกิจดีที่สุดและราคาต้นทุนต่ำที่สุด เมื่อคำนวณจากราคาอาหารต่อกิโลกรัม

Table 7 Economic evaluetion of concentrate different containing NSC levels.

Item	NSC level			
	38%	41%	44%	47%
Milk yield				
Feed cost (baht/day)[a]	44.9	43.9	45.3	42.7
Milk income (baht/day)[b]	84.6	87.3	83.7	84.6
Income over feed				
Cost (baht/day)	34.5	38.5	36.8	41.9
Relative rank	4	2	3	1
4%FCM				
Feed cost (baht/day)	41.9	43.86	45.3	42.7
Milk income (baht/day)	76.5	77.4	75.6	79.2
Income over feed				
Cost (baht/day)	26.4	28.6	28.7	36.5
Relative rank	4	3	2	1

A = Feed cost (baht/kg) concentrate NSC level 54%=5.23, 58%=4.96, 62%=4.74, 66%=4.18, ruzi hay=1.5

B =9 baht/kg milk

8) วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลอง พบว่า สามารถใช้ NSC ในสูตรอาหารข้นได้สูงถึง 66% หรือคิดเป็น 47% ของอาหารทั้งหมด ซึ่งไม่มีผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ทั้งหมด การให้นมปรับไขมัน 4% และองค์ประกอบน้ำนมและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจดีที่สุด แต่การให้นมปรับไขมัน 4% ของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน 50% (9.3±0.19 กก./วัน) สูงกว่าโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียน 75% (7.9±0.19 กก./วัน) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

การใช้มันเส้น เป็นแหล่งพลังงานในสูตรอาหารข้นสำหรับโคนมที่มีระดับ NSC 4 ระดับ แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้มันเส้นได้ในระดับที่สูงถึง 55% ในสูตรอาหารข้น หรือระดับ NSC 47% ในสูตรอาหารทั้งหมด สอดคล้องกับ โอภาส และคณะ (2540) ที่ทำการทดลองในโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน (50%) ที่ได้รับอาหารข้นที่

มีมันเส้น 50% ร่วมกับหญ้าหมักในอัตราส่วน (80:20) ซึ่งให้ผลผลิตน้ำนมไม่แตกต่างจากอาหารข้นที่มีข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานในอาหารข้น 50% ถึงแม้ว่าอาหารข้นที่ใช้ในการทดลองมีระดับ NSC ที่สูงถึง 66% แต่พบว่าไม่มีผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารข้นที่มีระดับ NSC 54%,58%,และ 62% หรือ 38%, 41%, และ 44% ของอาหารทั้งหมดตามลำดับ โดยเฉลี่ยการกินได้ในการทดลองนี้เท่ากับ 3.0%BW ซึ่งต่ำกว่ารายงานของ โอภาส และคณะ (2540) (3.9%BW) ความแตกต่างที่เกิดขึ้นอาจจะเนื่องจากชนิดของอาหารหยาบที่ให้โคนมกินและช่วงของการให้นมของโคนมที่ใช้ในการทดลอง กฤตพล และคณะ (2540; เอกสารยังไม่ตีพิมพ์) รายงานว่า การใช้ NSC ในสูตรอาหารข้นในระดับ 30%, 35% และ 40% ทำให้ปริมาณการกินได้ การให้ผลผลิตน้ำนม เพิ่มขึ้นตามระดับของ NSC ในสูตรอาหาร แต่การเพิ่ม NSC ไม่มีผลกระทบต่อไขมันในน้ำนมและความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะหมัก เช่นเดียวกับการรายงานของ Aldrich et al (1993) ในการใช้ NSC:Protein ที่ย่อยสลายในกระเพาะหมักได้สูง (high rumen-available NSC: high rumen-available protein,high RANSC:high RAP) พบว่าระดับ pH อยู่ในระดับที่เหมาะสม (6.29) และการสังเคราะห์ total VFA สูงกว่า high RANSC:low RAP, low RANSC:high RAP และ low RANSC:low RAP เท่ากับ 147.9, 135.6, 143.7 และ 138.7 μmol/ml ตามลำดับ แต่ไม่ความแตกต่างกันทางสถิติ และผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบน้ำนมไม่แตกต่างเช่นเดียวกัน

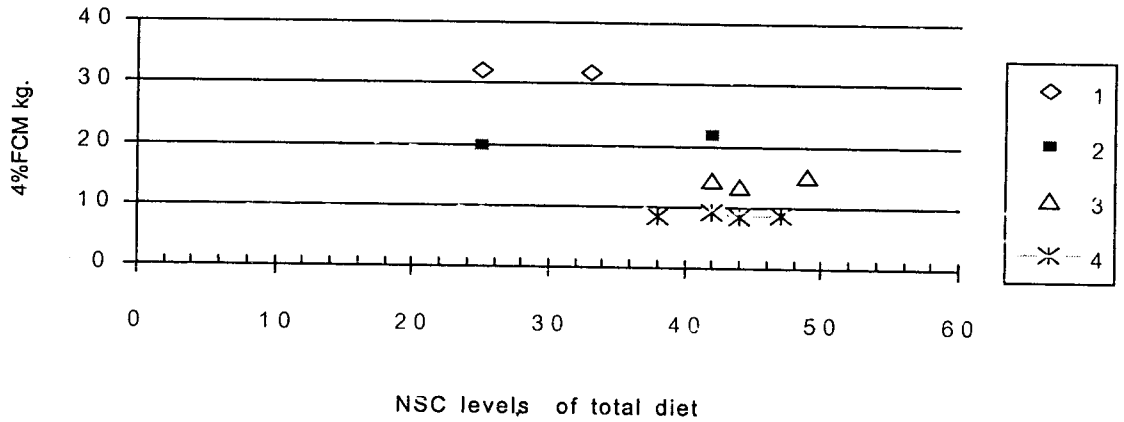
การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุของอาหารทั้งหมดไม่แตกต่างกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 69.7±1.6% และ 72.4±1.54% ตามลำดับ ค่าที่ได้นี้ต่ำกว่ารายงานของ เกรียงศักดิ์ และคณะ (2533) (76 และ 79% ตามลำดับ) และการย่อยได้ของผนังเซลล์ไม่แตกต่างเช่นเดียวกัน (64.5±1.89%) เมื่อระดับ NSC สูงขึ้น แต่สำหรับ Stokes et al. (1991a) ได้ศึกษาระดับของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง 3 ระดับ 25%, 37, และ 54% ศึกษาโดยวิธี continuous cultural เมื่อระดับของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้างในอาหารเพิ่มขึ้นจะทำให้การย่อย NDF และโปรตีนได้สูงขึ้น, เพิ่มกรดไขมันที่ระเหยได้รวม (total volatile fatty acid, TVFA), กรดโปรพิโอนิค และ bacteria-N คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้างในระดับ 37% จะให้ผลการย่อยได้, bacteria efficiency และกรดไขมันที่ระเหยได้ มีประสิทธิภาพสูงสุด และสอดคล้องกับ MacGregor et al. (1983) เมื่อเพิ่มระดับของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง (NSC) ในอาหารโคนมทำให้การกินได้เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว) เพิ่มการย่อยได้ของสิ่งแห้ง (Feng et al., 1993) และ อินทรีย์วัตถุ, โปรตีน และ NDF (Stokes et al., 1991b) แต่ระดับ pH ในกระเพาะหมักที่ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหารอยู่ในระดับที่เหมาะสม (6.6) (เมธา, 2533) และ pH ที่เหมาะสมต่อการย่อยได้ของเยื่อใยระดับ 6.5 – 7 (Russell et al., 1989) ถึงแม้ว่าอาหารข้นที่ให้จะมี NSC สูงถึง 66% (มันเส้น 55%) หรือ 47% ของอาหารทั้งหมดก็ตาม สอดคล้องกับรายงานการทดลองของเกรียงศักดิ์ และคณะ (2533) และ โอภาส และคณะ (2540) ซึ่งอาจจะเป็นผลจากการให้อาหารแบบผสมที่มีทั้งอาหารหยาบและอาหารข้นทำให้มีการหลั่งน้ำลายออกมาพอเหมาะทำให้ระดับ pH ไม่ลดต่ำลงกว่าปกติ (เมธา, 2533) แต่จากการรายงานของ Batajoo and Shaver (1994) ในการศึกษาระดับของ non fiber carbohydrate(NFC) เท่ากับ 24%, 30%,36%, และ 42% ระดับโปรตีน 19% โดยมีแหล่งของอาหารที่ได้จากธัญพืช พบว่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุสูงสุดที่ระดับ NFC 36% ต่ำสุดที่ 24% มีผลต่อระดับของ VFAs เพิ่มขึ้นตามระดับการย่อยได้ของระดับ NFC ที่เพิ่มขึ้น และระดับของ pH, พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับ

ของ NFC ที่ลดลง ผลผลิตน้ำนมที่ได้สูงสุด 40kg./วันในระดับ NFC ที่ 36 – 42 เปอร์เซ็นต์ สำหรับระดับของ NH_3-N ในของเหลวของกระเพาะหมัก ถึงแม้ว่าในการทดลองนี้จะอยู่ในระดับที่ต่ำกว่ารายงานของเกรียงศักดิ์ และคณะ (2533) และโอภาส และคณะ (2540) แต่ก็อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก (50 mg/l) (Satter and Slyter, 1974; Boniface et al., 1986)

ในการทดลองครั้งนี้ เมื่อมีการเพิ่มระดับ NSC ในสูตรอาหารข้น จะมีการปรับเปลี่ยนแหล่งโปรตีนในสูตรอาหารข้นด้วยเพื่อปรับความสมดุลย์ของพลังงานและโปรตีนสำหรับจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักและกับตัวสัตว์ ซึ่งในสูตรอาหารข้นที่มี NSC เพิ่มขึ้น จะเพิ่มระดับโปรตีนไหลผ่านในอาหารโดยใช้กากเบียร์แห้ง ซึ่งจะเป็นการเพิ่มสัดส่วนของ P/E ratio (Preston and Leng, 1982) สอดคล้องกับการรายงานของ Nocek and Russell (1988) ว่าสูตรอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักได้สูง สามารถสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนได้สูงและเป็นผลให้การย่อยได้ของอาหารสูงด้วย จากผลการทดลองครั้งนี้ทำให้สามารถใช้ระดับมันเส้น ในสูตรอาหารข้นในระดับที่สูง

จากการทดลองนี้ การให้ผลผลิตของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน 50% มีการให้น้ำนมที่สูงกว่าโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน 75% รวมถึงการใช้ประโยชน์ไม่ได้ของอาหารที่ให้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของกองบำรุงพันธุ์สัตว์ (2530) และ อุดมศรี และคณะ (2531) แต่ไม่สอดคล้องกับรายงานของ สิราภรณ์ (2532) ซึ่งผลที่เกิดขึ้นอาจจะเนื่องจากการปรับตัวกับสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ในช่วงการทดลองครั้งนี้มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 30-40 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพันธ์ 65-79% ก่อให้เกิดความเครียดเนื่องจากความร้อน (Armstrong, 1994) ซึ่งโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน 50% อาจจะมีการปรับตัวได้ดีกว่าโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน 75% ในสภาพอากาศร้อนและส่งผลกระทบต่อการให้ผลผลิต (สมจิตต์, 2530) การปรับตัวในสภาพอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิในร่างกายสัตว์จะลดปริมาณการกินได้หรือลดกระบวนการหมักในกระเพาะหมักหรือทั้งสองอย่าง เพื่อเป็นการลดความร้อนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักของอาหารในกระเพาะหมัก (เมธา, 2533) สอดคล้องกับกับผลการทดลองนี้ พบว่า โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน 75% มีแนวโน้มการย่อยได้ของวัตถุแห้ง, อินทรีย์วัตถุ และผนังเซลล์ที่ต่ำกว่าโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน 50% เป็นผลต่อเนื่องทำให้โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน 75% ได้รับโภชนะในการให้ผลผลิตที่ต่ำกว่า

การแสดงผลของระดับ NSC ต่อผลผลิตน้ำนม 4%FCM



1; MacGregor et al (1983), 2.Beauchemin et al (1997) 3;โอภาส และคณะ (2540), 4; การศึกษาทดลองปัจจุบัน

รูปที่ 9 เปรียบเทียบการศึกษาระดับ NSC ในอาหารโคนมระดับต่างกัน

10) สรุป

ระดับ NSC ในสูตรอาหารข้นต่อการให้นมระหว่างโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน 50% กับ 75% จากการทดลองพบว่า โคนมที่ได้รับอาหารข้นที่มีระดับของ NSC ระดับต่าง ๆ มีปริมาณการกินได้, สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะต่างๆ, ความเป็นกรด-ด่าง, แอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N), การให้นมที่ปรับไขมันนมที่ 4% และองค์ประกอบน้ำนมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนราคาต่อหน่วยของอาหารต่ำสุด ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุดของระดับ NSC 66% แต่การให้นมที่ปรับไขมันนมที่ 4% ของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน 50% (9.3±0.19 กก./วัน) มีค่าสูงกว่าโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน 75% (7.9±0.19 กก./วัน) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ผลจากการทดลองครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้ NSC ในสูตรอาหารข้นสำหรับโคนมในระดับสูงได้ถึง 66%หรือ 47% ของสูตรอาหารทั้งหมด ถ้ามีการปรับระดับโปรตีนไหลผ่านให้เหมาะสม และโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน 50% ให้ผลตอบสนองในการให้นมที่สูงกว่าโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน 75%

11) ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาทดลองครั้งนี้ มีข้อเสนอแนะบางประการที่จะนำข้อมูลจากการทดลองครั้งนี้ไปใช้ประโยชน์หรือใช้ในการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป ดังนี้

1.การใช้ระดับของมันเส้นระดับสูงที่เป็นแหล่งของพลังงาน ในสูตรอาหารข้นสำหรับโคนมจะต้องคำนึงถึงแหล่งของโปรตีนที่ย่อยสลายได้ง่ายในกระเพาะหมักและโปรตีนไหลผ่าน เพื่อความสมดุลของพลังงานและโปรตีนสำหรับจุลินทรีย์และตัวสัตว์

2. การศึกษาครั้งนี้สัตว์ที่ใช้ให้ผลผลิตต่ำ ดังนั้นหากมีการศึกษาต่อไปควรใช้สัตว์ที่มีสมรรถนะที่ให้ผลผลิตที่ดี สามารถจะศึกษาได้แม่นยำและอธิบายผลได้เด่นชัดมากขึ้น

3. ควรมีการศึกษาระดับ NSC ที่ใช้มันสำปะหลังเป็นหลัก โดยศึกษาถึงความสัมพันธ์ของแหล่งโปรตีนที่มีผลต่อการให้ผลผลิตของโคนมด้วย

4.การศึกษาทดลองต่อไปควรจะศึกษา โดยใช้ระยะเวลาในการทดลองที่ยาวนานมากขึ้นเพื่อที่จะวัด persistency ได้ และเริ่มในช่วงแรกของการให้นมของโคนม

5. ช่วงที่โคให้ผลผลิตสูงมีความจำเป็นมากหรือช่วงระยะแรกของการให้นม (early lactation) สำหรับอาหารแหล่งพลังงาน

12.เอกสารอ้างอิง

กองบำรุงพันธุ์สัตว์. 2530. งานวิจัยเพื่อปรับปรุงพันธุ์โคนมในประเทศไทย. แก่นเกษตร 15(6):263-266.

กฤษณะ ทองทิพย์. 2528. ลักษณะการให้นมของโคนมพันธุ์แท้และโคนมลูกผสมบางพันธุ์ที่สถานีบำรุงพันธุ์ทับกวาง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาการผลิตสัตว์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เกรียงศักดิ์ สถาปนศิริ, เทอดชัย เวียรศิลป์ และชาญวิทย์ วัชรพุกก์. 2533. การย่อยได้ของแป้งจากมันสำปะหลังเส้น ข้าวเปลือกบด และปลายข้าวเจ้าในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารโคนม. วารสารเกษตร. 6(4):265-280.

จีระชัย กาญจนพฤฒิพงศ์, สมเกียรติ ทิมพัฒนพงศ์, พลกฤษณ บุญทองแสน และ สมยศ สิตลวรางค์. 2534. การสำรวจการเลี้ยงดูและการจัดการฟาร์มโคนมในประเทศไทย. รายงานผลการวิจัยประจำปี 2534. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตโคนม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และภาควิชาสัตวบาล คณะกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.

ชัยณรงค์ คันธพนิต, สัญชัย จตุรสิทธา, สุพัฒน์ ฟ้ารุ่งสาง และ พรศรี ชัยรัตนายุทธ์. 2531 การศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพซากระหว่างโคขุนพื้นเมืองและลูกผสมบราห์มันพื้นเมือง. จุลสารโคกระบือ. 11(2):34-40.

ดำรง ลีนานุรักษ์. 2537. เทคโนโลยีภายใต้ข้อจำกัดของอาชีพโคนม. บรรยายในที่ประชุมวิชาการปศุสัตว์ครั้งที่ 13 18 - 21 พฤษภาคม 2531 กรมปศุสัตว์ กรุงเทพฯ

ทวี แก้วคง. 2536. การเพิ่มน้ำหนักประสิทธิภาพการเปรียบเทียบอาหารและคุณภาพซากโคเพศผู้ขุนลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ลูกผสมบราวน์สวิสและเรดเดน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปรีชา พรามณีโชติ. 2533. การศึกษาสมรรถนะทางการสืบพันธุ์ของโคนมลูกผสมที่เลี้ยงโดยเกษตรรายย่อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กรณีศึกษา 2 หมู่บ้าน) วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ฟันนีพับลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ

เมธา วรรณพัฒน์, ฉลอง วชิราภากร, สมโภช ประเสริฐสุข, และนิพนธ์ จันทร์โพธิ์. 2534. ผลของระดับทดแทนข้าวโพด โดยใช้มันเส้นในสูตรอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องที่มีผลต่อผลผลิตการหมักและความสามารถในการย่อยได้.การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 29 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ.

ศรเทพ ธัมวาสร. 2539. การปรับปรุงพันธุโคนมของประเทศไทย; การพัฒนาปศุสัตว์ไทยจากกึ่งพุทธกาลถึงยุคโลกาภิวัตน์ โดย สมาคมสัตวบาลแห่งประเทศไทย. 129 - 137.

สมชาย โอฬารกนก. 2529. การให้ผลผลิตและความสามารถทางการสืบพันธุ์บางประการของโคนมลูกผสมเรดเดน ณ ฟาร์มโคนมไทย-เดนมาร์ก วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร

สิราภรณ์ สิมารักษ์. 2532. การเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนในการผลิตน้ำนมดิบระหว่างแม่โคนมโฮลสไตน์-ฟรีเซี่ยน (ขาวดำ) พันธุ์และลูกผสม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาบัญชี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2533. สถิติการเกษตรของประเทศ ปีการเพาะปลูก 2532/2533. กรุงเทพมหานคร : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อุดมศรี อินทรโชติ, วิรัตน์ ช่วงชัย, นิยน อ่อนมาก, นฤมล จันเสม, กัลยา บุญญานุวัตร และปัญญา ศรีเดช. 2531 ข. รายงานการเลี้ยงโคนมของศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ทับกวาง. ปีงบประมาณ 2531. ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ทับกวาง กองบำรุงพันธุ์. กรมปศุสัตว์ กระทรวงกระเกษตรและสหกรณ์.

โอภาส พิมพา, กฤตพล สมมาตย์ และ เมธา วรรณพัฒน์. 2540. การนำใช้ประโยชน์จากมันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. รายงานการวิจัย ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Aldrich, J.M., L.D.Muller and G.A.Varga. 1993. Non-structural carbohydrate and protein Effects on rumen fermentation, Nutrient flow, and performance of dairy cows. J. Dairy Sci. 76:1091.

AOAC. 1975. Official Methods of Analysis. 12Ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.

Armstrong, D.V. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. J. Dairy Sci. 57(3):2044.

Batajoo,K.K. and R.D. Shaver. 1994. Impact of Non carbohydrate on intake, Digestion, and Milk Production by Dairy cows. J. Dairy Sci. 77:1580.

Bethard., G. 1997. Estimating rumen available and nonstructural carbohydrates in dairy cattle diets. http://www.cyber.vt.edu/dl/cows/9718.html 27/11/40

Bremmer. J.M., and D.R. Keeney. 1965. Steam distillation methods for determination of ammonium nitrate and nitrite. Anal Chim Acta. 32:485.

Casper, D.P. and D.J. Schingoethe. 1989. Lactational response of dairy cows to diets varying in ruminal solubilities of carbohydrates and crude protein. J. Dairy Sci. 72:928.

Coomer, J. C., and H. E. Amos. 1992. The relationships between non-structural carbohydrate and milk production in lactation dairy cows. Proc. Of the Georgia Nutrition Conference for the Feb Inductry Atlanta Airport Hilton, Atlanta, Georgia, U.S.A.

Devendra, C. 1977. Studies on the utilization of cassava (*Manihot eaculenta Crantz*) in sheep. MARDI Research Bulletin. 5(2): 129-147.

Feng, P., W.H. Hoover, T.K.Miller and R.Blaowiekel. 1993. Interactions of fiber and Non-strutural carbohydrate on lactation and ruminal function[1] . 1991. J. Dairy Sci. 76:1324.

Goering, H.K. and P.J. Van Soest.1970. Forage Fiber Analysis ARS Handbook NO. 379 United States. Department of Agriculture Wachington, D.C., U.S.A.

Gomez, G. and M. Waldivieso. 1983. Cassava meal for baby pig feeding. Nutr. Rep. Int. 28 (3):547-558.

MacGregor, C.A., M.R. Stokes, W. H. Hoover, H. A. Leonard, L. L. Jenkins, Jr., C. J. Sniffen, and R. W. Mailman. 1983. Effect of dietary concentration of total nonstructural on energy and nitrogen metabolism and milk production of dairy cows. J. Dairy Sci. 66:39.

Nocek, J.E. and J.H. Russell. 1988. Protein and Energy as an Integrated System. Relationship of Ruminal Protein and Carbohydrate Availability of Microbial Synthesis and Milk Production. J. Dairy. Sci. 71(8):2070-2107.

Nocek, J.E. and S. Temminga. 1991. Site of digestion of starch in the gastrointestinal of dairy cows and its effect on milk yield and composition. J. Dairy Sci. 74:3598.

NRC. 1989. Nutrient Requirement of dairy cattle. National Acardemic of Science, Washiton, D.C., U.S.A.

Orskov E.R 1992. Protein Nutrition in Ruminant. Academic Press INC. Sandiego CA 101:117p.

Pond, W.G. and J.H. Maner. 1974. Swine production in temperate and tropical environments. W.H. Freeman and company. San Francisco..

Preston, T.R. and R.A. Leng. 1982. Matching Ruminant Production Systems with Available Resources in the Tropics and Sub-Tropics. Srmidale:Penambul Books.

SAS. 1985. User's Guide:Statistics Version S. Edition. SAS. Inst. Cary, NC.

Schneider, B.H. and W.P. Flatt. 1975. The Evaluation of Feed through Digestibility experiment. Athens:The Univ. of Georgia Pres Georina, U.S.A.

Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1960. Principles and Procedures of Statitics. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.

Stern, M.D., H. Hoover, C.J. Sniffen, B.A. Crooker, and P.H. Khowlton. 1978. Effects of nonstructural carbohydrate, urea and soluble protein levels on microbial protein synthesis in continuous cultyre of rumen contents. J. Anim. Sci. 47:944.

Stokes, S. R., W.H. Hoover, T. K. Miller, and Blaukeikel. 1991a. Ruminal digestion and microbial utilization of diets varying in type of carbohydrate and protein. J. Dairy Sci. 74:871.

Stokes, S. R., W. H. Hoover, T. K. Miller, and R. P. Manski. 1991b. Impact of carbohydrate and protein levels on bacterial metabolism in continuous culture. J. Dairy . Sci. 74:860.

Van Keulen, J. and B.A. Young. 1977. Evaluation of acid. insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. J. Anim. Sci. 44:282.

Wanapat, M., C. WachirapaKorn, S. Chanthai, and K. Sommart. 1992. Utilization of cassava leaf (*Manihot esculenta, Crantz*) in concentrate mixtures for swamp buffloes in Thailand. Porc. Feeding Strategies for Improving Ruminant Productivity in Areas of Fluctuation Nutrient Supply. FAO/IAEA, Vienna.