

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 แต่ในกรณีปรับปรุงคุณภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 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 ฉะนั้นการนำเสนอสมการที่แนะนำโดย 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 ของชานอ้อยปรับปรุงคุณภาพด้วย 6%NaOH เพิ่มขึ้น 23 หน่วยเปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการเพิ่มขึ้น 22 หน่วยเปอร์เซ็นต์ในการทดลองนี้ อย่างไรก็ตามมีเพียงรายงานเดียวที่พบว่าการเพิ่มขึ้นของการย่อยได้ DM ถึง 42.2 หน่วยเปอร์เซ็นต์ (Cabello, 1994)

การที่การย่อยสลาย DM และ CF ในชานอ้อยที่ปรับปรุงคุณภาพด้วย urea เพียงอย่างเดียวไม่เพิ่มขึ้นเหมือนอย่างในกรณีของฟางข้าวนี้ อาจเนื่องมาจากในชานอ้อยไม่มีเอนไซม์ urease เหมือนเช่นในฟางข้าว ด้วยเหตุผลนี้อาจทำให้ urea ที่เติมลงไปเมื่อทำการปรับปรุงคุณภาพชานอ้อยไม่แตกตัว หรือแตกตัวน้อย จึงไม่ทำให้ความเป็นด่างของ urea ไปสามารถเพิ่มการย่อยได้ของชานอ้อย อย่างไรก็ตามการวิจัยครั้งนี้ได้พยายามพิสูจน์สมมติฐานนี้ ครั้งแรกโดยการทดลองอย่างง่าย ๆ คือการนำกากถั่วเหลืองใส่ลงไประหว่างการปรับปรุงคุณภาพชานอ้อยด้วยยูเรีย 5% ในถุงขนาดบรรจุ 10 กิโลกรัม ทำการเปรียบเทียบกับชานอ้อยหมักที่ไม่ได้ใส่ยูเรีย ชานอ้อยหมักใส่ยูเรีย 5% และชานอ้อยหมักที่ใส่ทั้งยูเรีย 5% ร่วมกับกากถั่วเหลือง 50 กรัม ผลปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างของการย่อยสลายวัตถุแห้งในถุงในलोंที่แช่ในกระเพาะหมักในเวลาต่าง ๆ กัน เหตุผลที่ไม่เกิดความแตกต่างก็เป็นเพราะว่าในกากถั่วเหลืองนั้นไม่มีเอนไซม์ยูรีเอส การทดลองครั้งที่สอง ทำการทดลองเช่นเดียวกันกับการทดลองครั้งแรก ต่างกันเพียงใช้เมล็ดถั่วเหลืองดิบบด 50 กรัม ใส่แทนกากถั่วเหลืองในการทดลองครั้งก่อน ผลปรากฏว่าการที่ใส่เมล็ดถั่วเหลืองดิบบดลงในระหว่างหมักชานอ้อยด้วยยูเรีย สามารถเพิ่มการย่อยสลายวัตถุแห้งของชานอ้อยที่บรรจุในถุงในलोंและแช่ในกระเพาะหมักในระยะเวลาต่าง ๆ กัน รายละเอียดการย่อยสลายวัตถุแห้งของชานอ้อยที่ปรับปรุงคุณภาพทั้ง 3 วิธีแสดงไว้ในตารางที่ 5.4 รวมทั้งค่า DM effective degradability ของชานอ้อยที่ไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพและปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการต่างๆ

ตารางที่ 5.4 การย่อยสลายวัตถุแห้งของชานอ้อยและชานอ้อยปรับปรุงคุณภาพ

	ชานอ้อยธรรมชาติ	ชานอ้อย/ยูเรีย	ชานอ้อย/ยูเรีย/กากถั่วเหลือง	ชานอ้อย/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 และขานอ้อยปรับปรุงคุณภาพด้วยยูเรียร่วมกับเมล็ดถั่วเหลืองคิบบด ตามลำดับ ซึ่งพอจะสรุปจากการทดลองนี้ได้ว่า การปรับปรุงคุณภาพขานอ้อยด้วยยูเรีย หรือยูเรียร่วมกับกากถั่วเหลืองนั้น ให้ค่า DM effective degradability เพิ่มขึ้นเล็กน้อย (4.4 – 5.4 หน่วยเปอร์เซ็นต์) เมื่อเปรียบเทียบกับขานอ้อยธรรมดาที่ไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพ แต่เมื่อทำการปรับปรุงคุณภาพด้วยยูเรียร่วมกับเมล็ดถั่วเหลืองคิบบด ผลปรากฏว่าสามารถเพิ่มค่า DM effective degradability ได้ถึง 13.7 หน่วยเปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับขานอ้อยธรรมดาที่ไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพ ผลการทดลองนี้น่าจะสรุปได้ว่าในเมล็ดถั่วเหลืองคิบซึ่งมีเอนไซม์ยูรีเอสนั้นสามารถทำให้ยูเรียที่ใส่ไปในการปรับปรุงคุณภาพขานอ้อยนั้นแตกตัวได้ดีขึ้น จึงยังผลให้ความเป็นค่าของแอมโมเนียที่เกิดจากการสลายตัวของยูเรียไปทำให้เพิ่มการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งในขานอ้อย

สารเคมีที่มีคุณสมบัติเป็นต่างหลาๆ ชนิดมีความสามารถที่จะเพิ่มการย่อยได้ของผลพลอยได้ทางการเกษตรต่างๆ 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 ก็ควรที่จะเสริมเมล็ดถั่วเหลืองคิบบดลงไปด้วย 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) ในบ่อหมักคอนกรีตที่รองด้วยพลาสติกหนา นำโซเดียมไฮดรอกไซด์/ยูเรียละลายน้ำในถังพลาสติกตามสัดส่วนของน้ำที่ต้องการเพิ่มความชื้นของฟางข้าวและสัดส่วนของโซเดียมไฮดรอกไซด์/ยูเรียตามกลุ่มการทดลอง แล้วนำไปเทลาดลงบนฟางข้าว ทีละชั้นพร้อมกับคลุกเคล้าให้เข้ากัน หมักทิ้งไว้นาน 7 หรือ 14 วันตามกลุ่มการทดลอง เพื่อนำไปทำการเลี้ยงโคนมเพื่อศึกษากินได้และการย่อยได้ต่อไป

ชานอ้อย

นำชานอ้อยซึ่งมีความชื้นอยู่แล้วประมาณ 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/ชานอ้อย

การศึกษาการกินได้และการย่อยได้ฟางข้าว/ชานอ้อยในโคนม ได้นำฟางข้าว/ชานอ้อยที่ปรับปรุงคุณภาพแล้วไปเลี้ยงโคนมจำนวน 8 ตัว ซึ่งแบ่งเป็นโคนมเจาะกระเพาะ 4 ตัว และโคนมที่ไม่ให้นมอีก 4 ตัว เลี้ยงในโรงเรือนแบบยืนโรงแยกอิสระ ให้น้ำและเสริมแร่ธาตุชนิดก่อนตลอดเวลา กำหนดระยะเวลาในการดำเนินการทดลองแต่ละช่วงเป็นดังต่อไปนี้

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

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

6.4 ผลการทดลอง

การกินได้และการย่อยได้ของขานอ้อย/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
Digestibility (%)			
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

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

ตารางที่ 7.1 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายของขานอ้อยธรรมชาติ และขานอ้อยที่หมักในถุงและในบ่อ (6%NaOH)

ขานอ้อย	ธรรมชาติ ^{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

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

DM degradability ของฟางข้าวที่หมักในถุงและหมักในบ่อคอนกรีตจะสูงกว่าของฟางข้าวธรรมชาติ ส่วน CP degradability ของฟางข้าวที่หมักในถุงและหมักในบ่อคอนกรีตนั้นใกล้เคียงกันสำหรับของฟางข้าวธรรมชาติไม่สามารถหาได้เช่นเดียวกันกับในกรณีของขานอ้อย

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 นั้นคือปุ๋ยยูเรีย 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 $4 \times 4 \times 1 \text{ m}^3$ 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 แสดงส่วนประกอบทางด้านโภชนะของอาหารรวมที่ใช้ชานอ้อยปรับปรุงคุณภาพ (6%NaOH) เป็นแหล่งอาหารหลัก และใช้เลียงโครีดนมในการทดลองย่อยที่ 1 และที่ 2 ตามลำดับ องค์ประกอบทางโภชนะของอาหารรวมที่ใช้เลียงโครีดนมใกล้เคียงกับที่กำหนดไว้ตามกลุ่มทดลอง 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

การกินได้วัตถุดิบ 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
	-----%-----			
	--			

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 อย่างไรก็ตามการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการคำนวณส่วนประกอบของโภชนาชนชั้นต่ำต่างๆ ในอาหารรวมให้เพียงพอความต้องการของโครีดนมเป็นรายตัว โดยใช้ worksheet XRATION (ปรับปรุงจาก สมคิด โดยวิศิษฐ์พร; Microsoft Excel) โดยมุ่งเน้นความต้องการพลังงาน โปรตีนทั้งในรูป CP, RDP และ UDP เพื่อให้ได้ข้อมูลเบื้องต้นที่จะนำไปสู่การประเมินความต้องการโภชนาชนชั้นต่ำของโครีดนมต่อไป

การกินได้อาหารของโคนมขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง กล่าวคือ ความจุกระเพาะของโคนม ชนิดของอาหาร ปริมาณอาหารที่ให้โคกิน สัดส่วนของอาหาร อัตราการย่อยได้ของโภชนาชนชั้นต่ำ อัตราการไหลผ่านของอาหารออกจากกระเพาะหมัก ซึ่งปัจจัยต่างๆ เหล่านี้มีความสัมพันธ์กันอย่างยิ่ง อย่างไรก็ตามการทดลองครั้งนี้ (4 การทดลองย่อย) ไม่พบความแตกต่างการกินได้โภชนาชนชั้นต่ำระหว่างโคทั้ง 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 ในบัทที่ 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 ที่คำนวณได้เป็นสัดส่วนกับ $LW^{0.75}$ 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 อย่างไรก็ตามถ้าจะให้ได้ดีและให้การทำนายค่า NE_M ได้แม่นยำยิ่งขึ้น ควรมีการนำข้อมูลการทดลองในลักษณะที่คล้ายคลึงกันนี้มา ร่วมกันสร้างสมการทำนายดังกล่าว

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 และ โปรแกรม SAS (SAS, 1986) ฉะนั้นในกรณีของการประเมินคุณค่าของโปรตีนต้องนำข้อมูลจากหลายๆ แห่งมาหารือก่อนที่จะหาข้อสรุปที่แน่ชัดได้

10.6 อาหารผสมครบส่วน (TMR) ที่ควรแนะนำ

ตารางที่ 10.4 และ ตารางที่ 10.5 แสดงส่วนประกอบของอาหารครบส่วนที่มีขาน้อยปรับปรุงคุณภาพ (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., Devedra, 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 Eperimental 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. Wasington 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.