



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การผลิตอาหารรวมที่มีประสิทธิภาพจากขานอ้อยที่ปรับปรุงคุณภาพแล้ว
และแนวทางประเมินความต้องการโภชนาการของโคนม
(Efficient Total Mixed Ration Production from Treated Bagasse and
Evaluation of Nutrient Requirement of Dairy Cattle in Thailand)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการแต่เพียงผู้เดียว



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การผลิตอาหารรวมที่มีประสิทธิภาพจากขานอ้อยที่ปรับปรุงคุณภาพแล้ว และแนวทางประเมินความต้องการโภชนาการของโคนม (Efficient Total Mixed Ration Production from Treated Bagasse and Evaluation of Nutrient Requirement of Dairy Cattle in Thailand)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิศิษฐ์พร สุขสมบัติ

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

นางสาวนวลปรางค์ อุทัยดา

นายสุวิทย์ เพ็ญสังกะ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการแต่เพียงผู้เดียว

กันยายน 2544

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่มีนโยบายสนับสนุนให้บุคลากรมีโอกาทำงานวิจัยอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งมีสิ่งอำนวยความสะดวกที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัยอย่างเพียงพอสำหรับงบประมาณการวิจัยในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) จึงขอขอบพระคุณไว้ในโอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. บุญล้อม ชีวะอิสระกุล พร้อมทั้งทีมงานวิจัยและนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในการจัดให้มีการประชุมเชิงปฏิบัติการหรือแนวทางการวิจัย รวมทั้งรายละเอียดในการทำวิจัยในห้องปฏิบัติการ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. พีรเดช ทองอำไพ ผู้อำนวยการฝ่าย 2 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ที่ให้คำแนะนำต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

ขอขอบคุณ ผู้อำนวยการ (รองศาสตราจารย์ ดร. วรพจน์ ขำพิศ) ตลอดจนบุคลากรของศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในการอำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการ

ขอขอบคุณ นางสาว รัชนิกร มูลปา นายเกียรติศักดิ์ ศรีพันธุ์บุตร และ นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในการให้ความร่วมมือในการทำวิจัย และการคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ จนกระทั่งงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดียิ่ง

คณะผู้วิจัย

14 กันยายน 2544

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนี้เพื่อที่จะประเมินความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคนมที่ให้นมปานกลางที่ได้รับชานอ้อยและฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพเป็นอาหารหยาบหลัก เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์จึงได้ทำการทดลองทั้งสิ้น 6 การทดลองเป็นระยะเวลา 2 ปี ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การทดลองแรก (บทที่ 4) ได้ดำเนินการเพื่อที่จะวิเคราะห์หาค่าประกอบทางเคมีและการย่อยสลายในกระเพาะหมักของชานอ้อยและฟางข้าวที่ยังไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพโดยใช้ตัวอย่างชนิดละ 9 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์พบว่าชานอ้อยและฟางข้าวเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรที่มีคุณค่าทางอาหารต่ำ กล่าวคือมีโปรตีน ไขมัน และการย่อยสลายได้ต่ำ แต่กลับมีเยื่อใยอยู่สูง การทดลองนี้ยังได้ให้ค่าประเมินพลังงาน รวมทั้งสมการในการทำนาย DMI และ DDMI จากค่าการย่อยสลาย

การทดลองที่ 2 (บทที่ 5) ได้ดำเนินการเพื่อประเมินผลของการปรับปรุงคุณภาพชานอ้อยและฟางข้าวด้วยวิธีการทางเคมีต่างๆต่อองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายในกระเพาะหมัก กลุ่มการทดลองประกอบด้วย untreated control; 3% NaOH treatment; 6% NaOH treatment; 3% urea treatment; 6% urea treatment; 3% NaOH + 3% urea treatment; 3% NaOH + 6% urea treatment; 6% NaOH + 3% urea treatment; 6% NaOH + 6% urea treatment ผลการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์เถ้าเพิ่มขึ้นในกลุ่มการทดลองที่ทำการปรับปรุงคุณภาพโดยเฉพาะกลุ่มที่ใช้ NaOH เปอร์เซ็นต์โปรตีนเพิ่มขึ้นในกลุ่มการทดลองที่ใช้ยูเรีย อย่างไรก็ตามการใช้ NaOH เพียงอย่างเดียวไม่เพิ่มเปอร์เซ็นต์โปรตีน การย่อยสลาย DM และ CF เพิ่มขึ้นในกลุ่มการทดลองที่ใช้ NaOH หรือใช้ NaOH ร่วมกับยูเรีย ในกรณีของชานอ้อยการใช้ยูเรียเพียงอย่างเดียวไม่เพิ่มการย่อยสลายในกระเพาะหมัก แต่ถ้าใส่เมล็ดถั่วเหลืองดิบบด ซึ่งมีเอนไซม์ยูรีเอสรวมด้วย จะสามารถเพิ่มการย่อยสลายวัตถุแห้งของชานอ้อยได้

การทดลองที่ 3 (บทที่ 6) ได้ดำเนินการเพื่อการกินได้และการย่อยได้ของผลพลอยได้ทางการเกษตรที่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการทางเคมีต่างๆ ด้วยวิธี regression การทดลองเริ่มแรกใช้โคที่ไม่ได้ให้นมสายพันธุ์ลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียนจำนวน 12 ตัว แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มการกลุ่มละ 4 ตัว ตามอายุและน้ำหนักตัว โคทั้ง 3 กลุ่มจะได้รับฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพด้วย 6%NaOH เป็นสัดส่วนกับกากถั่วเหลือง 3 ระดับ ดังนี้ 85/25, 75/25 และ 65/35 เปอร์เซนต์วัตถุแห้ง ผลการทดลองพบว่า การย่อยได้โปรตีนเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของกากถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้น การวิเคราะห์ regression พบว่าค่า intercept ของกากถั่วเหลืองที่ได้สามารถนำไปประมาณค่าการย่อยได้ของผลพลอยได้ทางการเกษตรอื่นๆ ในการทดลองนี้ได้เป็นอย่างดี

บทที่ 7 เป็นการเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของชานอ้อย/ฟางข้าวที่ยังไม่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพกับชานอ้อย/ฟางข้าวที่ปรับปรุงคุณภาพแล้ว ทั้งที่หมักในถุงและที่หมักในบ่อคอนกรีต การปรับปรุงคุณภาพทั้งที่ทำในถุงและทำในบ่อคอนกรีตล้วนเพิ่มคุณค่าทางอาหารของชานอ้อย/ฟางข้าว

บทที่ 8 เปรียบเทียบต้นทุนในการปรับปรุงคุณภาพของชานอ้อยและฟางข้าว ด้วยเหตุที่ฟางข้าวนั้นทำการปรับปรุงด้วยยูเรียในขณะที่ชานอ้อยทำการปรับปรุงคุณภาพด้วย NaOH ซึ่งมีราคาแพงกว่า จึงทำให้ต้นทุนการปรับปรุงคุณภาพชานอ้อยสูงกว่าการปรับปรุงคุณภาพฟางข้าว

การทดลองสุดท้าย (บทที่ 9) ได้ดำเนินการเพื่อประเมินผลของการให้โครีดนมได้รับพลังงานและโปรตีนต่างระดับกันต่อผลผลิตของโคนม การทดลองนี้แบ่งออกเป็น 4 การทดลองย่อย แต่ละการทดลองย่อยใช้โครีดนมที่ให้นมปานกลางจำนวน 24 ตัว (กลุ่มการทดลองละ 6 ตัว) การทดลองที่ 1 และ 2 ใช้ชานอ้อยปรับปรุงคุณภาพด้วย 6%NaOH เป็นอาหารหยาบหลักร่วมกับกากถั่วเหลืองและข้าวโพดบด ในขณะที่การทดลองย่อยที่ 3 และ 4 ใช้ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพด้วย 5% urea เป็นอาหารหยาบหลักร่วมกับกากถั่วเหลืองและข้าวโพดบด กลุ่มการทดลองในการทดลองย่อยที่ 1 และที่ 3 ประกอบด้วยระดับพลังงานและโปรตีนที่ 0.9 และ 0.9, 0.9 และ 1.0, 1.0 และ 0.9, 1.0 และ 1.0 ของที่ NRC (1988) กำหนด ตามลำดับ ส่วนการทดลองย่อยที่ 2 และที่ 4 ประกอบด้วยระดับพลังงานและโปรตีนที่ 1.0 และ 1.0, 1.0 และ 1.1, 1.1 และ 1.0, 1.1 และ 1.1 ของที่ NRC (1988) กำหนด ตามลำดับ ทุกการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มการทดลองของผลผลิตโคนมที่ทำการศึกษา อย่างไรก็ตามการทดลองทั้ง 4 นี้ให้ค่าการทำนาย NE_M สูงกว่าที่ NRC (1988) แนะนำไว้ประมาณร้อยละ 26

โครงการวิจัยนี้พบในเบื้องต้นว่าควรมีการปรับปรุงความต้องการโภชนาการของโคนมไทยให้เป็นของประเทศไทยเอง ทั้งนี้ต้องการความร่วมมือจากสถาบันต่างๆอย่างเร่งด่วนเพื่อที่จะได้ดำเนินการต่อไปในด้านการกำหนดให้มีความต้องการโภชนาการของโคนมไทย

Abstract

The objectives of the present research project were to evaluate the energy and protein requirements of the medium producing lactating dairy cows fed total mixed rations containing alkali treated bagasse or rice straw as a roughage source. To meet the research aims, 6 experiments were carried out for two years at Suranaree University of Technology.

The first experiment (Chapter 4) was conducted to determine chemical composition and nylon bag degradability of untreated bagasse and rice straw. Each 9 samples of untreated bagasse and rice straw was analysed for chemical composition and degradability. Both untreated bagasse and rice straw were low in protein, fat and degradability values but they are high in CF, ADF and NDF. The most promising equations to predict DMI and DDMI from degradation characteristics were given. An evaluation of energy was also given.

The second experiment was carried out to evaluate the effects of different alkali treatments on the chemical composition and the degradability of bagasse and rice straw. The 9 treatments were: untreated control; 3% NaOH treatment; 6% NaOH treatment; 3% urea treatment; 6% urea treatment; 3% NaOH + 3% urea treatment; 3% NaOH + 6% urea treatment; 6% NaOH + 3% urea treatment; 6% NaOH + 6% urea treatment. Ash contents were increased by treatments particularly those treatments with NaOH. Crude protein contents were increased by treatments containing urea while those treatments with NaOH alone did not increase crude protein contents. Degradability study showed that the DM and CF degradabilities of bagasse and rice straw were increased by NaOH and NaOH plus urea treatments. However, in case of bagasse, the treatments with urea alone did not increased DM and CF degradability. When ground raw soy bean seed was added, DM degradability of bagasse was increased.

The third experiment (Chapter 6) was conducted to determine the feed intake and the digestibility of 6% NaOH treated rice straw, 6% NaOH treated bagasse, 5% urea treated rice straw and soybean meal using regression method. Twelve Holstein Friesian cross non-lactating cows, balanced for age and body weight, were assigned into 3 treatments (4 cows each). The 6% NaOH treated straw was fed with soybean meal at 3 ratios on DM basis of 85/15, 75/25 and 65/35 respectively. The results indicate that the digestibility of CP of the diets significantly increased with the increasing soybean meal. Regression analysis showed the values of intercepts should be used for estimating the digestibility of 6% NaOH treated rice straw and further be used for predicting the digestibility of other feeds.

The fourth experiment (Chapter 7) were conducted to compare nutritive value of untreated bagasse and rice straw with treated bagasse and rice straw placed in plastic bag and in the small concrete silo. The treatment improved nutritive value of both bagasse and rice straw in plastic bag and in small concrete silo.

The fifth experiment (Chapter 8) compared the cost of treatment of bagasse and rice straw ensiled in the small concrete silo. Because of the different alkali used to treat bagasse and rice straw, the treatment with urea resulted in less cost than that treatment with NaOH.

The final experiment (Chapter 9) was carried out to evaluate the effects of different level of protein and energy applied to the treatment groups on performances of lactating dairy cows. In this experiment comprised of 4 sub-trials. Each sub-trial used 24 medium producing lactating dairy cows (6 cows in each treatment). The sub-trials I and II, the 6% NaOH treated bagasse were fed with soybean meal and ground corn as total mixed rations according to the treatments imposed. The sub-trials III and IV, the 5% urea treated rice straw were fed with soybean meal and ground corn as total mixed rations according to the treatments imposed. The treatments in sub-trial I and III were 0.9 and 0.9, 0.9 and 1.0, 1.0 and 0.9, and 1.0 and 1.0 of energy and protein of NRC (1988) recommendation respectively. The treatments in sub-trial II and IV were 1.0 and 1.0, 1.0 and 1.1, 1.1 and 1.0, and 1.1 and 1.1 of energy and protein of NRC (1988) recommendation respectively. No significant different between the treatment groups in all performances measured. However, the prediction of NE_M in the present study was higher (26%) than that recommended by NRC (1988).

The present research project found that the nutrient requirement of dairy cattle in Thailand should be improved. The cooperation between academic institutes and others is badly needed if the exact evaluation of nutrient requirement of Thai dairy cattle is required.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	i
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ii
...	iv
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	vi
สารบัญ.....	ix
สารบัญตาราง.....	
บทที่ 1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	5
ขอบเขตของการวิจัย.....	5
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	5
บทที่ 2 การตรวจเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 ระบบการประเมินคุณค่าทางพลังงานในอาหารและความต้องการพลังงานของสัตว์เคี้ยวเอื้อง.....	9
2.1.1 การวัดและคำนวณ ME content ในอาหารสัตว์.....	10
2.1.2 สรุบบระบบพลังงานที่ใช้ในสหราชอาณาจักรและสหรัฐอเมริกา....	12
2.1.3 การประเมินคุณค่าทางพลังงานที่นำเสนอใหม่.....	14
2.2 ระบบการประเมินคุณค่าของโปรตีนและความต้องการโปรตีนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง.....	17
2.2.1 การย่อยและการดูดซึมโปรตีนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง.....	17
2.2.2 ระบบการประเมินโปรตีนใหม่: หลักการและคำจำกัดความ.....	18
2.2.3 การวัดค่าการย่อยสลายของโปรตีนในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง.....	20
2.2.4 สรุบบระบบการประเมินโปรตีนที่ใช้ในสหราชอาณาจักรและสหรัฐอเมริกา.....	21
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	24
บทที่ 4 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของซานอ้อยและฟางข้าวก่อนปรับปรุงคุณภาพ....	25
4.1 คำนำ.....	25
4.2 วัตถุประสงค์.....	25
4.3 อุปกรณ์และวิธีการ.....	25

4.4	ผลการทดลอง.....	25
4.5	สรุปและวิจารณ์.....	27
บทที่ 5	การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการปรับปรุงคุณภาพขานอ้อยและฟางข้าวโดยวิธีการทางเคมี และองค์ประกอบทางเคมีของขานอ้อยและฟางข้าวที่ปรับปรุงคุณภาพแล้ว.....	31
5.1	คำนำ.....	31
5.2	วัตถุประสงค์.....	31
5.3	อุปกรณ์และวิธีการ.....	31
5.4	ผลการทดลอง.....	32
5.5	สรุปและวิจารณ์.....	35
บทที่ 6	ผลการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพขานอ้อยและฟางข้าวในระดับ large scale: การกินได้และการย่อยได้ในโคนม.....	38
6.1	คำนำ.....	38
6.2	วัตถุประสงค์.....	38
6.3	อุปกรณ์และวิธีการ.....	38
6.3.1	การปรับปรุงคุณภาพฟางข้าว/ขานอ้อย.....	38
6.3.2	ผลการศึกษาการกินได้และการย่อยได้.....	39
6.4	ผลการทดลอง.....	40
6.5	สรุปและวิจารณ์.....	44
บทที่ 7	ผลการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพขานอ้อยและฟางข้าวในระดับ large scale.....	46
7.1	คำนำ.....	46
7.2	วัตถุประสงค์.....	46
7.3	อุปกรณ์และวิธีการ.....	46
7.4	ผลการทดลอง.....	47
7.5	สรุปและวิจารณ์.....	49
บทที่ 8	ผลศึกษาด้านทุนการปรับปรุงคุณภาพขานอ้อยและฟางข้าวในระดับ large scale...	50
8.1	คำนำ.....	50
8.2	วัตถุประสงค์.....	50
8.3	อุปกรณ์และวิธีการ.....	50
8.4	ผลการทดลอง.....	50
8.5	สรุปและวิจารณ์.....	51

บทที่ 9	การศึกษาการตอบสนองด้านการให้ผลผลิตน้ำนมของโคนมที่ได้รับอาหารรวม (TMR).....	53
9.1	คำนำ.....	53
9.2	วัตถุประสงค์.....	53
9.3	อุปกรณ์และวิธีการ.....	53
9.4	ผลการทดลอง.....	58
9.5	สรุปและวิจารณ์.....	66
บทที่ 10	บทสรุป.....	75
10.1	องค์ประกอบท่าเคมีของขานอ้อยและฟางข้าว.....	75
10.2	การปรับปรุงคุณภาพขานอ้อยและฟางข้าวโดยวิธีการทางเคมี.....	75
10.3	การประเมินคุณค่าพลังงานในอาหารสัตว์.....	75
	...	
10.4	การประเมินความต้องการพลังงานเพื่อกิจกรรมต่างๆในโคนม.....	76
10.5	การประเมินความต้องการโปรตีนเพื่อกิจกรรมต่างๆในโคนม.....	78
10.3	อาหารผสมครบส่วน (TMR) ที่ควรแนะนำ.....	79
บรรณานุกรม		80

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1	สมการในการประเมินค่าพลังงานจากผลวิเคราะห์.....
ตารางที่ 2.2	Factors in the utilisation of protein by ruminants.....
ตารางที่ 4.1	องค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายในกระเพาะหมัก.....
ตารางที่ 4.2	องค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าว/ชานอ้อยที่ได้มีรายงานไว้.....
ตารางที่ 4.3	แสดงค่าการย่อยสลายวัตถุแห้งของฟางข้าว/ชานอ้อยชนิดต่างๆในถุงใน ลอน
ตารางที่ 4.4	Observed DMI and DDMI compared with calculated DMI and DDMI
ตารางที่ 5.1	กลุ่มการทดลองวิธีการทางเคมีที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพชานอ้อย/ฟาง ข้าว.....
ตารางที่ 5.2	องค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายในกระเพาะหมักของชานอ้อยหลัง ปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการทางเคมีต่างๆ.....
ตารางที่ 5.3	องค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายในกระเพาะหมักของฟางข้าวหลัง ปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการทางเคมีต่างๆ.....
ตารางที่ 5.4	การย่อยสลายวัตถุแห้งของชานอ้อยและชานอ้อยปรับปรุงคุณภาพ.....
ตารางที่ 6.1	การกินได้และการย่อยได้ <i>in vivo</i> ของฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพ (6%NaOH) รวมกากถั่วเหลืองระดับต่างๆ.....
ตารางที่ 6.2	แสดงค่า intercept, coefficient of X และ R^2 ที่ได้จากการหาด้วยวิธี regression.....
ตารางที่ 6.3	การกินได้และการย่อยได้ <i>in vivo</i> ของฟางข้าว/ชานอ้อยปรับปรุงคุณภาพ (6%NaOH) รวมกากถั่วเหลือง.....
ตารางที่ 6.4	การย่อยได้ของฟางข้าว/ชานอ้อยปรับปรุงคุณภาพ (6%NaOH) ที่ได้จากการ คำนวณโดยใช้ค่าการย่อยได้ของกากถั่วเหลือง.....
ตารางที่ 6.5	การกินได้และการย่อยได้ <i>in vivo</i> ของฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพ (5%Urea) ไม่เสริมและเสริมกากถั่วเหลือง 15% วัตถุแห้ง.....

ตารางที่ 6.6	การย่อยได้ของฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพ (5%Urea) ไม่เสริมและเสริมกากถั่วเหลือง ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ค่าการย่อยได้ของกากถั่วเหลือง.....	43
ตารางที่ 6.7	Digestibility and total digestible nutrient of untreated and treated bagasse/ rice straw.....	45
ตารางที่ 7.1	เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายของชานอ้อยธรรมชาติและชานอ้อยปรับปรุงคุณภาพ (6%NaOH) หมักในถุงและหมักในบ่อคอนกรีต.....	48
ตารางที่ 7.2	เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายของฟางข้าวธรรมชาติและฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพ (5%Urea) หมักในถุงและหมักในบ่อคอนกรีต.....	49
ตารางที่ 8.1	ต้นทุนการก่อสร้างบ่อคอนกรีต.....	52
ตารางที่ 8.2	ต้นทุนการปรับปรุงคุณภาพชานอ้อย.....	52
ตารางที่ 8.3	ต้นทุนการปรับปรุงคุณภาพฟางข้าว.....	52
ตารางที่ 9.1	Ingredient composition of TMRs used in Trial I (Treated bagasse)	54
ตารางที่ 9.2	Ingredient composition of TMRs used in Trial III (Treated rice straw)	54
ตารางที่ 9.3	Pre-experimental performances of dairy cows used in Trial I	55
ตารางที่ 9.4	Pre-experimental performances of dairy cows used in Trial III	55
ตารางที่ 9.5	Ingredient composition of TMRs used in Trial II (Treated bagasse)	57
ตารางที่ 9.6	Ingredient composition of TMRs used in Trial IV (Treated rice straw)	57
ตารางที่ 9.7	Pre-experimental performances of dairy cows used in Trial II	57
ตารางที่ 9.8	Pre-experimental performances of dairy cows used in Trial IV	58
ตารางที่ 9.9	Nutrient composition of TMRs used in Trial I (Treated bagasse)	59
ตารางที่ 9.10	Nutrient composition of TMRs used in Trial II (Treated bagasse)	59
ตารางที่ 9.11	Feed intake of cows in Trial I (Treated bagasse)	60
ตารางที่ 9.12	Performances of dairy cows in Trial I (Treated bagasse)	60
ตารางที่ 9.13	Feed intake of cows in Trial II (Treated bagasse)	61
ตารางที่ 9.14	Performances of dairy cows in Trial II (Treated bagasse)	61
ตารางที่ 9.15	Nutrient composition of TMRs used in Trial III (Treated rice straw)	63
ตารางที่ 9.16	Nutrient composition of TMRs used in Trial IV (Treated rice straw)	63
ตารางที่ 9.17	Feed intake of cows in Trial III (Treated rice straw)	64

ตารางที่ 9.18	Performances of dairy cows in Trial III (Treated rice straw)	65
ตารางที่ 9.19	Feed intake of cows in Trial IV (Treated rice straw)	65
ตารางที่ 9.20	Performances of dairy cows in Trial IV (Treated rice straw)	66
ตารางที่ 9.21	Multiple regression equation between milk yield or NE_L , and NEL, RDP...	68
ตารางที่ 9.22	Partitioning of net energy intake of experimental cows in Trial I.	69
ตารางที่ 9.23	Partitioning of net energy intake of experimental cows in Trial II.	70
ตารางที่ 9.24	Partitioning of net energy intake of experimental cows in Trial III.	70
ตารางที่ 9.25	Partitioning of net energy intake of experimental cows in Trial IV.	71
ตารางที่ 9.26	RDP and UDP supply by TMRs, and RDP and UDP requirements by cows in Trial I.....	71
ตารางที่ 9.27	RDP and UDP supply by TMRs, and RDP and UDP requirements by cows in Trial II.....	72
ตารางที่ 9.28	RDP and UDP supply by TMRs, and RDP and UDP requirements by cows in Trial III.....	72
ตารางที่ 9.29	RDP and UDP supply by TMRs, and RDP and UDP requirements by cows in Trial IV.....	73
ตารางที่ 10.1	Evaluation of energy value from DMD.....	76
ตารางที่ 10.2	Evaluation of TDN from proposed new energy concept.....	77
ตารางที่ 10.3	Comparison of NE_M proposed by NRC and those calculated from data	77
ตารางที่ 10.4	Total mixed ration based on 6%NaOH treated bagasse	79
ตารางที่ 10.5	Total mixed ration based on 5%Urea treated rice straw	79

บทที่ 1

ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ถึงแม้การเลี้ยงโคนมในประเทศไทยได้ดำเนินการมากกว่า 35 ปีแล้ว อย่างไรก็ตามการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมการเลี้ยงโคนมเป็นไปอย่างล่าช้า จะเห็นได้จากปัจจุบันเกษตรกรไทยทั่วประเทศเลี้ยงโคนมรวมกันถึง 328,008 ตัว ในจำนวนนี้เป็นโคที่กำลังรีดนม 139,456 ตัว ผลิตน้ำนมดิบรวมกันได้ปีละ 442,304 ตัน หรือคิดเป็น 1,212 ตันต่อวัน ปริมาณการผลิตน้ำนมดิบนี้เทียบได้เพียงร้อยละ 35 ของความต้องการบริโภคภายในประเทศ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2542) จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่าการให้น้ำนมเฉลี่ยของโคนมตัวหนึ่งๆนั้นเท่ากับ 9 กิโลกรัมต่อวันเท่านั้น ซึ่งค่าเฉลี่ยการให้นมของโคนมนี้เท่ากับเมื่อ 20 ปีก่อน

การพัฒนาการเลี้ยงโคนมที่ผ่านมาเป็นการพัฒนาในเชิงปริมาณ (Quantitative development) มากกว่าการพัฒนาในเชิงคุณภาพ (Qualitative development) อย่างไรก็ตามเป็นที่ยอมรับกันในปัจจุบันว่าพันธุกรรมของโคนมในประเทศไทยนั้นน่าจะมีศักยภาพเพียงพอสำหรับการให้น้ำนมเฉลี่ยวันละกว่า 15 กิโลกรัมต่อตัว แต่ที่เป็นอยู่ในปัจจุบันขึ้นอยู่กับสาเหตุและปัจจัยหลายๆประการ กล่าวคือ การจัดการด้านอาหารยังไม่ถูกต้อง ปริมาณอาหารที่ให้กับโคนมเพียงพอกับความต้องการ ขาดแคลนอาหารโดยเฉพาะอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้ง การจัดการด้านการสุขาภิบาลยังไม่ดีพอ เป็นต้น

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีการปลูกพืชเศรษฐกิจหลายชนิดในทุกๆภาคของประเทศ อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งในอุตสาหกรรมการทำน้ำตาลทราย ศูนย์สถิติการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2542) ได้รายงานการปลูกอ้อยในปีเพาะปลูก 2537/2538 มีพื้นที่ปลูกรวมกันทั้งประเทศประมาณ 6,149,729 ไร่ ให้ผลผลิตทั้งสิ้น 52,886,872 ตัน พื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่อยู่ในเขตภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยคิดเป็นร้อยละ 46 และ 31 ตามลำดับ จากปริมาณผลผลิตอ้อยทั้งประเทศดังกล่าว ถ้านำเข้าโรงงานทำน้ำตาลทราย จะให้ผลพลอยได้ในรูปกากน้ำตาลและขานอ้อยคิดเป็นจำนวน 1,958,773 และ 11,623,488 ตัน ตามลำดับ (ใช้อัตราส่วนต้นอ้อย:กากน้ำตาล เท่ากับ 25:1 และต้นอ้อย:ขานอ้อย เท่ากับ 4.55:1 ตามลำดับ; Devendra, 1981)

ประชากรโคนมได้เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา อีกทั้งรัฐบาลมีนโยบายที่จะเพิ่มจำนวนโคนมขึ้นอีกระหว่างแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 8 (ปี 2540-2544) เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำนมดิบภายในประเทศ และเพื่อทดแทนการนำเข้าผลิตภัณฑ์นมจากต่างประเทศ การเพิ่มขึ้นของประชากรโคนมย่อมมีผลกระทบต่อความต้องการอาหารโดยรวมโดยเฉพาะอาหารหยาบซึ่งจัดเป็นอาหารหลักสำหรับโคนม การปลูกพืชอาหารสัตว์กระทำได้ในปริมาณค่อนข้างจำกัดเพราะพื้นที่การเกษตรบางส่วนได้ถูกปรับเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เพื่อการอุตสาหกรรม ฉะนั้นจึงมักพบว่าเกิดการขาดแคลน

อาหารหยาบสำหรับโคนมอยู่เนืองๆ โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง การนำใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ทางการเกษตรจึงนับวันจะทวีความสำคัญยิ่งขึ้น ชานอ้อยเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรชนิดหนึ่ง ถึงแม้จะมีคุณค่าทางอาหารต่ำ แต่มีในปริมาณมากดังได้กล่าวข้างต้น ถ้าสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นอาหารโคนมได้ จะช่วยบรรเทาการขาดแคลนอาหารหยาบในฤดูแล้ง ซึ่งเป็นช่วงเดียวกับฤดูการหีบอ้อยได้เป็นอย่างมาก

ผลพลอยได้ทางการเกษตร อาทิ ยอดอ้อย ฟางข้าว ชานอ้อย ชังข้าวโพด ได้มีการนำมาใช้เลี้ยงโคนมในรูปแบบต่างๆ แต่โดยที่ผลพลอยได้ทางการเกษตรเหล่านี้มีคุณค่าทางอาหารต่ำ ย่อยได้ยาก การนำไปใช้เลี้ยงโคนมจึงมีข้อจำกัด โดยต้องใช้ร่วมกับอาหารหยาบอื่นๆ เช่น ฟางข้าว ซึ่งได้มีการวิจัยว่าสามารถใช้ทำอาหารอัดก้อนสำหรับโคนมได้เป็นอย่างดี (Suksombat, 1997; 1998a; 1998b) อย่างไรก็ตาม ใดก็ตามที่โคนมที่ให้ผลผลิตปานกลาง (15 กิโลกรัมขึ้นไป) การใช้ชานอ้อยจำเป็นต้องเพิ่มพลังงานในอาหารหยาบ จึงควรมีการปรับปรุงคุณภาพเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารและเพิ่มการย่อยได้ การปรับปรุงคุณภาพของผลพลอยได้ทางการเกษตรสามารถกระทำได้หลายวิธี ทั้งการปรับปรุงทางกายภาพและทางเคมี แต่งานวิจัยส่วนใหญ่ได้ทำการปรับปรุงคุณภาพของฟางข้าว การวิจัยทางด้านการปรับปรุงคุณภาพของชานอ้อยมีน้อยมากในประเทศไทย ส่วนใหญ่จะมีการวิจัยในประเทศที่ผลิตอ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจหลัก เช่น ในประเทศคิวบา เปอเตอริโก อินเดีย และฟิลิปปินส์ การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นการปรับปรุงคุณภาพของชานอ้อยเพื่อใช้เป็นอาหารสำหรับโคนมที่ให้น้ำนมในระดับปานกลาง

ในการที่จะจัดการด้านอาหารเพื่อให้โคนมให้ผลผลิตน้ำนมสูงๆ ต้องแน่ใจว่าอาหารที่ให้แก่โคนมนั้นประกอบไปด้วยโภชนะต่างๆ อาทิ พลังงาน โปรตีน แร่ธาตุและวิตามินที่เพียงพอกับความต้องการ อย่างไรก็ตาม โภชนะหลักที่สำคัญที่โคนมมีความต้องการในปริมาณมากคือพลังงานและโปรตีน ส่วนแร่ธาตุและวิตามินนั้นสัตว์มีความต้องการในปริมาณที่น้อย และส่วนใหญ่สามารถเสริมในอาหารได้ในรูปของแร่ธาตุหรือวิตามินผสมสำเร็จรูป อาหารหลักที่ใช้เลี้ยงโคนมได้แก่พืชอาหารสัตว์ เมล็ดธัญพืช และผลพลอยได้ทางการเกษตร อาหารสัตว์เหล่านี้จะให้คุณค่าทางพลังงานและโปรตีนที่แตกต่างกัน และมีความผันแปรในอาหารชนิดเดียวกันค่อนข้างมาก ถ้าสามารถทราบคุณค่าทางโภชนะที่แท้จริงของอาหารสัตว์นี้ได้ การคำนวณการให้อาหารแก่โคนมให้เพียงพอกับความต้องการสามารถกระทำได้แม่นยำยิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นการช่วยลดต้นทุนในด้านอาหารได้อีกด้วย

ในปัจจุบันนักวิชาการด้านอาหารสัตว์จำเป็นต้องใช้ข้อมูลมาตรฐานการให้อาหารจากประเทศที่พัฒนาแล้ว อาทิ จากประเทศสหรัฐอเมริกา (National Research Council, 1988) และสหราชอาณาจักร (Agricultural Research Council, 1980; 1984) เป็นต้น โดยปกติแล้วคุณค่าทางโภชนะของอาหารสัตว์จะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของพืชอาหารสัตว์นั้นๆ สภาพภูมิอากาศ สภาพการเจริญเติบโต และอื่นๆ ฉะนั้นอาหารสัตว์ที่ปลูกอยู่ในประเทศไทยย่อมมีคุณค่าทางโภชนะแตกต่างจากอาหารสัตว์ที่ปลูกในเขตอื่นๆ ของโลก อาหารสัตว์ในเขตร้อนมักจะมีโปรตีนและการย่อยได้โปรตีนและพลังงานต่ำกว่าอาหารสัตว์ในเขตอบอุ่น (Minson, 1980) ฉะนั้นการอ้างอิงข้อมูลทางโภชนะซึ่งส่วนใหญ่ได้ทำการวิเคราะห์และรวบรวม

รวมในเขตอบอุ่น (ARC, 1980,1984; NRC, 1988) มาใช้ในการคำนวณการให้อาหารในเมืองไทย อาจเป็นเหตุให้สูตรอาหารนั้นไม่ตรงกับความต้องการที่แท้จริงของสัตว์ ซึ่งอาจเป็นผลให้สัตว์ให้ผลผลิตต่ำกว่าที่คาดไว้ หรือเกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจในส่วนที่เกินและสัตว์ไม่ได้ใช้ประโยชน์

ความเข้มข้นของพลังงานทั้งหมดในอาหารสัตว์มีชื่อเรียกว่า "พลังงานรวม" หรือ Gross energy (GE) ส่วนประกอบของอาหารที่ให้พลังงานได้แก่ ไขมัน โปรตีน และ คาร์โบไฮเดรต GE ในอาหารสัตว์จึงผันแปรตามส่วนประกอบดังกล่าว เมื่อสัตว์กินอาหารเข้าไป ส่วนของ GE เพียงบางส่วนเท่านั้นที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการสร้างเนื้อเยื่อและสร้างผลผลิต ทั้งนี้เป็นเพราะในระหว่างเกิดขบวนการย่อย (digestion) และเมตาบอลิซึม (metabolism) ภายในร่างกายจะมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนไป พลังงานในอุจจาระ (faecal energy, FE) เป็นส่วนหนึ่งของ GE ในอาหารที่ไม่ถูกย่อย การวัดพลังงานในอุจจาระสามารถวัดได้โดยการวัดปริมาณอุจจาระที่ขับถ่ายออกมา (kgDM) และวัดความเข้มข้นของพลังงานในอุจจาระโดยใช้ bomb calorimeter ส่วนแตกต่างระหว่าง GE ที่สัตว์กินเข้าไปกับพลังงานในอุจจาระ (FE) คือพลังงานย่อยได้ (digestible energy, DE) DE เมื่อถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายจะเกิดการสลายตัว ขณะเดียวกันจะมีพลังงานบางส่วนถูกขับออกภายนอกร่างกายโดยที่สัตว์ไม่ได้ใช้ประโยชน์จากพลังงานส่วนนี้ ได้แก่พลังงานที่ขับออกทางปัสสาวะ (urinary energy) และพลังงานที่ขับออกในรูปของแก๊ส (gaseous หรือ methane energy) ฉะนั้นส่วนของ DE ที่ไม่ปรากฏในปัสสาวะและแก๊สมีเทน คือ พลังงานใช้ประโยชน์ (metabolisable energy, ME) ME intake สามารถคำนวณได้โดยวัดค่าพลังงานในอุจจาระ ปัสสาวะ และ methane สำหรับการวัดค่า urinary และ methane energy ก่อนข้างซับซ้อนและใช้เวลาและค่าใช้จ่ายมาก แต่โดยทั่วไปแล้ว urinary energy และ methane energy ปกติจะมีค่าเป็นสัดส่วนค่อนข้างคงที่กับ digestible energy (~19%) ฉะนั้นสามารถประมาณค่า ME ได้โดยประมาณเท่ากับ 0.81DE และสัดส่วนของ ME ต่อ GE เรียกว่า metabolisability (q, ME/GE)

ในการอธิบายถึงการใช้ประโยชน์ของพลังงานจากอาหารนิยมใช้ ME ทั้งในระบบ NRC และ ARC อย่างไรก็ตามทั้งสองระบบยังได้กล่าวถึงการใช้พลังงานสุทธิ (net energy) เช่น การใช้ net energy เพื่อการดำรงชีพ (net energy for maintenance) การใช้ net energy เพื่อการสะสมในร่างกาย (net energy for tissue gain) การใช้ net energy เพื่อการอุ้มท้อง (net energy for pregnancy) และการใช้ net energy เพื่อการให้ผลผลิต (net energy for production) ทั้งนี้ net energy จะมีค่าเป็นเท่าไรขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพเพื่อการใช้ ME เพื่อการนั้นๆ (the efficiency which with ME is utilised for such function, k)

การอธิบายถึงการใช้ประโยชน์ของพลังงานจากอาหารอีกวิธีหนึ่งคือการใช้ค่าโภชนะย่อยได้ทั้งหมด (total digestible nutrient, TDN) ซึ่งจะคล้ายๆกับการใช้ค่า DE แต่ไม่เท่าเทียมกันทีเดียว การประมาณค่า TDN กระทำได้โดยการรวมค่าย่อยได้ของ CF, CP, EE และ NFE เข้าด้วยกัน สำหรับในประเทศไทยแล้วมีข้อมูลด้านการประเมินคุณค่าทางพลังงานในอาหารสัตว์น้อยมาก หรือแทบจะไม่มีเลย (Holm, 1973; Cheva-Isarakul and Cheva-Isarakul, 1991; Promma *et al.*, 1994) อย่างไรก็ตามถึงแม้ระบบ TDN จะมีข้อจำกัดทางทฤษฎีอยู่มาก แต่การวัดค่า TDN ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และค่อนข้างกระทำ

ได้ง่ายในหลายหน่วยงาน ในแง่ของการปฏิบัติความแม่นยำในการใช้ค่า TDN จะเหมือนกับการใช้ค่า NE ในการทำนายผลผลิตสัตว์ เหตุผลที่ว่าการใช้ค่า TDN มีความแม่นยำพอๆกับการใช้ค่า NE เพราะว่าค่า NE ของอาหารสัตว์ที่ใช้อยู่ใน USA คำนวณมาจากค่า TDN (NRC, 1988) ข้อดีอีกประการหนึ่งของค่า TDN คือ คำนี้นี้ได้มาจากการรวมโภชนะแต่ละชนิด และโภชนะแต่ละชนิดก็ให้พลังงานที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ด้วยประสิทธิภาพที่ต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น พลังงานจาก digestible fat จะถูกใช้ประโยชน์ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าพลังงานจาก digestible proteins และ digestible carbohydrates ฉะนั้นการพัฒนาสมการเพื่อการทำนายค่า NE อาจอาศัยการทำนายผ่านค่าโภชนะย่อยได้

อย่างไรก็ตามค่า NE และ TDN ส่วนใหญ่จะเป็นค่าที่ระดับการกินได้คงที่ที่ระดับใดระดับหนึ่ง กล่าวคือ ถ้าระดับการกินได้เพิ่มขึ้น retention time จะลดลง ซึ่งเป็นเหตุให้การย่อยได้พลังงานลดลงด้วย (NRC, 1988) ปัจจัยซึ่งระดับการกินได้มีต่อการย่อยได้พลังงานจะขึ้นอยู่กับอัตราการย่อยได้ (rate of digestion) กล่าวคือ ถ้าอาหารใดมีอัตราการย่อยได้ช้าจะมีผลกระทบจากระดับการกินได้อย่างมาก ในขณะที่อาหารที่มีอัตราการย่อยได้เร็วอาจจะไม่มีผลจากระดับการกินได้ อิทธิพลรวมจากชนิดของอาหารก็มีผลต่อการย่อยได้พลังงาน (NRC, 1988) เช่น การย่อยได้อาหารประเภท fibre จะลดลง เมื่ออาหารประกอบด้วย non-structural carbohydrates (NSC) มากเกินไป (Weiss and Shockey, 1991) ถ้าเป็นเช่นนี้การประเมินค่า NE ในพืชอาหารสัตว์ หรือ อาหารที่ประกอบด้วย fibre อื่นๆ อาจสูงกว่าที่เป็นจริง ฉะนั้นการพัฒนาการสร้างสมการเพื่อการทำนายค่าพลังงานจะต้องเป็นแบบ kinetic models ซึ่งประกอบด้วย parameters ต่างๆ อาทิ rate of digestion, intake และ rumen pH

เกษตรกรและนักวิชาการต้องทราบถึงพลังงานในอาหารสัตว์ที่สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จึงจะสามารถคำนวณการให้อาหารได้อย่างถูกต้อง แต่การที่จะวิเคราะห์หาค่าพลังงานนั้นๆเป็นประจําต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายสูง โดยทั่วไปแล้วจะใช้วิธีการประเมินค่าพลังงานที่สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จากอาหารชนิดต่างๆ การประเมินค่าทางพลังงานส่วนใหญ่มักจะใช้การประเมินจากส่วนประกอบทางเคมีของอาหาร หรือ ค่าการย่อยได้ของโภชนะต่างๆ เช่น crude fibre, ADF, NDF, ADL หรือจาก enzyme digestibility หรือค่าการย่อยได้ *in vitro* ด้วยวิธีการต่างๆ รวมทั้ง gas production technique (GPT) [Menke *et al.*, 1979; Weiss, 1994] อย่างไรก็ตามวิธีการเหล่านี้ต้องได้รับการปรับก่อนนำมาใช้ วิธีการปรับคือการใส่ค่าที่วัดได้โดยวิธี *in vivo* กับค่าที่ประมาณได้จากสมการ ข้อมูลที่ได้จากการทดลองวิจัยในครั้งนี้จะนำมาสู่การพัฒนาวิธีการใหม่ในการประเมินค่าพลังงานในอาหารสัตว์ในประเทศไทย

ระบบการประเมินค่าโปรตีนในอาหารในระยะเริ่มแรกจะใช้การประเมินจากค่าโปรตีนหยาบในอาหาร (dietary crude protein) ในระยะต่อมาจะใช้การประเมินจากโปรตีนย่อยได้ (digestible protein) อย่างไรก็ตามในปัจจุบันได้มีการนำวิธีการประเมินจากส่วนของโปรตีนที่ถูกย่อยสลายในกระเพาะ rumen (rumen degradable protein) และที่ไหลผ่านกระเพาะ rumen (bypass protein) มาใช้ หรือแม้กระทั่งนำส่วนของโปรตีนใช้ประโยชน์ (metabolisable protein) และ amino acids มาใช้ในการ

ประเมิน การย่อยได้ของโปรตีนในอาหารสัตว์ในเขตอบอุ่น (temperate) ค่อนข้างจะคงที่ ผันแปรอยู่ระหว่าง 90-95% ยกเว้นกรณีของอาหารสัตว์ที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน เช่น hay, silage และ by-products การย่อยได้ของโปรตีนในอาหารสัตว์คุณภาพต่ำซึ่งมักจะมีโปรตีนเป็นส่วนประกอบอยู่น้อยก็มักจะต่ำด้วย ความต้องการ CP ในระบบ NRC จะขึ้นอยู่กับค่าการย่อยได้ของ CP ในอาหารนั้นๆ ซึ่งอาจจะไม่เหมือนกับอาหารสัตว์คุณภาพต่ำอย่างเช่นในเขตร้อน ปัจจุบันความต้องการข้อมูลรายละเอียดต่างๆเกี่ยวกับการย่อยได้ การละลายได้ และการย่อยสลายของโปรตีนในอาหารสัตว์ที่ใช้อยู่ในประเทศไทยเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งเพื่อการคำนวณการให้อาหารสัตว์จะได้ถูกต้องและแม่นยำยิ่งขึ้น และข้อมูลเหล่านี้จำเป็นต่อการนำระบบ metabolisable protein มาใช้ในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษากรรมวิธีและขบวนการผลิตขานอ้อยและฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพที่มีประสิทธิภาพในการใช้เป็นอาหารโคนม
2. เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตขานอ้อยและฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพในเชิงอุตสาหกรรม
- 3 เพื่อประเมินคุณค่าทางอาหารในแง่พลังงานและโปรตีนของขานอ้อยและฟางข้าวที่ปรับปรุงคุณภาพแล้ว
- 4 เพื่อสร้างสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีประสิทธิภาพสำหรับโคให้นมปานกลาง โดยใช้ขานอ้อยและฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพเป็นหลัก
5. เพื่อศึกษาการตอบสนองด้านการให้นมของโคนมต่อการให้อาหารระดับต่างๆ
6. เพื่อหาความต้องการโภชนะของโคที่ให้นมปานกลางในแง่พลังงานและโปรตีน

ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นถึงการศึกษากรรมวิธีการปรับปรุงคุณภาพขานอ้อยในเชิงอุตสาหกรรม การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร และทดลองหาการย่อยได้ในตัวสัตว์ เพื่อที่จะนำมาประเมินคุณค่าทางพลังงานของอาหาร รวมถึงการประเมินความต้องการโภชนะของโคนมที่ให้นมปานกลาง โดยอาศัยการสร้างสมการเพื่อทำนายค่าต่างๆ ที่เหมาะสมสำหรับโคนมของประเทศไทย

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ทำให้ทราบผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี การกินได้ การย่อยได้ พลังงานของอาหาร ขานอ้อย ฟางข้าว ขานอ้อยและฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพ เพื่อที่จะนำไปประกอบสูตรอาหารสำหรับโคนม

2. ทำให้ทราบกรรมวิธีและกระบวนการผลิตขานอ้อย/ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพทำให้ทราบผลการตอบสนองต่อการให้อาหารในช่วง Early, mid & late lactation ทำให้ทราบปริมาณการกินได้และการย่อยได้อาหาร พลังงานและโปรตีน
3. ทำให้ทราบความต้องการอาหารพลังงานและโปรตีนของโคนม ซึ่งจะช่วยพัฒนาการประกอบสูตรอาหารและการให้อาหารโคนมให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
4. ได้องค์ความรู้เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนางานวิจัย การผลิตบัณฑิต และการส่งเสริมเผยแพร่ข้อมูลที่ถูกต้องให้แก่เกษตรกร สหกรณ์ และผู้ประกอบการผลิตอาหารสัตว์
5. ได้มีการพัฒนานักวิจัย และนักวิชาการทั้งในแง่ปริมาณและคุณภาพ

บทที่ 2

การตรวจเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชานอ้อยเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรจากอุตสาหกรรมการทำน้ำตาลทราย ถึงแม้ชานอ้อยจะมีคุณค่าทางอาหารต่ำ (2.0-2.5%CP, 15-25% digestibility; Ibrahim and Pearce, 1983) แต่มีในปริมาณมาก ซึ่งน่าจะนำมาใช้ประโยชน์เป็นอาหารหยาบสำหรับโคนมได้ โดยเฉพาะในช่วงที่อาหารหยาบขาดแคลน การนำชานอ้อยมาใช้ประโยชน์อาจทำได้โดยนำชานอ้อยมาปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการ โดยการเสริมด้วยอาหารประเภทที่มีพลังงานและโปรตีนอยู่สูง เพื่อให้เกิดสมดุลทางโภชนาการ (Balanced Nutrients) และเพิ่มความน่ากิน (Palatability) โดยการปรับปรุงคุณค่าด้วยวิธีการทางเคมีและทางชีวภาพ เพื่อเพิ่มการย่อยได้วัตถุแห้ง (DM Digestibility) และเพิ่มโปรตีน นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้โดยเป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์สำเร็จรูป (Complete Feeds)

ชานอ้อยจะมีส่วนประกอบของ Lignocellulosic materials มีการสะสมของ lignin (Lignification) และมี cellulose ที่อยู่ในรูปผลึก (Crystalline cellulose) ซึ่งมีคุณสมบัติป้องกันการเข้าย่อยสลาย cellulose และ hemicellulose โดยเอนไซม์ที่ขับออกมาโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (Rumen micro-organisms) อย่างไรก็ตามชานอ้อยก็เป็นเช่นเดียวกับผลพลอยได้ทางการเกษตรอื่นๆ ที่มีเยื่อใยมาก ที่ตอบสนองต่อการปรับปรุงด้วยวิธีการต่างๆ (Cabello, 1994) การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของชานอ้อยสามารถกระทำได้หลายวิธี อาทิ วิธีการปรับปรุงทางกายภาพ (Physical pretreatments) ด้วยการจุ่มแช่น้ำ (Soaking/Wetting) ด้วยการหั่นให้มีขนาดชิ้นเล็กลง (Chopping) ด้วยการบดและอัดเม็ด (Grinding and Pelleting) ด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง (Steaming under pressure) หรือด้วยการใช้รังสีแกมมา (Gamma irradiation) วิธีการปรับปรุงทางเคมี (Chemical pretreatments) ด้วยการใส่สารที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง (Pretreatment with alkalis) ด้วยการใส่สารที่มีคุณสมบัติเร่งปฏิกิริยา (Pretreatment with oxidative reagents) ด้วยการใส่สารละลายกรด (Pretreatment with acids) วิธีการปรับปรุงทางชีวภาพ (Biological pretreatments) ด้วยการหมักย่อย (Composting) ด้วยการหมัก (Ensilage) ด้วยการใส่ราบางชนิด (Fungal growth) และด้วยการใช้เอนไซม์ (Enzyme additions) รายละเอียดวิธีการปรับปรุงคุณภาพของผลพลอยได้ทางการเกษตรด้วยวิธีการต่างๆดังกล่าว ได้มีการรายงานไว้โดยนักวิจัยหลายท่าน อาทิ Sundstol (1984) Wanapat (1984) และ Doyle *et al.* (1986)

วิธีการที่นิยมมากที่สุดเป็นวิธีการทางเคมีที่ใช้สารที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งสารเหล่านี้จะทำละลาย Hemicellulose (Klopfenstein, 1978) ทำให้สาร

กลุ่ม Free uronic acids เป็นกลาง และสารเหล่านี้อาจทำลาย lignin ที่เชื่อม hemicellulose ที่อยู่ใน cell wall materials (Theander and Aman, 1984) Chesson และ Orskov (1984) แนะนำว่า สารที่มีคุณสมบัติที่เป็นต่างนอกจากจะ hydrolyse hemicellulose-lignin linkages แล้ว อาจทำลาย bonds ต่างๆ ที่อยู่ในโมเลกุลของ lignin เป็นผลให้น้ำหนักโมเลกุลของ lignin ลดลงและทำให้การเชื่อมระหว่าง hemicellulose และ lignin อ่อนแอลง ยังผลให้ ทำละลาย hemicellulose เพิ่มการบวมตัวของ cell wall ทำให้ microbial enzymes สามารถที่จะเข้าทำการย่อย Structural carbohydrates.

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามที่มีรายงานส่วนใหญ่เป็นเรื่องการศึกษาการปรับปรุงคุณค่าทางอาหารของฟางข้าวด้วยวิธีการทางเคมี Wanapat *et al.* (1985) ศึกษาเปรียบเทียบการปรับปรุงคุณภาพฟางข้าวบาร์เลย์ด้วยสารที่มีคุณสมบัติเป็นต่าง 16 วิธี และได้สรุปว่าการย่อยได้อินทรีย์วัตถุของฟางข้าวบาร์เลย์เพิ่มขึ้นเรียงลำดับจากมากที่สุด ตามกลุ่มวิธีการที่ใช้ดังนี้ 1) การทำให้เปียกชื้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Wet treatment with NaOH; 20-22 units) 2) การสเปรย์ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Dry treatment with NaOH; 15 units) 3) การใช้แอมโมเนียในรูปแบบ anhydrous และ aqueous (Anhydrous/aqueous ammonia treatment; 6-15 units) 4) การใช้ยูเรีย (Urea treatment; 4-7 units) ส่วนการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ปรับปรุงคุณภาพฟางข้าวสาลีนั้นสามารถเพิ่มการย่อยได้อินทรีย์วัตถุประมาณ 8 units (Djajanegara *et al.*, 1985)

Doyle *et al.* (1986) ได้รวบรวมผลงานวิจัยการใช้วิธีการต่างๆ เพื่อปรับปรุงคุณภาพของฟางข้าว อาทิ การใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ การใช้แอมโมเนียหรือยูเรีย การใช้ Oxidative reagents การใช้สารละลายกรด การหมักย่อย การหมัก การใช้เชื้อราบางชนิด และการใช้เอนไซม์ และได้สรุปว่าการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถเพิ่มการย่อยได้วัตถุแห้งของฟางข้าวระหว่าง 8-39% units การใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์เพิ่มระหว่าง 7-22% units การใช้แอมโมเนียหรือยูเรียเพิ่มระหว่าง 2-35% units การใช้ oxidative reagents เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โอโซน และ โซเดียมคลอไรท์ เพิ่มระหว่าง 4-19% units การใช้สารละลายกรด เช่น กรดซัลฟูริก และ กรดไฮโดรคลอริก เพิ่มระหว่าง 10-19% units ส่วนการใช้การหมัก (Ensilage) ไม่เพิ่มการย่อยได้แต่ทำให้เกิดการสูญเสียวัตถุแห้ง อย่างไรก็ตามการหมักฟางข้าวด้วยการเสริมโภชนาประเภพล้างงานและโปรตีนสามารถเพิ่มความเข้มข้นของโภชนาในฟางข้าวให้เพียงพอความต้องการของโคได้ โดยเฉพาะในช่วงขาดแคลนอาหารหยาบ การใช้เชื้อราสามารถเพิ่มการย่อยได้ของฟางข้าวประมาณ 10% units และสามารถลดปริมาณลิกนินลงจาก 6% เหลือเพียง 3% แต่เหมือนกับการหมักคือเกิดการสูญเสียวัตถุแห้งระหว่างการเจริญของเชื้อรา การใช้เชื้อราเพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลพลอยได้ทางการเกษตรยังต้องศึกษาอีกมาก โดยเฉพาะการคัดเลือกเชื้อราให้เหมาะสม และเชื้อรานั้นๆจะต้องไม่ก่อให้เกิดสารที่เป็นพิษกับสัตว์ได้ งานวิจัยต่างๆที่ Doyle *et al.* (1986) ได้รวบรวมมาให้ความเข้มข้นของสารเคมี และวิธีการต่างๆที่แตกต่างกัน การจะนำมาทดลองปฏิบัติต้องเลือกวิธีการที่มีแนวโน้มสามารถปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาได้มากและคุ้มกับการลงทุน โดยเฉพาะในแง่การนำมาปฏิบัติได้จริงและคุ้มกับการลงทุนในเชิงเศรษฐกิจ

สำหรับการวิจัยปรับปรุงคุณภาพขนอ้อยนั้นมีน้อยมาก การวิจัยในประเทศคิวบา ได้ถูกรวบรวมโดย Cabello (1994) และสรุปว่า การใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 กรัมต่อ 100 กรัมวัตถุดิบแห้งขนอ้อยสามารถเพิ่มการย่อยได้ 3-4 เท่า คือจาก 14.0% เป็น 56.2% ในขณะที่ใช้กรดซัลฟูริก 10 กรัมต่อ 100 กรัมวัตถุดิบแห้งขนอ้อย ที่อุณหภูมิ 130°C เป็นเวลา 30 นาที การย่อยได้จะเพิ่มเป็น 51.2% Devendra (1979) รายงานว่าการปรับปรุงคุณภาพของขนอ้อยโดยใช้ Caustic soda จะเพิ่มการย่อยได้ แต่การใช้ยูเรีย-แอมโมเนีย ไม่เพิ่มการย่อยได้ เหตุผลที่ขนอ้อยไม่ตอบสนองต่อการใช้ยูเรีย-แอมโมเนียเหมือนกับฟางข้าวยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด อาจเป็นเพราะว่าขนอ้อยไม่มีเอนไซม์ urease เหมือนในฟางข้าว อย่างไรก็ตามถ้าหากใช้สารที่มีคุณสมบัติเป็นด่างควบคู่กับยูเรียน่าจะบังเกิดผลดีทั้งเพิ่มการย่อยได้และเพิ่มไนโตรเจนในขนอ้อย สำหรับการใช่วิธีการอบด้วยไอน้ำภายใต้ความดันสูงให้ผลเพิ่มความน่ากินและการย่อยได้ของขนอ้อย (Rangnekar *et al.*, 1982) การใช้ Caustic soda หรือ ยูเรียร่วมกับการอบไอน้ำที่ความดันสูงน่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งในการปรับปรุงคุณภาพขนอ้อย การปรับปรุงคุณภาพขนอ้อยอีกวิธีหนึ่งคือการใช้กระบวนการทางชีวภาพ หรือ Bio-fermentation technology โดยการใช้เชื้อราจำพวก *Pleurotus* และ *Coprinus* ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีวิธีการที่เด่นชัดในการใช้เชื้อราดังกล่าว (Badve *et al.*, 1987)

การใช้ขนอ้อยเป็นอาหารเลี้ยงโคในเมืองไทยยังมีการวิจัยน้อยมาก เมื่อไม่นานมานี้มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (มทส) ร่วมกับสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) ได้ทำการศึกษาการนำขนอ้อยมาใช้ประโยชน์เพื่อเป็นอาหารสำหรับโคนม ขนอ้อยที่นำมาใช้ไม่ได้ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพราะการปรับปรุงคุณภาพต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายซึ่งกำลังดำเนินการขอสนับสนุนทุนวิจัยอยู่ การทดลองเบื้องต้นจึงนำขนอ้อยที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมการทำน้ำตาลในจังหวัดนครราชสีมาของกลุ่มวังขนายมาตากแห้ง แล้วนำมาปรับปรุงคุณภาพด้วยการเสริมอาหารประเภทพลังงานและโปรตีน Suksombat (1997) ทดลองใช้ขนอ้อย 20% ในสูตรอาหารหยาบผสม 4 สูตร ซึ่งสร้างความสมดุลย์ทางโภชนาการให้เพียงพอกับความต้องการของโครีดนมโดยการเสริมมันสำปะหลัง กากเมล็ดฝ้าย กากน้ำตาลและยูเรีย เลี้ยงโครีดนมในช่วงปลายระยะให้นม ผลปรากฏว่าโครีดนมทุกกลุ่มการทดลองให้ผลผลิตน้ำนมอยู่ในเกณฑ์ดี กล่าวคือให้น้ำนมเฉลี่ย 8.3-9.3 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ซึ่งนับว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจ การทดลองต่อมา (Suksombat, 1998a, b; 1999a, b; 2000a) ใช้ขนอ้อยระดับต่างๆตั้งแต่ 32% ถึง 64% เป็นส่วนประกอบในอาหารหยาบผสมที่เสริมด้วยมันสำปะหลังและกากเมล็ดฝ้ายเลี้ยงโครีดนมในระยะให้นมต่างๆเปรียบเทียบกับหญ้าสด ทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง ทั้งในฟาร์มของมหาวิทยาลัยและฟาร์มของเกษตรกร รวมทั้งศึกษาการยอมรับของเกษตรกรที่มีต่ออาหารหยาบผสมที่มีขนอ้อยเป็นส่วนประกอบ ผลปรากฏว่าการใช้อาหารหยาบผสมที่มีขนอ้อยเป็นส่วนประกอบอยู่ในระดับต่างๆดังกล่าว สามารถใช้ทดแทนหญ้าสดได้ทั้งหมดหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือสามารถใช้อาหารหยาบผสมเลี้ยงโครีดนมแทนหญ้าสดได้ 100% โดยไม่ต้องใช้หญ้าสด

2.1 ระบบการประเมินคุณค่าทางพลังงานในอาหารและความต้องการพลังงานของสัตว์เคี้ยวเอื้อง

เมื่อประมาณสามทศวรรษก่อนหน้านี้นี้ประเทศในแถบยุโรปจะใช้ระบบประเมินคุณค่าทางพลังงาน ของ Kellner starch-equivalent system (Kellner, 1905 อ้างโดย van der Honing and Alderman, 1988) หรือระบบ fodder units ซึ่ง Kellner ได้ให้คำจำกัดความของคำ “starch-equivalent” ว่า “ศักยภาพของ 1 kg digestible starch ในการผลิตไขมันในโคเนื้อเพศผู้โตเต็มที่ตอน” ฉะนั้นอาหารจะถูกประเมินในรูปของ net energy for fattening (NE_f) และ fodder unit (FU) หมายถึง starch equivalent (SE) ของ 1 kg barley as fed สำหรับอาหารสัตว์ชนิดอื่นจะอธิบายโดยการใช้อย่างส่วนต่อ SE ของ barley เช่น maize มีค่า SE เท่ากับ 1.07 เมื่อเทียบกับ barley ต่อมาในระหว่างคริสต์ศักราช 1970-1980 Blaxter ได้นำเสนอระบบประเมินพลังงานแบบใหม่ คือ metabolisable energy (ME) ซึ่งหมายถึง พลังงานรวม (gross energy; GE) หักลบด้วยพลังงานในอุจจาระ (faecal energy; FE) พลังงานสูญเสียทางปัสสาวะ (urinary energy; UE) และพลังงานสูญเสียในรูปของแก๊สมีเทน (methane energy) นอกจากนี้ Blaxter (1962) ยังได้เสนอการคำนวณ net energy for growth, pregnancy และ lactation จาก the measured ME available above maintenance requirements ($ME_{intake} - ME_m$) ซึ่งได้ตีพิมพ์ใน ARC (1965) กล่าวคือ

$$\text{Efficiency for maintenance (\%), } k_m = 1.6 \text{ M/D} + 54.6$$

$$\text{Efficiency for fattening (\%), } k_g = 4.4 \text{ M/D} + 3.0$$

เมื่อ M/D คือ ME content/kgDM of feed (MJME/kgDM)

ในขณะที่ k_f มีค่าผันแปรจาก 62 ถึง 70% และมีความสัมพันธ์แบบ curvilinear กับ M/D

Moe *et al.* (1972) ตีพิมพ์ NE_L system โดยอาศัยพื้นฐานข้อมูลจำนวนมากจากการทดลองทำ energy balance ในโคนม ในระบบนี้ ค่า ME วัดจาก production level และแปลงเป็นค่า NE_L โดยสมการ

$$NE_L \text{ (MJ/kgDM)} = 0.703 \text{ ME} - 0.795$$

ในที่นี้ efficiency for lactation, k_l ผันแปรอยู่ระหว่าง 0.59-0.64

จากผลการดำเนินงานของ EAAP Working Group นำโดย van ES ในต้นคริสต์ทศวรรษที่ 1970 ได้สร้างพื้นฐานในการประเมินระบบพลังงานใหม่ดังกล่าวข้างต้น และได้ถูกนำไปใช้โดย The Netherlands, France, Belgium และ Switzerland ในปี 1977 ตามด้วย Germany ในปี 1981, Yugoslavia และ Greece ในปี 1984

2.1.1 การวัดและการคำนวณ ME content ในอาหารสัตว์

การประเมินคุณค่าทางพลังงานของอาหารสัตว์ชนิดใดชนิดหนึ่ง มีวิธีการโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า bomb calorimeter เพื่อทำการหาค่า GE ในอาหารที่สัตว์กินเข้าไปและในอุจจาระ เมื่อหักลบกันแล้วจะได้ค่า DE ทำการวัดค่าพลังงานที่สูญเสียไปในปัสสาวะและในรูปแก๊ส methane โดย respiration

calorimeter จะสามารถคำนวณค่า ME ได้ แต่ทั้งนี้ต้องใช้สัตว์ทดลองเพื่อหา DE และ ME แต่วิธีการที่ต้องเกี่ยวข้องกับการใช้สัตว์ทดลองเป็นวิธีที่ยุ่งยากและซับซ้อน เสียเวลาและค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง ในปัจจุบันนักวิจัยจึงได้มีความพยายามหาวิธีการที่ง่ายและสะดวกเพื่อที่จะประเมินคุณค่าทางพลังงานต่างๆของอาหารสัตว์ โดยการคำนวณ methane energy จาก organic matter digestibility (OMD; Blaxter and Clapperton, 1965) หรือ methane และ urinary energy จากค่าคงที่คือ 0.19 ของ DE (Armstrong, 1964) นอกจากนี้ยังสามารถประมาณค่าทางพลังงานได้โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่าง GE กับ ส่วนประกอบทางเคมีที่สามารถวิเคราะห์ได้ด้วยวิธี proximate และระหว่าง ME กับค่าการย่อยได้ของ dry matter (DM) หรือ organic matter (OM) หรือ modified acid detergent fibre (MADF)

ตัวอย่างสมการทำนายค่าทางพลังงานได้สรุปไว้ดังนี้

$$GE = 5.77 CP + 8.74 EE + 5.0 CF + 4.06 NFE - 1.05 \text{ sugars}$$

เมื่อ GE มีหน่วยเป็น kcal/kgDM, CP, EE, CF, NFE และ sugars มีหน่วยเป็น g/kgDM (Schiemann *et al.*, 1971 อ้างโดย van der Honing and Anderman, 1988)

การคำนวณค่า ME โดยคำนวณจากการที่ ME เป็นสัดส่วนคงที่ของ DE

$$ME = 0.81 DE \text{ (Armstrong, 1964)}$$

การคำนวณค่า ME จาก DOMD โดยทั่วไป OM ของเมล็ดธัญพืชและพืชอาหารสัตว์จะมี GE อยู่ประมาณ 19 MJ/kgDM; จากสมการข้างต้น ($ME = 0.81 DE$) สามารถที่จะใช้ general conversion factor ควบคู่กับผลที่ได้จากการทำ digestibility trials (*in vivo* digestibility) และ *in vitro* digestibility (Tilley and Terry, 1963) คือ

$$ME \text{ (MJ/kgDM)} = 0.015 \text{ DOMD (g/kgDM)} \text{ [Morgan and Barber, 1979]}$$

อีกทางเลือกหนึ่ง ผลที่ได้จากการทำ digestibility trials และผลที่ได้จากการวิเคราะห์ proximate analyses ในอาหารสัตว์และในมูลสัตว์ สามารถนำมาสร้างสมการในการคำนวณหาค่า ME ในอาหารสัตว์ได้ โดยใช้ regression equations ตัวอย่างสมการที่ใช้ในประเทศต่างๆได้แสดงดังนี้

$$\text{สมการหลัก } ME = a \text{ DCP} + b \text{ DEE} + c \text{ DCF} + d \text{ DNFE} + e$$

Country	System	Equation
U.K.	ME	$ME \text{ (kJ/kgDM)} = 15.2 \text{ DCP} + 34.2 \text{ DEE} + 12.8 \text{ DCF} + 15.9 \text{ DNFE}$
U.S.A.	NE	$ME \text{ (kJ/kgDM)} = 18.6 \text{ DCP} + 41.9 \text{ DEE} + 18.6 \text{ DCF} + 18.6 \text{ DNFE} - 1883$

(อ้างโดย van der Honing and Anderman, 1988)

นอกจากนี้ยังมีสมการอื่นๆที่ทำนายค่าพลังงานอีกดังนี้

$$ME \text{ (Mcal/kgDM)} = 3.63 \text{ DCP} + 8.17 \text{ DEE} + 3.06 \text{ DCF} + 3.87 \text{ DNFE} \text{ (Nehring, 1969)}$$

$$ME \text{ (Mcal/kgDM)} = 0.044 \text{ DMD} - 0.599 \quad (\text{Armstrong, 1964})$$

$$DE \text{ (Mcal/kgDM)} = 0.043 \text{ DMD} - 0.114 \quad (\text{Minson and Milford, 1966})$$

$$DE \text{ (Mcal/kgDM)} = 0.0418 \text{ DMD} + 0.219 \quad (\text{Butterworth, 1964})$$

$$DE \text{ (Mcal/kgDM)} = 0.0462 \text{ DMD} - 0.158 \quad (\text{Moir, 1961})$$

ตารางที่ 2.1 สมการในการประมาณค่าพลังงานจากผลวิเคราะห์ต่างๆ

Type of feeds	(MJ/kgDM)	(Mcal/kgDM)
Fresh grass	$= 16.2 - 0.0185(\text{MADF})$	$= 3.87 - 0.0044(\text{MADF})$
(Givens <i>et al.</i> , 1990)	$= -0.46 + 0.017(\text{DOMD})$	$= -0.11 + 0.0041(\text{DOMD})$
Grass hay	$= 2.63 + 0.0109(\text{DOMD})$	$= 0.63 + 0.0026(\text{DOMD})$
(Moss and Givens, 1990)		
Grass silage	$= 15.0 - 0.014(\text{MADF})$	$= 3.585 - 0.003(\text{MADF})$
(Givens <i>et al.</i> , 1989)	$= 2.91 + 0.012(\text{DOMD})$	$= 0.696 + 0.0029(\text{DOMD})$
Maize silage	$= 13.38 - 0.0113(\text{MADF})$	$= 3.20 - 0.0027(\text{MADF})$
(Givens, 1990)		
Cereal straws	$= 0.53 + 0.0142(\text{DOMD})$	$= 0.127 + 0.0034(\text{DOMD})$
(Givens <i>et al.</i> , 1988)		
Ammoniated cereal straws	$= 2.24 + 0.0098(\text{DOMD})$	$= 0.535 + 0.0023(\text{DOMD})$
(Givens <i>et al.</i> , 1988)		
Alkali treated straws	$= 2.54 + 0.0093 (\text{DOMD})$	$= 0.607 + 0.0022 (\text{DOMD})$
(Moss <i>et al.</i> , 1990)		

2.1.2 สูตรระบบพลังงานที่ใช้ในสหราชอาณาจักรและสหรัฐอเมริกา

1) *British metabolisable energy, ME, system used in the U.K.*

ระบบ ME ได้เริ่มใช้ในปี 1976 โดยมีพื้นฐานจากรายงานความต้องการโภชนะต่างๆของสัตว์เคี้ยวเอื้องของ A.R.C. (1965) ซึ่งได้ปรับปรุงให้เหมาะสมกับผลที่ได้จากการทดลอง feeding trials

Nutritive value

การคำนวณค่า ME คำนวณได้จากสมการ

$$ME \text{ (kJ/kgDM)} = 15.2 \text{ DCP} + 34.2 \text{ DEE} + 12.8 \text{ DCF} + 15.9 \text{ DNFE}$$

หรือ

$$ME = 0.15 \text{ DOMD}$$

$$ME = 0.81 \text{ DE}$$

หรือประมาณจากผลวิเคราะห์ทางเคมี และการวิเคราะห์ *in vitro*

Efficiency of ME utilisation: maintenance, $k_m = 0.72$; lactation, $k_l = 0.62$; growth, $k_g = 0.0435$
x ME/DM

Requirements

Milk production:

Maintenance: $(8.3 + 0.091LW)$ MJ ME

For each kg fat-corrected milk (4%fat): 5.3 MJ ME

Plane of nutrition effects: no allowance made.

Energy value of liveweight change in cows: 20 MJ/kg Change

Efficiency of utilisation of mobilised body energy for milk: 0.82

Efficiency of ME utilisation for gain for lactating cow: 0.62

Requirement according to The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock, A.R.C. (1980)

Maintenance and milk production.

Requirement for maintenance = Z/k_m where fasting metabolism, $Z = [0.53(LW/1.08)^{0.67} + 0.0043LW]$ and $k_m = 0.35q + 0.503$.

For milk production, Z is calculated as above.

Energy retention in milk, $R = M \times (1.509 + 0.0406 F)$ where $F = g \text{ Fat/kg}$

$$k_l = 0.35q - 0.420$$

Level of feeding, $FL = 1 + (R/k_l)/(Z/k_m)$

Correction for level of feeding: $1 + 0.018(FL-1)$

Total requirement = $[1 + 0.018 (FL-1)] (R/k_l + Z/k_m)$

Growth and fattening

Maintenance requirements for castrates and heifers as above, 15% more for bulls.

Energy value of liveweight gain, EV_g , as MJ/kg

$$EV_g = (4.1 + 0.0332LW - 0.000009LW^2)/(1 - 0.1475LWG)$$

where LWG is liveweight gain as kg/day

Estimate is to be reduced by 15% for bulls and for large breeds, or increased by 15% for heifers and for small breeds.

Energy retention (ER) = EV_g/k_f , where $k_f = 0.78q + 0.006$

2) Net energy lactating cow, NE_L , N.R.C. (1978)

Net energy lactation, NE_L , expressed as Mcal/kgDM, calculated from TDN, DE or ME values

Nutritive value

$$NE_L \text{ (Mcal/kgDM)} = 0.703 ME - 0.19$$

$$NE_L \text{ (Mcal/kgDM)} = 0.710 DE - 0.51$$

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

(assuming 1 kgTDN = 4.409 Mcal DE)

Requirements

Milk production:

Maintenance: $0.08 LW^{0.75}$ Mcal NE_L

For each kg fat-corrected milk (4% fat): 0.74 Mcal NE_L

For each kg liveweight gain: + 5.12 Mcal

For each kg liveweight loss: - 4.92 Mcal

2.1.3 การประเมินคุณค่าทางพลังงานที่นำเสนอใหม่

ถึงแม้ระบบการประเมินคุณค่าทางโภชนาโดยใช้ค่า NE จะเป็นระบบที่ดี แต่ทำการวัดโดยตรงได้ยาก ต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายมาก ตลอดจนต้องใช้เครื่องมือที่ยุ่งยากซับซ้อน ประเทศต่างๆจึงคิดค้นสมการมาใช้ในการคำนวณ โดยใช้การประเมินค่าทางพลังงานจากองค์ประกอบทางเคมี เช่นในประเทศเยอรมันคำนวณค่า NE_L จาก GE และ ME ประเทศสหรัฐอเมริกาคำนวณจาก TDN อย่างไรก็ตามการจะได้มาซึ่งค่าต่างๆในการทำนายคุณค่าทางพลังงานก็มีหลากหลาย บางสมการใช้ได้เฉพาะอาหารบางชนิด เช่น อาหารข้น บางสมการใช้ได้เฉพาะกับอาหารหยาบ จนกระทั่งในปี 1992 Weiss และคณะ (Weiss *et al.*, 1992) จึงทำการปรับปรุงสมการที่สามารถนำมาใช้ทำนายค่าทางพลังงานกับอาหารหลายชนิดรวมทั้ง by-products และ heat-damaged forages ได้ หลักการของสมการนี้ยึดหลักที่ว่า โภชนาชนิดใดที่ให้พลังงานได้ต้องนำมาคำนวณด้วย ซึ่งโภชนาดังกล่าวประกอบด้วย CP, Fat, NFC และ NDF การคำนวณต้องอาศัย true digestibility (TD) ของโภชนาเหล่านั้นๆ จากนั้นจะได้ค่า TDN ซึ่งสามารถนำไปคำนวณหาค่า NE ได้โดยอาศัยสมการต่างๆ ดังจะได้กล่าวต่อไป

พลังงานจากโปรตีน

โปรตีนเป็น uniform feed fraction เพราะค่า true digestibility (TD) ของ crude protein (CP) เป็นค่าที่ค่อนข้างคงที่ ในพืชส่วนมากมีค่าผันแปรระหว่าง 0.9-1.0 เฉลี่ย 0.93 (Holter and Reid, 1959) สำหรับอาหารข้นที่ไม่ได้ผ่านความร้อน (unheated concentrate) ค่า TD_{CP} จะมีค่าประมาณ 1.0 (Fonnesbeck *et al.*, 1984) อาหารที่ถูกความร้อน ค่า TD_{CP} จะมีค่าลดลง เนื่องจากการย่อยได้ของ CP และอัตราการถูกทำลายด้วยความร้อน (heat damage) มีความสัมพันธ์กับ acid detergent insoluble

nitrogen (ADIN) ดังนั้นจึงสามารถคำนวณค่า TD_{CP} ได้จากค่า ADIN แต่เนื่องจากความสัมพันธ์ในอาหารข้นและในอาหารหยาบมีไม่เท่ากัน จึงต้องอาศัยสมการคำนวณที่แตกต่างกันดังนี้

$$\text{Concentrate: } TD_{CP-C} = 1 - 0.004 \text{ ADIN (Nakamura et al., 1994)}$$

โดย ADIN คิดเป็นสัดส่วนของ N ทั้งหมด การวิเคราะห์ค่า ADIN จะทำเฉพาะในตัวอย่างอาหารข้นที่ผ่านความร้อนเท่านั้น

$$\text{Roughage: } TD_{CP-F} = e^{-0.012 \text{ ADIN}} \text{ (Weiss et al., 1983)}$$

เมื่อ e เป็นฐานของ natural logarithm และ ADIN แทนค่าเป็นสัดส่วนของ total N โดยทั่วไปสัดส่วนของ N ใน ADIN ของพืชที่ไม่ถูกความร้อนจะเท่ากับ 0.07

เมื่อได้ค่า TD_{CP} แล้ว จึงคำนวณค่าพลังงานของ CP (E_{CP}) ดังนี้

$$E_{CP} = TD_{CP} \times CP$$

พลังงานจากไขมัน

ค่า ether extract (EE) ในอาหารประกอบด้วยกรดไขมัน (รวมทั้ง triglycerides), waxes, pigments และอื่นๆอีกเล็กน้อย Palmquist (1990) แนะนำว่าในการหาปริมาณไขมันควรวิเคราะห์ fatty acids (FA) มากกว่าการวิเคราะห์ EE ทั้งนี้เนื่องจาก FA เป็นค่าที่ uniform ในขณะที่ EE ไม่ uniform แต่เครื่องมือในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่เป็นเครื่องมือวิเคราะห์หา EE ห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่จึงยังคงนิยมวิเคราะห์ค่า EE อยู่ อย่างไรก็ตามการคำนวณหาค่า FA สามารถทำได้โดยการคำนวณจากค่า EE ทั้งนี้เพราะไขมันที่ไม่ใช่ FA มีประมาณ 1.5% ของ DM ในอาหารเท่านั้น

$$FA = EE - 1.5$$

ค่า TD ของ FA ขึ้นอยู่กับปริมาณของ FA ในอาหาร อาหารโคนมโดยทั่วไปมี FA อยู่ประมาณ 3% และมีค่า TD ประมาณ 0.94 ถ้าค่า FA เพิ่มขึ้น 1% ค่า TD ของ FA จะลดลง 0.03 (Palmquist, 1991) ฉะนั้น

$$E_{FA} = [1.03 - (0.03 \text{ FA})] \times 2.25 \text{ FA}$$

ค่า 2.25 เป็นค่าพลังงานของไขมันที่สูงกว่าคาร์โบไฮเดรต 2.25 เท่า

พลังงานจาก NDF

NDF ไม่ใช่ค่าที่ uniform แต่ NDF ส่วนที่อาจย่อยได้ (potential digestible NDF หรือ pdNDF) เป็นค่าที่ uniform โดยมีการย่อยได้เท่ากับ 1.0 Conrad et al. (1984) ได้สร้างสมการประเมินค่า pdNDF โดยอาศัย lignified surface area ทั้งนี้เพราะ lignin ย่อยไม่ได้ จึงควรนำมาหักลบออกจาก NDF เพื่อให้ได้ค่า lignin-free NDF นอกจากนี้ lignin ยังไปขัดขวางการย่อยได้ของ cellulose และ hemicellulose จึง

ควรคำนวณค่าสัดส่วนของพื้นที่ผิว NDF ที่ถูกปกคลุมด้วย lignin เพื่อนำมาหักลบออก ดังนั้นค่า pdNDF คำนวณได้จากสมการ

$$\text{pdNDF} = (\text{NDF} - \text{Lignin}) [1 - (\text{Lignin}/\text{NDF})^{0.667}]$$

ค่าทุกตัวมีหน่วยเป็น % ของ DM และ lignin วิเคราะห์โดยวิธี ADF - sulphuric สมการข้างต้นนี้ใช้ได้กับพืชแทบทุกชนิด แต่ใน by-product หลายชนิด อาจมีส่วนของ CP ปนมาในค่า NDF มาก ทำให้มีค่า NDF สูงเกินไป ดังนั้นจึงควรวิเคราะห์ neutral detergent insoluble nitrogen (NDIN) ด้วยเพื่อคำนวณค่า NDF ที่ปราศจาก N แล้ว (NDF_N) ดังนี้

$$\text{NDF}_N = \text{NDF} - \text{NDICP}$$

ค่าทุกตัวมีหน่วยเป็น % และ NDICP เท่ากับ $\text{NDIN} \times 6.25$

พลังงานจาก NDF คำนวณโดยคูณค่า pdNDF ด้วยสัมประสิทธิ์การย่อยได้ ประมาณว่าการย่อยได้ของ pdNDF ในสัตว์ที่ได้รับอาหารในระดับ maintenance มีค่าเท่ากับ 0.75

$$E_{\text{NDF}} = 0.75 (\text{NDF}_N - \text{Lignin}) [1 - \text{Lignin}/\text{NDF}_N]^{0.667}]$$

พลังงานจาก NFC

โดยปกติ NFC เป็น uniform feed fraction ที่มีค่า TD ประมาณ 0.98 ถ้าสัตว์ได้รับอาหารที่ระดับ maintenance NFC คำนวณได้โดยการหักลบค่า ash, CP, NDF_N และ EE จาก 100 ที่ต้องใช้ค่า NDF_N แทนค่า NDF ก็เพื่อไม่ให้ CP ถูกหักออกซ้ำกันถึง 2 ครั้ง มิฉะนั้นจะทำให้ค่า NFC ต่ำไป การคำนวณพลังงานจาก NFC คำนวณได้ดังสมการ

$$E_{\text{NFC}} = 0.98 [100 - \text{NDF}_N - \text{CP} - \text{Ash} - (\text{FA} + 1.5)]$$

สมการคำนวณค่า TDN

ค่า TDN คำนวณได้จากการรวมพลังงาน CP, FA, NDF และ NFC เข้าด้วยกัน แต่เนื่องจากพลังงานจากองค์ประกอบเหล่านี้ได้มาจากค่า true digestibility ในขณะที่ค่า TDN เป็นค่าที่คิดจาก apparent digestibility ดังนั้นจึงต้องนำค่าพลังงานจาก metabolic faecal material มาหักลบออก ซึ่งข้อมูลจากแหล่งต่างๆสรุปได้ว่า metabolic TDN มีค่าประมาณ 7 ดังนั้นสมการคำนวณค่า TDN จะเป็นดังนี้

$$\text{TDN} = E_{\text{CP}} + E_{\text{FA}} + E_{\text{NDF}} + E_{\text{NFC}} - 7$$

การปรับค่าพลังงานจากไขมัน

เนื่องจากการเปลี่ยน DE เป็น NE ในกรณีของไขมันมีประสิทธิภาพประมาณ 0.64 แต่ในกรณีของคาร์โบไฮเดรตมีค่า 0.52 (Andrews *et al.*, 1991) แสดงว่าประสิทธิภาพในการเปลี่ยน DE หรือ TDN ไปเป็น NE ในไขมันสูงกว่าคาร์โบไฮเดรต 23% แต่ในสูตร TDN ดังเดิมไม่ได้คำนึงถึงจุดนี้ คำนึงถึง

เฉพาะพลังงานในไขมันมีมากกว่าคาร์โบไฮเดรต 2.25 เท่า เมื่อวิเคราะห์ด้วย bomb calorimeter เท่านั้น ดังนั้นเพื่อความถูกต้องในการคำนวณค่า ME หรือ NE จึงควรเปลี่ยน factor 2.25 เป็น 2.8 (ซึ่งมาจาก 2.25×1.23) ได้สมการดังนี้

$$E_{FA} = 0.97 \times FA \times 2.8$$

การคำนวณค่า NE_L จาก TDN, ME และ NDF

สมการต่อไปนี้เป็นสมการที่ใช้ในการคำนวณหาค่า NE จาก TDN, ME และ NDF

$$NE_L \text{ (Mcal/kgDM)} = 0.0245 \text{ TDN} - 0.12$$

$$ME \text{ (Mcal/kgDM)} = 0.0362 \text{ TDN}$$

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

$$ME = 1.01 \text{ DE} - 0.45$$

$$NE_M \text{ (Mcal/kgDM)} = -1.2 + 1.37 \text{ ME} - 0.138 \text{ ME}^2 + 0.0105 \text{ ME}^3$$

$$NE_G \text{ (Mcal/kgDM)} = -1.65 + 1.42 \text{ ME} - 1.74 \text{ ME}^2 + 0.0122 \text{ ME}^3$$

$$NE_G \text{ (Mcal/kgDM)} = 0.85 \text{ ME} - 0.09$$

$$NE_G \text{ (Mcal/kgDM)} = 0.58 \text{ ME} - 0.01 \text{ NDF} + 0.08$$

2.2 ระบบการประเมินคุณค่าของโปรตีนในอาหารและความต้องการโปรตีนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาได้มีการตีพิมพ์ระบบการประเมินความต้องการโปรตีนของสัตว์เคี้ยวเอื้องใหม่โดยนักวิจัยจำนวนมากทั้งในสหรัฐอเมริกาและในยุโรป ระบบเหล่านี้ต้องการวิธีการใหม่ๆ ในการประเมินส่วนประกอบของโปรตีนในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งระบบใหม่นี้จะนำมาทดแทนระบบ digestible crude protein (DCP) ที่ใช้ในยุโรปมาเกือบศตวรรษ

การวัดค่า crude protein ในห้องปฏิบัติการสามารถทำได้โดยการวิเคราะห์หาค่า nitrogen (N) ในอาหาร แล้วคูณด้วย factor 6.25 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของสัดส่วน protein ต่อ nitrogen ในอาหารสัตว์ สารประกอบ non-protein nitrogen (NPN) เช่น urea, ammonia และ nitrate จะถูกรวมอยู่ด้วยในการคำนวณ ทั้งนี้เนื่องจากสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถใช้ประโยชน์จาก NPN เหล่านี้ได้บางส่วนในกระเพาะ rumen

2.2.1 การย่อยและการดูดซึมโปรตีนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ในสัตว์เคี้ยวเอื้องซึ่งประกอบด้วยกระเพาะ 4 กระเพาะ กระเพาะ rumen เป็นกระเพาะที่ใหญ่ที่สุด มีความจุประมาณร้อยละ 85 ของความจุกระเพาะทั้งหมด ภายในกระเพาะมีจุลินทรีย์มากมายหลายชนิด ที่มีมากได้แก่ bacteria และ protozoa ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้มีหน้าที่ช่วยในการย่อยอาหารที่สัตว์กิน

เข้าไป และผลิต metabolites ต่างๆซึ่งสัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ขบวนการย่อย cellulose, starch และ sugars ในอาหารจะให้ผลผลิต VFAs (acetic, propionic และ butyric acids) ซึ่งจะถูกลดซึมและใช้ประโยชน์โดยสัตว์ต่อไป proteins ส่วนใหญ่จะถูกย่อยสลาย (degraded) ให้เป็น peptides, amino acids และ ammonia ซึ่งบางส่วนจะถูกใช้ในการสังเคราะห์ microbial protein ซึ่งไม่สามารถถูกลดซึมได้ในกระเพาะ rumen ประมาณว่าร้อยละ 65 ของ DOM ในอาหารจะถูกย่อยสลายในกระเพาะ rumen

ส่วนของอาหารภายในกระเพาะ rumen จะไหลผ่านไปยังกระเพาะส่วนล่าง (abomasum) และผ่านต่อไปยังลำไส้เล็ก (small intestine) ซึ่งการย่อยจะเป็นเช่นเดียวกับการย่อยของสัตว์กระเพาะเดี่ยว (non-ruminants) คือย่อยโดย enzymes ที่ขับออกมาจากกระเพาะและลำไส้เล็ก ส่วนของโปรตีนที่ไหลผ่านมายังกระเพาะส่วนล่างจะประกอบด้วยส่วนผสมของโปรตีนในอาหารที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะ rumen (undegraded dietary protein) และส่วนของจุลินทรีย์โปรตีน (microbial crude protein) ซึ่งส่วนของ microbial crude protein จะมีอยู่ประมาณร้อยละ 50-70 ของโปรตีนที่ผ่านไปยังลำไส้เล็ก microbial protein จะประกอบไปด้วย amino acids ซึ่งเหมาะสมกับความต้องการของสัตว์ ด้วยความสามารถพิเศษนี้ ruminants จึงสามารถใช้ประโยชน์จากแหล่งอาหารที่มีโปรตีนต่ำได้ดีกว่าสัตว์ชนิดอื่นๆ แต่ยังคงสามารถผลิตโปรตีนที่มีคุณภาพสูงเช่น นมและเนื้อได้ ruminants ยังสามารถใช้แหล่งของ NPN เช่น urea และ ammonia ได้โดยอาศัยจุลินทรีย์ในกระเพาะ rumen ทั้งนี้ต้องมีพลังงานที่ได้จากการหมักย่อยของ carbohydrates ในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ด้วย ความสัมพันธ์ของ energy supply และ microbial protein synthesis นี้คือหัวใจสำคัญของ protein metabolism ใน ruminants ซึ่งความสัมพันธ์นี้ไม่สามารถอธิบายได้ในระบบ digestible crude protein เดิม

2.2.2 ระบบการประเมินโปรตีนใหม่: หลักการและคำจำกัดความ

ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1977 เป็นต้นมา ได้มีการเสนอ protein requirement system ใหม่ถึง 6 ระบบ ที่ใช้ในแต่ละประเทศดังนี้คือ (1) the British RDP/UDP system (Roy *et al.*, 1977; subsequently published as A.R.C., 1980 and revised A.R.C., 1984); (2) the French "Protein Digested in the Intestine" หรือ PDI system (I.N.R.A., 1978; revised 1987 อ้างโดย van der Honing and Anderman, 1988); (3) the Swiss "Absorbable Protein in the Intestine" หรือ API system (Landis, 1979; 1984 อ้างโดย van der Honing and Anderman, 1988) derived from the French PDI system; (4) the F.R.G. "Crude Protein Flow at the Duodenum" system (Rohr *et al.*, 1986); (5) the Nordic AAT-PBV system, based on "Amino Acids Truly Absorbed in the Small Intestine" (AAT) และ "Protein Balance in the Rumen" (PBV) [NKJ/NFF, 1985]; (6) the U.S. N.R.C. "Absorbed Protein" (AP) system, based on absorbed true protein requirements (N.R.C., 1985)

ระบบการประเมินคุณค่าของโปรตีนที่กล่าวมานี้มีพื้นฐานหลักการเดียวกัน ซึ่งคำจำกัดความของค่าต่างๆที่ใช้สรุปไว้โดย Waldo and Glenn (1982)

(a) *Degraded dietary crude protein; rumen degradable protein; RDP*

Crude protein ส่วนนี้จะถูก metabolise ด้วย rumen microbes ได้ peptides และ ammonia ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกสังเคราะห์เป็น microbial crude protein (MCP)

(b) *Microbial crude protein; MCP*

ประสิทธิภาพของการสังเคราะห์ microbial crude protein ขึ้นอยู่กับปริมาณพลังงานที่เพียงพอสำหรับจุลินทรีย์ ซึ่งส่วนใหญ่จะได้จากการย่อยสลายของ carbohydrates ในอาหาร MCP นี้สามารถทำนายได้จาก energy intake ในรูปของ ME หรือ NE (MJ/day) หรือ ทำนายจาก digestible organic matter (DOM; kg/day) ME หรือ NE และ DOM มีสหสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ซึ่งค่าเฉลี่ยโดยทั่วไปแล้ว 1 kgDOM จะเทียบได้กับ 15.6 MJ ME หรือ 9.4 MJ NE_L

(c) *Efficiency of conversion of RDP to MCP, MCP/RDP*

เกือบทุกระบบกำหนดค่าประสิทธิภาพในการใช้ N จากโปรตีนในอาหารเพื่อการสังเคราะห์ microbial crude protein มีค่าเท่ากับ 1.0 เมื่อ CP intake ถูกจำกัด ยกเว้น the U.S. N.R.C. system ซึ่งกำหนดค่าที่ต่ำกว่า คือ 0.9 เมื่อ CP intake เกินกว่าความต้องการ ประสิทธิภาพจะมีค่าน้อยกว่า 1.0 ทั้งนี้ การสังเคราะห์ MCP จะถูกจำกัดโดยปริมาณพลังงาน ประสิทธิภาพในการ capture NPN ถูกกำหนดให้มีค่าเพียง 0.8 (A.R.C., 1980)

(d) *Undegraded dietary crude protein, undegradable protein, UDP*

Protein ส่วนนี้คือ protein ในอาหารที่ไม่ถูกย่อยสลายโดยการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะ rumen แล้วผ่านไปยัง abomasum และ intestines ถูกย่อยด้วย enzymes ต่างๆได้ amino acids ซึ่งจะถูกดูดซึมไปใช้ประโยชน์ในร่างกายสัตว์ต่อไป

(e) *Proportion of true protein in microbial crude protein, MTP/MCP*

Microbial crude protein จะประกอบไปด้วย nucleic acid N (NAN) ในสัดส่วนต่างๆกัน ซึ่ง NAN นี้สัตว์ไม่สามารถใช้ประโยชน์เพื่อการสังเคราะห์ tissue protein หรือ นำนมได้

(f) *Digestibility of microbial true protein, DMTP/MTP*

MTP จะถูกย่อยและดูดซึมใน intestines ได้แตกต่างกันผันแปรอยู่ระหว่าง 0.80-0.85

(g) *Digestibility of undegraded dietary protein, DUDP/UDP*

ส่วนประกอบและการย่อยได้ใน abomasum และ intestines ของ UDP ในอาหารสัตว์แต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอาหารสัตว์ชนิดนั้นๆและการ treat อาหารนั้นๆ อย่างไรก็ตามส่วนใหญ่จะใช้ค่าคงที่คือ 0.8 หรือ 0.85

(h) *Efficiency of utilisation of absorbed amino acids*

ประสิทธิภาพการใช้ amino acids ที่ถูกดูดซึมจะถูกกำหนดบนสมมุติฐานที่ว่า absorbed amino acids ทั้งหมดจะถูกใช้เพื่อการสังเคราะห์โปรตีนในอวัยวะต่างๆเท่านั้น ไม่ได้ใช้เพื่อการอื่นๆ อาทิ การสังเคราะห์ไขมัน

2.2.3 การวัดค่าการย่อยสลายของโปรตีนในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

การวัดค่าการย่อยสลายของโปรตีนในห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่มักจะใช้การวัดค่าการละลายได้ของโปรตีน (protein solubility) ใน buffer solution (Burroughs *et al.*, 1975; Crooker *et al.*, 1978) แต่ในปัจจุบันนิยมใช้และเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางคือการใช้ *in situ* dacron bag technique ซึ่งแนะนำโดย Orskov and Mehrez (1977) การวัดนี้จะวัดส่วนของ nitrogen ในอาหารที่หายไปจาก dacron bag ที่จุ่มแช่ในกระเพาะ rumen เป็นระยะเวลาต่างๆ จนถึง 72 ชั่วโมง ส่วนของ nitrogen ที่หายไปเป็นเวลา 0 ชั่วโมงวัดได้จากการล้างถุงในน้ำเย็นธรรมดา ส่วนค่าที่ได้จากเวลาอื่นๆ จะนำมาเข้าสมการ exponential เพื่อหาค่าการย่อยสลายของ nitrogen (degradability, dg) ดังนี้คือ (Orskov and Mehrez, 1977)

$$dg = a + b(1 - e^{-ct})$$

เมื่อ dg = degradability; a = cold-water-soluble N; $(a + b)$ = asymptote of curve, the potential maximum degradable N; c = rate of disappearance of N per hour; t = time in hours

นอกจากนี้ในระยะต่อมา Orskov *et al.* (1979) ได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยการนำค่า outflow rate ของ feed particles ในกระเพาะ rumen มาร่วมในการคำนวณเพื่อปรับค่า degradability ให้ใกล้เคียง *in vivo* study ยิ่งขึ้น ซึ่งค่า outflow rate จะผันแปรจาก 0.02/h เมื่อสัตว์ได้รับอาหารในระดับ maintenance จนถึง 0.08/h เมื่อสัตว์ได้รับอาหารมากๆ เช่นในโคนมที่ให้ผลผลิตสูง การคำนวณใช้สมการข้างล่าง และค่า degradability ที่ได้เรียกว่า effective degradability (p) และ outflow rate ใช้สัญลักษณ์ k

$$p = a + bc/(c + k)$$

Table 2.2 Factors in the utilisation of protein by ruminants

Factor	Protein system	
	A.R.C.	N.R.C.
Microbial crude protein/degraded dietary crude protein	0.8-1.0	0.9
Microbial crude protein/digestible organic matter	0.130	0.14
Microbial crude protein (g/MJ metabolisable energy)	8.4	9.6
Microbial true protein/microbial crude protein	0.80	0.80
Digestible microbial true protein/microbial true protein	0.85	0.80
Digestible microbial true protein/microbial crude protein	0.68	0.64
Digestible undegraded dietary protein/undegraded dietary protein	0.85	0.80
Tissue protein (amino acids)/absorbed amino acids		
Maintenance	0.79	0.67
Lactation	0.80	0.65
Growth	0.80	0.50

2.3 สรุประบบการประเมินโปรตีนที่ใช้ในสหราชอาณาจักรและสหรัฐอเมริกา

1) *Degraded dietary crude protein/undegraded dietary protein, RDP/UDP, used in the U.K.*

Crude protein (CP, g/kgDM); degraded dietary crude protein (RDP, g/kgDM); undegraded dietary protein (UDP, g/kgDM)

Nutritive value

From the *in situ* dacron bag measurements of N loss from feed with time, Orskov and Mehrez (1977), corrected for outflow rate, Then $RDP = p \text{ CP (g/kgDM)}$, and $UDP = CP - RDP \text{ (g/kgDM)}$

Calculation of dietary specification:

$$RDP \text{ (g/day)} = 8.38 \text{ ME intake (MJ/day)}$$

$$UDP \text{ (g/day)} = 1.47TP - 10.32 \text{ ME intake (MJ/day)}$$

where TP is tissue protein (g/day)

$$CP \text{ (g/day)} = RDP + UDP$$

Degradability of dietary protein required, $p = RDP/CP$.

Requirements

Milk production

Maintenance protein, $TP = 2.3 \text{ g/kg LW}^{0.75} \text{ (g/day)}$

Milk tissue protein, $TP = 3.3 \text{ (g/kg milk)}$

Liveweight gain or loss, $TP = 150 \text{ or } 112 \text{ (g/kg)}$

Growth and fattening

Maintenance tissue protein, $TP = 2.3 \text{ g/kg LW}^{0.75} \text{ (g/day)}$

Liveweight gain tissue protein, $TP = 100 - 220 \text{ (g/day)}$

Sources: (A.R.C., 1980; 1984)

2) Absorbed true protein, AP, system used in the U.S.A. (N.R.C., 1985)

Absorbed true protein (AP, g/day)

Nutritive value

The AP value of a diet is calculated from:

(1) microbial crude protein (MCP) calculated from the NE_L , TDN, or ME content::

$$MCP \text{ (g/day)} = 7.16 \text{ } NE_L \text{ (Mcal)} - 193$$

$$MCP \text{ (g/day)} = 10.6 \text{ ME (MJ)} - 193$$

For diets with less than 40% forage, an alternative function is suggested, with a term for forage and concentrate intake as percentage of liveweight (see N.R.C., 1985)

(2) undegraded protein content (UDP, g/day) calculated from *in situ* dacron bag measurements, corrected for outflow rate, as in the U.K. system.

(3) metabolic faecal protein (FCP, g/kg of indigestible dry matter, IDM) calculated from TDN value of diet: $FCP = 90 (1 - 0.92 \text{ TDN}) \text{ [g/day]}$

The following values have been taken, in calculating the digested microbial true protein, DMTP or AP in this system, and digestible UDP, DUDP: $MTP/MCP = 0.8$; $DMTP/MTP = 0.8$; $DUDP/UDP = 0.8$. Then $AP \text{ (g/day)} = 0.64 \text{ MCP} + 0.8 \text{ UDP} - \text{FCP}$.

Requirements

The efficiency of capture of RDP by the microbes in the rumen is assumed to have a maximum value of 0.9: $MCP/RDP = 0.9$. Allowance is also made for the proportion of recycled protein N, RP, with the function $RP = 1.22 - 0.012 \text{ CP} + 0.0000324 \text{ CP}^2$, which for CP levels of 100, 120, 140, 160 g/kgDM gives values for RP of 0.34, 0.25, 0.18 and 0.13, an alternative function is

suggested, with team for forage then $CP \text{ (g/day)} = (RDP + UDP)/(1 + RP)$. Or assume value for recycled protein (RP) is 0.15, then $CP \text{ (g/day)} = (RDP + UDP)/1.15$.

Milk production

Maintenance AP (g/day) = $(EUP + DPL)/0.67 + MFP$, where EUP (endogenous urinary protein) loss = $2.75 LW^{0.50}$ (g/day); DPL (dermal protein loss) = $0.2 LW^{0.60}$ (g/day); and 0.67 is the value for k_{nm} , the efficiency of utilisation of absorbed amino acids for maintenance.

Milk AP = milk protein 0.65 g/kg milk = 50 g/kg milk; where 0.65 is the value for k_{nl} , the efficiency of utilisation of AP for milk protein synthesis.

Liveweight loss AP (g/day) = 160 g/kg, assuming an efficiency of 1.0 for mobilisation and utilisation of tissue protein.

Growth and fattening

Maintenance AP (g/day) = $(EUP + DPL)/0.67 + MFP$.

Liveweight gain AP (g/day) = tissue protein in gain/0.5 (g/day)

where TP is 140 - 160 g/kg liveweight change, depending on liveweight, LW, and 0.5 is the value of k_{ng} , the efficiency of utilisation of AP for lean tissue deposition.

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย การทดลองหลายชุดการทดลอง ซึ่งในแต่ละการทดลองมีวิธีดำเนินการวิจัยแตกต่างกันไป รายละเอียดวิธีดำเนินการวิจัยจะระบุไว้ในแต่ละการทดลอง ตั้งแต่บทที่ 4 ถึง บทที่ 9 อย่างไรก็ตาม โครงการวิจัยนี้มีวิธีดำเนินการวิจัยอย่างกว้างๆ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนและวิธีดำเนินการต่างๆ ดังนี้

3.1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของขานอ้อย/ฟางข้าวที่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการต่างๆ โดยมุ่งเน้นการใช้วิธีการทางเคมี เช่น การใช้ NaOH, urea หรือ combination ของสารเคมีเหล่านี้

3.1.1 ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี อาทิ DM, Ash, N, EE, GE, NDF, ADF, ADL, ADIN และ NDIN รวมทั้งการย่อยสลายโภชนาด้วยวิธี *in sacco* ของขานอ้อย/ฟางข้าวทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพ เพื่อหากรรมวิธีการปรับปรุงคุณภาพที่เหมาะสม

3.1.2 คัดเลือกวิธีการปรับปรุงคุณภาพขานอ้อย/ฟางข้าวที่เหมาะสมเพียง 1 วิธี เพื่อศึกษาหาการย่อยได้แบบ *in vivo* ในโคนมเจาะกระเพาะ โดยใช้สัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้น (กากถั่วเหลือง) 3 ระดับ (regression analysis)

3.2 ศึกษากรรมวิธีการผลิตขานอ้อย/ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพในระดับ large scale และนำขานอ้อย/ฟางข้าวที่ปรับปรุงคุณภาพแล้วมาเสริมด้วยวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นแหล่งโปรตีน (กากถั่วเหลือง) พลังงาน (ข้าวโพดบด) และแร่ธาตุ (สำเร็จรูป) เพื่อให้ได้อาหารรวม (Total mixed ration, TMR) ที่มีขานอ้อย/ฟางข้าวคุณภาพดีเป็นส่วนประกอบ

3.3 ประเมินค่าพลังงานและคุณภาพโปรตีนโดยใช้ข้อมูลจากการทดลอง

3.4 ประกอบสูตรอาหารรวมและศึกษาการตอบสนองด้านการผลิตน้ำนมของโคนมที่ให้นมปานกลาง

3.4.1 ประกอบสูตรอาหารรวม โดยใช้ขานอ้อย/ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพเป็นหลัก โดยปรับโปรตีนและพลังงานให้เป็น 90, 100 และ 110% ของ NRC

3.4.2 ศึกษาการตอบสนองด้านการให้นม ส่วนประกอบของน้ำนม และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของโคนมที่ให้นมปานกลางที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆดังกล่าว

3.5 ประเมินหาความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคนมที่ให้นมปานกลาง

บทที่ 4

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของชานอ้อยและฟางข้าวก่อนปรับปรุงคุณภาพ

4.1 คำนำ

ผลพลอยได้ทางการเกษตรที่นิยมนำมาใช้เป็นอาหารของโคนมมีหลายชนิด แต่ที่มีในปริมาณมากและน่าสนใจ คือ ชานอ้อยและฟางข้าว ซึ่งได้มีนักวิจัยทำการศึกษาดังองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างชานอ้อย/ฟางข้าวดังกล่าวข้างต้นแล้ว ทั้งทำการศึกษาวิจัยในเมืองไทยและในต่างประเทศ แต่ผลของการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของชานอ้อยและฟางข้าวในเขตพื้นที่ต่างๆ ก็จะแตกต่างกันไป ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของชานอ้อยและฟางข้าวที่อยู่ในเขตจังหวัดนครราชสีมา

4.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของชานอ้อยและฟางข้าวก่อนปรับปรุงคุณภาพ

4.3 อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเก็บตัวอย่างชานอ้อยและฟางข้าวในเขตพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา อย่างละ 9 ตัวอย่าง ทำตัวอย่างละ 2 ซ้ำ แล้วนำมาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 36 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการบดผ่านตะแกรงขนาด 0.1 และ 0.2 มิลลิเมตร แยกเก็บใส่ภาชนะพลาสติกฝาเกลียว

นำตัวอย่างดังกล่าวข้างต้น มาทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธี Proximate analysis (AOAC, 1990) และวิเคราะห์หาองค์ประกอบของผนังเซลล์พืชโดยวิธี Detergent analysis (Goering and Van Soest, 1970) รวมทั้งวิเคราะห์หา Gross energy (Bomb calorimeter) และการย่อยได้ด้วยวิธีการใช้ถุงไนลอน (Nylon bag technique; Orskov and McDonald, 1981; Lindberg, 1985)

4.4 ผลการทดลอง

ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบทางเคมี และการประเมินค่าพลังงานของชานอ้อยและฟางข้าวก่อนการปรับปรุงคุณภาพ ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าวที่วิเคราะห์ได้ใกล้เคียงกับที่ได้มีนักวิจัยท่านอื่นๆ ได้รายงานไว้ (ตารางที่ 4.2) อย่างไรก็ตามผลวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ไขมัน เถ้า NDF และ ADF ที่มีในฟางข้าวในการวิจัยครั้งนี้ค่อนข้างต่ำกว่าที่รายงานไว้ในตารางที่ 4.2 สำหรับชานอ้อยเปอร์เซ็นต์โปรตีน NDF และ ADF ที่วิเคราะห์ได้มีค่าต่ำกว่าที่สรุปในตารางที่ 4.2 อย่างไรก็ตามควรค้นคว้าหาผลวิเคราะห์รายงานเพิ่มเติมให้มากกว่านี้ก่อนที่จะสรุปเปรียบเทียบ ทั้งนี้เพราะมีรายงานเสนอเพียง 2 แห่งเท่านั้น

การประเมินพลังงานโดยเฉพาะ %TDN ประเมินจาก Weiss *et al.* (1992) ซึ่งให้ค่าพลังงานก่อน
ข้างใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด โดยเฉพาะผลพลอยได้ทางการเกษตร (ชานอ้อยและฟางข้าว)

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายในกระเพาะหมักของชานอ้อยและฟางข้าวก่อน
การปรับปรุงคุณภาพ

Treatment	Bagasse	Rice Straw
%DM	55.5 ± 15	91.8 ± 0.26
%OM	98.3 ± 0.01	87.1 ± 0.34
%Ash	1.71 ± 0.10	12.94 ± 0.34
%CP	1.40 ± 0.01	2.79 ± 0.14
%EE	0.47 ± 0.06	1.24 ± 0.06
%CF	41.7 ± 0.26	32.5 ± 0.18
%NDF	87.6 ± 0.24	71.6 ± 0.65
%ADF	54.6 ± 0.19	40.9 ± 0.35
%ADL	9.45 ± 0.28	5.20 ± 0.13
%NDIN	0.157 ± 0.01	0.260 ± 0.02
%ADIN	0.130 ± 0.01	0.129 ± 0.01
GE (Mcal/kgDM)	4.21 ± 0.004	3.59 ± 0.012
%TDN	48.4 ± 1.90	52.9 ± 1.67
DE (Mcal/kgDM)	2.13 ± 0.08	2.33 ± 0.07
NEL (Mcal/kgDM)	1.07 ± 0.07	1.18 ± 0.07
% <i>dg</i>		
DM (0 hr.)	6.7 ± 0.15	12.8 ± 0.35
DM (6 hr.)	10.1 ± 0.21	14.2 ± 0.56
DM (12 hr.)	13.2 ± 0.78	15.7 ± 1.14
DM (24 hr.)	19.5 ± 1.62	18.1 ± 0.78
DM (48 hr.)	31.0 ± 0.92	23.3 ± 2.50
DM (72 hr.)	35.2 ± 3.19	37.3 ± 1.60
DM (96 hr.)	37.7 ± 2.74	46.0 ± 1.20
CF (48 hr.)	22.1 ± 0.83	31.3 ± 1.58
CF (72 hr.)	33.3 ± 1.63	45.6 ± 1.63
NDF (48 hr.)	33.7 ± 1.12	31.8 ± 2.12
NDF (72 hr.)	38.4 ± 2.29	39.7 ± 2.09
ADF (48 hr.)	40.9 ± 0.51	34.3 ± 2.34
ADF (72 hr.)	48.3 ± 2.01	46.0 ± 2.81

หมายเหตุ (Mean ± SE, N=9)

%TDN คำนวณจากการประเมินค่าพลังงานที่นำเสนอใหม่ (Weiss *et al.*, 1992)

$$DE = 0.04409(\%TDN) \quad NEL = 0.0245(\%TDN) - 0.12$$

4.5 สรุปและวิจารณ์

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของขานอ้อยและฟางข้าวก่อนการปรับปรุงคุณภาพ พบว่า จะมีปริมาณโปรตีนและไขมันค่อนข้างต่ำ และมีองค์ประกอบจำพวก CF, NDF และ ADF ในปริมาณที่สูง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับขานอ้อยที่มีอยู่ค่อนข้างน้อย และได้สรุปไว้ในตารางที่ 4.2 การที่ขานอ้อยและฟางข้าวมีองค์ประกอบจำพวกเยื่อใยสูง ในขณะที่เปอร์เซ็นต์โปรตีนและการย่อยได้ต่ำ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าทั้งขานอ้อยและฟางข้าวเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรที่ได้มาจากพืชที่โตเต็มที่แล้ว หรือมีอายุมากแล้ว (มากกว่า 10 เดือนในอ้อยและมากกว่า 4 เดือนในข้าว) พืชที่มีอายุมากขึ้น จะมีการสะสมปริมาณเยื่อใยและลิกนินมากขึ้น ในขณะเดียวกันเปอร์เซ็นต์โปรตีนและการย่อยได้จะลดต่ำลง งานวิจัยที่สรุปไว้ในตารางที่ 4.2 และผลจากการวิจัยครั้งนี้มีความแตกต่างกันในด้านองค์ประกอบทางเคมีพอสมควร ทั้งนี้เป็นเพราะขานอ้อยและฟางข้าวที่นำมาศึกษาได้มาจากแหล่งที่แตกต่างกัน และอาจมีความแตกต่างในด้านอื่นๆ อาทิ พันธุ์ การดูแลรักษา การให้ปุ๋ย การรวบรวม การเก็บเกี่ยว อายุเก็บเกี่ยว ซึ่งล้วนแล้วอาจมีส่วนทำให้เกิดความแตกต่างดังกล่าว อย่างไรก็ตามทุกการทดลองให้ผลการศึกษาที่มีแนวโน้มคล้ายกัน

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าว/ขานอ้อยที่มีรายงานไว้

CP	CF	EE	NFE	Ash	NDF	ADF	Lig.	OMD	Reference
ฟางข้าว									
2.20	34.0	2.0	49.0	13.0	.	.	.	.	Vijdnilata and Sanpote (1982)
2.30	38.0	2.0	40.0	17.0	86.0	63.0	5.0	.	Cheva-Isarakul and Cheva-Isarakul (1984)
2.40	.	.	.	.	85.0	57.0	7.0	.	Tinnimit (1985)
2.60	.	.	.	15.0	77.0	52.0	5.0	.	Wanapat (1985)
2.80	38.0	2.0	32.0	15.0	.	.	.	50.5	Promma <i>et al.</i> (1985)
3.10	42.3	2.2	.	16.4	.	.	.	.	Promma <i>et al.</i> (1985)
3.12	29.7	1.3	42.8	16.3	72.1	49.3	5.9	.	วิชัย (2541)
3.40	.	.	.	17.2	.	43.5	5.8	.	Sriwattanasombat and Wanapat (1985)
3.50	35.0	.	47.0	15.0	.	49.0	4.0	.	Wanapat <i>et al.</i> (1982)
3.50	.	.	.	15.0	.	49.0	4.0	.	Wanapat <i>et al.</i> (1984)
3.50	.	2.3	.	14.1	82.4	56.4	.	.	Cheva-Isarakul <i>et al.</i> (1998)
3.80	.	.	.	17.0	.	56.0	.	.	Wongsrikeao and Wanapat (1985)
4.00	.	.	.	18.0	74.0	53.0	5.0	48.0	Cheva-Isarakul and Cheva-Isarakul (1985)
4.11	.	1.9	.	18.0	75.9	56.7	5.1	52.0	Cheva-Isarakul and Potikanond (1985)
4.20	40.0	.	.	16.0	.	.	.	.	Suriyajantratong and Wilaipon (1985)
3.24	36.7	2.0	42.2	15.9	78.9	53.2	5.2	50.2	MEAN
ขานอ้อย									
2.12	31.9	0.7	55.3	1.7	70.2	37.6	6.9	.	วิชัย (2541)

2.50	48.0	.	.	3.2	70.0	.	12.0	.	Rangnekar (1988)
2.31	40.0	0.7	55.3	2.45	70.1	37.6	9.45	.	MEAN

ส่วนการประเมินค่าทางพลังงานโดยใช้วิธีที่แนะนำโดย Weiss *et al.* (1992) สามารถคำนวณค่า TDN ของขาน้อยและฟางข้าวได้เท่ากับ 48.4 ± 1.90 และ 52.9 ± 1.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อทำการคำนวณค่า DE และ NEL ของขาน้อยและฟางข้าว จะได้ค่าเท่ากับ 2.13 ± 0.08 , 2.33 ± 0.07 , 1.07 ± 0.07 และ 1.18 ± 0.07 Mcal/kgDM ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้นี้น่าจะใช้เป็นแนวทางในการนำไปใช้คำนวณสูตรอาหารต่อไป

สำหรับการศึกษาการย่อยสลายของขาน้อยและฟางข้าวด้วยวิธีการใช้ถุณในล่อนจุ่มแช่ในกระเพาะหมักของโคเจาะกระเพาะ ผลปรากฏว่าขาน้อยมีการย่อยสลายได้ค่อนข้างต่ำ ซึ่งพอจะเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Ibrahim and Pearce (1983) ซึ่งศึกษาการย่อยได้ของขาน้อยด้วยวิธี *in vitro* และรายงานค่าการย่อยได้อินทรีย์วัตถุ (IVOMD) เท่ากับ 32.8% ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำเช่นเดียวกัน ทั้งนี้ขาน้อยมีส่วนประกอบของลิกนินและเซลลูโลสที่อยู่ในรูปผลึกอยู่สูง ซึ่งทั้งสองส่วนนี้มีคุณสมบัติป้องกันการเข้าย่อยสลายของเอนไซม์ที่ผลิตโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก

Ørskov *et al.* (1988) ใช้ค่าต่างๆที่ได้จากวิธีการใช้ถุณในล่อนในการทำนายปริมาณการกินได้ วัตถุแห้ง (Dry matter intake, DMI) ปริมาณวัตถุแห้งย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ (Digestible dry matter intake, DDMI) และอัตราการเจริญของโคลูกผสมตอน โดยทำการศึกษาในฟางข้าวสาเลีและฟางข้าวบาร์เลย์ทั้งที่ไม่ปรับปรุงคุณภาพและปรับปรุงคุณภาพด้วย 3% anhydrous ammonia พบว่าเมื่อนำค่า a, b และ c ที่ได้จากวิธีการใช้ถุณในล่อนมาเข้าสมการ multiple regression จะมีสหสัมพันธ์สูงกับค่าดังกล่าวข้างต้น โดยมีค่า R = 0.88, 0.95 และ 0.95 ตามลำดับ ซึ่งพอจะสรุปได้ว่าค่าที่ได้จากวิธีการใช้ถุณในล่อนสามารถใช้ทำนายค่าดังกล่าวได้ดี

การศึกษาทำนองเดียวกัน Shem *et al.* (1995) ใช้วิธีการใช้ถุณในล่อนประเมินคุณค่าทางอาหารของอาหารหยาบ 18 ชนิด ที่เกษตรกรรายย่อยใช้เลี้ยงโคนมในประเทศแทนซาเนีย พบว่าค่า a, b และ c ที่ได้จากวิธีการใช้ถุณในล่อน นอกจากจะมีสหสัมพันธ์สูงกับค่า DMI และ DDMI แล้ว ยังสามารถใช้ทำนายอัตราการเจริญเติบโตของโครุ่นได้ดีอีกด้วย โดยเสนอสมการ multiple regression เพื่อการทำนายดังนี้

$$\text{DMI (kg/d)} = -8.286 + 0.266A + 0.1028B + 17.696c \quad (r = 0.90)$$

$$\text{DDMI (kg/d)} = -7.609 + 0.219A + 0.0800B + 24.191c \quad (r = 0.93)$$

$$\text{Growth rate (kg)} = -0.649 + 0.017A + 0.0060B + 3.87c \quad (r = 0.93)$$

เมื่อ A = washing loss, B = a + b - A

นอกจากนี้ค่า A, B และ c ยังมีสหสัมพันธ์อย่างสูง ($r = 0.98$) กับค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งที่ทดลองกับตัวสัตว์ (apparent *in vivo* digestibility) ด้วย และเมื่อนำค่า A, B และ c มาใช้ในการคำนวณค่า Index value (= $A + 0.38B + 66.6c$) ก็พบว่ามีความสัมพันธ์กับค่า DMI (0.90), DMD (0.75), DDMI

(0.92) และอัตราการเจริญเติบโต (0.89) แสดงว่าวิธีการใช้ถุ่ในล่อนสามารถให้ค่าที่นำมาประเมินคุณค่าทางอาหารได้ดีเช่นกัน

อย่างไรก็ตามเมื่อมีการนำวิธีนี้มาใช้กับงานวิจัยในเมืองไทย (Cheva-Isarakul *et al.*, 1998) พบว่าค่าที่คำนวณได้ (DMI, DDMI และ Growth rate) ต่ำกว่าที่ควรจะเป็น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะงานวิจัยครั้งหลังนี้ทำกับพืชที่แตกต่างจากที่ใช้ในงานวิจัยของ Shem *et al.* (1995)

ผลจากการศึกษาค่าการย่อยสลายวัตถุแห้งในกระเพาะหมักด้วยวิธีการใช้ถุ่ในล่อนของชานอ้อยและฟางข้าว ทั้งที่ไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพ และที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการต่างๆ รวมทั้งเมื่อนำมาทำนายค่าต่างๆโดยสมการของ Shem *et al.* (1995) แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าการย่อยสลายวัตถุแห้งของฟางข้าว/ชานอ้อยชนิดต่างๆจากการใช้ถุ่ในล่อน

	a	b	c	A	B	A+B
Untreated rice straw	5.69	68.28	0.023	10.44	63.52	73.97
6%NaOH rice straw	29.15	59.87	0.023	32.47	56.54	89.02
Untreated bagasse 1	4.27	50.52	0.020	6.49	48.30	54.79
Untreated bagasse 2	8.65	40.65	0.012	10.06	39.24	49.30
6%NaOH bagasse	23.38	57.11	0.022	26.74	53.75	80.49
5%Urea bagasse	8.46	54.32	0.0096	10.32	52.46	62.78
5%Urea + SBM bagasse	6.41	57.41	0.0115	8.68	55.14	63.82

ตารางที่ 4.4 Observed DMI and DDMI compared with calculated DMI and DDMI.

	A	B	c	Observed DMI	Observed DDMI	Calculated DMI ^{1/}	Calculated DDMI ^{1/}	Index Value
Untreated rice straw	10.44	63.52	0.023	7.61	3.97	1.39	0.33	36.11
6%NaOH rice straw	32.47	56.54	0.023	6.11	3.92	6.53	4.59	55.49
Untreated bagasse 1	6.49	48.30	0.020	4.91	2.26	-1.27	-1.83	26.18
Untreated bagasse 2	10.06	39.24	0.012	4.91	2.26	-1.39	-1.97	25.77
6%NaOH bagasse	26.74	53.75	0.022	4.74	2.89	4.69	3.07	48.63

^{1/} DMI (kg/day) = $-8.286 + 0.266A + 0.102B + 17.696c$

DDMI (kg/day) = $-7.609 + 0.219A + 0.080B + 24.191c$

Index value = $A + 0.38B + 66.6c$

(Shem *et al.*, 1995)

จะเห็นว่าค่าที่ได้จากการทำนายโดยสมการของ Shem *et al.* (1995) มีความผันแปรสูงมาก ส่วนที่มีค่าใกล้เคียงกับ Observed DMI และ Observed DDMI มีเพียงเฉพาะในกรณีของ 6%NaOH

treated rice straw และ 6%NaOH treated bagasse ค่าของ index value พอที่จะจัดลำดับคุณภาพของอาหารหยาบได้ดี โดยอาหารหยาบที่มีคุณภาพดีเรียงตามลำดับดังนี้ 6%NaOH treated straw, 6%NaOH treated bagasse, untreated rice straw และ untreated bagasse ส่วนค่าอื่นๆยังไม่สามารถใช้ได้ สรุปได้ว่าสมการที่อ้างถึงมีข้อจำกัดในการนำมาใช้กับอาหารหยาบชนิดอื่นๆ โดยเฉพาะในสภาพเมืองไทย

อย่างไรก็ตามงานวิจัยครั้งนี้มี **ข้อมูลจำนวนมากเป็นของประเทศไทยเอง** ซึ่งเพียงพอที่จะสามารถนำมาสร้างสมการทำนายค่าต่างๆ ของอาหารหยาบแต่ละชนิด หรืออาจรวมเป็นกลุ่มอาหารหยาบ อาทิ ผลพลอยได้ทางการเกษตร ได้แก่ ชานอ้อย ฟางข้าว รวมทั้งที่ยังไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพและที่ปรับปรุงคุณภาพแล้ว เป็นต้น

เมื่อนำค่าจากตารางที่ 4.4 ที่มีการเก็บข้อมูลการกินได้ DMI และ DDMI มาเข้าสมการ Multiple regression จะได้สมการดังนี้

$$\text{DMI (kg/day)} = -1.205 - 0.010A + 0.251B - 305.254c \quad r = 0.95$$

$$\text{DDMI (kg/day)} = -1.746 + 0.030A + 0.142B - 157.572c \quad r = 0.96$$

ทั้งสองสมการดังกล่าวข้างต้นมีค่าสหสัมพันธ์สูงมาก กล่าวคือ 0.95 (DMI) และ 0.96 (DDMI) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามสมการที่ได้มาจากข้อมูลจำนวนจำกัด ($n = 5$) และมาจากข้อมูลอาหารหยาบที่แตกต่างกัน ควรจะได้มีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อมูลมากกว่านี้ จึงจะสามารถสรุปสมการที่ดีและเหมาะสมต่อไปได้

อย่างไรก็ตามคณะผู้วิจัยมีข้อคิดเห็นว่า ถ้าหากงานวิจัยใดๆ ได้ทำการบันทึกข้อมูลดังกล่าวมาข้างต้นให้ครบถ้วน เมื่อนำข้อมูลมาหาสมการ regression ก็จะได้สมการคล้ายๆข้างต้น และเชื่อมั่นว่าสมการส่วนใหญ่จะให้ค่าสหสัมพันธ์ค่อนข้างสูงเกือบทุกสมการ ทั้งนี้เพราะว่าโดยหลักความจริงที่ว่าอาหารชนิดใดที่มีการย่อยได้เพิ่มมากขึ้น จะทำให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้น ซึ่งเป็นผลจากความสัมพันธ์ของอัตราการย่อยได้ (rate of digestion) อัตราการไหลผ่าน (passage rate) และระยะเวลาที่อาหารถูกเก็บกักในกระเพาะหมัก (retention time) เมื่อนำข้อมูล DM degradation value มาหาความสัมพันธ์กับการกินได้ DM จะได้สมการที่มีความสัมพันธ์เชิงบวก (positive relation) เสมอไป และโดยปกติ ถ้าการบันทึกข้อมูลมีความเที่ยงตรง (accuracy) มากเท่าใด ก็จะทำให้ได้ค่าสหสัมพันธ์ที่สูงมากขึ้นตามไปด้วย

ก่อนที่จะสรุปสมการที่เหมาะสมในการใช้ในการทำนายค่า DMI และ DDMI หรือแม้กระทั่ง Growth rate ควรจะมีข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้อง จำนวนมากพอ อาจกล่าวได้ว่ามีข้อมูลมากกว่า 100 ชุด ถึงแม้จะเป็นข้อมูลจากการทดลองที่ใช้อาหารหยาบต่างชนิดกัน น่าจะสามารถนำมาใช้ร่วมกันได้ การวิจัยครั้งนี้มีข้อมูลจากเพียง 6 ชุดการทดลอง หรือแม้แต่จากรายงานของ Shem *et al.* (1995) ก็มาจากข้อมูลการทดลองเพียง 18 ชุดการทดลองเท่านั้น สมควรที่จะมีการนำข้อมูลประเภทเดียวกันนี้จากงานวิจัย

หลายๆงานที่ทำในเมืองไทยมาวิเคราะห์ร่วมกัน อาจจะได้สมการงานองนี้ที่เหมาะสมกับการใช้ในการทำนายค่าต่างๆ สำหรับเมืองไทยเอง

บทที่ 5

การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการปรับปรุงคุณภาพขานอ้อยและฟางข้าวโดยวิธีทางเคมี และองค์ประกอบทางเคมีของขานอ้อยและฟางข้าวที่ปรับปรุงคุณภาพแล้ว

5.1 คำนำ

การศึกษาค่าองค์ประกอบทางเคมีของขานอ้อยและฟางข้าว ผลปรากฏว่ามีคุณค่าทางอาหารค่อนข้างต่ำ (โปรตีนต่ำและย่อยได้ยาก) และการที่จะนำมาใช้เป็นอาหาร โคมนควรต้องปรับปรุงคุณภาพก่อน ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จะปรับปรุงคุณภาพขานอ้อยและฟางข้าวโดยวิธีการทางเคมี รวมทั้งศึกษาค่าองค์ประกอบทางเคมีของขานอ้อยและฟางข้าวหลังจากปรับปรุงคุณภาพแล้ว

5.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณภาพและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขานอ้อยและฟางข้าวที่ปรับปรุงคุณภาพแล้วโดยวิธีทางเคมี

5.3 อุปกรณ์และวิธีการ

นำขานอ้อยและฟางข้าว มาทำการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการทางเคมี ซึ่งจัดการทดลองเป็นแบบ Complete randomized design (CRD) โดยทำการหมักในถุงพลาสติก 2 ชั้น ระยะเวลาในการหมัก 7 หรือ 14 วัน (ถ้าใช้ค้างจะใช้เวลาในการหมัก 7 วัน แต่ถ้าใช้ยูเรียจะใช้เวลาหมัก 14 วัน) โดยจัดเป็น 9 กลุ่มทดลอง ตามสารเคมี โดยในแต่ละกลุ่มการทดลองมี 4 ซ้ำ ดังนี้

ตารางที่ 5.1 กลุ่มการทดลองวิธีการทางเคมีที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพขานอ้อย/ฟางข้าว

กลุ่มการทดลอง	ระยะเวลาหมัก (วัน)
1. Untreated control	7
2. 3% NaOH	7
3. 6%NaOH	7
4. 3% Urea	14
5. 6% Urea	14
6. 3% NaOH & 3% Urea	7
7. 3% NaOH & 6% Urea	7
8. 6% NaOH & 3% Urea	7

หลังจากปรับปรุงคุณภาพของขานอ้อยและฟางข้าวแล้ว สุ่มตัวอย่างมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 36 ชั่วโมง หลังจากนั้นบดผ่านตะแกรงขนาด 0.1 หรือ 0.2 มิลลิเมตร เก็บใส่ภาชนะพลาสติกฝาเกลียว เพื่อทำการวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธี Proximate analysis (AOAC, 1990) และวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบของผนังเซลล์พืชโดยวิธี Detergent analysis (Goering and Van Soest, 1970) รวมทั้งวิเคราะห์หา Gross energy (Bomb calorimeter) และการย่อยได้ด้วยวิธีการใช้ฝูงไบนัล (Orskov and McDonald, 1981)

5.4 ผลการทดลอง

ขานอ้อย องค์ประกอบทางเคมีของขานอ้อยหลังปรับปรุงคุณภาพแล้วแสดงไว้ในตารางที่ 5.2 ขานอ้อยหลังปรับปรุงคุณภาพในทุกกลุ่มการทดลอง จะมีเปอร์เซ็นต์ DM เพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์ OM, EE ผันแปรไม่แน่นอน ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ NDF และ ADF ลดลง เปอร์เซ็นต์เล้าเพิ่มขึ้นในกลุ่มที่ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ ส่วนเปอร์เซ็นต์โปรตีนเพิ่มขึ้นในกลุ่มที่ใช้ยูเรีย

สำหรับการย่อยสลายได้ของขานอ้อยหลังการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการทางเคมีต่างๆ (หาด้วยวิธีการใช้ฝูงไบนัล) ปรากฏว่ากลุ่มการทดลองที่ 4 (โซเดียมไฮดรอกไซด์ 6%) ย่อยได้วัตถุแห้ง เยื่อใย NDF และ ADF ทั้งที่ 48 และ 72 ชั่วโมงหลังการจุ่มแช่ในกระเพาะหมักมากที่สุด

ฟางข้าว องค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าวหลังปรับปรุงคุณภาพแล้วแสดงไว้ในตารางที่ 5.3 ผลของการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์และหรือยูเรียต่อองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยได้ (โดยวิธีใช้ฝูงไบนัล) ของฟางข้าวค่อนข้างเป็นไปในทางเดียวกันกับในขานอ้อย ยกเว้นในบางกรณีที่ใช้ยูเรียเพียงอย่างเดียว หรือ ใช้ร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ให้ผลของการย่อยได้ไม่แตกต่างจากการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 5.2 องค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายในกระเพาะหมักของชานอ้อยหลังปรับปรุงคุณภาพ
ด้วยวิธีการทางเคมีต่างๆ

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	SEM
%DM	55.0 ^d	60.6 ^c	63.5 ^a	61.3 ^{bc}	60.0 ^d	63.6 ^a	63.9 ^a	63.2 ^{ab}	63.5 ^a	0.9
%OM	98.5 ^a	92.4 ^d	86.8 ^f	95.6 ^{bc}	97.0 ^{ab}	93.7 ^{cd}	93.9 ^{cd}	88.8 ^{ef}	89.4 ^e	1.1
%Ash	1.5 ^f	7.6 ^c	13.2 ^a	4.4 ^{de}	3.0 ^{ef}	6.3 ^{cd}	6.1 ^{cd}	11.2 ^{ab}	10.6 ^b	1.1
%CP	1.4 ^c	1.20 ^e	1.35 ^e	3.44 ^d	8.61 ^b	6.35 ^c	13.26 ^a	7.77 ^{bc}	13.94 ^a	0.8
%EE	0.35 ^b	0.10 ^b	0.19 ^b	0.40 ^b	0.76 ^a	0.95 ^a	1.05 ^a	0.35 ^b	0.76 ^a	0.2
%CF	41.7 ^{ab}	41.8 ^{ab}	40.2 ^{bc}	42.5 ^a	42.5 ^a	40.5 ^{bc}	39.1 ^c	39.0 ^c	39.9 ^c	0.9
%NDF	88.5 ^a	82.8 ^{bc}	75.8 ^{de}	87.1 ^{ab}	87.2 ^a	87.0 ^{ab}	80.1 ^{cd}	73.9 ^e	72.2 ^e	2.1
%ADF	55.1 ^{bc}	54.2 ^{cd}	52.0 ^e	57.6 ^a	56.5 ^{ab}	53.8 ^{cde}	52.5 ^{de}	51.9 ^e	49.3 ^f	1.0
%NDIN	0.14 ^{bc}	0.10 ^f	0.11 ^{ef}	0.12 ^{de}	0.16 ^a	0.13 ^{cd}	0.16 ^a	0.13 ^d	0.15 ^{ab}	0.006
%ADIN	0.13 ^c	0.16 ^{bc}	0.19 ^{ab}	0.20 ^{ab}	0.21 ^{ab}	0.19 ^{ab}	0.23 ^a	0.19 ^{ab}	0.22 ^a	0.02
GE(Mcal/kg)	4.2	4.1	3.9	4.2	4.2	4.1	4.0	3.9	3.8	NA
%TDN	48.0	46.6	43.3	48.7	59.1	54.3	65.7	53.7	64.5	NA
DE (Mcal/kg)	2.12	2.05	1.91	2.15	2.60	2.39	2.90	2.35	2.85	NA
NEL (Mcal/kg)	1.10	1.0	0.9	1.10	1.30	1.20	1.50	1.20	1.50	NA
Dg (%)										
DM(0 hr.)	6.7 ^d	11.1 ^{bc}	17.5 ^a	6.1 ^d	8.3 ^{cd}	11.8 ^b	11.7 ^b	18.5 ^a	16.4 ^a	1.4
DM(6 hr.)	10.1 ^{cd}	14.8 ^b	22.8 ^a	8.2 ^d	11.1 ^c	14.9 ^b	14.1 ^b	22.8 ^a	20.1 ^b	1.3
DM(12 hr.)	13.2 ^b	16.8 ^b	23.1 ^a	13.7 ^b	13.1 ^b	14.8 ^b	16.8 ^b	24.6 ^a	22.5 ^b	2.1
DM(24 hr.)	19.5 ^d	24.2 ^{cd}	37.9 ^a	19.7 ^d	22.2 ^d	22.6 ^d	22.1 ^d	33.6 ^{ab}	28.8 ^{bc}	2.9
DM(48 hr.)	31.0 ^d	44.5 ^b	51.5 ^a	29.2 ^d	32.1 ^d	36.4 ^{cd}	40.9 ^{bc}	48.3 ^{ab}	40.4 ^{bc}	3.8
DM(72 hr.)	35.2 ^{ef}	51.6 ^b	61.2 ^a	32.7 ^f	40.5 ^{de}	41.5 ^{cd}	47.1 ^{bc}	50.2 ^b	50.6 ^b	2.8
DM(96 hr.)	37.7 ^e	52.2 ^c	66.3 ^a	39.6 ^{de}	41.6 ^{de}	44.6 ^d	50.6 ^c	59.1 ^b	54.0 ^{bc}	2.8
CF (48 hr.)	22.1 ^{cde}	25.6 ^{bcd}	36.0 ^a	29.6 ^b	28.4 ^b	19.6 ^e	21.1 ^{de}	27.2 ^{bc}	30.1 ^b	2.6
CF (72 hr.)	33.3 ^c	31.6 ^{cd}	48.6 ^a	32.7 ^c	36.4 ^{bc}	25.4 ^d	32.7 ^c	41.6 ^b	34.0 ^c	3.2
NDF(48 hr.)	33.7 ^{abc}	25.1 ^{def}	36.4 ^a	21.4 ^f	23.0 ^{ef}	34.9 ^{ab}	29.4 ^{bcd}	28.9 ^{cd}	27.9 ^{de}	2.5
NDF (72 hr.)	38.4 ^{abc}	27.3 ^d	45.3 ^a	27.2 ^d	38.2 ^{bc}	36.0 ^{bc}	36.8 ^{bc}	41.1 ^{ab}	31.9 ^{cd}	3.4
ADF (48 hr.)	40.9 ^a	24.4 ^{de}	34.6 ^b	22.6 ^e	22.7 ^e	29.1 ^{cd}	27.5 ^{cde}	30.0 ^{bc}	28.1 ^{cd}	2.6
ADF (72 hr.)	48.3 ^a	28.5 ^e	44.2 ^{ab}	29.9 ^c	38.7 ^{bcd}	29.8 ^e	34.9 ^{cde}	42.1 ^{abc}	31.7 ^{de}	3.6

หมายเหตุ T1-T9 ดูจากตารางที่ 5.1

%TDN คำนวณจากการประเมินค่าพลังงานที่นำเสนอใหม่ (Weiss *et al.*, 1992)

$$DE = 0.04409(\%TDN) \quad NEL = 0.0245(\%TDN) - 0.12$$

ตารางที่ 5.3 องค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายในกระเพาะหมักของฟางข้าวหลังปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการทางเคมีต่างๆ

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	SEM
%DM	92.0 ^a	73.5 ^{bc}	72.0 ^{cd}	73.6 ^{bc}	72.4 ^{bcd}	70.2 ^d	72.2 ^{bcd}	73.4 ^{bc}	74.4 ^b	1.1
%OM	89.2 ^a	81.7 ^{de}	80.4 ^e	83.3 ^c	85.0 ^b	82.6 ^{cd}	83.0 ^c	81.7 ^d	82.3 ^{cd}	0.6
%Ash	10.8 ^c	18.3 ^{ab}	19.6 ^a	16.7 ^c	15.0 ^d	17.4 ^{bc}	17.0 ^c	18.3 ^b	17.7 ^{bc}	0.6
%CP	2.3 ^d	2.7 ^d	2.3 ^d	3.4 ^d	8.6 ^c	9.7 ^c	15.9 ^a	8.7 ^c	14.0 ^b	0.7
%EE	1.02 ^{ab}	0.87 ^{bc}	0.59 ^d	0.58 ^d	0.63 ^{cd}	0.44 ^{de}	0.34 ^c	1.16 ^a	1.12 ^a	0.1
%CF	32.5 ^{bc}	34.1 ^a	33.5 ^{ab}	33.6 ^{ab}	32.5 ^{bc}	31.4 ^{cd}	30.3 ^d	30.3 ^d	30.8 ^d	0.7
%NDF	70.5 ^a	66.9 ^{bc}	59.9 ^d	70.1 ^{ab}	68.3 ^{ab}	64.5 ^c	60.9 ^d	59.0 ^d	58.6 ^d	1.7
%ADF	39.8 ^{ab}	38.7 ^{bc}	36.7 ^d	40.2 ^{ab}	41.0 ^a	39.8 ^{ab}	37.1 ^{cd}	36.7 ^d	36.9 ^{cd}	0.9
%NDIN	0.26	0.29	0.25	0.29	0.31	0.33	0.29	0.29	0.31	0.03
%ADIN	0.10 ^d	0.20 ^{ab}	0.19 ^{bc}	0.17 ^c	0.18 ^c	0.18 ^c	0.21 ^a	0.22 ^a	0.18 ^c	0.01
GE(Mcal/kg)	3.60	3.34	3.18	3.44	3.49	3.36	3.28	3.24	3.20	NA
%TDN	54.3	47.7	47.3	49.3	60.3	60.5	71.1	60.0	70.3	NA
DE (Mcal/kg)	2.39	2.10	2.09	2.17	2.66	2.67	3.14	2.64	3.10	NA
NEL (Mcal/kg)	1.20	1.0	1.0	1.10	1.40	1.40	1.60	1.30	1.60	NA
%dg										
DM(48 hr.)	39.9 ^d	54.4 ^a	57.3 ^a	54.3 ^a	46.5 ^c	31.9 ^c	36.3 ^{de}	48.6 ^{bc}	53.0 ^{ab}	2.4
DM(72 hr.)	43.5 ^d	59.5 ^{ab}	63.2 ^a	55.4 ^b	57.8 ^b	49.6 ^c	48.9 ^c	63.4 ^a	58.6 ^{ab}	2.5
CF (48 hr.)	31.2 ^d	52.9 ^a	51.1 ^{ab}	55.4 ^a	45.7 ^{bc}	29.4 ^d	31.5 ^d	35.2 ^d	42.3 ^c	3.0
CF (72 hr.)	47.9 ^d	59.8 ^{ab}	67.2 ^a	46.4 ^{cd}	49.9 ^{bcd}	51.4 ^{bcd}	47.7 ^{cd}	56.7 ^{abc}	50.9 ^{bcd}	5.4
NDF(48 hr.)	31.9 ^{bc}	50.1 ^a	48.2 ^a	27.9 ^c	30.4 ^c	47.4 ^a	34.8 ^{bc}	31.9 ^{bc}	39.0 ^b	4.1
NDF (72 hr.)	35.2 ^d	56.1 ^a	53.9 ^{ab}	47.3 ^c	46.7 ^c	46.4 ^c	48.3 ^{bc}	55.9 ^a	48.9 ^{bc}	3.1
ADF (48 hr.)	33.0 ^{bc}	49.7 ^a	46.7 ^a	28.6 ^c	32.8 ^{bc}	49.0 ^a	34.5 ^{bc}	37.6 ^b	44.3 ^a	3.2
ADF (72 hr.)	39.9 ^d	56.3 ^{ab}	53.4 ^{ab}	52.1 ^{abc}	50.4 ^{bc}	52.2 ^{abc}	46.7 ^c	57.9 ^a	50.4 ^{bc}	3.2

หมายเหตุ T1-T9 ดูจากตารางที่ 5.1

%TDN คำนวณจากการประเมินค่าพลังงานที่นำเสนอใหม่ (Weiss *et al.*, 1992)

$$DE = 0.04409(\%TDN) \quad NEL = 0.0245(\%TDN) - 0.12$$

5.5 สรุปและวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมีของชานอ้อยและฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการทางเคมีต่างๆ ในงานวิจัยครั้งนี้พบว่าเปอร์เซ็นต์เถ้าในทุกกลุ่มการทดลองที่ปรับปรุงคุณภาพแล้วสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wanapat *et al.* (1985) ที่ทำการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของฟางข้าวบาร์เลย์โดยใช้สารเคมีที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง 16 วิธี พบว่าเปอร์เซ็นต์เถ้าเพิ่มขึ้นในทุกกลุ่มที่ทำการปรับปรุงคุณภาพ โดยเฉพาะกลุ่มที่ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการตกค้างของโซเดียมในฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพ ทำนองเดียวกัน Ibrahim and Pearce (1983) ได้ทำการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพชานอ้อยด้วยวิธีการทางเคมีต่างๆ และสรุปว่าเปอร์เซ็นต์เถ้าของชานอ้อยปรับปรุงคุณภาพจะเพิ่มขึ้น (7.3, 12.0 และ 16.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ตามปริมาณความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ จาก 3, 6 และ 9 กรัมต่อ 100 กรัมวัตถุแห้งชานอ้อย

ทั้งชานอ้อยและฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพจะมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของยูเรียที่ใช้ ซึ่งสอดคล้องทั้งกับงานวิจัยของ Wanapat *et al.* (1985) และ Ibrahim and Pearce (1983) ส่วนกลุ่มที่ไม่ได้ใช้ยูเรีย ใช้แต่โซเดียมไฮดรอกไซด์ เปอร์เซ็นต์โปรตีนไม่เพิ่มขึ้นแต่อย่างใด ในทางตรงกันข้าม เปอร์เซ็นต์ CF, NDF และ ADF ของชานอ้อยและฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพด้วยยูเรียเพียงอย่างเดียวไม่แตกต่างจากในชานอ้อยและฟางข้าวที่ไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพ แต่ในกรณีที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือใช้ร่วมกับยูเรีย แนวโน้มเปอร์เซ็นต์ CF, NDF และ ADF ในชานอ้อยและฟางข้าวจะลดต่ำลง ซึ่งผลการวิจัยทั้งหมดนี้มีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับงานวิจัยในชานอ้อยและฟางข้าวที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

สำหรับการประเมินพลังงาน TDN ประเมินจาก Weiss *et al.* (1992) และประเมินค่าพลังงาน DE และ NEL จากค่า TDN ตาม NRC (1988) ปรากฏว่าทั้งชานอ้อยและฟางข้าวที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยยูเรียมีค่าพลังงานสูงกว่าชานอ้อยหรือฟางข้าวที่ไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพและชานอ้อยหรือฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่เป็นเช่นนี้เพราะการประเมินค่า TDN นั้นได้นำค่าพลังงานที่ได้จากโปรตีนมาคิดด้วย เมื่อมีการปรับปรุงคุณภาพชานอ้อยหรือฟางข้าวด้วยยูเรีย จะทำให้ชานอ้อยหรือฟางข้าวที่ปรับปรุงแล้วมีค่าโปรตีนสูงตามไปด้วย เมื่อนำโปรตีนไปคำนวณพลังงานจากโปรตีนจึงทำให้มีค่าสูง ฉะนั้นการนำเสนอผลการที่แนะนำโดย Weiss *et al.* (1992) มาใช้ ต้องคำนึงถึงเรื่องนี้ เพราะอาจไม่ใช่ค่าพลังงานที่แท้จริงก็ได้ โดยเฉพาะการประเมินค่าพลังงานสำหรับผลพลอยได้ทางการเกษตรที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยยูเรีย หรือ สารประกอบ non-protein nitrogen อื่นๆ

ส่วนการศึกษการย่อยสลายโภชนะในชานอ้อยและฟางข้าวโดยวิธีใช้ถุงไนลอนพบว่า ในกลุ่มทดลองที่ปรับปรุงคุณภาพด้วย NaOH หรือ กลุ่มที่ใช้ NaOH ร่วมกับ urea มีการย่อยสลายของ DM และ CF เพิ่มขึ้น แต่ในกลุ่มที่ใช้ urea เพียงอย่างเดียวการย่อยสลายไม่เพิ่มขึ้นในกรณีของชานอ้อย ส่วนในกรณีของฟางข้าวนั้นการย่อยสลายเพิ่มขึ้น งานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงคุณภาพของชานอ้อย

ด้วยวิธีการทางเคมีมีค่อนข้างน้อย Ibrahim (1983) รายงานว่าการย่อยได้ของ *in vitro* OM ของขานอ้อยปรับปรุงคุณภาพด้วย 6%NaOH เพิ่มขึ้น 23 หน่วยเปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการเพิ่มขึ้น 22 หน่วยเปอร์เซ็นต์ในการทดลองนี้ อย่างไรก็ตามมีเพียงรายงานเดียวที่พบว่าการเพิ่มขึ้นของการย่อยได้ DM ถึง 42.2 หน่วยเปอร์เซ็นต์ (Cabello, 1994)

การที่การย่อยสลาย DM และ CF ในขานอ้อยที่ปรับปรุงคุณภาพด้วย urea เพียงอย่างเดียวไม่เพิ่มขึ้นเหมือนอย่างในกรณีของฟางข้าวนี้ อาจเนื่องมาจากในขานอ้อยไม่มีเอนไซม์ urease เหมือนเช่นในฟางข้าว ด้วยเหตุผลนี้อาจทำให้ urea ที่เติมลงไปเมื่อทำการปรับปรุงคุณภาพขานอ้อยไม่แตกตัว หรือแตกตัวน้อย จึงไม่ทำให้ความเป็นด่างของ urea ไปสามารถเพิ่มการย่อยได้ของขานอ้อย อย่างไรก็ตามการวิจัยครั้งนี้ได้พยายามพิสูจน์สมมติฐานนี้ ครั้งแรกโดยการทดลองอย่างง่าย ๆ คือการนำกากถั่วเหลืองใส่ลงไประหว่างการปรับปรุงคุณภาพขานอ้อยด้วยยูเรีย 5% ในถุงขนาดบรรจุ 10 กิโลกรัม ทำการเปรียบเทียบกับขานอ้อยหมักที่ไม่ได้ใส่ยูเรีย ขานอ้อยหมักใส่ยูเรีย 5% และขานอ้อยหมักที่ใส่ทั้งยูเรีย 5% ร่วมกับกากถั่วเหลือง 50 กรัม ผลปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างของการย่อยสลายวัตถุแห้งในถุงในलोंที่แช่ในกระเพาะหมักในเวลาต่าง ๆ กัน เหตุผลที่ไม่เกิดความแตกต่างก็เป็นเพราะว่าในกากถั่วเหลืองนั้นไม่มีเอนไซม์ยูรีเอส การทดลองครั้งที่สอง ทำการทดลองเช่นเดียวกันกับการทดลองครั้งแรก ต่างกันเพียงใช้เมล็ดถั่วเหลืองดิบบด 50 กรัม ใส่แทนกากถั่วเหลืองในการทดลองครั้งก่อน ผลปรากฏว่าการที่ใส่เมล็ดถั่วเหลืองดิบบดลงในระหว่างหมักขานอ้อยด้วยยูเรีย สามารถเพิ่มการย่อยสลายวัตถุแห้งของขานอ้อยที่บรรจุในถุงในलोंและแช่ในกระเพาะหมักในระยะเวลาต่าง ๆ กัน รายละเอียดการย่อยสลายวัตถุแห้งของขานอ้อยที่ปรับปรุงคุณภาพทั้ง 3 วิธีแสดงไว้ในตารางที่ 5.4 รวมทั้งค่า DM effective degradability ของขานอ้อยที่ไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพและปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการต่างๆ

ตารางที่ 5.4 การย่อยสลายวัตถุแห้งของขานอ้อยและขานอ้อยปรับปรุงคุณภาพ

	ขานอ้อยธรรมชาติ	ขานอ้อย/ยูเรีย	ขานอ้อย/ยูเรีย/กากถั่วเหลือง	ขานอ้อย/ยูเรีย/ถั่วเหลืองดิบ
DM degraded at various incubation times (%)				
0 hr	8.42±0.97	6.83±0.45	8.20±0.86	9.91±0.85
6 hr	11.21±0.75	10.79±1.20	10.95±0.75	13.95±0.54
12 hr	11.97±1.32	11.78±1.17	12.60±1.36	16.48±0.79
24 hr	16.25±2.30	19.15±1.56	18.94±3.08	24.51±0.75
48 hr	29.99±3.19	32.02±3.53	32.87±1.29	37.23±0.64
72 hr	34.85±3.11	40.06±2.37	41.53±1.31	44.83±3.10
96 hr	38.55±0.79	46.93±1.84	46.55±2.58	55.77±2.65
dg (%)	36.0	40.4	41.4	49.7
Mean±SD (n=4)				

เมื่อนำค่าการย่อยสลายของ DM ในช่วงระยะเวลาต่างๆ ไปเข้าสมการ exponential จะได้ค่า DM effective degradability เท่ากับ 36.0, 40.4, 41.4 และ 49.7 เปอร์เซ็นต์ สำหรับขานอ้อยธรรมดา ขานอ้อยปรับปรุงคุณภาพด้วยยูเรีย ขานอ้อยปรับปรุงคุณภาพด้วยยูเรียร่วมกับกากถั่วเหลือง และขานอ้อยปรับปรุงคุณภาพด้วยยูเรียร่วมกับเมล็ดถั่วเหลืองดิบคบ ตามลำดับ ซึ่งพอจะสรุปจากการทดลองนี้ได้ว่า การปรับปรุงคุณภาพขานอ้อยด้วยยูเรีย หรือยูเรียร่วมกับกากถั่วเหลืองนั้น ให้ค่า DM effective degradability เพิ่มขึ้นเล็กน้อย (4.4 – 5.4 หน่วยเปอร์เซ็นต์) เมื่อเปรียบเทียบกับขานอ้อยธรรมดาที่ไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพ แต่เมื่อทำการปรับปรุงคุณภาพด้วยยูเรียร่วมกับเมล็ดถั่วเหลืองดิบคบ ผลปรากฏว่าสามารถเพิ่มค่า DM effective degradability ได้ถึง 13.7 หน่วยเปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับขานอ้อยธรรมดาที่ไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพ ผลการทดลองนี้น่าจะสรุปได้ว่าในเมล็ดถั่วเหลืองดิบซึ่งมีเอนไซม์ยูรีเอสนั้นสามารถทำให้ยูเรียที่ใส่ไปในการปรับปรุงคุณภาพขานอ้อยนั้นแตกตัวได้ดีขึ้น จึงยังผลให้ความเป็นค่าของแอมโมเนียที่เกิดจากการสลายตัวของยูเรียไปทำให้เพิ่มการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งในขานอ้อย

สารเคมีที่มีคุณสมบัติเป็นต่างหลาๆชนิดมีความสามารถที่จะเพิ่มการย่อยได้ของผลพลอยได้ทางการเกษตรต่างๆ โดยการไปลดความแข็งแรงของพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุลซึ่งจับตัวกับโมเลกุลของเซลลูโลส ทำให้เกิดการพองตัวของเซลลูโลส เอนไซม์จากจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักจึงเข้าทำการย่อยสลายเซลลูโลสได้ (Rangnekar, 1988)

จากการศึกษาการย่อยสลายในกระเพาะหมักโดยวิธีการใช้ถุงไนลอน จึงสามารถสรุปได้ว่าวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงในการปรับปรุงคุณภาพขานอ้อยคือการปรับปรุงโดยใช้ 6% NaOH รองลงมาตามลำดับได้แก่ 6%NaOH/3%urea, 6%NaOH/6%urea, 3%NaOH/3%urea และ 3%NaOH/6%urea ทั้งนี้ยังไม่ได้ทำการเปรียบเทียบต้นทุนของสารเคมีที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพขานอ้อย แต่ถ้าต้องการปรับปรุงคุณภาพของขานอ้อยด้วยยูเรียซึ่งมีราคาถูกกว่าไซเดียมไฮดรอกไซด์ ก็ควรที่จะเสริมเมล็ดถั่วเหลืองดิบคบลงไปด้วย ในอัตรา 500 กรัม ต่อขานอ้อย 100 กิโลกรัม อย่างไรก็ตามในกรณีของฟางข้าว นั้น ถ้าคำนึงถึงต้นทุนของสารเคมีที่ใช้ การปรับปรุงคุณภาพด้วยยูเรียจะเหมาะสมที่สุดทั้งในด้านการเพิ่มการย่อยได้และต้นทุนของยูเรีย ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่าน่าจะใช้ยูเรียในการปรับปรุงคุณภาพฟางข้าวเช่นเดียวกับที่มีรายงานการวิจัยไว้แล้วมากมายทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทย

บทที่ 6

ผลการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพขานอ้อย/ฟางข้าวในระดับ Large scale

(ผลต่อการกินได้และการย่อยได้ในโคนม)

6.1 คำนำ

ด้วยเหตุที่ขานอ้อย/ฟางข้าวมีคุณค่าทางอาหารค่อนข้างต่ำ (โปรตีนและการย่อยได้ต่ำ) การที่จะนำไปใช้เลี้ยงโคนมควรต้องทำการปรับปรุงคุณภาพก่อน การปรับปรุงคุณภาพสามารถทำได้หลายวิธี อาทิ physical treatment, chemical treatment และ biological treatment แต่วิธีที่นิยมใช้เพราะสะดวกประหยัดเวลา ค่าใช้จ่ายและได้ผลดีคือ วิธีการทางเคมี สารเคมีที่นิยมใช้ส่วนใหญ่ได้แก่ ยูเรีย โซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ กรดซัลฟูริก เป็นต้น อย่างไรก็ตามสารเคมีที่นิยมมากที่สุดคือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และหรือยูเรียในระดับต่างๆ แต่จากการศึกษาในโครงการวิจัยนี้ที่ผ่านมาพบว่าการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับ 6% วัตถุแห้งขานอ้อย/ฟางข้าว (และปรับความชื้นฟางข้าว/ขานอ้อยให้ได้ที่ระดับประมาณ 50%) จะให้ผลดีที่สุด กล่าวคือเพิ่มการย่อยได้มากที่สุดโดยเฉพาะกรณีของขานอ้อย การวิจัยต่อไปจึงมุ่งเน้นขยายผลการปรับปรุงคุณภาพฟางข้าว/ขานอ้อยในระดับ large scale และทำการศึกษากินได้และการย่อยได้ของขานอ้อย/ฟางข้าวที่ปรับปรุงคุณภาพแล้ว

6.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการปรับปรุงคุณภาพขานอ้อย/ฟางข้าวในระดับ Large scale และศึกษาการย่อยได้และการกินได้ในโคนม

6.3 อุปกรณ์และวิธีการ

6.3.1 การปรับปรุงคุณภาพฟางข้าว/ขานอ้อย

ฟางข้าว

นำฟางข้าวมาหั่นเพื่อลดขนาดฟางข้าวให้เล็กลง (3-5 นิ้วฟุต) เตรียมพร้อมที่จะปรับปรุงคุณภาพ สุ่มตัวอย่างฟางข้าวไปวิเคราะห์หาความชื้น เพื่อนำไปคำนวณการปรับความชื้นของฟางข้าวก่อนหมัก ให้ใกล้เคียงกับความชื้นของขานอ้อยที่ประมาณ 50%

นำฟางข้าวที่ทำการหั่นลดขนาดลงแล้วบรรจุเป็นชั้นๆ (ชั้นละประมาณ 1 ฟุต) ในบ่อหมัก คอนกรีตที่รองด้วยพลาสติกหนา นำโซเดียมไฮดรอกไซด์/ยูเรียละลายน้ำในถังพลาสติกตามสัดส่วนของน้ำที่ต้องการเพิ่มความชื้นของฟางข้าวและสัดส่วนของโซเดียมไฮดรอกไซด์/ยูเรียตามกลุ่มการทดลอง แล้วนำไปเทลาดลงบนฟางข้าว ทีละชั้นพร้อมกับคลุกเคล้าให้เข้ากัน หมักทิ้งไว้นาน 7 หรือ 14 วันตามกลุ่มการทดลอง เพื่อนำไปทำการเลี้ยงโคนมเพื่อศึกษากินได้และการย่อยได้ต่อไป

ขานอ้อย

นำขานอ้อยซึ่งมีความชื้นอยู่แล้วประมาณ 50% มาคลุกเคล้าให้เข้ากันกับโซเดียมไฮดรอกไซด์/ยูเรีย หลังจากนั้นนำลงบรรจุในบ่อหมักคอนกรีตที่รองด้วยพลาสติกหนา หมักทิ้งไว้นาน 7 หรือ 14 วัน ตามกลุ่มการทดลอง เพื่อนำไปศึกษาการกินได้และการย่อยได้ต่อไป

6.3.2 การศึกษาการกินได้และการย่อยได้

กากถั่วเหลือง

การศึกษาการย่อยได้ของกากถั่วเหลืองด้วยวิธี regression ใช้โคนมที่ไม่ให้นมจำนวน 12 ตัว แบ่งเป็น 3 กลุ่ม (กลุ่มละ 4 ตัว) โคทุกตัวจะได้รับฟางข้าวที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6% ของวัตถุแห้งฟางข้าวที่ปรับปรุงคุณภาพแล้ว ในระดับต่างๆตามระยะเวลาที่กำหนดดังข้างล่าง และเสริมกากถั่วเหลืองในระดับต่างๆ ดังนี้

- | | |
|------------|---|
| กลุ่มที่ 1 | เสริมกากถั่วเหลืองในสัดส่วนต่อฟางข้าว 15:85 (วัตถุแห้ง) |
| กลุ่มที่ 2 | เสริมกากถั่วเหลืองในสัดส่วนต่อฟางข้าว 25:75 (วัตถุแห้ง) |
| กลุ่มที่ 3 | เสริมกากถั่วเหลืองในสัดส่วนต่อฟางข้าว 35:65 (วัตถุแห้ง) |

โคทุกตัวจะถูกเลี้ยงในโรงเรือนแบบยืนโรงแยกอิสระ ให้น้ำและเสริมแร่ธาตุชนิดก่อนตลอดเวลา การวิจัยแบ่งช่วงเวลาและระดับการให้อาหารดังนี้

- | | | |
|--------------|-------------|---|
| วันที่ 1-7 | ระยะหา VFI | เสริมกากถั่วเหลืองตามกลุ่มทดลอง และให้ฟางข้าวกินเต็มที่ |
| วันที่ 8-12 | ระยะ 90%VFI | เสริมกากถั่วเหลืองตามกลุ่มทดลอง และให้ฟางข้าว 90%VFI |
| วันที่ 13-17 | ระยะทดลอง | เสริมกากถั่วเหลืองตามกลุ่มทดลอง และให้ฟางข้าว 70%VFI |

ในระหว่างการทดลองโคจะได้รับอาหารวันละ 2 มื้อ (0730 และ 1600 hr) ตามปริมาณที่กำหนดในแต่ละระยะเวลาดังกล่าวข้างต้น และในช่วง 5 วันสุดท้ายของการทดลองจะทำการบันทึกน้ำหนักและสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารที่โคกิน บันทึกน้ำหนักและเก็บตัวอย่างมูลโคและปัสสาวะเพื่อหาการย่อยได้โภชนะต่างๆและคำนวณหา nitrogen balance

ฟางข้าว/ขานอ้อย

การศึกษาการกินได้และการย่อยได้ฟางข้าว/ขานอ้อยในโคนม ได้นำฟางข้าว/ขานอ้อยที่ปรับปรุงคุณภาพแล้วไปเลี้ยงโคนมจำนวน 8 ตัว ซึ่งแบ่งเป็นโคนมเจาะกระเพาะ 4 ตัว และโคนมที่ไม่ให้นมอีก 4 ตัว เลี้ยงในโรงเรือนแบบยืนโรงแยกอิสระ ให้น้ำและเสริมแร่ธาตุชนิดก่อนตลอดเวลา กำหนดระยะเวลาในการดำเนินการทดลองแต่ละช่วงเป็นดังต่อไปนี้

- | | | |
|--------------|-------------|---|
| วันที่ 1-7 | ระยะหา VFI | เสริมกากถั่วเหลือง 1.1-1.5 kg ฟางข้าว/ขานอ้อยให้เต็มที่ |
| วันที่ 8-12 | ระยะ 90%VFI | เสริมกากถั่วเหลือง 1.0-1.3 kg ฟางข้าว/ขานอ้อยให้ 90%VFI |
| วันที่ 13-17 | ระยะทดลอง | เสริมกากถั่วเหลือง 1.0-1.3 kg ฟางข้าว/ขานอ้อยให้ 80%VFI |

ในระหว่างการทดลองโคจะได้รับอาหารวันละ 2 มื้อ (0730 และ 1600 hr) ตามปริมาณที่กำหนดในแต่ละระยะเวลาดังกล่าวข้างต้น และในช่วง 5 วันสุดท้ายของการทดลองจะทำการบันทึกน้ำหนักและสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารที่โคกิน ทั้งก่อนและหลังการกิน บันทึกน้ำหนักและเก็บตัวอย่างมูลโคและปัสสาวะเพื่อหาการย่อยได้โภชนะต่างๆ และคำนวณหา nitrogen balance

6.4 ผลการทดลอง

การกินได้และการย่อยได้ของซานอ้อย/ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพ รวมกากถั่วเหลืองระดับต่างๆ ได้สรุปไว้ในตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 แสดงการกินได้และการย่อยได้ *in vivo* ของฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพ (6%NaOH) รวมกากถั่วเหลืองระดับต่างๆ

SBM/Treated straw	15/85	25/75	35/65	SEM
DMI (kg/day)				
VFI	7.3	7.1	6.7	0.36
อาหารหยาบ	6.1	5.9	5.5	0.36
กากถั่วเหลือง	1.2	1.2	1.2	0.00
80%VFI	5.4	6.0	6.2	0.21
อาหารหยาบ	4.6	4.6	4.3	0.20
กากถั่วเหลือง	0.8	1.4	1.9	0.006
Digestibility (%)				
DM	61.78	61.77	62.88	3.31
OM	69.48	70.33	70.35	2.49
CP	64.04 ^b	72.13 ^a	77.19 ^a	2.39
NFE	62.26	59.94	59.20	4.18
EE	28.75	36.44	43.09	6.31
CF	82.80	81.61	82.41	1.88
ADF	78.06	75.24	74.54	3.00
NDF	72.82	70.90	69.89	2.91
TDN (%)	57.31	57.75	59.76	2.67
DE (Mcal/kgDM)	2.53	2.55	2.63	0.12
NEL (Mcal/kgDM)	1.28	1.29	1.34	0.05
N-balance (g/day)	24.30 ^b	36.47 ^b	98.17 ^a	12.33

นำผลการย่อยได้ *in vivo* จากตารางที่ 6.1 ไปหาการย่อยได้ของกากถั่วเหลืองด้วยวิธี Regression ได้ค่าการย่อยได้ดังแสดงในตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 แสดงค่า Intercept, Coefficient of X, R^2 ที่ได้จากการหาด้วยวิธี Regression (ค่า Intercept แสดงการย่อยได้ของกากถั่วเหลือง)

Details	Intercept Y(X=0)	Coefficient of X	R^2
%DM	67.48	-6.94	0.74
%OM	73.83	-5.07	0.78
%CP	87.44	-106.78	0.99
%EE	80.21	-69.18	1.00
%NFE	29.14	+35.19	0.92
%CF	79.92	+2.85	0.09
%ADF	11.46	+68.65	0.86
%NDF	18.90	+55.76	0.96

X = ratio of 6%NaOH treated rice straw; Y = digestibility

เมื่อได้ค่าการย่อยได้โภชนะต่างๆ ของกากถั่วเหลืองจากวิธีการ regression แล้ว นำค่าการย่อยได้โภชนะของกากถั่วเหลืองนี้ไปคำนวณหาการย่อยได้โภชนะต่างๆ ของขานอ้อย/ฟางข้าว ทั้งที่ยังไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพและที่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการต่างๆ หลังจากผ่านการนำไปเลี้ยงโคและเก็บข้อมูลตามวิธีการ Total collection

ตารางที่ 6.3 และตารางที่ 6.5 แสดงการกินได้และการย่อยได้ของฟางข้าว/ขานอ้อยธรรมชาติ และ/หรือ ฟางข้าว/ขานอ้อยปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการต่างๆ รวมกากถั่วเหลืองในระดับประมาณ 15% ของน้ำหนักแห้งอาหารรวม

ตารางที่ 6.4 และตารางที่ 6.6 แสดงการย่อยได้ของฟางข้าว/ขานอ้อยธรรมชาติ และ/หรือ ฟางข้าว/ขานอ้อยปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการต่างๆ ที่ได้จากการนำค่าการย่อยได้ (intercept) ของกากถั่วเหลืองจากตารางที่ 6.2 ไปคำนวณหาการย่อยได้ของฟางข้าว/ขานอ้อยชนิดต่างๆ

ค่า DE ส่วนใหญ่จะเป็นค่าที่วัดได้จากการทำ Total collection หากไม่ได้ทำจะใช้การคำนวณหา ค่า DE และ NEL โดยจะคำนวณจากค่า TDN โดยใช้สมการดังต่อไปนี้ ตลอดรายงานฉบับนี้

$$DE \text{ (Mcal/kgDM)} = 0.04409TDN \text{ (\%)} \text{ [NRC, 1988]}$$

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

ตารางที่ 6.3 แสดงการกินได้และการย่อยได้ *in vivo* ของฟางข้าว/ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพ (6%NaOH) ชานอ้อย/ชานอ้อยปรับปรุงคุณภาพ (6%NaOH) รวมกากถั่วเหลือง

Details	Rice straw	Treated RS	Bagasse	Treated BG	SEM
DMI (kg/day)					
VFI	8.8 ^a	7.3 ^b	6.1 ^c	6.1 ^c	0.55
อาหารหยาบ	7.6 ^a	6.1 ^b	4.9 ^c	4.7 ^c	0.50
กากถั่วเหลือง	1.2 ^b	1.2 ^b	1.2 ^b	1.4 ^a	0.04
90%VFI	8.1 ^a	6.7 ^b	5.2 ^c	5.9 ^c	0.31
อาหารหยาบ	7.0 ^a	5.7 ^b	4.1 ^c	4.6 ^c	0.29
กากถั่วเหลือง	1.1 ^b	1.0 ^c	1.1 ^b	1.3 ^a	0.01
Digestibility (%)					
DM	54.23 ^b	64.71 ^a	50.60 ^b	62.43 ^a	1.86
OM	60.99 ^b	71.46 ^a	55.45 ^c	62.02 ^b	1.65
CP	63.60 ^b	66.46 ^b	72.67 ^a	72.87 ^a	1.56
NFE	58.81	59.66	62.42	57.37	4.60
EE	44.49 ^c	38.57 ^c	59.58 ^b	68.00 ^a	3.89
CF	69.35 ^b	82.60 ^a	57.00 ^c	72.53 ^b	1.59
ADF	65.00 ^c	79.67 ^a	54.04 ^d	69.29 ^b	1.63
NDF	61.10 ^c	78.10 ^a	54.00 ^d	67.45 ^b	1.64
TDN (%)	52.37 ^b	60.49 ^a	53.95 ^b	53.50 ^b	1.84
DE (Mcal/kgDM)	2.30 ^b	2.66 ^a	2.37 ^b	2.35 ^b	0.07
NEL (Mcal/kgDM)	1.16 ^b	1.36 ^a	1.20 ^b	1.19 ^b	0.03
N-balance (g/day)	70.60 ^a	58.16 ^c	61.70 ^{bc}	66.52 ^{ab}	3.69

ตารางที่ 6.4 แสดงค่าการย่อยได้ของฟางข้าวธรรมดา/ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพ (6%NaOH) ชานอ้อยธรรมดา/ชานอ้อยปรับปรุงคุณภาพ (6%NaOH) ที่ได้จากการคำนวณ โดยใช้ค่าการย่อยได้ของกากถั่วเหลืองจากตารางที่ 6.2

Details	Rice straw	Treated RS	Bagasse	Treated BG	SEM
%DM	52.13 ^b	64.22 ^a	46.02 ^c	61.04 ^a	2.70
%OM	58.75 ^b	70.98 ^a	50.65 ^c	58.28 ^b	2.58
%CP	-8.59 ^a	-6.53 ^a	-46.80 ^b	-57.43 ^b	13.52
%EE	59.00 ^b	71.32 ^a	53.97 ^b	54.62 ^b	3.11
%NFE	78.67 ^a	34.90 ^d	47.29 ^c	60.36 ^b	4.77
%CF	68.96 ^b	82.70 ^a	55.87 ^c	67.62 ^b	1.96
%ADF	66.58 ^c	82.14 ^a	55.47 ^d	71.91 ^b	2.00
%NDF	63.37 ^c	80.43 ^a	56.57 ^d	73.75 ^b	2.45
TDN (%)	52.47 ^b	60.56 ^a	52.62 ^b	50.18 ^b	2.02
DE (Mcal/kgDM)	2.31 ^b	2.67 ^a	2.10 ^c	2.00 ^c	0.08
NEL (Mcal/kgDM)	1.16 ^b	1.36 ^a	1.16 ^b	1.10 ^b	0.04

ตารางที่ 6.5 แสดงการย่อยได้ *in vivo* ของฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพ (5% ยูเรีย) ไม่เสริมและเสริมกากถั่วเหลือง 15% วัตถุแห้ง

Details	5% Urea treated rice straw	5% Urea treated RS+SBM	SEM
DMI (kg/day)			
VFI	9.8	10.5	0.62
อาหารหยาบ	9.8	9.5	0.62
กากถั่วเหลือง	0.0	1.0	0.00
90%VFI	8.0	9.1	0.26
อาหารหยาบ	8.0	8.2	0.26
กากถั่วเหลือง	0.0	0.8	0.00
<i>Digestibility (%)</i>			
DM	58.77	58.38	4.22
OM	65.59	65.97	3.42
CP	39.95 ^b	59.77 ^a	6.43
NFE	59.58	60.33	4.12
EE	69.80	63.70	5.71
CF	77.54	76.92	2.14
ADF	72.25	71.51	3.65
NDF	67.22	68.40	3.78
TDN (%)	58.07	59.29	2.58
DE (MJ/kgDM)	10.71	10.94	0.48
ME (MJ/kgDM)	8.68	8.86	0.39
N-balance (g/day)	25.51 ^b	78.41 ^a	5.45

ตารางที่ 6.6 แสดงค่าการย่อยได้ของฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพ (5% urea) ไม่เสริมและเสริมกากถั่วเหลือง 15% วัตถุแห้ง ที่ได้จากการคำนวณ โดยใช้ค่าการย่อยได้ของกากถั่วเหลืองจากตารางที่ 6.2

Details	5% Urea treated rice straw	5% Urea treated RS+SBM	SEM
%DM	58.38	57.89	4.33
%OM	65.59	65.17	3.50
%CP	35.95	39.54	6.71
%EE	59.58	63.20	4.24
%NFE	69.80	62.06	5.82
%CF	77.54	76.84	2.14
%ADF	72.25	73.02	3.69
%NDF	67.22	71.21	3.80
TDN (%)	58.07	59.21	3.03
DE (MJ/kgDM)	10.71	10.92	0.56
ME (MJ/kgDM)	8.68	8.85	0.45

จากตารางที่ 6.1 จะเห็นได้ว่าค่าการย่อยได้ของโภชนะในอาหารรวม (ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพ และกากถั่วเหลือง) ไม่แตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างสูตรอาหารรวมที่มีกากถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบอยู่ร้อยละ 15, 25 หรือ 35 ยกเว้นค่าการย่อยได้ของโปรตีนที่ในสูตรอาหารรวมที่มีกากถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบอยู่ร้อยละ 25 และ 35 มีค่าสูงกว่า ($p < 0.05$) ในสูตรอาหารรวมที่มีกากถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบอยู่ร้อยละ 15 การศึกษา nitrogen balance ให้ผลไปในแนวทางเดียวกันกับการย่อยได้โปรตีน ในขณะที่การย่อยได้ของพลังงานที่ได้จากการคำนวณก็ไม่แตกต่างกันระหว่างอาหารรวมทั้ง 3 สูตร

การนำผลการย่อยได้จากตารางที่ 6.1 ไปเข้าสมการ regression เพื่อหาค่าการย่อยได้ของโภชนะในกากถั่วเหลืองตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 6.2 จะได้ค่าการย่อยได้วัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีน ไขมัน NFE, CF, ADF และ NDF ตามลำดับดังนี้ 67.5, 73.8, 87.4, 80.2, 29.1, 79.9, 11.5 และ 18.9 เปอร์เซ็นต์ โดยสมการทั้งหมดมีค่าสหสัมพันธ์ค่อนข้างสูง คืออยู่ระหว่าง 0.74 ถึง 1.00 ซึ่งเป็นช่วงที่ยอมรับได้

6.5 สรุปและวิจารณ์

ค่าการย่อยได้ DM, OM, CP, EE, N-balance และพลังงาน ของฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพ (6%NaOH) รวมกากถั่วเหลืองมีความสัมพันธ์ในทางบวก (positive relation) กับสัดส่วนของกากถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการย่อยได้โภชนะดังกล่าวของกากถั่วเหลืองนั้นมากกว่าการย่อยได้โภชนะในฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพ ในทางตรงข้ามค่าการย่อยได้ NFE, CF, NDF และ ADF มีความสัมพันธ์ในทางลบ (negative relation) กับสัดส่วนของกากถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้น (ตาราง 6.1) อย่างไรก็ตามเมื่อใช้วิธี regression ทำนายค่าการย่อยได้ของกากถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียว จะได้ค่าการย่อยได้ DM, OM, CP และ EE เท่ากับ 67.5, 73.8, 89.4 และ 80.2 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตาราง 6.2) จะเห็นว่าการย่อยได้ DM ของกากถั่วเหลืองที่ได้จากการทำนายมีค่าค่อนข้างต่ำ

เมื่อนำค่าการย่อยได้โภชนะต่างๆของกากถั่วเหลืองจากตารางที่ 6.2 ไปทำนายค่าการย่อยได้ของชานอ้อย/ฟางข้าวก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพในการทดลองย่อยอื่นๆ จะได้ค่าการย่อยได้และพลังงานดังสรุปไว้ในตารางที่ 6.7

ฟางข้าวก่อนปรับปรุงคุณภาพ (untreated rice straw) มีค่าการย่อยได้ DMD, OMD และพลังงาน TDN เท่ากับ 52.1, 58.8 และ 52.5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับที่มีรายงานไว้ ค่าการย่อยได้ที่ทำนายได้จะอยู่ในช่วงเดียวกับที่มีรายงานแต่ค่อนข้างมาทางสูง (upper level) สำหรับฟางข้าว/ชานอ้อยปรับปรุงคุณภาพด้วย NaOH หรือ urea ก็ให้ค่าทำนายการย่อยได้ไปในทางเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบกับที่มีรายงานไว้ กล่าวคือค่อนข้างจะสูงกว่ารายงานอื่นๆ

อาจเป็นไปได้ว่าสมการ regression ที่ใช้ในการทำนายค่าการย่อยได้ของกากถั่วเหลืองนั้น ให้ค่าการย่อยได้ DM ของกากถั่วเหลืองค่อนข้างต่ำ (67.5%) เมื่อนำค่านี้ไปทำนายค่าอื่นๆ จึงทำให้ค่าการย่อยได้ DM ของอาหารชนิดอื่นสูงขึ้นกว่าความเป็นจริงมาก อย่างไรก็ตามงานวิจัยครั้งนี้เป็นเพียงการวิจัย

เบื้องต้นของโครงการวิจัยเพื่อประเมินคุณค่าทางโภชนาของอาหารโคนมและเพื่อประเมินความต้องการโภชนาของโคนม หากมีการวิจัยในลักษณะเดียวกันนี้เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ได้ค่าการประเมินคุณค่าทางโภชนาของอาหารโคนมแม่นยำมากขึ้น ควรมีการรวบรวมข้อมูลที่มีการวิจัยในลักษณะเดียวกันจากหน่วยงานต่างๆ แล้วนำมาวิเคราะห์ร่วมกันต่อไป

Table 6.7 Digestibility and total digestible nutrient of untreated and treated bagasse/rice straw.

Feeds	DMD	OMD	TDN	NEL
	-----%-----			Mcal/kgDM
Untreated rice straw ^{1/}	52.1	58.8	52.5	1.16
Untreated rice straw ^{2/}	41.0-51.0	35.5-59.2	40.2-50.2	0.99
6% NaOH treated rice straw ^{1/}	64.2	71.0	60.6	1.36
6% NaOH treated rice straw ^{2/}	67.8-74.8	61.9-73.6	54.4	1.21
5% urea treated rice straw ^{1/}	58.4	65.6	58.1	1.30
5% urea treated rice straw ^{2/}	48.0-57.0	56.4	38.4	0.82
5% urea treated rice straw + SBM ^{1/}	57.9	65.2	59.2	1.33
5% urea treated rice straw + SBM ^{2/}	49.3-58.6	-	42.1	0.91
Untreated bagasse ^{1/}	46.0	50.6	52.6	1.16
Untreated bagasse ^{2/}	25.0-35.0	-	-	-
6% NaOH treated bagasse ^{1/}	61.0	58.3	50.2	1.10
6% NaOH treated bagasse ^{2/}	56.2	-	-	-

^{1/} ข้อมูลจากการวิจัยครั้งนี้

^{2/} ข้อมูลจากการวิจัยอื่นๆ Cheva-Isarakul and Cheva-Isarakul (1985), Cheva-Isarakul and Potikanond (1985) Ibrahim (1985), Pearce (1985), Promma *et al.* (1985) Rangnekar (1988), Roxas *et al.* (1985) Sannasgala *et al.* (1985), Wanapat *et al.* (1985)

บทที่ 7

การศึกษาการปรับปรุงคุณภาพขานอ้อย/ฟางข้าวในระดับ large scale

7.1 คำนำ

ขานอ้อย/ฟางข้าว มีคุณค่าทางอาหารต่ำ กล่าวคือ มีโปรตีนและการย่อยได้ต่ำ (Rangnekar, 1988) การที่จะนำไปใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับใช้เลี้ยงโครีดนม ควรต้องทำการปรับปรุงคุณภาพก่อน วิธีการปรับปรุงคุณภาพผลพลอยได้ทางการเกษตรที่นิยมคือการใช้สารเคมีจำพวกด่าง อาทิ ยูเรีย และ โซเดียมไฮดรอกไซด์ จากการวิจัยที่ผ่านมาในบทที่ 5 ได้ทราบกรรมวิธีการปรับปรุงคุณภาพขานอ้อยที่เหมาะสม คือ การใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 6% ส่วนในฟางข้าวการใช้ยูเรียที่ระดับ 5-6% เหมาะสมที่สุด แต่การใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์อาจมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมทั้งในทางตรงและทางอ้อม อย่างไรก็ตาม งานวิจัยในบทนี้ จะได้ศึกษาขยายผลการปรับปรุงคุณภาพขานอ้อย/ฟางข้าวในระดับ large scale โดยในขานอ้อยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับ 6% และในฟางข้าวใช้ยูเรียที่ระดับ 5%

7.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการปรับปรุงคุณภาพขานอ้อย/ฟางข้าวในระดับ large scale

7.3 อุปกรณ์และวิธีการ

ก่อนเริ่มทำการศึกษาวิจัยได้ทำการก่อสร้างบ่อคอนกรีต โดยเทพื้นคอนกรีตหนา 0.10 ม. ขนาดพื้นที่ 10 x 6 ม². หลังจากนั้นทำการก่อกำแพงอิฐเพื่อทำเป็นบ่อจำนวน 3 บ่อ ขนาด 4 x 4 x 1 ม³. ทางด้านหนึ่ง ส่วนอีกด้านหนึ่งเว้นไว้สำหรับเป็นพื้นที่ในการผสมคลุกเคล้าขานอ้อย/ฟางข้าวกับโซเดียมไฮดรอกไซด์หรือยูเรียก่อนนำบรรจุลงในบ่อคอนกรีต

ขานอ้อย นำตัวอย่างขานอ้อยที่ขนส่งมาถึงฟาร์มมหาวิทยาลัย ไปอบหาความชื้น (105 °C overnight) เมื่อทราบผลเปอร์เซ็นต์ความชื้นในขานอ้อยแล้ว นำมาคำนวณส่วนผสมระหว่างขานอ้อยและโซเดียมไฮดรอกไซด์ (6% NaOH on DM basis) หลังจากนั้นทำการชั่งน้ำหนักขานอ้อยสดให้ได้ปริมาณเมื่อคำนวณเป็นวัตถุแห้งแล้วได้ 100 กิโลกรัม นำมาเกลี่ยบนพื้นคอนกรีตหน้าบ่อหมัก โรย NaOH จำนวน 6 กิโลกรัม ให้ทั่วๆกองขานอ้อย ใช้พลั่วผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน หลังจากนั้นใช้พลั่วตักสาบบรรจุใส่ในบ่อคอนกรีต ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้ขานอ้อยที่ผสม NaOH เต็มบ่อคอนกรีต ทำการปิดด้วยผ้าพลาสติกขนาดใหญ่ให้มิดชิด เมื่อครบกำหนด 7 วัน ทำการเปิดบ่อคอนกรีตแล้วนำขานอ้อยไปผสมกับข้าวโพดบดและกากถั่วเหลืองเพื่อใช้เลี้ยงโครีดนมต่อไป ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการหมักขานอ้อยทั้งสิ้น 9 บ่อคอนกรีต คิดเป็นปริมาณทั้งสิ้น 21,600 กิโลกรัม

ในระหว่างการนำขานอ้อยปรับปรุงคุณภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ไปใช้เลี้ยงโครีดนม ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างขานอ้อยปรับปรุงคุณภาพทุกวันตลอดการทดลอง 8 สัปดาห์ เก็บรักษาไว้ในตู้แช่แข็ง (-20 °C) เมื่อสิ้นสุดการทดลองในแต่ละช่วง (ช่วงละ 4 สัปดาห์) นำตัวอย่างขานอ้อยแต่ละวันในแต่ละ

สัปดาห์มารวมกันและทำการสุ่มอีกครั้งเพื่อเป็นตัวแทนตัวอย่างชานอ้อยในสัปดาห์นั้นๆ ซึ่งได้ตัวแทนตัวอย่างช่วงการทดลองละ 4 ตัวอย่าง รวม 2 ช่วงการทดลองเป็น 8 ตัวอย่าง นำตัวอย่างชานอ้อยไปอบที่อุณหภูมิ 60°C ระยะเวลา 36 ชั่วโมง เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น และนำตัวอย่างที่อบแล้วไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี (โปรตีน ไขมัน ADF, NDF) ต่อไป

ฟางข้าว นำตัวอย่างฟางข้าวที่ขนส่งมาถึงฟาร์มมหาวิทยาลัย ไปอบหาความชื้น (105°C overnight) เมื่อทราบผลเปอร์เซ็นต์ความชื้นในฟางข้าวแล้ว นำมาคำนวณส่วนผสมระหว่างฟางข้าว น้ำ และยูเรีย (5% Urea on DM basis) หลังจากนั้นทำการชั่งน้ำหนักฟางข้าวทั้งฟ่อน บันทึกน้ำหนัก นำลงเรียงในบ่อคอนกรีตโดยให้แนวเส้นฟางข้าวตั้งขึ้น จนเต็มพื้นที่ใน 1 ชั้น คำนวณน้ำหนักฟางข้าว ยูเรีย และน้ำ โดยให้มีส่วนผสมของยูเรียที่ระดับ 5% on DM basis นำยูเรียละลายในน้ำตามปริมาณที่คำนวณได้ ใช้ฝักบัวตักสารละลายยูเรีย แล้วราดลงบนฟางข้าวให้ทั่ว ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆทีละชั้น จนกระทั่งครบ 4 ชั้นเต็มบ่อคอนกรีต ทำการปิดด้วยผ้าพลาสติกขนาดใหญ่ให้มิดชิด เมื่อครบกำหนด 10 วัน ทำการเปิดบ่อคอนกรีตแล้วนำฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพไปผสมกับข้าวโพดบดและกากถั่วเหลืองเพื่อใช้เลี้ยงโครีดนมต่อไป ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการหมักฟางข้าวทั้งสิ้น 9 บ่อคอนกรีต คิดเป็นปริมาณทั้งสิ้น 27,450 กิโลกรัม

ในระหว่างการนำฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพด้วยยูเรียไปใช้เลี้ยงโครีดนม ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพทุกวันตลอดการทดลอง 8 สัปดาห์ เก็บรักษาไว้ในตู้แช่แข็ง (-20°C) เมื่อสิ้นสุดการทดลองในแต่ละช่วง (ช่วงละ 4 สัปดาห์) นำตัวอย่างฟางข้าวแต่ละวันในแต่ละสัปดาห์มารวมกันและทำการสุ่มอีกครั้งเพื่อเป็นตัวแทนตัวอย่างฟางข้าวในสัปดาห์นั้นๆ ซึ่งได้ตัวแทนตัวอย่างช่วงการทดลองละ 4 ตัวอย่าง รวม 2 ช่วงการทดลองเป็น 8 ตัวอย่าง นำตัวอย่างฟางข้าวไปอบที่อุณหภูมิ 60°C ระยะเวลา 36 ชั่วโมง เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น และนำตัวอย่างไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี (โปรตีน ไขมัน ADF, NDF) ต่อไป

7.4 ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลายในถุงในล่อนของชานอ้อยธรรมดา และที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วย 6% NaOH ทั้งที่หมักในถุง และหมักในบ่อคอนกรีต สรุปไว้ในตารางที่ 7.1 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของชานอ้อยหมักในบ่อคอนกรีตจะสูงกว่าหมักในถุงเล็กน้อย แต่จะสูงกว่าชานอ้อยหมักธรรมดาโดยไม่ใส่ NaOH สำหรับเปอร์เซ็นต์โปรตีนใกล้เคียงกัน ส่วนเปอร์เซ็นต์ไขมันของชานอ้อยหมักในบ่อคอนกรีตจะสูงกว่าหมักในถุงและหมักโดยไม่ใส่ NaOH สำหรับ %ADF และ %NDF ของชานอ้อยที่หมักในถุงจะต่ำกว่าชานอ้อยหมักธรรมดา DM degradability ของชานอ้อยปรับปรุงคุณภาพทั้งในถุง และในบ่อคอนกรีต จะมีค่าสูงกว่าชานอ้อยที่ไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพ ส่วน CP degradability ในชานอ้อยที่ไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพและชานอ้อยที่หมักในถุงนั้นไม่สามารถหาได้ ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่นำถุงในล่อนจุ่มแช่อยู่ในกระเพาะหมักจะมีจุลินทรีย์เข้ายึดเกาะอนุภาคของชานอ้อย เมื่อนำถุงในล่อน

ออกมาล้นน้ำ ถึงแม้จะล้างดีขนาดไหนก็ไม่สามารถล้างเอาจุลินทรีย์ที่ยึดเกาะออกได้หมด เมื่อนำตัวอย่างเช่นอาหารที่เหลืออยู่ในถุงไปอบและไปวิเคราะห์หาไนโตรเจน จะได้ค่าไนโตรเจนค่อนข้างสูง เมื่อนำมาหาเปอร์เซ็นต์การสูญหายไปของไนโตรเจน หรือโปรตีนในช่วงเวลาของการจุ่มแช่ และนำไปเข้าสมการ exponential จะให้ค่า CP degradability เป็นลบ

ตารางที่ 7.1 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายของขานอ้อยธรรมดา และขานอ้อยที่หมักในถุงและในบ่อ (6%NaOH)

ขานอ้อย	ธรรมดา ^{1/}	หมักในถุง ^{1/}	หมักในบ่อคอนกรีต ^{2/}
% Dry matter	55.00	63.50	66.00
% Crude protein	1.40	1.35	1.33
% Ether extract	0.35	0.19	0.78
% Acid detergent fibre	55.10	52.00	51.26
% Neutral detergent fibre	88.50	75.80	73.27
% Degradability (Nylon bag) ^{3/}			
Dry matter	42.21	77.37	77.66
Crude protein ^{4/}	-	-	50.02

^{1/} n = 4, ^{2/} n = 8, ^{3/} n = 4; potential degradability

^{4/} ไม่สามารถหาได้เนื่องจากมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในตัวอย่างหลังจุ่มแช่ในกระเพาะหมักทำให้ค่า dg ติดลบ

องค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายในถุงในล่อนของฟางข้าวธรรมดา และที่ปรับปรุงคุณภาพด้วย 5% Urea ทั้งที่หมักในถุง และหมักในบ่อคอนกรีต สรุปไว้ในตารางที่ 7.2 ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพด้วย 5% Urea ทั้งที่หมักในถุงและที่หมักในบ่อคอนกรีตจะมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่าฟางข้าวที่ไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพ แต่เปอร์เซ็นต์ไขมันผันแปรไม่แน่นอน ฟางข้าวที่ไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพและฟางข้าวที่หมักในถุงจะมีเปอร์เซ็นต์ ADF และ NDF ใกล้เคียงกัน แต่จะต่ำกว่าฟางข้าวที่หมักในบ่อคอนกรีต

DM degradability ของฟางข้าวที่หมักในถุงและหมักในบ่อคอนกรีตจะสูงกว่าของฟางข้าวธรรมดา ส่วน CP degradability ของฟางข้าวที่หมักในถุงและหมักในบ่อคอนกรีตนั้นใกล้เคียงกันสำหรับของฟางข้าวธรรมดาไม่สามารถหาได้เช่นเดียวกันกับในกรณีของขานอ้อย

ตารางที่ 7.2 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายของฟางข้าวธรรมดาและฟางข้าวที่หมักในถุงและในบ่อ (5%Urea)

ฟางข้าว	ธรรมดา ^{1/}	หมักในถุง ^{1/}	หมักในบ่อคอนกรีต ^{2/}
% Dry matter	92.00	71.30	61.43
% Crude protein	2.30	8.02	6.62
% Ether extract	1.02	0.61	1.81
% Acid detergent fibre	39.80	40.60	46.00
% Neutral detergent fibre	70.50	69.20	75.38
% Degradability (Nylon bag) ^{3/}			
Dry matter	69.39	85.11	79.98
Crude protein ^{4/}	-	62.34	62.80

^{1/} n = 4, ^{2/} n = 8, ^{3/} n = 4; potential degradability, ^{4/} ดูตารางที่ 7.1

7.5 สรุปและวิจารณ์

การปรับปรุงคุณภาพของขานอ้อยและฟางข้าวตามวิธีที่ทำการศึกษพบว่าสามารถเพิ่มการย่อยสลายได้ของทั้งขานอ้อยและฟางข้าวในกระเพาะหมักไม่ว่าจะเป็นการหมักในถุงหรือหมักในบ่อคอนกรีต อย่างไรก็ตามในระบบการผลิตโคนมนั้นการหมักในถุงไม่น่าจะเป็นวิธีการที่เหมาะสม ทั้งนี้เนื่องจากโคนมมีความต้องการอาหารมาก การหมักในถุงจึงไม่น่าจะเพียงพอต่อความต้องการใช้ การหมักในบ่อคอนกรีตที่ก่อสร้างขึ้นแบบง่ายๆ และลงทุนไม่สูงมากนักน่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรรายย่อยทั่วประเทศ บ่อคอนกรีตนี้สามารถใช้ในการทำหญ้าหมักได้ในช่วงที่มีพืชอาหารสัตว์เกินกว่าความต้องการ นอกจากนี้ในช่วงที่ขาดแคลนอาหารหยาบสดก็สามารถนำมาใช้เป็นบ่อสำหรับการปรับปรุงคุณภาพของผลพลอยได้ทางการเกษตรได้

สำหรับสารเคมีที่เหมาะสมสำหรับการนำมาปรับปรุงคุณภาพฟางข้าว นั่นคือปุ๋ยยูเรีย ทั้งนี้เนื่องจากมีราคาถูก ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ กระทบต่อสภาพแวดล้อมน้อย และเป็นที่ยอมรับกันมานานแล้ว แต่ในกรณีของขานอ้อยซึ่งไม่ตอบสนองต่อการปรับปรุงคุณภาพด้วยยูเรีย แต่ตอบสนองได้ดีต่อการปรับปรุงคุณภาพด้วย NaOH อย่างไรก็ตามด้วยเหตุที่ NaOH เป็นด่างเข้มข้นที่มีฤทธิ์ในการกัดและทำลายความระคายเคืองต่อทั้งผู้ใช้และสัตว์ที่กินขานอ้อยปรับปรุงคุณภาพ การใช้ NaOH ในการปรับปรุงคุณภาพขานอ้อยจึงต้องระมัดระวัง และก่อนนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ควรทำการเปิดบ่อหมักทิ้งไว้ก่อนล่วงหน้าประมาณ 1 สัปดาห์ โคจะกินขานอ้อยปรับปรุงคุณภาพได้ดีขึ้น นอกจากนี้การปรับปรุงคุณภาพขานอ้อย

ด้วยวิธีการนี้ควรจะต้องได้รับการยอมรับของเกษตรกรผู้ใช้ และควรคำนึงถึงความปลอดภัยต่อสภาพแวดล้อมด้วย

บทที่ 8

การศึกษาต้นทุนการปรับปรุงคุณภาพขานอ้อย/ฟางข้าวในระดับ large scale

8.1 คำนำ

การศึกษากการปรับปรุงคุณภาพของขานอ้อย/ฟางข้าวด้วยวิธีการทางเคมีที่ผ่านมา พบว่าสามารถเพิ่มการย่อยได้ของขานอ้อยและฟางข้าว อย่างไรก็ตามในแง่ของการปฏิบัติต้องคำนึงถึงต้นทุนในการปรับปรุงคุณภาพด้วย การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นที่จะทำการศึกษาด้านต้นทุนของการปรับปรุงคุณภาพของขานอ้อยและฟางข้าวในระดับ large scale

8.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาด้านต้นทุนการผลิตขานอ้อย/ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการทางเคมีในระดับ large scale

8.3 อุปกรณ์และวิธีการ

จากการศึกษากการปรับปรุงคุณภาพขานอ้อย/ฟางข้าวในระดับ large scale ได้ทำการบันทึกข้อมูลค่าใช้จ่ายต่างๆ เพื่อนำมาคำนวณหาต้นทุนการผลิตขานอ้อย/ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพ

8.4 ผลการศึกษา

ก่อนที่จะทำการศึกษาด้านต้นทุนการผลิตขานอ้อย/ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพ ต้องทำการบันทึกต้นทุนของบ่อคอนกรีตที่ใช้ในการหมักขานอ้อย/ฟางข้าว เพื่อนำมาคำนวณหาค่าเสื่อมราคาของบ่อคอนกรีต

บ่อคอนกรีตที่ก่อสร้างขึ้นประกอบด้วยพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.10 ม. ก่อคอนกรีตบล็อกแบ่งเป็น 3 บ่อย่อย ขนาด $4 \times 4 \times 1$ ม³ โดยทำการก่อคอนกรีตบล็อกเพียง 3 ด้านที่มุมด้านหนึ่งของพื้นคอนกรีต อีกด้านหนึ่งกั้นไว้เป็นพื้นที่สำหรับผสมคลุกเคล้าขานอ้อยกับ NaOH ก่อนบรรจุลงบ่อคอนกรีต

รายการการลงทุนก่อสร้างบ่อคอนกรีตปรากฏในตารางที่ 8.1 ซึ่งมีเงินลงทุนรวมกันทั้งสิ้น 13,590.- บาท ต่อ 3 บ่อย่อย หรือเท่ากับ 4,530.- บาทต่อบ่อคอนกรีต 1 บ่อ ถ้าประเมินอายุการใช้งานของบ่อคอนกรีตเป็น 10 ปี จะคิดเป็นค่าเสื่อมราคา 453.- บาทต่อบ่อคอนกรีตต่อปี (52 สัปดาห์) แต่การใช้บ่อคอนกรีตในรอบ 1 ปี จะใช้เพียง 6 เดือน หรือ 26 สัปดาห์ ในช่วงฤดูแล้งเท่านั้น หรือค่าเสื่อมราคาบ่อคอนกรีตต่อ 26 สัปดาห์เท่ากับ 453.- บาทต่อบ่อคอนกรีต

ในการปรับปรุงคุณภาพขานอ้อย/ฟางข้าวจะต้องใช้ระยะเวลาในการหมักประมาณ 7-10 วัน รวมทั้งการนำออกใช้จนกระทั่งหมดบ่อคอนกรีตอีก 7-10 วัน หรือรวมตั้งแต่หมักจนกระทั่งนำออกใช้หมดบ่อคอนกรีตคิดเป็นระยะเวลาเฉลี่ย 3 สัปดาห์ ฉะนั้นคิดค่าเสื่อมราคาบ่อคอนกรีตต่อ 3 สัปดาห์ได้เท่ากับ 52.27 บาทต่อบ่อคอนกรีต

ในการใช้ผ้าพลาสติกคลุมปิดบ่อคอนกรีตแต่ละบ่อนั้นจะใช้ผ้าพลาสติกขนาด 5×5 ม² ราคา ม² ละ 20.- บาท รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 500.- บาทต่อผืนผ้าพลาสติก ซึ่งผ้าพลาสติกนี้สามารถใช้ได้ถึง 10 ครั้ง คิดเป็นค่าเสื่อมต่อครั้งได้เท่ากับ 50.- บาทต่อบ่อคอนกรีต สำหรับต้นทุนขานอ้อย/ฟางข้าว NaOH หรือ Urea และค่าแรงจ้างเหมาสำหรับการหมักประเมินตามที่จ่ายจริง หรือประเมินจากค่าจ้างรายเดือนแล้วแต่กรณี

8.5 สรุปและวิจารณ์

เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตขานอ้อย/ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพแล้ว จะเห็นได้ว่าต้นทุนการผลิตขานอ้อยปรับปรุงคุณภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์จะสูงกว่าต้นทุนการผลิตฟางข้าวด้วยยูเรีย สาเหตุประการหนึ่งที่ทำให้ต้นทุนการผลิตขานอ้อยปรับปรุงคุณภาพสูงกว่าฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพเนื่องเพราะโซเดียมไฮดรอกไซด์มีราคาสูงกว่ายูเรียค่อนข้างมาก (กิโลกรัมละ 23.- บาท เปรียบเทียบกับ 6.- บาท) นอกจากนี้แล้วการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ซึ่งเป็นด่างเข้มข้นอาจไม่ได้รับการยอมรับทั้งจากเกษตรกรและโคกินขานอ้อยปรับปรุงคุณภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ได้ค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพด้วยยูเรีย อย่างไรก็ตามการที่ขานอ้อยไม่ตอบสนองต่อการปรับปรุงคุณภาพด้วยยูเรียนั้น ได้มีนักวิจัยให้เหตุผลว่าเนื่องจากในขานอ้อยไม่มีเอนไซม์ยูรีเอสเหมือนเช่นในฟางข้าว ยูเรียจึงอาจไม่แตกตัว ทำให้การปรับปรุงคุณภาพด้วยยูเรียในขานอ้อยไม่เพิ่มการย่อยได้ขานอ้อย (Rangnekar, 1988)

ตารางที่ 8.1 ต้นทุนการก่อสร้างบ่อคอนกรีต

รายการ	จำนวน	ราคาต่อหน่วย (บาท)	รวม (บาท)
1. คอนกรีตผสมสำเร็จสำหรับเทพื้น	6 ม ³	1,200.-	7,200.-
2. Wiremesh	60 ม ²	20.-	1,200.-
3. คอนกรีตบล็อก	350 ก้อน	3.-	1,050.-
4. ปูนซีเมนต์	5 ถุง	100.-	500.-
5. ทรายหยาบ	2 ม ³	220.-	440.-
6. ค่าแรงเทพื้น	60 ม ²	30.-	1,800.-
7. ค่าแรงก่อคอนกรีตบล็อกพร้อมฉาบปูน	28 ม ²	50.-	1,400.-
รวม			13,590.-
ค่าเสื่อมราคาต่อ 26 สัปดาห์			453.-
ค่าเสื่อมราคา ต่อ 3 สัปดาห์			52.27

ตารางที่ 8.2 ต้นทุนการปรับปรุงคุณภาพขานอ้อย ต่อ 1 บ่อคอนกรีต ระยะเวลา 3 สัปดาห์

รายการ	จำนวน	ราคาต่อหน่วย (บาท)	รวม (บาท)
1. ขานอ้อย	2,400 กก.	0.25	600.-
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์	96 กก.	23.-	2,208.-
3. ค่าแรงงานเหมา	1 หลุม	900.-	900.-
4. ค่าเสื่อมราคาบ่อคอนกรีต	1 หลุม	52.27	52.27
5. ค่าเสื่อมราคาพลาสติกปิดหลุม	1 หลุม	50.-	50.-
รวม			3,810.77
ต้นทุนต่อกิโกลรัมน้ำหนักสด (66% DM)			1.59
ต้นทุนต่อกิโกลรัมน้ำหนักแห้ง			2.41

ตารางที่ 8.3 ต้นทุนการปรับปรุงคุณภาพฟางข้าว ต่อ 1 บ่อคอนกรีต ระยะเวลา 3 สัปดาห์

รายการ	จำนวน	ราคาต่อหน่วย (บาท)	รวม (บาท)
1. ฟางข้าว	2,300 กก.	1.00	2,300.-
2. ยูเรีย	100 กก.	6.-	600.-
3. ค่าแรงงานเหมา	1 หลุม	500.-	500.-
4. ค่าเสื่อมราคาบ่อคอนกรีต	1 หลุม	52.27	52.27

5. ค่าเสื่อมราคาพลาสติกปิดหลุม	1 หลุม	50.-	50.-
รวม			3,502.27
ต้นทุนต่อกิโลกรัมน้ำหนัสด (66% DM)			1.00
ต้นทุนต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง			1.52

บทที่ 9

การศึกษาการตอบสนองด้านการให้ผลผลิตน้ำนมของโคนมที่ได้รับอาหารรวม

9.1 คำนำ

จากการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพขานอ้อย/ฟางข้าวโดยวิธีการทางเคมีแล้ว พบว่าสามารถเพิ่มการย่อยได้ของขานอ้อย/ฟางข้าว การศึกษาต่อไปคือการนำขานอ้อย/ฟางข้าวที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพแล้วมาทดสอบในโครีดนม โดยทำการนำขานอ้อย/ฟางข้าวมาผสมกับข้าวโพดบดและกากถั่วเหลืองเพื่อเป็นแหล่งพลังงานและโปรตีนตามลำดับ ซึ่งการศึกษาวิจัยนี้จะนำไปสู่การประเมินหาความต้องการพลังงานและโปรตีนของโครีดนมที่ให้นมปานกลางต่อไป

9.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลการตอบสนองการให้ผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม ในโครีดนมที่ให้นมปานกลาง ที่ได้รับอาหารรวมที่มี (1) ขานอ้อยปรับปรุงคุณภาพ (2) ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพ เป็นองค์ประกอบหลัก
2. เพื่อประเมินความต้องการพลังงานและโปรตีนของโครีดนมที่ให้นมปานกลาง

9.3 อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองแบ่งเป็น 2 ชุดการทดลอง คือ (1) ขานอ้อยปรับปรุงคุณภาพ ด้วย 6%NaOH/7 days (2) ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพ ด้วย 5% Urea/10 days

แต่ละชุดการทดลองจะประกอบด้วย 2 การทดลองย่อย คือ (1) การทดลองหาความต้องการพลังงานและโปรตีน ที่ระดับ NRC (1988) แนะนำและระดับที่ต่ำกว่า NRC (1988) แนะนำ 10% (2) การทดลองหาความต้องการพลังงานและโปรตีน ที่ระดับ NRC (1988) แนะนำและระดับที่สูงกว่า NRC (1988) แนะนำ 10%

ในแต่ละชุดการทดลองจะใช้แผนการทดลองเป็นแบบเดียวกันดังนี้

การทดลองย่อยที่ 1: การทดลองหาความต้องการพลังงานและโปรตีนที่ระดับ 0.9 NRC และ 1.0 NRC

1. กลุ่มการทดลอง ประกอบด้วย 4 กลุ่มการทดลอง

1.1 กลุ่มที่ได้รับระดับพลังงาน 0.9 โปรตีน 0.9 ของ NRC (1988)

1.2 กลุ่มที่ได้รับระดับพลังงาน 0.9 โปรตีน 1.0 ของ NRC (1988)

1.3 กลุ่มที่ได้รับระดับพลังงาน 1.0 โปรตีน 0.9 ของ NRC (1988)

1.4 กลุ่มที่ได้รับระดับพลังงาน 1.0 โปรตีน 1.0 ของ NRC (1988)

2. อาหารทดลอง อาหารที่ใช้จะอยู่ในรูปอาหารรวม (Total mixed rations) ที่มีโภชนะต่างๆ ครอบคลุมตามความต้องการ เว้นแต่พลังงานและโปรตีนซึ่งผันแปรตามกลุ่มการทดลองที่กำหนด โดยคำนวณจากโปรแกรม XRATION

2.1 ใช้อาหารหยาบแต่ละชนิด (ขานอ้อย/ฟางข้าว ปรับปรุงคุณภาพ) เป็นอาหารหยาบ

2.2 ใช้ข้าวโพดบด เป็นวัตถุดิบในการปรับระดับพลังงาน

2.3 ใช้กากถั่วเหลือง เป็นวัตถุดิบในการปรับระดับโปรตีน

รายละเอียดส่วนประกอบของวัตถุดิบในสูตรอาหารรวมแสดงไว้ในตารางที่ 9.1 และ 9.2

Table 9.1 Ingredient composition of TMRs used in Trial I (Treated bagasse)

Ingredients	Energy 0.9 NRC (1988)		Energy 1.0 NRC (1988)	
	Protein 0.9	Protein 1.0	Protein 0.9	Protein 1.0
	-----% of DM-----			
6%NaOH treated bagasse	51.41	50.00	48.00	47.10
Soybean meal	24.65	26.01	23.67	25.11
Ground corn	23.24	23.29	27.63	27.10
Minerals ^{1/}	0.70	0.70	0.70	0.70

^{1/} composition in 1 kg: , Ca 248.07 g, P 20.88 g, Na 150 g, S 20 g, Mn 6.4 g, Zn 3 g, Cu 100 mg, Co 60 mg, I 3.04 mg, Se 0.5 mg, Mg 8 mg and the rest is filler

Table 9.2 Ingredient composition of TMRs used in Trial III (Treated rice straw)

Ingredients	Energy 0.9 NRC (1988)		Energy 1.0 NRC (1988)	
	Protein 0.9	Protein 1.0	Protein 0.9	Protein 1.0
	-----% of DM-----			
5%Urea treated rice straw	62.05	61.25	54.31	55.57
Soybean meal	22.78	28.75	20.00	23.86
Ground corn	13.92	8.75	24.44	19.32
Minerals ^{1/}	1.25	1.25	1.25	1.25

^{1/} As in Table 9.1

3. สัตว์ทดลอง ใช้โครีดนมลูกผสมโฮล์สไตน์ฟรีเชียน ในช่วงต้นระยะให้นม (หลังจาก peak) จำนวน 24 ตัว แบ่งเป็น 4 กลุ่มการทดลอง กลุ่มละ 6 ตัว ตามปริมาณน้ำนม (milk yield) ระยะการให้นม (Days in milk) และจำนวนครั้งที่รีดนม (number of lactation) คุณสมบัติของโคก่อนการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 9.3 และ 9.4

Table 9.3 Pre-experimental performances of dairy cows used in Trial I (Treated bagasse)

Details	Energy 0.9 NRC (1988)		Energy 1.0 NRC (1988)	
	Protein 0.9	Protein 1.0	Protein 0.9	Protein 1.0
Milk yield (kg/day)	19.2±1.3	19.2±1.4	19.0±1.6	19.0±1.5
Lactation No.	4.0±0.5	3.7±0.6	3.80±0.5	3.3±0.5
Days in milk	96±5.8	99±9.1	95±11.2	97±8.7
Age (years)	6.5±0.6	5.8±0.8	5.3±0.6	5.7±0.8
Bodyweight (kg)	439±15.4	438±19.3	428±20.1	425±28.0

Table 9.4 Pre-experimental performances of dairy cows used in Trial III (Treated rice straw)

	Energy 0.9 NRC (1988)		Energy 1.0 NRC (1988)	
	Protein 0.9	Protein 1.0	Protein 0.9	Protein 1.0
Milk yield (kg/day)	11.1±1.1	11.1±1.1	11.1±1.5	11.1±2.0
Lactation No.	3.0±0.6	3.0±0.3	2.0±0.4	2.0±0.3
Days in milk	111±11.2	107±11.6	112±13.6	116±16.6
Age (years)	4.6±1.0	6.6±0.6	5.1±0.7	6.3±0.7
Bodyweight (kg)	414±27.0	420±16.0	411±15.8	386±10.2

4. การจัดการ

สัปดาห์ที่	การจัดการ
1	นำโคผูกขึ้นโรงเป็นรายตัว (individual tie stall) ให้อาหารรายตัว (individual feeding) โดยใช้อาหารรวมที่ระดับพลังงาน 1.0 NRC
2-5	ช่วงบันทึกข้อมูลการทดลอง โดยทำการปรับการให้อาหารสัปดาห์ละครั้ง (ต้นสัปดาห์) ตามผลผลิตน้ำนมและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนไป
6	ช่วงพักการทดลอง

5. การบันทึกข้อมูล

- 5.1 บันทึกปริมาณน้ำนมทุกวัน (เย็น/เช้า)
- 5.2 สุ่มตัวอย่างน้ำนมสัปดาห์ละ 2 วันติดต่อกัน
- 5.3 บันทึกการกินได้อาหารทุกวัน
- 5.4 ชั่งน้ำหนัก/ใช้สายวัดน้ำหนักทุกสัปดาห์

6. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

- 6.1 ตัวอย่างน้ำนมวิเคราะห์หาไขมัน โปรตีน ของแข็งพร้อมไขมัน และแลคโตส
- 6.2 ตัวอย่างอาหาร (ก่อนและหลังกิน) วิเคราะห์ DM, Ash, EE, CF, NDF, ADF, ADL, ADIN
- 6.3 ตัวอย่างอาหารอีกส่วนหนึ่งวิเคราะห์หา degradability ด้วยวิธี nylon bag technique

7. สถานที่ทดลอง ฟาร์มมหาวิทยาลัย และศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

การทดลองย่อยที่ 2 การทดลองหาความต้องการพลังงานและโปรตีนที่ระดับ 1.0 NRC และ 1.1 NRC

1. กลุ่มการทดลอง ประกอบด้วย 4 กลุ่มการทดลอง

- 1.1 กลุ่มที่ได้รับระดับพลังงาน 1.0 โปรตีน 1.0 ของ NRC (1988)
- 1.2 กลุ่มที่ได้รับระดับพลังงาน 1.0 โปรตีน 1.1 ของ NRC (1988)
- 1.3 กลุ่มที่ได้รับระดับพลังงาน 1.1 โปรตีน 1.0 ของ NRC (1988)
- 1.4 กลุ่มที่ได้รับระดับพลังงาน 1.1 โปรตีน 1.1 ของ NRC (1988)

2. อาหารทดลอง อาหารที่ใช้จะอยู่ในรูปอาหารรวม (Total mixed rations) ที่มีโภชนะต่างๆ ครบถ้วนตามความต้องการ เว้นแต่พลังงานและโปรตีนซึ่งผันแปรตามกลุ่มการทดลองที่กำหนด โดยคำนวณจากโปรแกรม XRATION

- 2.1 ใช้อาหารหยาบแต่ละชนิด (ซานอ้อย/ฟางข้าว ปรับปรุงคุณภาพ) เป็นอาหารหยาบ
- 2.2 ใช้ข้าวโพดบด เป็นวัตถุดิบในการปรับระดับพลังงาน
- 2.3 ใช้กากถั่วเหลือง เป็นวัตถุดิบในการปรับระดับโปรตีน

รายละเอียดส่วนประกอบของวัตถุดิบในสูตรอาหารรวมแสดงไว้ในตารางที่ 9.5 และ 9.6

Table 9.5 Ingredient composition of TMRs used in Trial II (Treated bagasse)

	Energy 1.0 NRC (1988)		Energy 1.1 NRC (1988)	
	Protein 1.0	Protein 1.1	Protein 1.0	Protein 1.1
	-----% of DM-----			
6%NaOH treated bagasse	44.08	45.87	42.38	44.08
Soybean meal	25.00	28.08	22.15	25.00
Ground corn	30.26	25.34	34.81	30.26
Minerals ^{1/}	0.66	0.66	0.66	0.66

^{1/} As in Table 9.1**Table 9.6** Ingredient composition of TMRs used in Trial IV (Treated rice straw)

	Energy 1.0 NRC (1988)		Energy 1.1 NRC (1988)	
	Protein 1.0	Protein 1.1	Protein 1.0	Protein 1.1
	-----% of DM-----			
5%Urea treated rice straw	52.12	47.11	54.43	48.04
Soybean meal	22.92	18.87	25.00	23.08
Ground corn	23.96	33.02	19.57	27.88
Minerals ^{1/}	1.00	1.00	1.00	1.00

^{1/} As in Table 9.1

3. *สัตว์ทดลอง* ใช้โครีดนมลูกผสมโฮลส์ไตน์ฟรีเซียน ในช่วงต้นระยะให้นม โดยใช้โครีดนมต่อการทดลองย่อยที่ 1 จำนวน 24 ตัว แบ่งเป็น 4 กลุ่มการทดลอง กลุ่มละ 6 ตัว ตามปริมาณน้ำนม (milk yield) ระยะการให้นม (Days in milk) และจำนวนครั้งที่รีดนม (number of lactation) คุณสมบัติของโคแต่ละกลุ่มแสดงไว้ในตารางที่ 9.7 และ 9.8

Table 9.7 Pre-experimental performances of dairy cows used in Trial II (Treated bagasse)

	Energy 1.0 NRC (1988)		Energy 1.1 NRC (1988)	
	Protein 1.0	Protein 1.1	Protein 1.0	Protein 1.1
Milk yield (kg/day)	11.4±0.9	11.3±0.6	11.3±0.9	11.3±0.7
Lactation No.	3.3±0.3	3.5±0.6	4.0±0.5	3.3±0.5

Days in milk	101±7.1	93±11.7	101±9.4	89±3.4
Age (years)	6.2±0.7	6.3±0.6	6.2±0.6	5.4±0.7
Bodyweight (kg)	452±22.2	432±20.5	418±11.4	429±21.0

Table 9.8 Pre-experimental performances of dairy cows used in Trial IV (Treated rice straw)

	Energy 1.0 NRC (1988)		Energy 1.1 NRC (1988)	
	Protein 1.0	Protein 1.1	Protein 1.0	Protein 1.1
Milk yield (kg/day)	7.8±1.1	7.8±1.2	7.8±0.9	7.8±1.1
Lactation No.	3.0±0.4	3.0±0.5	2.0±0.4	2.0±0.4
Days in milk	131±20.4	125±13.0	152±14.4	148±17.7
Age (years)	6.1±0.7	5.5±0.9	6.5±0.9	4.8±0.7
Bodyweight (kg)	389±15.1	375±32.2	380±10.7	375±15.5

4. การจัดการ การบันทึกข้อมูลและการวิเคราะห์ตัวอย่างเหมือนกับการทดลองย่อยที่ 1

9.4 ผลการทดลอง

ตารางที่ 9.9 และตารางที่ 9.10 แสดงส่วนประกอบทางด้านโภชนาของอาหารรวมที่ใช้ชานอ้อยปรับปรุงคุณภาพ (6%NaOH) เป็นแหล่งอาหารหลัก และใช้เลียงโครีดนมในการทดลองย่อยที่ 1 และที่ 2 ตามลำดับ องค์ประกอบทางโภชนาของอาหารรวมที่ใช้เลียงโครีดนมใกล้เคียงกับที่กำหนดไว้ตามกลุ่มทดลอง อย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์ไขมันของอาหารรวมทั้ง 4 กลุ่มการทดลอง และทั้ง 2 การทดลองย่อย ก่อนข้างต่ำ (1.50 - 2.06%) ทั้งนี้เนื่องจากในโปรแกรม XRATION ไม่ได้กำหนดให้เปอร์เซ็นต์ไขมันไว้ที่ระดับใด จะคำนึงเฉพาะโปรตีนและพลังงานเป็นหลัก เมื่อใช้โปรแกรมคำนวณสูตรอาหารรวมออกมาจึงทำให้มีเปอร์เซ็นต์ไขมันต่ำ ประกอบกับทั้งกากถั่วเหลืองและชานอ้อยปรับปรุงคุณภาพนั้นมีเปอร์เซ็นต์ไขมันค่อนข้างต่ำมาก (ประมาณ 1% หรือต่ำกว่า) เมื่อนำมาเป็นส่วนประกอบในอาหารรวมทำให้มีเปอร์เซ็นต์ไขมันต่ำด้วย

สำหรับเปอร์เซ็นต์ ADF และ NDF จะลดลงเมื่อในสูตรอาหารมีพลังงานเพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นของโปรตีนไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ ADF และ NDF ส่วนพลังงาน TDN ใกล้เคียงกันในสูตรอาหารที่กำหนดให้มีพลังงาน 110% ของ NRC เมื่อเปรียบเทียบกับในสูตรอาหารที่กำหนดให้มีพลังงาน 100% ของ NRC ในทางตรงกันข้ามเมื่อกำหนดให้มีพลังงาน 90% ของ NRC เมื่อเปรียบเทียบกับ 100% NRC จะมีพลังงานสูงกว่าเล็กน้อย เปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหารรวมของสูตรอาหารที่กำหนดให้มีโปรตีน 100% ของ NRC จะสูงกว่าในสูตรอาหารที่กำหนดให้มีโปรตีน 90% ของ NRC ทำนองเดียวกันในสูตรอาหารรวมที่กำหนดให้มีโปรตีน 110% ของ NRC จะมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่า ในสูตรอาหารรวมที่กำหนดให้มีโปรตีน 100% ของ NRC จึงสรุปได้ว่า ตามกลุ่มทดลองที่กำหนด คุณค่าทางอาหารโดยรวมเป็นไปตามที่คาดไว้

Table 9.9 Nutrient composition of TMRs used in Trial I (Treated bagasse)

Nutrient *	Energy 0.9 NRC (1988)		Energy 1.0 NRC (1988)	
	Protein 0.9	Protein 1.0	Protein 0.9	Protein 1.0
	-----%-----			
Dry matter	72.4	72.8	73.3	73.6
Crude protein	14.00	14.74	14.01	14.82
Ether extract	1.92	1.89	2.06	2.03
Crude fibre	24.21	24.55	23.29	23.11
Acid detergent fibre	28.84	28.37	27.19	26.95
Neutral detergent fibre	45.70	45.05	43.86	43.51
Total digestible nutrient	63.14	62.77	64.42	64.60

* Mean of 4 weekly composite samples, each prepared from 7 daily samples.

Table 9.10 Nutrient composition of TMRs used in Trial II (Treated bagasse)

Nutrient *	Energy 1.0 NRC (1988)		Energy 1.1 NRC (1988)	
	Protein 1.0	Protein 1.1	Protein 1.0	Protein 1.1
	-----%-----			
	--			
Dry matter	80.1	79.8	80.5	80.1
Crude protein	14.03	15.31	13.12	14.19
Ether extract	1.64	1.50	1.77	1.65
Crude fibre	22.44	23.15	21.66	22.23
Acid detergent fibre	26.09	26.99	25.09	22.80
Neutral detergent fibre	42.63	43.47	41.65	42.26
Total digestible nutrient	61.37	60.21	60.21	61.69

* Mean of 4 weekly composite samples, each prepared from 7 daily samples

การกินได้วัตถุแห้ง พลังงาน และโปรตีนของโคในการทดลองย่อยที่ 1 และการทดลองย่อยที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$; ตารางที่ 9.11 และตารางที่ 9.13) ระดับพลังงานและ

โปรตีนที่กำหนดให้ที่ 90% หรือ 100% ของ NRC (ตารางที่ 9.11) และ 100% หรือ 110% ของ NRC (ตารางที่ 9.13) ไม่มีผลต่อการกินได้วัตถุแห้ง พลังงานและโปรตีน อย่างไรก็ตามการกินได้พลังงานและโปรตีนมีแนวโน้มสูงกว่าในระดับที่กำหนดให้สูงกว่า (100% vs 90% หรือ 110% vs 100%)

Table 9.11 Feed intake of cows in Trial I (Treated bagasse)

	Energy 0.9 NRC		Energy 1.0 NRC		SEM	E	P	E*P
	P 0.9	P 1.0	P 0.9	P 1.0				
						-----p-----		
Dry matter (kg/cow/day)	13.50	13.87	14.03	14.12	0.80	0.497	0.695	0.805
TDN (kg/cow/day)	8.52	8.70	9.04	9.12	0.32	0.324	0.677	0.856
Crude protein (g/cow/day)	1,890	2,045	1,965	2,092	79	0.594	0.225	0.900

Table 9.12 Performances of dairy cows in Trial I (Treated bagasse)

	E 0.9 NRC		E 1.0 NRC		SEM	E	P	E*P
	P 0.9	P 1.0	P 0.9	P 1.0				
						-----p-----		
Milk yield (kg/cow/day)	13.22	12.75	14.42	13.72	1.54	0.332	0.598	0.916
Fat yield (g/cow/day)	583	531	580	571	67	0.678	0.516	0.681
Protein yield (g/cow/day)	416	399	439	434	42	0.365	0.636	0.956
SNF yield (g/cow/day)	1,177	1,120	1,202	1,233	135	0.456	0.894	0.647
Totsl solid yield (g/cow/day)	1,754	1,654	1,781	1,804	197	0.514	0.753	0.650
% Fat	4.42	4.15	4.03	4.17	0.20	0.211	0.643	0.174
% Protein	3.15	3.12	3.05	3.17	0.15	0.817	0.701	0.491
% SNF	8.92	8.75	8.35	9.00	0.23	0.352	0.162	0.023
% Total solid	13.32	12.92	12.37	13.17	0.30	0.116	0.359	0.011
Final liveweight (kg)	444	437	423	431	27.9	0.512	0.980	0.714
LW change (g/day)	+161	-36	-54	+119	268	0.876	0.950	0.343

Table 9.13 Feed intake of cows in Trial II (Treated bagasse)

	Energy 1.0 NRC		Energy 1.1 NRC		SEM	E	P	E*P
	P 1.0	P 1.1	P 1.0	P 1.1				
						-----p-----		
Dry matter (kg/cow/day)	14.79	14.23	14.98	14.41	0.87	0.769	0.369	0.997
TDN (kg/cow/day)	9.08	8.57	9.02	8.89	0.33	0.579	0.300	0.991
Crude protein (g/cow/day)	2,075	2,179	1,965	2,045	74	0.267	0.384	0.925

Table 9.14 Performances of dairy cows in Trial II (Treated bagasse)

	E 1.0 NRC		E 1.1 NRC		SEM	E	P	E*P
	P 1.0	P 1.1	P 1.0	P 1.1				
						-----p-----		
						-		
Milk yield (kg/cow/day)	12.82	11.33	11.55	10.87	1.09	0.276	0.177	0.611
Fat yield (g/cow/day)	585	501	559	476	58	0.489	0.050	0.915
Protein yield (g/cow/day)	403	370	389	363	34	0.703	0.196	0.948
SNF yield (g/cow/day)	1,111	974	1,021	948	102	0.396	0.168	0.672
Totsl solid yield (g/cow/day)	1,699	1,475	1,575	1,422	155	0.413	0.101	0.749
% Fat	4.57	4.43	4.82	4.37	0.28	0.646	0.158	0.437
% Protein	3.15	3.27	3.35	3.33	0.13	0.155	0.586	0.468
% SNF	8.68	8.62	8.80	8.70	0.18	0.431	0.511	0.895
% Total solid	13.27	13.05	13.58	13.05	0.39	0.574	0.191	0.574
Final liveweight (kg)	444	416	422	430	26.3	0.814	0.587	0.351
LW change (g/day)	-274	-571	+149	+36	278	0.016	0.309	0.644

ปริมาณน้ำนม ปริมาณองค์ประกอบของน้ำนม และองค์ประกอบในน้ำนมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการทดลองย่อยทั้งสองการทดลอง ($p>0.05$; ตารางที่ 9.12 และตารางที่

9.14) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาเฉพาะระดับพลังงานระหว่างที่ระดับ 90% และ 100% NRC (การทดลองย่อยที่ 1) จะเห็นว่าโคที่ได้รับพลังงานที่ระดับ 100% NRC มีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำนมและผลผลิตองค์ประกอบของน้ำนมสูงกว่าโคที่ได้รับพลังงานที่ระดับ 90% NRC แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะระดับโปรตีนระหว่างที่ระดับ 90% และ 100% NRC จะเห็นว่าโคที่ได้รับโปรตีนที่ระดับ 90% NRC มีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำนมและผลผลิตองค์ประกอบของน้ำนมมากกว่าโคที่ได้รับโปรตีนที่ระดับ 100% NRC เมื่อพิจารณาจากการทดลองย่อยที่ 2 โคที่ได้รับพลังงานที่ระดับ 100% NRC มีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำนมและผลผลิตองค์ประกอบของน้ำนมมากกว่าโคที่ได้รับพลังงานที่ระดับ 110% NRC และโคที่ได้รับโปรตีนที่ระดับ 100% NRC มีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำนมและผลผลิตองค์ประกอบของน้ำนมมากกว่าโคที่ได้รับโปรตีนที่ระดับ 110% NRC จากการทดลองย่อยทั้งสองการทดลองพอจะสรุปในเบื้องต้นได้ว่าระดับพลังงานที่โครีดนมต้องการจะอยู่ที่ระดับ 100% NRC แต่ความต้องการโปรตีนน่าจะอยู่ระหว่างระดับ 90% - 100% NRC หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า การที่โคได้รับพลังงานระดับ 100% NRC จะสามารถใช้โปรตีนเพียง 90% หรือ 100% NRC ได้

ตารางที่ 9.15 และตารางที่ 9.16 แสดงส่วนประกอบทางด้านโภชนะของอาหารรวมที่ใช้ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพ (5%Urea) และใช้เล็ียงโครีดนมในการทดลองย่อยที่ 3 และที่ 4 ตามลำดับ องค์ประกอบทางโภชนะของอาหารรวมที่ใช้เล็ียงโครีดนมใกล้เคียงกับที่กำหนดไว้ตามกลุ่มทดลอง อย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์ไขมันของอาหารรวมทั้ง 4 กลุ่มการทดลอง และทั้ง 2 การทดลองย่อย ก่อนข้างต่ำ (2.14 - 2.66%) เช่นเดียวกับการทดลองย่อยที่ 1 และ 2 ทั้งนี้เนื่องจากในโปรแกรม XRATION ไม่ได้กำหนดให้เปอร์เซ็นต์ไขมันไว้ที่ระดับใด จะคำนึงเฉพาะโปรตีนและพลังงานเป็นหลัก เมื่อใช้โปรแกรมคำนวณสูตรอาหารรวมออกมาจึงทำให้มีเปอร์เซ็นต์ไขมันต่ำ ประกอบกับทั้งกากถั่วเหลืองและชานอ้อยปรับปรุงคุณภาพนั้นมีเปอร์เซ็นต์ไขมันค่อนข้างต่ำมาก (ประมาณ 1% หรือต่ำกว่า) เมื่อนำมาเป็นส่วนประกอบในอาหารรวมทำให้มีเปอร์เซ็นต์ไขมันต่ำด้วย

สำหรับเปอร์เซ็นต์ ADF และ NDF จะลดลงเมื่อในสูตรอาหารมีพลังงานเพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นของโปรตีนไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ ADF และ NDF ส่วนพลังงาน TDN เพิ่มขึ้นในสูตรอาหารที่กำหนดให้มีพลังงาน 110% ของ NRC เมื่อเปรียบเทียบกับในสูตรอาหารที่กำหนดให้มีพลังงาน 100% ของ NRC ในทางตรงกันข้ามเมื่อกำหนดให้มีพลังงาน 90% ของ NRC เมื่อเปรียบเทียบกับ 100% NRC จะมีพลังงานน้อยกว่า เปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหารรวมของสูตรอาหารที่กำหนดให้มีโปรตีน 100% ของ NRC จะสูงกว่าในสูตรอาหารที่กำหนดให้มีโปรตีน 90% ของ NRC ทำนองเดียวกันในสูตรอาหารรวมที่กำหนดให้มีโปรตีน 110% ของ NRC จะมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่า ในสูตรอาหารรวมที่กำหนดให้มีโปรตีน 100% ของ NRC จึงสรุปได้ว่า ตามกลุ่มทดลองที่กำหนด คุณค่าทางอาหารโดยรวมเป็นไปตามที่คาดไว้

การกินได้วัตถุแห้ง พลังงาน และโปรตีนของโคในการทดลองย่อยที่ 3 และการทดลองย่อยที่ 4 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$; ตารางที่ 9.17 และตารางที่ 9.19) ระดับพลังงานและ

โปรตีนที่กำหนดให้ที่ 90% หรือ 100% ของ NRC (ตารางที่ 9.17) และ 100% หรือ 110% ของ NRC (ตารางที่ 9.19) ไม่มีผลต่อการกินได้วัตถุแห้ง พลังงานและโปรตีน อย่างไรก็ตามการกินได้วัตถุแห้ง พลังงานและโปรตีนมีแนวโน้มสูงกว่าในระดับที่กำหนดให้สูงกว่า (100% vs 90% หรือ 110% vs 100%)

Table 9.15 Nutrient composition of TMRs used in Trial III (Treated rice straw)

Nutrient *	Energy 0.9 NRC (1988)		Energy 1.0 NRC (1988)	
	Protein 0.9	Protein 1.0	Protein 0.9	Protein 1.0
	-----%-----			
	--			
Dry matter	70.26	70.23	72.19	71.79
Crude protein	15.51	17.07	14.64	16.20
Ether extract	2.32	2.14	2.66	2.48
Crude fibre	28.77	28.81	26.04	26.63
Acid detergent fibre	30.31	30.33	27.18	27.80
Neutral detergent fibre	53.02	53.36	47.68	48.97
Total digestible nutrient	57.52	57.19	61.18	60.23

* Mean of 4 weekly composite samples, each prepared from 7 daily samples.

Table 9.16 Nutrient composition of TMRs used in Trial IV (Treated rice straw)

Nutrient *	Energy 1.0 NRC (1988)		Energy 1.1 NRC (1988)	
	Protein 1.0	Protein 1.1	Protein 1.0	Protein 1.1
	-----%-----			
	--			

ปริมาณน้ำนม ปริมาณองค์ประกอบของน้ำนม และองค์ประกอบในน้ำนมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการทดลองย่อยทั้งสองการทดลอง ($p>0.05$; ตารางที่ 9.18 และตารางที่ 9.20) อย่างไรก็ดีตามเมื่อพิจารณาเฉพาะระดับพลังงานระหว่างที่ระดับ 90% และ 100% NRC (การทดลองย่อยที่ 3) จะเห็นว่าโคที่ได้รับพลังงานที่ระดับ 100% NRC มีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำนมและผลผลิตองค์ประกอบของน้ำนมสูงกว่าโคที่ได้รับพลังงานที่ระดับ 90% NRC แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะระดับโปรตีนระหว่างที่ระดับ 90% และ 100% NRC จะเห็นว่าโคที่ได้รับโปรตีนที่ระดับ 90% NRC และโคที่ได้รับโปรตีนที่ระดับ 100% NRC ให้ผลผลิตน้ำนมใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาจากการทดลองย่อยที่ 4 โคที่ได้รับพลังงานที่ระดับ 110% NRC มีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำนมและผลผลิตองค์ประกอบของน้ำนมมากกว่าโคที่ได้รับพลังงานที่ระดับ 100% NRC และโคที่ได้รับโปรตีนที่ระดับ 100% NRC มีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำนมและผลผลิตองค์ประกอบของน้ำนมมากกว่าโคที่ได้รับโปรตีนที่ระดับ 110% NRC จากการทดลองย่อยทั้งสองการทดลองพอจะสรุปในเบื้องต้นได้ว่า ระดับพลังงานที่โครีดนมต้องการจะอยู่ที่ระดับ 100%-110% NRC แต่ความต้องการโปรตีนน่าจะอยู่ระหว่างระดับ 90% - 100% NRC หรือ การที่โคได้รับพลังงานระดับ 100%-110% NRC จะสามารถใช้โปรตีนเพียง 90% หรือ 100% NRC ได้

Energy 0.9 NRC		Energy 1.0 NRC		SEM			
P 0.9	P 1.0	P 0.9	P 1.0		E	P	E*P
-----p-----							

Dry matter (kg/cow/day)	8.14	8.06	9.25	9.01	0.39	0.078	0.782	0.888
TDN (kg/cow/day)	4.75	4.65	5.74	5.51	0.34	0.071	0.738	0.891
Crude protein (g/cow/day)	1,263	1,376	1,354	1,460	85	0.610	0.277	0.815

Table 9.18 Performances of dairy cows in Trial III (Treated rice straw)

	E 0.9 NRC		E 1.0 NRC		SEM	E	P	E*P
	P 0.9	P 1.0	P 0.9	P 1.0				
						-----p-----		
Milk yield (kg/cow/day)	8.06	8.45	9.41	9.35	0.87	0.196	0.688	0.516
Fat yield (g/cow/day)	326	346	416	387	23	0.264	0.995	0.726
Protein yield (g/cow/day)	273	260	289	309	27	0.160	0.532	0.779
SNF yield (g/cow/day)	671	713	832	766	78	0.204	0.586	0.396
Total solid yield (g/cow/day)	998	1,059	1,200	1,153	107	0.205	0.586	0.396
% Fat	4.00	4.16	4.27	4.35	0.23	0.946	0.281	0.537
% Protein	3.11	3.02	3.40	3.27	0.12	0.584	0.759	0.390
% SNF	8.27	8.38	9.19	8.24	0.12	0.652	0.525	0.222
% Total solid	12.27	12.55	13.46	12.64	0.28	0.794	0.531	0.966
Final liveweight (kg)	391	374	377	381	13	0.606	0.313	0.227
LW change (g/day)	-946	-1,136	-232	-90	187	0.089	0.119	0.374

Table 9.19 Feed intake of cows in Trial IV (Treated rice straw)

	Energy 1.0 NRC		Energy 1.1 NRC		SEM	E	P	E*P
	P 1.0	P 1.1	P 1.0	P 1.1				
						-----p-----		
Dry matter (kg/cow/day)	9.76	9.43	10.76	10.55	0.43	0.103	0.669	0.929
TDN (kg/cow/day)	6.17	5.84	7.11	6.87	0.38	0.087	0.605	0.930
Crude protein (g/cow/day)	1,652	1,670	1,660	1,791	89	0.614	0.562	0.661

Table 9.20 Performances of dairy cows in Trial IV (Treated rice straw)

	E 1.0 NRC		E 1.1 NRC		SEM	E	P	E*P
	P 1.0	P 1.1	P 1.0	P 1.1				
						-----p-----		
						-		
Milk yield (kg/cow/day)	7.55	6.16	8.63	7.84	0.92	0.576	0.711	0.760
Fat yield (g/cow/day)	339	262	323	321	33	0.476	0.206	0.813
Protein yield (g/cow/day)	221	203	262	245	25	0.181	0.552	0.980
SNF yield (g/cow/day)	591	491	571	647	73	0.408	0.698	0.553
Totsl solid yield (g/cow/day)	930	754	894	969	103	0.414	0.492	0.619
% Fat	4.63	4.16	4.45	4.51	0.21	0.554	0.237	0.497
% Protein	3.19	3.28	3.55	3.74	0.16	0.128	0.880	0.933
% SNF	7.69	7.63	6.64	8.26	0.14	0.079	0.900	0.104
% Total solid	12.33	11.80	12.42	12.78	0.62	0.131	0.282	0.133
Final liveweight (kg)	400	381	405	394	14	0.675	0.467	0.829
LW change (g/day)	+387	+42	+407	+650	204	0.287	0.874	0.331

9.5 สรุปและวิจารณ์

การวิจัยครั้งนี้ใช้อาหารหยาบ 2 ชนิด กล่าวคือ ในการทดลองย่อยที่ 1 และ 2 อาหารหยาบที่ใช้เป็นขานอ้อยปรับปรุงคุณภาพด้วย 6%NaOH ส่วนการทดลองย่อยที่ 3 และ 4 อาหารหยาบที่ใช้จะเป็นฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพด้วย 5%Urea การปรับพลังงานและโปรตีนเพื่อให้เป็นไปตามกลุ่มการทดลองใช้ข้าวโพดบดและกากถั่วเหลืองตามลำดับ

NRC (1988) แนะนำส่วนประกอบทางโภชนาชนชั้นต่ำของอาหารโคนมที่ให้นมปานกลางประกอบด้วย NEL, TDN, CP, CF, ADF, NDF และ EE เท่ากับ 1.52 Mcal/kgDM, 63.0-67.0%, 12.0-15.0%, 17.0%, 21.0%, 28.0% และ 3.0% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามอาหารรวมที่ใช้ทดลองในแต่ละการทดลองย่อย 4 การทดลองในรายงานฉบับนี้ (ตาราง 9.9, 9.10, 9.15 และ 9.16) มีส่วนประกอบของ CF, ADF และ NDF สูงกว่าที่ NRC แนะนำค่อนข้างมาก ทั้งนี้เนื่องจากอาหารหยาบที่ใช้ในทุกการทดลองเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรซึ่งโดยปกติจะมีองค์ประกอบของโภชนาชนชั้นต่ำสูงมากอยู่แล้ว สำหรับส่วนประกอบอื่นๆ เช่น TDN, CP และ EE จะต่ำกว่าที่ NRC แนะนำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของ EE อย่างไรก็ตามการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการคำนวณส่วนประกอบของโภชนาชนชั้นต่างๆ ในอาหารรวมให้เพียงพอับความต้องการของโครีดนมเป็นรายตัว โดยใช้ worksheet XRATION (ปรับปรุงจาก สมคิด โดยวิศิษฐ์พร; Microsoft Excel) โดยมุ่งเน้นความต้องการพลังงาน โปรตีนทั้งในรูป CP, RDP และ UDP เพื่อให้ได้ข้อมูลเบื้องต้นที่จะนำไปสู่การประเมินความต้องการโภชนาชนชั้นของโครีดนมต่อไป

การกินได้อาหารของโคนมขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง กล่าวคือ ความจุกระเพาะของโคนม ชนิดของอาหาร ปริมาณอาหารที่ให้โคกิน สัดส่วนของอาหาร อัตราการย่อยได้ของโภชนาชนชั้น อัตราการไหลผ่านของอาหารออกจากกระเพาะหมัก ซึ่งปัจจัยต่างๆ เหล่านี้มีความสัมพันธ์กันอย่างยิ่ง อย่างไรก็ตามการทดลองครั้งนี้ (4 การทดลองย่อย) ไม่พบความแตกต่างการกินได้โภชนาชนชั้นต่างๆ ระหว่างโคทั้ง 4 กลุ่มในแต่ละการทดลอง

การกินได้ DM และ TDN จะผันแปรตามระดับพลังงานที่กำหนดในกลุ่มการทดลอง ส่วนโปรตีนจะผันแปรตามระดับโปรตีนที่กำหนดในกลุ่มการทดลองเช่นเดียวกัน การกินได้ DM ของโคนมในกลุ่มที่ได้รับพลังงานสูงกว่าจะมีแนวโน้มสูงกว่าการกินได้ DM ของโคนมที่ได้รับพลังงานต่ำกว่า ทั้งนี้เป็นเพราะในสูตรอาหารที่มีพลังงานสูงกว่านั้นจะมีส่วนประกอบของแป้งสูงกว่า (มีเปอร์เซ็นต์เยื่อใยต่ำกว่า) ซึ่งเกิดจากการที่ในสูตรอาหารต้องใช้ข้าวโพดบดมากกว่า และแป้งสามารถย่อยได้ง่ายในกระเพาะหมัก อัตราการหมักย่อย (digestion rate) ที่เกิดขึ้นเร็ว จะทำให้ระยะเวลาที่อาหารค้างอยู่ในกระเพาะหมัก (retention time) ลดลง ประกอบกับมีอัตราการไหลผ่าน (passage rate) เร็วขึ้น ทำให้ความจุกระเพาะว่างลง โคจึงสามารถกินอาหารได้มากขึ้น (Freer, 1981; Shaver *et al.*, 1986; Forbes, 1986)

การกินได้ DM เมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (%DM of body weight) ในการทดลองย่อยที่ 1 และ 2 อยู่ในช่วง 3.04-3.54 ในขณะที่ในการทดลองย่อยที่ 3 และ 4 อยู่ในช่วง 2.08-2.67 ทั้งนี้

ใน 2 การทดลองแรก (Trial I และ II) น้้นโคนมทุกกลุ่มให้ผลผลิตน้ำนมเฉลี่ยตัวละระหว่าง 10.87 – 14.42 กิโลกรัมต่อวัน ส่วนใน 2 การทดลองหลัง (Trial III และ IV) โคนมให้น้ำนมเฉลี่ยตัวละระหว่าง 6.16-9.41 กิโลกรัมต่อวัน ฉะนั้นโคนใน 2 การทดลองแรกมีความต้องการโภชนะมากกว่าโคนใน 2 การทดลองหลัง เมื่อจัดสัดส่วนอาหารแล้วนำมาเลี้ยงโคนม โคนมใน 2 การทดลองหลังนั้นจะได้รับอาหารตามความต้องการ แต่ยังไม่ถึงระดับที่กินอาหารได้เต็มที่หรือระดับที่กินอาหารได้โดยอิสระ (voluntary feed intake) ในขณะที่โคนมใน 2 การทดลองแรกนั้นน่าจะได้รับการอาหารถึงระดับที่กินอาหารได้เต็มที่หรือระดับที่กินอาหารได้โดยอิสระ

งานวิจัยชุดนี้พบว่าระดับการกินได้พลังงานจะเป็นตัวกำหนดการให้ผลผลิตน้ำนมมากกว่าการกินได้โปรตีน ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อโคนมได้รับพลังงานเพิ่มขึ้นจะมีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้น ถ้าหากโคนมได้รับโปรตีนในระดับที่สูงขึ้นผลผลิตน้ำนมไม่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามเพื่อที่จะต้องการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตน้ำนมกับโภชนะที่โคนมได้รับ ได้นำข้อมูลผลผลิตน้ำนม หรือ NE_L (NE requirement for lactation) ไปหาสมการ Multiple regression โดยวิธี Stepwise (SAS, 1986) กับการกินได้ NEL, RDP และ UDP ได้สมการต่างๆดังสรุปไว้ในตารางที่ 9.21

ทุกสมการที่แสดงในตารางที่ 9.21 สามารถใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตน้ำนม หรือ NE_L กับการกินได้พลังงานและโปรตีนทั้งในรูป RDP และ UDP ได้เป็นอย่างดี แต่ถ้าพิจารณาจากค่า R^2 แล้วจะเห็นว่าผลผลิตน้ำมนั้นมีความสัมพันธ์กับการกินได้ทั้งพลังงานและโปรตีน แต่จากวิธีการ stepwise ที่ใช้ จะเห็นชัดว่าผลผลิตน้ำนมไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการกินได้โปรตีน ต้องมีพลังงานร่วมด้วยถึงจะเกิดการสร้างผลผลิตน้ำนม ฉะนั้นข้อสรุปข้างต้นที่ว่าระดับการกินได้พลังงานจะเป็นตัวกำหนดการให้ผลผลิตน้ำนมมากกว่าการกินได้โปรตีนนั้น ไม่น่าจะเป็นข้อสรุปที่ถูกต้องนัก เพราะการกลั่นสร้างน้ำมนั้นต้องการโภชนะทั้งในรูปพลังงานและโปรตีนรวมทั้งโภชนะอื่นๆที่ไม่ได้แสดงไว้ในรายงานนี้

ตารางที่ 9.21 Multiple regression equation between milk yield (kg/day) or NE_L (Mcal/day), and NEL (Mcal/day), RDP (g/day) and UDP (g/day)

Multiple regression equation				R^2
Milk yield	=	1.448 + 0.541NEL		0.70
	=	9.269 + 1.018NEL – 0.027UDP		0.82
	=	13.315 + 0.734NEL + 0.018RDP – 0.061UDP		0.87
NE_L	=	0.753 + 0.434NEL		0.74
	=	6.121 + 0.796NEL – 0.019UDP		0.84
	=	8.364 + 0.611NEL + 0.010RDP – 0.038UDP		0.87

Data were pooled from 4 experiments

ถ้าหากว่าเรานำการกินได้พลังงานและการใช้พลังงานเพื่อกิจกรรมต่างๆ มาพิจารณาดังแสดงไว้ในตารางที่ 9.22 – 9.25 (Trial I –IV) การคำนวณใช้สมการที่ให้ไว้ใน NRC (1985; 1988) จะเห็นว่าเมื่อนำพลังงานที่ใช้ในกิจกรรมเพื่อการดำรงชีพ (NE_M) เพื่อการให้ผลผลิตน้ำนม (NE_L) และเพื่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว (NE_G) ไปหักลบออกจากพลังงานที่ได้รับ แล้ว มีพลังงานส่วนหนึ่งที่หายไป ยกเว้นในตารางที่ 9.24 (Trial III) ที่การกินได้พลังงานไม่เพียงพอกับความต้องการ ซึ่งอาจต้องใช้พลังงานสะสมในร่างกายมาใช้ (Mobilisation) แต่เมื่อพิจารณาจากน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนลดลงแล้วไม่น่าเป็นไปได้ อย่างไรก็ตามถ้าจะพิจารณาจากข้อมูลโดยรวมแล้วน่าจะมีพลังงานส่วนหนึ่งที่หายไป

ถ้าเราเชื่อว่า NRC (1988) ถูกต้องและเหมาะสมกับการนำมาใช้ในประเทศไทย เพื่อประเมินความต้องการของโคนม เราไม่สามารถอธิบายได้ว่าพลังงานส่วนหนึ่งนั้นหายไปไหน เมื่อพิจารณาให้ลึกลงไป โดยพิจารณาสมการที่แนะนำโดย NRC (1988) ที่ละสมการ เราจะพบว่าสมการที่ใช้ประเมินค่าพลังงานในน้ำมนั้นน่าจะถูกต้อง เพราะความเข้มข้นพลังงานในน้ำนมมาจากองค์ประกอบของน้ำนม ซึ่งไม่ว่าน้ำนมจะถูกผลิตโดยโคนมที่ไหน เมื่อสามารถวิเคราะห์องค์ประกอบในน้ำนมได้โดยถูกต้องก็น่าจะมีพลังงานตามองค์ประกอบของน้ำนม ทำนองเดียวกันถ้าการชั่งและบันทึกน้ำหนักตัวโคได้อย่างถูกต้องแม่นยำแล้ว ค่าพลังงานที่ประเมินจากการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวโคก็น่าจะเหมือนกันในทุกสถานที่ทดลอง มีเพียงค่าพลังงานเพื่อการดำรงชีพเท่านั้นที่นำมาพิจารณา เพราะว่าความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพนั่นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง อาทิ สายพันธุ์โคนม สภาพแวดล้อม สภาพภูมิอากาศ ชนิดและประเภทของอาหารที่โคนมได้รับ คุณภาพของอาหารที่โคได้รับ ฯลฯ ซึ่งรายละเอียดการนำเสนอเกี่ยวกับเรื่องนี้จะนำไปไว้ในบทที่ 10 ต่อไป

ถ้านำข้อมูลการกินได้ RDP และ UDP มาเปรียบเทียบกับความต้องการ RDP และ UDP ของโครีดนม แต่ละกลุ่ม และในการทดลองย่อยทั้ง 4 การทดลอง รายละเอียดสรุปไว้ในตารางที่ 9.26 – 9.29 โคทุกกลุ่มการทดลองและในทุกการทดลองย่อยจะได้รับ RDP เกินกว่าความต้องการ ยกเว้นโคในกลุ่มที่ได้รับพลังงาน 110% ของ NRC และ ได้รับโปรตีน 100% ของ NRC ในการทดลองย่อยที่ 4 ในทำนองเดียวกันโคในการทดลองย่อยที่ 2 และการทดลองย่อยที่ 4 จะได้รับ UDP เกินกว่าความต้องการ สำหรับโคเกือบทุกกลุ่มในการทดลองย่อยที่ 1 และการทดลองย่อยที่ 3 ได้รับ UDP ไม่เพียงพอกับความต้องการ

Table 9.22 Partitioning of net energy intake of experimental cows in Trial I (Treated bagasse).

Energy level	Energy 0.9 NRC (1988)		Energy 1.0 NRC (1988)	
	Protein 0.9	Protein 1.0	Protein 0.9	Protein 1.0
-----Mcal/day-----				

Total NEL intake	19.26	19.66	20.46	20.65
NE _M	7.70	7.65	7.46	7.75
NE _L	10.22	9.56	10.64	10.28
NE _G	0.83	-0.13	-0.24	0.62
NE retention	11.05	9.43	10.40	10.90
NEL intake - NE _M	11.56	12.01	13.00	12.90
Efficiency	0.96	0.79	0.80	0.85

All calculation based on NRC (1988)

Total NEL intake = (0.0245%TDN -0.12) x kgDM intake/day

NE_M = 0.08LW^{0.75}

NE_L = [0.3512 + (0.0962 x %Fat)] x kg milk/day

NE_G = 5.12 x kg Gain/day; = 4.92 x kg Loss/day

NE retention = NE_L + NE_G

Efficiency = NE retention/(NEL intake – NE_M)

Table 9.23 Partitioning of net energy intake of experimental cows in Trial II (Treated bagasse).

Energy level	Energy 1.0 NRC (1988)		Energy 1.1 NRC (1988)	
Protein level	Protein 1.0	Protein 1.1	Protein 1.0	Protein 1.1
-----Mcal/day-----				
--				
Total NE intake	20.46	19.28	20.30	20.05
NE _M	7.78	7.47	7.42	7.53
NE _L	10.15	8.77	9.39	8.36
NE _G	-1.32	-2.80	0.78	0.21
NE retention	8.83	5.97	10.17	8.57
NE intake - NE _M	12.68	11.81	12.88	12.52
Efficiency	0.70	0.51	0.79	0.69

All calculation based on NRC (1988) , As in Table 9.22

Table 9.24 Partitioning of net energy intake of experimental cows in Trial III (Treated rice straw).

Energy level	Energy 0.9 NRC (1988)		Energy 1.0 NRC (1988)	
Protein level	Protein 0.9	Protein 1.0	Protein 0.9	Protein 1.0
-----Mcal/day-----				
--				
Total NE intake	10.49	10.33	12.75	12.21
NE _M	7.12	7.14	7.17	6.70
NE _L	5.93	6.35	6.75	7.31
NE _G	-4.65	-5.59	-1.16	-4.45
NE retention	1.28	0.76	5.59	2.86
NE intake - NE _M	3.37	3.19	5.58	5.51
Efficiency	0.38	0.24	1.00	0.52

All calculation based on NRC (1988) , As in Table 9.22

Table 9.25 Partitioning of net energy intake of experimental cows in Trial IV (Treated rice straw).

Energy level	Energy 1.0 NRC (1988)		Energy 1.1 NRC (1988)	
Protein level	Protein 1.0	Protein 1.1	Protein 1.0	Protein 1.1
-----Mcal/day-----				
--				

Total NE intake	13.87	13.07	15.93	15.39
NE _M	7.09	6.89	7.13	6.95
NE _L	5.91	4.48	6.73	5.99
NE _G	1.97	0.25	2.11	3.34
NE retention	7.88	4.73	8.84	9.33
NE intake - NE _M	6.78	6.18	8.80	8.44
Efficiency	1.16	0.76	1.00	1.10

All calculation based on NRC (1988) , As in Table 9.22

Table 9.26 RDP and UDP supply by TMRs, and RDP and UDP requirements by cows in Trial I.

Energy level	Energy 0.9 NRC (1988)		Energy 1.0 NRC (1988)	
Protein level	Protein 0.9	Protein 1.0	Protein 0.9	Protein 1.0
-----g/day-----				
RDP requirement	1,060	1,096	1,143	1,154
RDP supply	1,280	1,391	1,321	1,411
Deficit/surplus	+220	+295	+178	+257
Protein supply by MCP	1,178	1,218	1,270	1,282
Total protein required (AP _R)	1,168	1,121	1,187	1,206
Protein required from UDP	415	341	374	385
Equivalent to dietary UDP	785	646	709	730
UDP supply	610	654	644	681
Deficit/surplus	-175	+8	-65	-49

All calculation based on NRC (1985; 1988)

RDP requirement = MCP/0.90

MCP = 6.25 (-30.93 + 11.45NEL)

AP_R = AP_m + AP_l + AP_g

AP_m = [(EUP + DPL)/0.67] + MFP = [(2.75LW0.5 + 0.8LW0.6)/0.67] + 0.03DMI

AP_l = [(g milk protein/kg milk)/0.65] x kg milk

AP_g = 181.5 g/kg Gain; 160 g/kg Loss

Table 9.27 RDP and UDP supply by TMRs, and RDP and UDP requirements by cows in Trial II.

Energy level	Energy 1.0 NRC (1988)		Energy 1.1 NRC (1988)	
Protein level	Protein 1.0	Protein 1.1	Protein 1.0	Protein 1.1
-----g/day-----				

RDP requirement	1,144	1,065	1,187	1,116
RDP supply	1,387	1,477	1,295	1,369
Deficit/surplus	+243	+412	+108	+253
Protein supply by MCP	1,271	1,183	1,319	1,240
Total protein required (AP_R)	1,120	999	1,167	1,083
Protein required from UDP	307	242	322	290
Equivalent to dietary UDP	581	458	611	549
UDP supply	688	720	670	680
Deficit/surplus	+107	+262	+59	+131

All calculation based on NRC (1985; 1988) , As in Table 9.26

Table 9.28 RDP and UDP supply by TMRs, and RDP and UDP requirements by cows in Trial III.

Energy level	Energy 0.9 NRC (1988)		Energy 1.0 NRC (1988)	
Protein level	Protein 0.9	Protein 1.0	Protein 0.9	Protein 1.0
-----g/day-----				
RDP requirement	583	562	762	647
RDP supply	809	883	874	942
Deficit/surplus	+226	+321	+112	+223
Protein supply by MCP	524	505	685	647
Total protein required (AP_R)	716	704	860	769
Protein required from UDP	380	380	421	354
Equivalent to dietary UDP	720	720	798	672
UDP supply	454	493	480	518
Deficit/surplus	-266	-227	-318	-154

All calculation based on NRC (1985; 1988) , As in Table 9.26

Table 9.29 RDP and UDP supply by TMRs, and RDP and UDP requirements by cows in Trial IV.

Energy level	Energy 1.0 NRC (1988)		Energy 1.1 NRC (1988)	
Protein level	Protein 1.0	Protein 1.1	Protein 1.0	Protein 1.1
-----g/day-----				

RDP requirement	939	878	1,119	1,074
RDP supply	1,077	1,082	1,088	1,172
Deficit/surplus	+138	+204	-31	+98
Protein supply by MCP	845	790	1,008	966
Total protein required (AP _r)	815	748	849	825
Protein required from UDP	274	242	204	206
Equivalent to dietary UDP	520	460	387	391
UDP supply	575	588	572	619
Deficit/surplus	+55	+128	+185	+228

All calculation based on NRC (1985; 1988) , As in Table 9.26

การที่โคเกือบทุกกลุ่มในทุกการทดลองย่อยได้รับ RDP เกินกว่าความต้องการ เพราะในการประกอบสูตรอาหาร โดยเฉพาะการปรับโปรตีนให้ได้รับระดับตามกลุ่มทดลองนั้นใช้กากถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ในการปรับ ประกอบกับโปรตีนในกากถั่วเหลืองมีคุณสมบัติในการย่อยสลายในกระเพาะหมักค่อนข้างมาก เมื่อโคกินอาหารที่ประกอบด้วยกากถั่วเหลืองเข้าไป โปรตีนโดยเฉพาะในกากถั่วเหลืองจะถูกย่อยสลายได้ peptides, amino acids และ ammonia ซึ่งผลพลอยได้จากการย่อยสลายนี้จะนับเป็น RDP ฉะนั้นเมื่อนำ RDP supply มาเปรียบเทียบกับ RDP requirement จึงทำให้โคดังกล่าวได้รับ RDP เกินกว่าความต้องการ และอีกประการหนึ่งในการทดลองย่อยที่ 3 และ 4 ใช้ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพด้วย 5%Urea เป็นแหล่งอาหารหยาบ ยิ่งทำให้ RDP supply เพิ่มมากขึ้น เป็นผลให้โคได้รับ RDP เกินความต้องการ

ในโคบางกลุ่มในบางการทดลองที่โคได้รับ UDP ไม่เพียงพอกับความต้องการนั้น การแก้ไขสามารถกระทำได้โดยการใช้วัตถุดิบประเภทโปรตีนที่มีค่าการย่อยสลาย (degradability) ต่ำ อาทิ กากเมล็ดฝ้าย กากถั่วเขียว หรือเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านความร้อน (heat treated soybean) เป็นต้น

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นพอที่จะสรุปในเบื้องต้นได้ว่าทั้งพลังงานและโปรตีนเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการให้ผลผลิตน้ำนมในโคนม อย่างไรก็ตามงานวิจัยครั้งนี้ยังไม่สามารถชี้ชัดลงไปได้ว่าระดับพลังงานและระดับโปรตีนเมื่อเปรียบเทียบกับ NRC (1985; 1988) แล้วน่าจะอยู่ที่ระดับใดแน่ ถ้าพิจารณาในภาพรวมแล้ว ระดับพลังงานน่าจะอยู่ระหว่าง 100% - 110% ของ NRC โดยไม่ต้องพิจารณาที่ระดับ 90% NRC เลย ส่วนระดับโปรตีนน่าจะอยู่ระหว่าง 90% - 100% ของ NRC โดยไม่ต้องพิจารณาที่ระดับ 110% NRC หรือ การที่โคได้รับพลังงานระดับ 100%-110% NRC จะสามารถใช้โปรตีนเพียง 90% หรือ 100% NRC ได้

อย่างไรก็ตามก่อนที่จะสรุประดับความต้องการพลังงานและโปรตีนสำหรับโครีดนมที่ให้นมปานกลางในสภาพเมืองไทยนั้น ต้องการข้อมูลจากการทดลองจำนวนมากที่จะนำมาประเมินรวมกันเพื่อที่จะได้ระดับการประเมินความต้องการที่ชัดเจนต่อไป

บทสรุป

10.1 องค์ประกอบทางเคมีของชานอ้อยและฟางข้าว

ชานอ้อยและฟางข้าวเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรที่คุณค่าทางอาหารต่ำ มีโปรตีน ไขมัน และการย่อยได้ต่ำ แต่มี CF, ADF, NDF และ Lignin อยู่สูง อย่างไรก็ตามถึงแม้ชานอ้อยและฟางข้าวจะมีคุณค่าทางอาหารต่ำ แต่มีในปริมาณมาก และเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมทั่วประเทศนิยมใช้ โดยเฉพาะฟางข้าว ในช่วงที่ขาดแคลนอาหารหยาบ แต่การใช้ฟางข้าว เกษตรกรมักใช้ในรูปแบบของฟางข้าวธรรมชาติที่ไม่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ สำหรับการให้ชานอ้อยยังไม่แพร่หลาย เพิ่งจะมีงานวิจัยในเมืองไทยตีพิมพ์ออกมา ในระยะต่อไปอาจจะได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น

10.2 การปรับปรุงคุณภาพชานอ้อยและฟางข้าวโดยวิธีการทางเคมี

การนำชานอ้อยและฟางข้าวมาใช้ทดแทนอาหารหยาบสำหรับโคนม ควรต้องทำการปรับปรุงคุณภาพ เพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารของผลพลอยได้ทางการเกษตรทั้งสองชนิดก่อน การวิจัยครั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงคุณค่าทางอาหารที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการเพิ่มขึ้นของการย่อยได้ พบว่าในกรณีของชานอ้อยนั้น การปรับปรุงคุณภาพที่เหมาะสมที่สุด คือการปรับปรุงคุณภาพด้วย 6%NaOH ส่วนในกรณีของฟางข้าว นั้น การปรับปรุงคุณภาพที่เหมาะสมที่สุด คือการปรับปรุงคุณภาพด้วย 5%Urea อย่างไรก็ตามการที่จะพิจารณาเลือกใช้วิธีใดก็ตามควรคำนึงถึง ต้นทุนของสารเคมีที่ใช้ ความสะดวกในการดำเนินการ อันตรายที่อาจกระทบถึงผู้ใช้ การยอมรับของเกษตรกร และผลต่อสภาพแวดล้อมด้วย

10.3 การประเมินคุณค่าพลังงานในอาหารสัตว์

จากการทำโครงการวิจัยนี้ได้ข้อมูลจากการวิจัยมากพอที่จะนำมาประเมินคุณค่าทางโภชนาของอาหารสัตว์หลายๆชนิด รวมทั้งประเมินความต้องการพลังงานของโครีดนมที่ให้นมปานกลาง รายละเอียดต่างๆ จะได้สรุปดังต่อไปนี้

การประเมินคุณค่าทางพลังงาน DE, NEL (Mcal/kgDM) และ TDN (%) จากข้อมูลการประมาณการค่า DMD ของชานอ้อยและฟางข้าวทั้งที่ยังไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพ และที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีต่างๆแล้ว เปรียบเทียบกับที่ได้ทำการศึกษาในรายงานฉบับนี้ จะได้พลังงานประเภทต่างๆดังแสดงไว้ในตารางที่ 10.1

การประเมินคุณค่าทางพลังงานด้วยวิธีนี้ให้ค่าพลังงานในรูปแบบโภชนะย่อยได้ทั้งหมด (TDN) ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทำ digestion trial ในบทที่ 6 ยกเว้นในกรณีของชานอ้อยทั้งที่ยังไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพและที่ปรับปรุงคุณภาพด้วย 6%NaOH ซึ่งค่าตัวเลขค่อนข้างผันแปรไม่แน่นอน ในทางตรงกันข้ามฟางข้าวทั้งที่ยังไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพและที่ปรับปรุงคุณภาพแล้วให้ค่าตัวเลขที่น่าเชื่อถือได้มากกว่า กล่าวคือให้ค่าที่ใกล้เคียงกันทั้ง 2 วิธี ที่ใช้ประเมิน (ตารางที่ 10.1)

Table 10.1 Evaluation of energy value from DMD

Feeds	%DMD	DE ^{1/} (Mcal/kgDM)	%TDN ^{1/}	%TDN ^{2/}	DE ^{2/} (Mcal/kgDM)	NEL ^{2/} (Mcal/kgDM)
Untreated rice straw	52.1	2.21	50.1	52.5-52.9	2.31-2.33	1.16-1.18
5%Urea treated rice straw	58.4	2.50	56.7	58.1-59.1	2.56	1.30
5%Urea treated rice straw + SBM	57.9	2.48	56.2	59.2	2.61	1.33
6%NaOH treated rice straw	64.2	2.77	62.8	60.6	2.67	1.36
Untreated bagasse	46.0	1.93	43.7	48.4-52.6	2.12-2.30	1.07-1.10
6%NaOH treated bagasse	61.0	2.62	59.5	50.2	2.21	1.11

^{1/} ประเมินจากสมการดังต่อไปนี้	DE (Mcal/kgDM) = 0.043%DMD - 0.114	(Minson and Milford, 1966)
	DE (Mcal/kgDM) = 0.042%DMD + 0.219	(Butterworth, 1964)
	DE (Mcal/kgDM) = 0.046%DMD - 0.158	(Moir, 1961)
	1 kgTDN = 4.409 McalDE	(NRC, 1988)

^{2/} From the present research

การประเมินคุณค่าทางพลังงานในหน่วย TDN ที่นำเสนอใหม่ (Weiss *et al.*, 1992) ซึ่งยึดหลักการว่าโภชนะชนิดใดที่ให้พลังงานได้ ต้องนำมาคำนวณพลังงานด้วย ได้แก่ CP, EE, NDF และ NFC และการคำนวณต้องคำนึงถึง True digestibility ของโภชนะนั้นๆด้วย ผลของการคำนวณแสดงไว้ในตารางที่ 10.2

ค่าการประเมิน TDN ที่ได้ในทุกรายการค่อนข้างจะต่ำกว่าการประเมินโดยใช้ค่า DMD ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น (ตารางที่ 10.1) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าการประเมิน TDN ที่มีรายงานไว้หลายๆแห่ง (บทที่ 6; ตารางที่ 6.11) ค่าจากตารางที่ 10.1 และ 10.2 ส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงที่มีรายงานตาม ตารางที่ 6.11

10.4 การประเมินความต้องการพลังงานเพื่อกิจกรรมต่างๆในโคนมที่ให้นมปานกลาง

โคนมต้องการพลังงานเพื่อกิจกรรมต่างๆภายในร่างกาย ซึ่งประกอบด้วยความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพ (Requirement for maintenance) เพื่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว (Requirement for liveweight gain or loss) เพื่อการตั้งท้อง (Requirement for pregnancy) และเพื่อการผลิตน้ำนม (Requirement for lactation) ในหัวข้อนี้พิจารณาว่าความต้องการพลังงาน NE เพื่อการผลิตน้ำนม และเพื่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว เป็นไปตามที่ NRC (1988) แนะนำ ดังนี้

$$NE_L = [0.3512 + (0.0962 \times \%Fat)] \times \text{kg milk/day}$$

$$NE_M = 5.12 \times \text{kg Gain/day}; = 4.92 \times \text{kg Loss/day}$$

Table 10.2 Evaluation of TDN from proposed new energy concept (Weiss *et al.* 1992)

Feeds	CP	EE	Ash	NDF	ADF	ADL	ADIN	NDIN	TDN
	-----%								
Untreated bagasse ^{1/}	1.40	0.47	1.71	87.6	54.6	9.62	0.13	0.16	49.1
	(0.01)	(0.06)	(0.10)	(0.24)	(0.19)	(0.09)	(0.01)	(0.01)	(0.69)
6%NaOH treated bagasse ^{2/}	1.27	0.82	12.04	74.5	52.6	9.89	0.25	0.14	42.0
	(0.06)	(0.11)	(0.23)	(0.76)	(0.58)	(0.07)	(0.01)	(0.01)	(0.36)
Untreated rice straw ^{1/}	2.79	1.24	12.9	71.6	40.9	7.87	0.13	0.26	44.5
	(0.14)	(0.06)	(0.34)	(0.65)	(0.35)	(0.46)	(0.01)	(0.02)	(0.84)
5%Urea treated straw ^{3/}	6.62	1.81	11.0	78.2	46.0	9.44	0.27	0.45	43.6
	(0.35)	(0.08)	(0.04)	(0.34)	(0.64)	(0.29)	(0.01)	(0.02)	(0.12)
Soybean meal ^{2/}	47.3	1.62	7.13	12.7	3.33	1.49	0.71	1.04	82.6
	(0.23)	(0.09)	(0.12)	(0.59)	(0.30)	(0.03)	(0.01)	(0.02)	(0.10)
Ground corn ^{2/}	8.2	4.5	1.91	16.7	2.39	1.59	4.66	1.00	89.1
	(0.07)	(0.15)	(0.08)	(1.20)	(0.35)	(0.10)	(0.01)	(0.01)	(0.23)

^{1/} n = 9, ^{2/} n = 8, ^{3/} n = 4

Value in brackets are SE

Table 10.3 Comparison of NE_M proposed by NRC and those calculated from data in this report.

Trial	NE _M = $aLW^{0.75}$	% of NRC
I (Treated bagasse)	0.100	+25.48
II (Treated bagasse)	0.125	+56.58
III (Treated rice straw)	0.101	+26.24
IV (Treated rice straw)	0.072	-9.88
I + II (Treated bagasse)	0.113	+41.03
III + IV (Treated rice straw)	0.088	+9.82
I – IV (Treated bagasse + rice straw)	0.101	+26.11

เมื่อได้ค่า NE_L และ NE_G แล้ว นำไปลบออกจากค่า NEL intake ได้ค่าที่เหลือ สมมติว่าให้เป็นพลังงาน NE_M ทั้งหมด นำค่าที่ได้ไปเข้าสมการ

$$NE_M = aLW^{0.75}$$

เมื่อ

$$NE_M \text{ (Mcal/day)} = \text{NEL intake} - (NE_L + NE_G)$$

$$a = \text{unknown}$$

$$LW^{0.75} = \text{metabolic liveweight}$$

จะได้ค่า NE_M ที่คำนวณได้เป็นส่วนเดียวกับ $LW^{0.75}$ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 10.3 ซึ่งได้แยกคำนวณเป็นแต่ละการทดลองย่อย ทั้งการทดลองที่ใช้ขานอ้อยปรับปรุงคุณภาพ หรือ การทดลองที่ใช้ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพเป็นอาหารหยาบ และรวมกันทั้ง 4 การทดลองย่อย

ค่า a ที่ได้จะอยู่ระหว่าง 0.072 – 0.125 หรือคิดเป็นร้อยละเมื่อเทียบกับ NRC (0.08) ระหว่าง -9.88 ถึง + 56.65 และมีค่าเฉลี่ยจาก 4 การทดลองย่อยเท่ากับ 0.101 หรือคิดเป็นร้อยละ + 26.11 เมื่อเทียบกับค่า 0.08 ของ NRC (1988)

ในกรณีนี้ต้องยอมรับว่าค่าการทำนาย NE_L และ NE_G เป็นไปตามที่ NRC (1988) กำหนด และมีเงื่อนไขว่าการบันทึกผลผลิตน้ำนม การวิเคราะห์ไขมันในน้ำนม และการชั่งน้ำหนักตัวโคถูกต้อง

จากการวิจัยครั้งนี้พอสรุปเบื้องต้นได้ว่า สมการการทำนายค่า NE_M สำหรับโคนมที่ให้นมปานกลางในสภาพการเลี้ยงดูในเมืองไทยโดยใช้ผลพลอยได้ทางการเกษตรเป็นอาหารหยาบหลักนั้น น่าจะเป็นดังนี้

$$NE_M = 0.101LW^{0.75}$$

การวิจัยครั้งนี้พยายามใช้ข้อมูลรายตัวในการสร้างสมการทำนายค่า NE_M ซึ่งใช้ข้อมูลรวมทั้งสิ้น 96 ชุดข้อมูล น่าจะพอเป็นแนวทางเบื้องต้นในการทำนายค่า NE_M ดังกล่าว อย่างไรก็ตามถ้าจะให้ได้ผลดีและให้การทำนายค่า NE_M ได้แม่นยำยิ่งขึ้น ควรมีการนำข้อมูลการทดลองในลักษณะที่คล้ายคลึงกันนี้มาร่วมกันสร้างสมการทำนายดังกล่าว

10.5 การประเมินความต้องการโปรตีนเพื่อกิจกรรมต่างๆในโคนมที่ให้นมปานกลาง

ในบทที่ 9 ได้ทำการเสนอ RDP and UDP supply และ RDP and UDP requirement แต่เนื่องจากการประเมินค่า CP degradability ด้วยวิธี Nylon bag technique ค่อนข้างมีปัญหาเนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการทำซ้ำหลายๆครั้งมีความผันแปรสูง และในบางครั้งเมื่อนำข้อมูลที่ได้จาก Nylon bag technique มาเข้าสมการ exponential แล้ว ข้อมูลบางชุดไม่สามารถใช้ได้ ทั้งๆที่พยายามใช้วิธีแก้สมการหลายวิธี อาทิ ใช้โปรแกรม XBC Laboratory; Neway Excel (Ørskov, 1995), โปรแกรม Curve fitting ทั่วไป และโปรแกรม SAS (SAS, 1986) ฉะนั้นในกรณีของการประเมินคุณค่าของโปรตีนต้องนำข้อมูลจากหลายๆแห่งมาหารือก่อนที่จะหาข้อสรุปที่แน่ชัดได้

10.6 อาหารผสมครบส่วน (TMR) ที่ควรแนะนำ

ตารางที่ 10.4 และ ตารางที่ 10.5 แสดงส่วนประกอบของอาหารครบส่วนที่มีชานอ้อยปรับปรุงคุณภาพ (6%NaOH) และที่มีฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพ (5%Urea) เป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งได้ใช้ใน งานทดลองในบทที่ 9 กล่าวคือทดลองในโครีดนมที่ให้น้ำนมปานกลาง (ประมาณ 15 กิโลกรัม/ตัว/วัน) โดยนำค่าเฉลี่ยจากกลุ่มการทดลองต่างๆ และพิจารณาถึงการให้ผลผลิตน้ำนมที่บันทึกข้อมูลได้ อย่างไร ก็ตาม สูตรของอาหารผสมครบส่วนนี้ใช้เพียงในงานทดลองที่ได้มีในรายงานนี้เท่านั้น ยังไม่ได้มีการ ประชาสัมพันธ์ หรือส่งเสริมให้เกษตรกรรายใดได้ทดลองใช้

Table 10.4 Total mixed ration based on 6%NaOH treated bagasse

	kg fresh	kgDM	%DM	%CP	%TDN	%ADF	%NDF
6%NaOH treated	62	52					
bagasse	22	28					
Soy bean meal	15	19					
Ground corn	1	1					
Minerals							
Total	100	100	72.5	15.1	65.4	28.7	45.3

Table 10.5 Total mixed ration based on 5%Urea treated rice straw

	kg fresh	kgDM	%DM	%CP	%TDN	%ADF	%NDF
6%NaOH treated	60	48					
bagasse	15	20					
Soy bean meal	24	31					
Ground corn	1	1					
Minerals							
Total	100	100	70.1	15.1	68.5	26.5	43.2

บรรณานุกรม

- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2542. รายงานการสำรวจอ้อยโรงงาน ราย
อำเภอ ปีเพาะปลูก 2540/41. พฤศจิกายน 2542
- Agricultural Research Council. 1965. Requirements for Energy. pp.193-247. In: *The Nutrient Requirements of Farm Livestock. No. 2 Ruminants*. Agricultural Research Council. London.
- Agricultural Research Council. 1980. *The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock*. Commonwealth Agricultural Bureaux. The Gresham Press, Surrey. 351p.
- Agricultural Research Council. 1984. *The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock*. (Supplement) Commonwealth Agricultural Bureaux. The Gresham Press, Surrey.
- Amstrong, D.G. 1964. Evaluation of artificially dried grass as a source of energy for sheep. *Journal of Agricultural Science*. 62:399-417.
- Andrews, S.M., Tyrrell, H.F., Reynolds, C.K. and Erdman. 1991. Net energy for lactation of calcium soaps of long-chain fatty acids for cows fed silage-based diets. *Journal of Dairy Science*. 74:2588.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. *Official Methods of Analysis*. Washington D.C. 1298p.
- Badve, V.C., Nisal, P.R., Joshi, A.L. and Rangnekar, D.V. 1987. Studies on the use of lignocellulose degrading fungi to improve the nutritive value of sugar cane bagasse and sorghum straw. pp.112-125. In: *Proceedings of the International Workshop on Biological, Chemical and Physical Treatment of Fibrous Crop Residues for Use as Animal Feed*, Indian Council of Agricultural Research, Krishi Bhavan, New Delhi, India.
- Blaxter, K.L. and Clapperton, J.L. 1965. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. *British Journal of Nutrition*. 19:511-522.
- Butterworth, M.H. 1964. The digestible energy content of some tropical forages. *Journal of Agricultural Science*. 63:319.
- Burroughs, W, Frank, N.A., Gerlaug, P. and Bethke, R.M. 1975. Preliminary observations upon factors influencing cellulose digestion by rumen microorganisms. *Journal of Nutrition*. 40:9-24.

- Cabello, A.B. 1994. Sugar cane by-products for animal feeding. Research and Development Results at the Cuban Research Institute of Sugar Cane By-products (ICIDCA). pp.14-27. *In: Utilisation of Sugar Cane By-products for Animal Feeding*. International Society of Sugar Cane Technologists.
- Chesson, A. and Orskov, E.R. 1984. Microbial degradation in the digestive tract. pp.140-144. *In: Straw and Other Fibrous By-products as Feeds*. Edited by F. Sunstol and E. Owen. Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York- Tokyo.
- Cheva-Isarakul, B. and Cheva-Isarakul, B. 1984. Comparison of the intake and digestibility of different crop residues by sheep, cattle and buffaloes. Pp.88-97. *In: The Utilisation of Fibrous Agricultural Residues as Animal Feeds*. Edited by P.T. Doyle. School of Agriculture and Forestry, University of Melbourne, Parkville, Victoria, Australia.
- Cheva-Isarakul, B. and Cheva-Isarakul, B. 1985. Variation in the nutritive value of rice straw in Northern Thailand: II. Voluntary feed intake and digestibility by sheep. *In: A Workshop on Relevance of Crop Residues as Animal Feeds in Developing Countries*. Khon Kaen, Thailand.
- Cheva-Isarakul, B. and Cheva-Isarakul, B. 1991. Urea-molasses multinutrient block supplementary effect on straw digestibility. *In: The Utilisation of Straw on Ruminant Production System*. National Resource Institute, MARDI. Malaysia.
- Cheva-Isarakul, B. and Potikanond, N. 1985. Performances of growing cattle fed diets containing untreated rice straw and leucaena leaves compared to urea-treated rice straw. pp.140-144. *In: The Utilisation of Fibrous Agricultural Residues as Animal Feeds*. Edited by P.T. Doyle. International Development Program of Australian Universities and Colleges Ltd., (IDP), Canberra, Australia.
- Cheva-Isarakul, B. Yammuen-art, S. Nuamnuan, C. and Vasupen, K. 1998. The prediction of nutritive value of rice straw, ruzi grass and leucaena leaves, common feed for dairy cows, using nylon bag technique. pp.2-15. *In: Recent Research for the Development of Nutrient Requirements of Thai Dairy Cattle*. Edited by B. Cheva-Isarakul and S. Promma. Thailand Research Fund (TRF).
- Conrad, H.R., Weiss, W.P., Odwongo, W.O. and Shockey, W.L. 1984. Estimating net energy lactation from components of cell solubles and cell walls. *Journal of Dairy Science*. 67:427.
- Crooker, B.A., Sniffen, C.J., Hoover, W.H. and Johnson, L.L. 1978. Solvents for soluble nitrogen measurements in feedstuffs. *Journal of Dairy Science*. 4:437-447.

- Devendra, C. 1979. The digestibility of chemically treated bagasse in molasses based diets for sheep and goats. *MARDI Research Bulletin*. 7:103-115.
- Devendra, C. 1981. The Non-conventional Feed Resources in Asia and the Far East. APHCA/FAO, Bangkok, Thailand.
- Djajanegara, A., Doyle, P.T. and Molina, B.T. 1985. Fibre digestion and mineral balances in sheep fed calcium hydroxide-treated wheat straw. pp.94-102. In: *The Utilisation of Fibrous Agricultural Residues as Animal Feeds*. Edited by P.T. Doyle. Proceedings of the 4th Annual Workshop of the Australian-Asia Fibrous Agricultural Residues Research Network. Khonkaen. Thailand.
- Doyle, P.T., Devendra, C. and Pearce, G.R. 1986. *Rice Straw as a Feed for Ruminants*. International Development Programme of Australian Universities and Colleges. Canberra. Australia. 117p.
- Fonnesbeck, P.V., Wardeh, M.F. and Harris, L.E. 1984. Mathematical models for estimating energy and protein utilisation of feedstuffs. *Utah Agricultural Experimental Station Bulletin No.508*.
- Givens, D.I. 1990. The digestibility of maize silage - an update. *Proceedings of the 2nd Annual Conference of the Maize Growers Association*.
- Givens, D.I., Adamson, A.H. and Cobby, J.M. 1988. The effect of ammoniation on the nutritive value of wheat, barley and oats straws. II. Digestibility and energy value measurements *in vivo* and their prediction from laboratory measurements. *Animal Feed Science and Technology*. 19:173-184.
- Givens, D.I., Everington, J.M. and Adamson, A.H. 1989. The digestibility and ME content of grass silage and their prediction from laboratory measurements. *Animal Feed Science and Technology*. 24:27-43.
- Givens, D.I., Everington, J.M. and Adamson, A.H. 1990. The nutritive value of Spring-grown herbage produced on farms throughout England and Wales over 4 years. III. The prediction of energy values from various laboratory measurements. *Animal Feed Science and Technology*. 27:185-196.
- Goering, H.K. and Van Soest, P.J. 1970. Forage Fiber Analysis. Agricultural Handbook No. 379. Agricultural Research Council. Washington D.C., USDA.
- Holm, J. 1973. Feeding tables: composition and nutritive value of feedstuffs in northern Thailand. 2nd Ed. Chiang Mai, Thailand. 33p.

- Ibrahim, M.N.M. and Pearce, G.R. 1983. Effects of chemical pretreatments on the composition and *in vitro* digestibility of crop by-products. *Agricultural Wastes*. 5:135-139.
- Klopfenstein, T. 1978. Chemical treatment of crop residues. *Journal of Animal Science*. 46:841-848.
- Lindberg, J.E. 1985. Estimation of rumen degradability of feed proteins with the *in sacco* technique and various *in vitro* methods: A review. *Acta Agriculturae Scandinavica*. Supplement No. 25:64-97.
- Menke, K.H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D. and Schneider, W. 1979. The estimation of the digestibility and metabolisable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 93:217-222.
- Minson, D.J. 1980. In: *Grazing Animals*. Ed. F.H.W. Morky. Elsevier Publishing Company. Amsterdam. The Netherlands.
- Minson, D.J. and Milford, R. 1966. The energy value and nutritive value indices of *Digitaria decumbens*, *Sorghum almum* and *Phaseolus atropurpureus*. *Australian Journal of Agricultural Research*. 17:411.
- Moe, P.W., Flatt, W.P. and Tyrell, H.F. 1972. Net energy value of feeds for dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 55:945-958.
- Moir, R.J. 1961. A note on the relationship between the digestible dry matter and digestible energy content of ruminant diets. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 1:24.
- Morgan, D.E. and Barber, W.P. 1979. The advisor's approach to predicting the metabolisable energy value of feeds for ruminants. In: *Recent Advances in Animal Nutrition*. W. Haresign and D. Lewis (Eds), Butterworths, London.
- Moss, A.R. and Givens, D.I. 1990. Chemical composition and *in vitro* digestion to predict digestibility of field-cured and barn-dried grass hays. *Animal Feed Science and Technology*. 31:125-138.
- Moss, A.R., Givens, D.I. and Everington, J.M. 1990. The effect of sodium hydroxide treatment on the chemical composition, digestibility and digestible energy content of wheat, barley and oats straws. *Animal Feed Science and Technology*. 29:73-87.
- Nakamura, T., Klopfenstein, T.J. and Britton, R.A. 1994. Evaluation of acid detergent insoluble nitrogen as an indicator of protein quality in nonforage proteins. *Journal of Animal Science*. 72:1043.

- National Research Council. 1978. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 5th Ed. National Academic Press, Washington D.C. 76p.
- National Research Council. 1985. Ruminant Nitrogen Usage. U.S. National Academy of Science, Washington, D.C., 138p.
- National Research Council. 1988. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6th Ed. National Academic Press, Washington D.C. 157p.
- Nehring, K. 1969. Investigations on the scientific basis for the use of net energy for fattening as a measure of feeding value. In: *Energy Metabolism of Farm Animals*. K.L. Blaxter, J. Kielanowski and G. Thorbek (Eds.). EAAP Publication No.12, Ariel Press, Newcastle upon Tyne, England.
- N.K.J/N.J.F. 1985. Protein Evaluation for Ruminants. *Acta Agriculturae Scandinavica*. Supplement No. 25, 220p.
- Orskov, E.R. and McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*. 92:499-503.
- Ørskov, E.R. and McDonald, I. 1979. The estimation of Protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*. 92:499-503.
- Ørskov, E.R. and Mehrez, A.Z. 1977. Estimation of extent of protein degradation from basal feeds in the ruminant of sheep. *Proceedings of the Nutrition Society*. 36:78A.
- Ørskov, E.R., Reid, G.W. and Kay, M. 1988. Prediction of intake by cattle from degradation characteristics of roughages. *Animal Production*. 46:29-34.
- Palmquist, D.L. 1991. Influence of source and amount of dietary fat on digestibility in lactating cows. *Journal of Dairy Science*. 74:1354.
- Promma, S., Tasaki, I., Cheva-Isarakul, B. and Indratul, T. 1994. Digestibility of neutralised urea-treated rice straw and nitrogen retained in crossbred Holstein steers. *AJAS*. 7(4):487-491.
- Promma, S., Tuikumpee, S., Ratanavanija, A., Vidhayakorn, N. and Fromert, R.W. 1985. The effects of urea-treated rice straw on growth and milk production of crossbred Holstein Friesian dairy cattle. pp.88-93. In: *The Utilisation of Fibrous Agricultural Residues as Animal Feeds*. Edited by P.T. Doyle. International Development Program of Australian Universities and Colleges Ltd., (IDP), Canberra, Australia.

- Rangnekar, D.V. 1988. Availability and intensive utilisation of sugar cane by-products. *In: Non-Conventional Feed Resources and Fibrous Agricultural Residues: Strategies for Expanded Utilisation.* pp.76-93. International Development Research Centre. Indian Council of Agricultural Research.
- Rangnekar, D.V., Badve, V.C., Kharat, S.T., Soble, B.N. and Joshi, A.L. 1982. Effect of high pressure steam treatment on chemical composition and digestibility *in vitro* of roughages. *Animal Feed Science and Technology.* 7:61-70.
- Rohr, K., Lebzien, P., Schafft, H. and Schulz, E. 1986. Prediction of duodenal flow of non-ammonia-nitrogen and amino acid nitrogen in dairy cows. *Livestock Production Science.* 14:29-40.
- Roy, J.H.B., Balch, C.C., Miller, E.L. Orskov, E.R. and Smith, R.H. 1977. pp.126-129. *In: Protein Metabolism and Nutrition.* Ed. S. Tamminga. E.A.A.P. Publication No.22, PUDOC, Wageningen.
- Shem, M.N., Ørskov, E.R. and Kimanbo, A.E. 1995. Prediction of voluntary dry matter intake, digestible dry matter intake and growth rate of cattle from the degradation characteristics of tropical foods. *Journal of Animal Science.* 60:65-74.
- Sunstol, F. 1984. Ammonia treatment of straw: methods for treatment and feeding experience in Norway. *Animal Feed Science and Technology.* 10:173-187.
- Suksombat, W. 1997. The effect of feeding four different roughage-mixed rations on dairy cow performance in late lactation. *Suranaree Journal of Technology.* 3(3):139-145.
- Suksombat, W. 1998a. Effect of feeding fresh forage and 3 roughage-mixed rations on dairy cow performance in early lactation during rainy season. *Suranaree Journal of Technology.* 5 (2):80-87.
- Suksombat, W. 1998b. Effect of feeding fresh forage and 3 roughage-mixed rations on dairy cow performance in mid lactation during rainy season. *Thai Journal of Agricultural Science.* 31 (2):224-234.
- Suksombat, W. 1998c. Effect of feeding fresh forage and roughage-mixed rations on dairy cow performance in mid lactation: University's Farm. *Suranaree Journal of Technology.* 5 (3):179-187.
- Suksombat, W. 1999a. Effect of feeding fresh forage and roughage-mixed rations on dairy cow performance in mid lactation: Farmer's Farm. *Suranaree Journal of Technology.* 6(2):104-113.

- Suksombat, W. 1999b. Effect of feeding fresh forage and 3 roughage-mixed rations on dairy cow performance in early lactation during dry season. *Suranaree Journal of Technology*. 6 (3):150-157.
- Suksombat, W. 2000. Effect of feeding fresh forage and 3 roughage-mixed rations on dairy cow performance in mid lactation during dry season. *Suranaree Journal of Technology*. (in press).
- Suriyajantratong, W. and Wilaipon, B. 1985. Supplementing rice straw with Verano stylo (*Stylosanthes hamata* cv. Verano) for native cattle. pp.149-153. In: The Utilisation of Fibrous Agricultural Residues as Animal Feeds. Edited by P.T. Doyle. International Development Program of Australian Universities and Colleges Ltd., (IDP), Canberra, Australia.
- Theander, O. and Aman, P. 1984. Anatomical and chemical characteristics. pp.45-78. In: *Straw and Other Fibrous By-products as Feeds*. Edited by F. Sunstol and E. Owen. Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York- Tokyo.
- Tilley, J.M.A. and Terry, R. 1963. A two stage technique for *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society*. 18:104-111.
- Van der Honing, Y. and Anderman, G. 1988. Feed evaluation and nutritional requirements: 2. Ruminants. *Livestock Production Science*. 19:217-278.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74:3583-3597.
- Vijchulata, P. and Sanpote, S. 1982. Changes in the nutritive value of rice straw after growth of *Volvariella volvacea* fungus. pp.113-118. In: The Utilisation of Fibrous Agricultural Residues as Animal Feeds. Edited by P.T. Doyle. School of Agriculture and Forestry, University of Melbourne, Parkville, Victoria, Australia.
- Waldo, D.R. and Glenn, B.P. 1982. Comparison of new protein systems for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 65:1115-1133.
- Wanapat, M. 1984. pp.182. In: *The Utilisation of Fibrous Agricultural Residues as Animal Feeds*. Edited by P.T. Doyle. School of Agriculture and Forestry, University of Melbourne, Parkville, Victoria.

- Wanapat, M. 1985. Voluntary intake and digestibility of traditionally-threshed and machine-threshed rice straw by swamp buffaloes. pp.71. *In: The Utilisation of Fibrous Agricultural Residues as Animal Feeds*. Edited by P.T. Doyle. International Development Program of Australian Universities and Colleges Ltd., (IDP), Canberra, Australia.
- Wanapat, M., Prasertsak, S., Chantai, S. and Sivapraphagon, A. 1982. Effects on rice straw utilisation of treatment with ammonia released from urea and/or supplementation with cassava chips. pp.95-101. *In: The Utilisation of Fibrous Agricultural Residues as Animal Feeds*. Edited by P.T. Doyle. School of Agriculture and Forestry, University of Melbourne, Parkville, Victoria, Australia.
- Wanapat, M., Sriwattanasombat, P. and Chantai, S. 1984. The utilisation of diets containing untreated rice straw, urea-ammonia treated rice straw and urea-ammonia treated rice straw and water hyacinth. pp.156-165. *In: The Utilisation of Fibrous Agricultural Residues as Animal Feeds*. Edited by P.T. Doyle. School of Agriculture and Forestry, University of Melbourne, Parkville, Victoria, Australia.
- Wanapat, M., Sunstol, F. and Garmo, T.H. 1985. Comparison of different alkali treatments applied on barley straw. pp.103-109. *In: The Utilisation of Fibrous Agricultural Residues as Animal Feeds*. Edited by P.T. Doyle. Proceedings of the 4th Annual Workshop of the Australian-Asia Fibrous Agricultural Residues Research Network. Khonkaen. Thailand.
- Weiss, W.P. 1994. Estimation of digestibility of forages by laboratory methods. pp.664-681. *In: Forage Quality, Evaluation and Utilisation*. Ed. G.C. Fahey. American society of Agronomy. Madison. WI.
- Weiss, W.P. and Shockey, W.L. 1991. Value of Orchard grass and alfalfa silages fed with varying amount of concentrates to dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 74:1933-1943.
- Weiss, W.P., Conrad, H.R. and Shockey, W.L. 1983. Predicting digestible protein using acid detergent insoluble nitrogen. *Journal of Dairy Science*. 66(Suppl.1):192(abstr.).
- Weiss, W.P., Conrad, H.R. and St.Pierre, N.R. 1992. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values for forages and concentrates. *Animal Feed Science and Technology*. 39:95.
- Wongsrikeao, W. and Wanapat, M. 1985. The effects of urea treatment of rice straw on the feed intake and liveweight gain of buffaloes. pp.81-84. *In: The Utilisation of Fibrous Agricultural Residues as Animal Feeds*. Edited by P.T. Doyle. International Development Program of Australian Universities and Colleges Ltd., (IDP), Canberra, Australia.