การศึกษาการนำผลพลอยได้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นอาหารหยาบหมัก เพื่อใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้งในประเทศไทย

นาย บุญญฤทธิ์ มุ่งจองกลาง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-533-029-9

STUDIES OF ENSILAGE ROUGHAGE PRODUCTION FROM AGRICULTURAL BY-PRODUCTS FOR DAIRY CATTLE FEED DURING DRY SEASON IN THAILAND

MR. Boonyarit Mongjongklang

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Animal Production Technology

Suranaree University of Technology

Academic Year 2001

ISBN 974-533-029-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาการนำผลพลอยได้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นอาหารหยาบหมัก เพื่อใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้งในประเทศไทย

สภามหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____

(รศ. ดร. พงษ์ชาญ ณ ลำปาง)
ประธานกรรมการ

_____

(ผศ. ดร. วิศิษฐิพร สุขสมบัติ)
อาจารย์ที่ปรึกษา

_____

(ผศ. น.สพ. ดร. บัญชร ลิขิตเดชาโรจน์)
กรรมการ

_____

(รศ. ดร. กนก ผลารักษ์)
กรรมการ

_____

(รศ. ดร. ทวิช จิตรสมบูรณ์)
รักษาการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

_____

(รศ. ดร. กนก ผลารักษ์)
คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

บุญญฤทธิ์ มุ่งจองกลาง: การศึกษาการนำผลพลอยได้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นอาหารหยาบหมักเพื่อใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้งในประเทศไทย
(STUDIES OF ENSILAGE ROUGHAGE PRODUCTION FROM AGRICULTURAL BY-PRODUCTS FOR DAIRY CATTLE FEED DURING DRY SEASON IN THAILAND)
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. วิศิษฐิพร สุขสมบัติ, 119 หน้า. ISBN 974-533-029-9

วิทยานิพนธ์นี้ศึกษาการนำผลพลอยได้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นอาหารหยาบหมักสำหรับใช้เป็นอาหารโคนม การศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยการทดลอง 3 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ศึกษาส่วนประกอบทางโภชนะของผลพลอยได้ทางการเกษตร และกรรมวิธีการผลิตอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD และจัดการทดลองแบบ 8x3 Factorial โดยมีปัจจัย A เป็นสูตรอาหาร (8 สูตร) ซึ่งได้เสริมสารเสริมต่างชนิดกันคือ ยูเรีย กากน้ำตาล และแลคโตบาซิลัส ปัจจัย B เป็นระยะเวลาการหมัก (2, 3 และ 4 สัปดาห์) พบว่า ส่วนประกอบทางโภชนะของผลพลอยได้ทางการเกษตรมีความแตกต่างกัน ซึ่งกากอ้อยจะมีส่วนประกอบของ CF NDF และ ADF ในเปอร์เซ็นต์ที่สูง กากมันสำปะหลังมีส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรตสูง และกากรำสกัดน้ำมันและกากเบียร์มีส่วนประกอบของโปรตีนสูง และในการศึกษากรรมวิธีการผลิตอาหารหยาบหมัก พบว่า ในสูตรอาหารหยาบหมักที่ใช้ยูเรียเป็นสารเสริมโดยไม่เสริมกากน้ำตาลที่ระยะเวลาการหมัก 2 สัปดาห์ มีการสูญเสียวัตถุแห้ง โปรตีน และมีระดับความเป็นกรด-ด่างในระดับที่สูง เมื่อนำปริมาณกรดไขมันระเหยได้มาคำนวณคะแนนของ Flieg เพื่อตัดสินคุณภาพอาหารหยาบหมัก พบว่า ในสูตรที่เสริมยูเรียและไม่ได้เสริมกากน้ำตาลที่ระยะเวลาการหมัก 2 สัปดาห์ จะให้คะแนน Flieg ต่ำ ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพไม่ดี ส่วนในสูตรที่เสริมกากน้ำตาลและหรือเสริมร่วมกับยูเรีย และไม่ได้เสริมยูเรียจะได้คะแนนของ Flieg สูง ซึ่งเมื่อเทียบคะแนนกับคุณภาพพบว่าอยู่ในเกณฑ์คุณภาพที่ดีถึงดีมาก ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าในการผลิตอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรควรมีการเสริมกากน้ำตาลเพื่อกระตุ้นกระบวนการหมักและควรเสริมร่วมกับยูเรียเพื่อลดต้นทุนการผลิต

การทดลองที่ 2 ศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาอาหารหยาบหมัก (6 เดือน) โดยจัดแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) พบว่า เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดบิวทิริค ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนปริมาณกรดแลคติคมีปริมาณลดลงในเดือนที่ 4 แต่ไม่แตกต่างจากเดือนที่ 5 และ 6 แต่ปริมาณกรดอะซิติคมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการเก็บรักษา เมื่อนำสัดส่วนของกรดไขมันระเหยได้มาคำนวณคะแนนตัดสินคุณภาพอาหารหยาบหมัก (คะแนน Fileg) พบว่า ในเดือนที่ 1-3 จัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพที่ดีมาก และในเดือนที่ 4-6 จัดอยู่ใน

เกณฑ์คุณภาพดี ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า อาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรสามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อย 6 เดือน

การทดลองที่ 3 การศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้อาหารหยาบหมักต่อการให้ผลผลิตน้ำนมในโคนมระยะต้นของการให้นม โดยใช้โคนมลูกผสมโฮสไตส์ฟรีเซียน จำนวน 18 ตัว โดยกลุ่มการทดลองที่ 1 มีโคนม 8 ตัว และกลุ่มการทดลองที่ 2 มีโคนม 10 ตัว จัดการทดลองแบบ group comparison โดยจัดเป็น 2 กลุ่ม แบบ stratified random balance group มีปริมาณน้ำนมเฉลี่ย 16.13 $\pm$4.67 และ16.24$\pm$3.23 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน วันคลอดเฉลี่ย 75.25$\pm$20.41 และ 65.40$\pm$28.8 วัน และน้ำหนักตัวก่อนเฉลี่ย 426.88$\pm$62.30 และ 438.60$\pm$47.80 กิโลกรัม ตามลำดับ ในกลุ่มการทดลองที่ 1 คือ กลุ่มที่โคนมได้รับอาหารหยาบหมักเป็นอาหารหยาบ และกลุ่มการทดลองที่ 2 คือ กลุ่มที่โคนมได้รับหญ้าสดเป็นอาหารหยาบ พบว่า การกินได้ของโคนมมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.001$) ซึ่งโคนมที่ได้รับอาหารหยาบหมักมีการกินได้ DM CP EE และ NFE สูงกว่าโคนมที่ได้รับหญ้าสด แต่โคนมที่ได้รับหญ้าสดมีการกินได้ CF และADF สูงกว่า การย่อยได้ของโปรตีนและไขมันของโคนมที่ได้รับอาหารหยาบหมักสูงกว่าโคนมที่ได้รับหญ้าสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) และการให้ผลผลิตน้ำนมและการเพิ่มลดน้ำหนักตัว พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้อาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรสามารถใช้เลี้ยงโคนมได้เป็นอย่างดีเมื่อเทียบกับหญ้าสด

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
ปีการศึกษา 2544

ลายมือชื่อนักศึกษา_____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม_____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม_____

BOONYARIT MONGJONGKLANG : STUDIES OF ENSILAGE ROUGHAGE PRODUCTION FROM AGRICULTURAL BY-PRODUCTS FOR DAIRY CATTLE FEED DURING DRY SEASON IN THAILAND: ASSIST. PROF. WISITIPORN SUKSOMBAT, Ph.D. 119 PP. ISBN 974-533-029-9

The present thesis aimed to study the ensilage roughage production from agricultural by-products for dairy cattle in Thailand. This study comprised 3 experiments. The first experiment determined chemical composition of various agricultural by-products and studied the processing of the ensilage roughage. The experimental design was a 8x3 factorial arrangement, which factor A was the ensilage roughage formula (8 formula) with varying in molasses, urea and *Lactobacillus* sp. addition and factor B was time of ensilage (2, 3 and 4 weeks) The results showed difference in nutritional composition among agricultural by-products. Bagasses had higher CF, NDF and ADF percentage than other by-products. Cassava meal had higher NFE. The protein percentages were higher in extracted rice bran and brewers' grain. The study of ensilage roughage processes found that the ensilage roughage with urea addition but without molasses at 2 weeks ensilage showed higher loss in DM and CP and showed higher in pH. By using 'Flieg scoring' which related to VFA ratio. The ensilage roughage with urea addition but without molasses at 2-week fermentation gave the low value and classified as bad quality. However, the ensilage roughage with molasses addition with or without urea gave a high 'Flieg score' and classified as good to very good quality. In conclusion, when the ensilage roughage production from agricultural by-products was made, the molasses should be added to enhance microbial fermentation and urea should also be added to reduce cost of the ensilage roughage.

The second experiment was carried out to investigate the quality of the ensilage roughage (2^{nd} ensilage roughage from Exp. 1) after being storage for 6 months. The experimental design was a CRD arrangement. Samples were taken at 1-month interval up to 6 months and were subjected to laboratory analyses. The results showed no significant ($P>0.05$) difference in DM percentage, in pH and butyric acid level. Lactic acid level decreased with increasing time of storage while acetic acid increased with increasing time of storage. By using 'Flieg scoring' which related to VFA ratio, the quality of 1-3 months storage was very good while that of 4-6

months storage was good. In conclusion, this experiment indicated that the ensilage roughage could be stored more than 6 months.

The final experiment was conducted to investigate the effect of ensilage roughage on the performances of dairy cows during early lactation. Twenty-eight crossbred Holstein-Friesian lactating cows, were stratified random balanced into two groups (10 cows in each group). Unfortunately, 2 cows in group 1 were withdrawn from the experiment due to sickness during the first 2 weeks of the experiment. The experiment, therefore, carried on with 8 cows in the first group and 10 cows in another group, with averaging 16.13$\pm$4.67 and 16.24$\pm$3.23 kg milk/day, 75.25$\pm$20.41 and 65.40$\pm$28.8 days in milk and 426.88$\pm$62.30 and 438.60$\pm$47.80 kg live weight. The first group was fed the ensilage roughage while another group was fed fresh grass. The cows on the ensilage roughage group consumed more DM, CP, EE and NFE than those cows on fresh grass. However, the cows on fresh grass consumed higher CF and ADF than cows on the ensilage roughage. The digestibility of CP and EE of cows on the ensilage roughage was higher than such digestibility of cows on fresh grass. There were no significant difference ($p>0.05$) in milk production and live weight change between the two groups. It can be concluded that the ensilage roughage can be fed to dairy cows and results in reasonable milk yield when compared to fresh grass.

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ ลายมือชื่อนักศึกษา_____
ปีการศึกษา 2544 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม_____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม_____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิศิษฐิพร สุขสมบัติ ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนวคิดต่างๆ ทั้งทางด้านวิชาการและการดำเนินการวิจัย ตลอดจนคำแนะนำในการเขียนและตรวจแก้วิทยานิพนธ์ และได้ให้การสนับสนุนค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. พงษ์ชาญ ณ ลำปาง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร. บัญชร ลิขิตเดชาโรจน์ ที่ได้ให้ข้อคิดในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนได้ให้คำแนะนำและตรวจแก้วิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. กนก ผลารักษ์ อาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ และผู้จัดการฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ได้ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบคุณฟาร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ความอนุเคราะห์สัตว์ที่ใช้ในการทดลองและสถานที่ในการทดลองครั้งนี้

ขอขอบคุณบริษัท อุตสาหกรรมโคราช จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์กากอ้อยจำนวน 20 ตัน ในการทดลองครั้งนี้

ขอขอบคุณบริษัท แดรี่เทรดดิ้ง จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์กากเบียร์จำนวน 8 ตัน ในการทดลองครั้งนี้

ขอขอบคุณบริษัท เจ้าพระยาพืชไร่ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์กากมันสำปะหลังจำนวน 20 ตัน ในการทดลองครั้งนี้

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ที่ได้ให้กำลังใจ และความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดาและมารดาของข้าพเจ้าที่ได้ให้การอบรมเลี้ยงดูตลอดจนได้ให้ส่งเสริมการศึกษาและได้เป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้าเป็นอย่างดีเสมอมา

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย		ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)		ค
กิตติกรรมประกาศ		จ
สารบัญ		ช
สารบัญตาราง		ฎ
บทที่ 1	**บทนำ**	1
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
	1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
	1.4 สมมติฐานของการวิจัย	2
	1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย	2
	1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย	3
บทที่ 2	**เอกสารและรายงานที่เกี่ยวข้อง**	4
	2.1 ความหมายของคำสำคัญ	4
	2.2 สถานการณ์การผลิตโคนมภายในประเทศ	4
	2.3 ผลพลอยได้ทางการเกษตร	5
	2.3.1 กากอ้อย	6
	2.3.2 กากมันสำปะหลัง	8
	2.3.3 กากรำสกัดน้ำมัน	8
	2.3.4 กากเบียร์	10
	2.3.5 กากน้ำตาล	10
	2.4. การใช้ผลพลอยได้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นอาหารสัตว์	11
	2.5 อาหารหยาบหมัก	12
	2.5.1 กระบวนการหมัก	12
	2.5.2 จุลินทรีย์ในกระบวนการหมัก	14
	2.5.3 การสูญเสียโภชนะในช่วงกระบวนการหมัก	16
	2.5.4 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพอาหารหมัก	16

สารบัญ (ต่อ) **หน้า**

2.5.5 การใช้สารเสริมชนิดต่างๆ ในการผลิตอาหารหมัก 18
2.5.6 การตรวจวัดคุณภาพของอาหารหมัก 20
2.6 ความสำคัญของอาหารหยาบกับการผลิตโคนม 21
2.6.1 อาหารหยาบ 22
2.6.2 โครงสร้างและส่วนประกอบของอาหารหยาบ 22
2.6.3 ความสำคัญของระดับเยื่อใยในอาหารโคนม 23
2.7 ปัจจัยการควบคุมการกินอาหารของสัตว์ 24
2.7.1 ปัจจัยทางเมทาโบลิค 24
2.7.2 ปัจจัยทางกายภาพ 25
2.7.3 ปัจจัยทางตัวสัตว์ 26
2.8 กระบวนการหมักย่อยอาหารหยาบภายในกระเพาะรูเมน 27
2.8.1 จุลินทรีย์วิทยาในกระเพาะรูเมน 27
2.8.2 การย่อยสลายเยื่อใยภายในกระเพาะรูเมนและการดูดซึมนำไปใช้ 28
2.9. น้ำนมโค 30
2.9.1 ส่วนประกอบของน้ำนม 30
2.9.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม 31
2.10 โภชนะและความต้องการโภชนะของโคนม 34
2.11 หลักการทางพลังงาน 34
2.11.1 คำจำกัดความของหน่วยพลังงาน 34
2.11.2 ระบบพลังงาน 34
2.11.3 การแบ่งส่วนพลังงานในอาหาร 35
2.12 ความต้องการพลังงานและโปรตีน 37
2.12.1 ความต้องการพลังงาน 37
2.12.2 ความต้องการโปรตีน 40

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 3	**อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัย**	44
	3.1 การทดลองที่ 1	44
	3.2 การทดลองที่ 2	45
	3.3 การทดลองที่ 3	45
	3.4 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย	45
	3.5 สถานที่ทำการวิจัย	45
บทที่ 4	**การศึกษาคุณค่าทางโภชนะของผลพลอยได้ทางการเกษตร และศึกษากรรมวิธีการผลิตอาหารหยาบหมักเพื่อให้อาหารหยาบหมักที่มีคุณภาพดี**	46
	4.1 คำนำ	46
	4.2 วัตถุประสงค์	46
	4.3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	47
	4.4 การทดสอบสมมติฐาน	49
	4.5 ระยะเวลาและสถานที่ทำการทดลอง	49
	4.6 ผลการทดลอง	49
	4.7 วิจารณ์ผลการทดลอง	56
	4.8 สรุปผลการทดลอง	60
บทที่ 5	**การศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาของอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร**	62
	5.1 คำนำ	62
	5.2 วัตถุประสงค์	62
	5.3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	62
	5.4 การทดสอบสมมติฐาน	63
	5.5 ระยะเวลาและสถานที่ทำการทดลอง	63
	5.6 ผลการทดลอง	64
	5.7 วิจารณ์ผลการทดลอง	67
	5.8 สรุปผลการทดลอง	69

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 6	**การศึกษาผลของการให้ผลผลิตของโครีดนม ลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียน ที่ได้รับอาหารหยาบหมักเปรียบเทียบกับหญ้าสด**	70
	6.1 คำนำ	70
	6.2 วัตถุประสงค์	70
	6.3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	71
	6.4 การทดสอบสมมติฐาน	74
	6.5 ระยะเวลาและสถานที่ทำทดลอง	75
	6.6 ผลการทดลอง	75
	6.7 วิจารณ์ผลการทดลอง	84
	6.8 สรุปผลการทดลอง	88
บทที่ 7	**สรุปผลการวิจัยโดยรวม**	89
รายการอ้างอิง		91
ภาคผนวก		101
ภาคผนวก ก		101
ภาคผนวก ข		108
ประวัติผู้เขียน		119

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงปริมาณผลผลิตของผลพลอยได้ทางการเกษตร	5
2.2	แสดงส่วนประกอบทางโภชนะของผลพลอยได้ทางการเกษตร	6
2.3	การเสริมแหล่งพลังงานในอาหารต่อคุณภาพของอาหารหมัก	18
4.1	แสดงโภชนะต่างๆ ของผลพลอยได้ทางการเกษตร	50
4.2	แสดงการประกอบสูตรอาหารหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร	51
4.3	แสดงส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร ก่อนการหมัก	51
4.4	แสดงการตรวจวัดคุณภาพอาหารหยาบหมักจากผลผลอยได้ทางการเกษตร ระยะเวลา 2, 3 และ 4 สัปดาห์	54
4.5	แสดงผลการย่อยสลายภายในกระเพาะรูเมนของวัตถุแห้งของอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร	55
5.1	แสดงการประกอบสูตรอาหารหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร	65
5.2	แสดงส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร ก่อนการหมัก	65
5.3	แสดงการตรวจวัดคุณภาพอาหารหยาบหมักจากผลผลอยได้ทางการเกษตร ระยะเวลา 1 – 6 เดือน	66
6.1	แสดงส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารที่ใช้เลี้ยงโครีดนม	76
6.2	แสดงส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารรวมที่โคได้รับ	76
6.3	แสดงการกินอาหารได้ของโคนม	77
6.4	แสดงการกินได้และการย่อยได้ *in vivo* ของอาหารโคนม	78
6.5	แสดงผลการให้ผลผลิตของโคนม	80
6.6	แสดงการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนและไม่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของโภชนะโปรตีนของอาหารโคนม	83
6.7	แสดงการจำแนกพลังงานเพื่อกิจกรรมต่างๆ	84

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในสภาพปัจจุบัน ธุรกิจการเลี้ยงโคนมภายในประเทศได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก อีกทั้งทางภาครัฐบาลยังได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรมีการเลี้ยงโคนมมากขึ้นตามนโยบายของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 8 (ปี2540-2544) การเพิ่มขึ้นของธุรกิจการเลี้ยงโคนมนี้จะส่งผลต่อความต้องการอาหารหยาบสำหรับใช้เลี้ยงโคนมเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน แต่เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีพื้นที่และขาดการชลประทานสำหรับปลูกสร้างทุ่งหญ้าให้เพียงพอกับความต้องการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูแล้ง (ธันวาคม–พฤษภาคม) การขาดแคลนอาหารหยาบสำหรับใช้เลี้ยงโคนมจะยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้น ดังนั้นการนำผลพลอยได้ทางการเกษตรมาใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับใช้เลี้ยงโคนมจึงได้รับความสนใจเป็นอย่างยิ่ง ผลพลอยได้ทางการเกษตรส่วนใหญ่จะมีคุณค่าทางโภชนะ และการใช้ประโยชน์ของสัตว์ค่อนข้างต่ำ การที่จะนำมาใช้ควรที่จะมีการปรับปรุงคุณภาพให้มีโภชนะและการใช้ประโยชน์จากอาหารของสัตว์สูงขึ้น ซึ่งจะสามารถนำผลพลอยได้ทางการเกษตรมาใช้แก้ปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบสำหรับโคนมในช่วงที่ฤดูแล้ง

ผลพลอยได้ทางการเกษตรมีมากมายหลายชนิด เช่น ฟางข้าว ใบมันสำปะหลัง ยอดอ้อย และกากอ้อย เป็นต้น ผลพลอยได้จากการเกษตรเหล่านี้มีคุณค่าทางโภชนะค่อนข้างต่ำ และการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ทางการเกษตรของสัตว์นั้นยังไม่ดี ดังนั้นการที่จะนำมาเป็นอาหารสัตว์จึงต้องทำการปรับปรุงให้มีคุณภาพที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ เพื่อที่จะทำให้สัตว์สามารถใช้ประโยชน์ได้ดีมากขึ้น การปรับปรุงคุณภาพนั้นมีมากมายหลายวิธี แต่ส่วนใหญ่เป็นการปรับปรุงคุณภาพของฟางข้าวเป็นหลัก ส่วนการปรับปรุงคุณภาพของผลพลอยได้อื่นๆ นั้นมีน้อยมาก โดยเฉพาะกากอ้อยซึ่งจะมีรายงานการศึกษาเฉพาะในประเทศที่มีการปลูกอ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจหลักเท่านั้น เช่น คิวบา อินเดีย เปอร์โตริโก และฟิลิปปินส์ ซึ่งส่วนใหญ่มุ่งเน้นการปรับปรุงคุณภาพทางด้านเคมี และกายภาพ แต่การปรับปรุงผลพลอยได้ทางการเกษตรด้วยกรรมวิธีการหมักนั้นยังไม่มีรายงานการศึกษา อย่างไรก็ตามการนำผลพลอยได้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นอาหารหยาบหมักสำหรับเป็นอาหารโคนมนั้นเป็นวิธีหนึ่งที่น่าสนใจ การทำการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการนำเอาผลพลอยได้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นอาหารหยาบหมักเพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้งสำหรับใช้เลี้ยงโคนม

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาถึงคุณค่าทางโภชนะของผลพลอยได้ทางการเกษตร
2. เพื่อทำการคัดเลือกผลพลอยได้ทางการเกษตรที่มีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นอาหารหยาบหมักสำหรับใช้เลี้ยงโคนม
3. เพื่อศึกษาวิธีการผลิตอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรให้มีคุณภาพและคุณค่าทางโภชนะเหมาะสม สำหรับใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคนม
4. เพื่อศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาอาหารหยาบหมักที่ผลิตจากผลพลอยได้ทางการเกษตร
5. เพื่อศึกษาผลการตอบสนองการให้ผลผลิตน้ำนมของโครีดนมที่ได้รับอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร โดยเปรียบเทียบกับโครีดนมที่ได้รับหญ้าสดคุณภาพดี

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. การวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นที่จะศึกษาถึงการผลิตอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรเพื่อใช้ทดแทนอาหารหยาบ (หญ้าสดคุณภาพดี) สำหรับเลี้ยงโคนมในช่วงที่ขาดแคลนอาหารหยาบ
2. การวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นที่จะศึกษาเฉพาะผลพลอยได้ทางการเกษตรที่มีศักยภาพที่จะนำมาผลิตเป็นอาหารหยาบหมักได้ในเชิงพานิชย์

1.4 สมมติฐานของการวิจัย

1. การนำผลพลอยได้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นอาหารหยาบหมัก จะทำให้ได้อาหารหยาบหมักที่มีคุณภาพ และคุณค่าทางโภชนะเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนม
2. อาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรสามารถเก็บรักษาไว้ได้เป็นเวลานาน (6 เดือน)
3. อาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรสามารถใช้เป็นอาหารเลี้ยงโครีดนมได้ไม่แตกต่างจากหญ้าสดคุณภาพดี

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

Ensilaged Roughage Mixed, Bagasses, Dairy Cattle, Energy and Protein Requirement, Agricultural By Product

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1. ทราบถึงคุณค่าทางโภชนะของผลพลอยได้ทางการเกษตร

2. สามารถคัดเลือกผลพลอยได้ทางการเกษตรที่มีคุณค่าทางโภชนะ และศักยภาพที่เหมาะสมในการนำมาผลิตอาหารหยาบหมักสำหรับใช้เลี้ยงโคนม

3. ทราบถึงวิธีการผลิตอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรให้มีคุณภาพ และคุณค่าทางโภชนะเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนม

4. ทราบถึงระยะเวลาการเก็บรักษาอาหารหยาบหมักที่ผลิตจากผลพลอยได้ทางการเกษตร

5. สามารถผลิตอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร เพื่อใช้แก้ปัญหาการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์คุณภาพดี (หญ้าสด) ในช่วงฤดูแล้ง

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของคำสำคัญ

ผลพลอยได้ทางการเกษตร (agricultural by-product) หมายถึง วัสดุเศษเหลือทางการเกษตรจากภาคการเกษตร กระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม และการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร

อาหารหยาบหมัก (ensilage roughage) หมายถึง อาหารหยาบของโคนมที่ได้จากการนำผลพลอยได้ทางการเกษตรมาผ่านกรรมวิธีการหมัก

กากอ้อย (bagasses) เป็นส่วนของลำต้นของอ้อยที่ผ่านกรรมวิธีการบีบเอาน้ำตาลออก

โคนม (dairy cattle) ในการวิจัยครั้งนี้ใช้โครีดนมลูกผสมโฮสไตล์ฟรีเซียนระยะต้นของการให้นม (early lactation)

2.2 สถานการณ์การผลิตโคนมภายในประเทศ

ในปัจจุบันนี้การเลี้ยงโคนมภายในประเทศไทยได้มีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น โดยจะเห็นได้จากในช่วงปี 2538 – 2542 จำนวนโคนมเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ10.64 ต่อปี โดยในปี 2538 มีจำนวนโคนม 230,061 ตัว เพิ่มเป็น 328,008 ตัว ในปี 2542 และส่งผลต่อปริมาณน้ำนมดิบเพิ่มขึ้นร้อยละ 10.99 ต่อปี โดยในปี 2538 ผลิตได้ 307,229 ตัน และเพิ่มขึ้นเป็น 442,303 ตัน ในปี 2542 และในช่วงปี 2543-2545 คาดว่าจะมีจำนวนของโคนมเพิ่มขึ้นเป็น 360,776, 396,817 และ 436,459 ตัว ตามลำดับ นอกจากนี้คาดว่าในช่วงปี 2543-2545 มีปริมาณน้ำนมดิบเพิ่มขึ้นเป็น 486,489; 535,089 และ 588,544 ตัน ตามลำดับ ซึ่งจากการประมาณการของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรอ้างโดยกรมการค้าภายใน (2541) อัตราการบริโภคนมพร้อมดื่มเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.89 ต่อปี จากปี 2543 มีความต้องการในการบริโภคนม 146,936 ตันต่อปี เพิ่มขึ้น 279,105 ตันต่อปีในปี 2544

จากสถานการณ์การผลิตน้ำนมดิบและอัตราการเพิ่มจำนวนของโคนมในปัจจุบัน จะเห็นได้ว่ามีการเพิ่มจำนวนของโคนมมากขึ้นทุกปี ซึ่งจะส่งผลต่อความต้องการอาหารหยาบเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย แต่จากการสำรวจของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร พบว่า ในปี 2531-2535 มีพื้นที่แปลงหญ้าเลี้ยงสัตว์ประมาณ 750,000 ไร่ ใกล้เคียงกับพื้นที่แปลงหญ้าในปี 2538 ซึ่งมีพื้นที่ปลูกพืชอาหารสัตว์เป็น 821,000 ไร่ (ไฮดิทากา และคณะ, 2541) ซึ่งถือได้ว่ามีอัตราการขยายพื้นที่ปลูกใน

อัตราที่คงที่แต่โคนมมีจำนวนเพิ่มขึ้น และนอกจากนี้ในช่วงฤดูแล้ง (ธันวาคม-พฤษภาคม) ของทุกปี เกษตรกรต้องประสบกับปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบหรืออาหารหยาบไม่ได้คุณภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแล้วเกษตรกรที่มีพื้นที่จำกัดหรือไม่มีระบบชลประทาน ซึ่งแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าว คือ การนำวัสดุเหลือใช้หรือผลพลอยได้ทางการเกษตรที่มีในท้องถิ่นมาใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงโคนม เช่น ฟางข้าว ยอดอ้อย กากอ้อย กากมันสำปะหลัง เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามผลพลอยได้ทางการเกษตรนั้นมักจะมีคุณค่าทางโภชนะค่อนข้างต่ำ และนอกจากนี้บางชนิดยังยากต่อการเก็บรักษาอีกด้วย

2.3 ผลพลอยได้ทางการเกษตร

ผลพลอยได้ทางการเกษตรมีหลายชนิดที่สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการศึกษาการผลิตอาหารหยาบหมัก และในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้กากอ้อยเป็นแหล่งเยื่อใย และได้เสริมด้วยแหล่งโปรตีนและพลังงาน คือ แหล่งพลังงาน ได้แก่ กากมันสำปะหลังและกากน้ำตาล แหล่งโปรตีน ได้แก่ กากเบียร์และกากรำสกัดน้ำมัน ซึ่งผลพลอยได้ทางการเกษตรเหล่านี้มีศักยภาพในการนำมาผลิตอาหารหยาบหมักทั้งในด้านมีปริมาณมาก มีราคาถูก และการรวบรวมสามารถทำได้โดยสะดวก (ดังตารางที่ 2.1 และ 2.2)

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณผลผลิตของผลพลอยได้ทางการเกษตร (หน่วย: พันตัน)

	ปริมาณผลผลิต[4,5]		**ผลพลอยได้ต่อ**	**ปริมาณผลพลอยได้**	
	ปี42/43	**ปี43/44**	**ผลผลิต (%)**	**ปี42/43**	**ปี43/44**
มันสำปะหลังสด	18,751.94	18,282.78	-	-	-
กากมันสำปะหลัง	-	-	11.1[1]	2,083.34	2,031.22
อ้อย	56,099.25	53,623.89	-	-	-
กากอ้อย	-	-	30.0[2]	16,829.78	16,087.17
กากน้ำตาล	-	-	5.0[2]	2,804.96	2,681.20
ข้าวนาปี	18,977.87	19,041.73	-	-	-
กากรำสกัดน้ำมัน	-	-	8.0[3]	1,518.23	1,523.34
ข้าวนาปรัง	5,233.15	4,953.56	-	-	-
กากรำสกัดน้ำมัน	-	-	8.0[3]	418.65	396.2848

[1]เยาวมาลย์ และ สาโรช (2543) [2]จุฑามาศ (2539) [3]บรรจบ (2542) [4,5]สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2544ก;ข)

ตารางที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบทางโภชนะของผลพลอยได้ทางการเกษตร (หน่วย: เปอร์เซ็นต์)

ชนิดผลพลอยได้	DM	CP	CF	EE	ASH	NFE	TDN	ที่มา
กากมันสำปะหลังสด	-	2.3	-	-	-	81.0	-	ชวนิศนดากร(2500)
กากมันสำปะหลังสด	-	1.8	2.5	-	-	81.0	-	Ewing (1951)
กากมันสำปะหลังแห้ง	90.0	1.8	0.2	5.0	18.4	-	-	สมเจต (2530)
กากเบียร์แห้ง	-	22.0	-	-	-	-	45-50	วิบูลย์ศักดิ์ และ ญาณิน (2534)
กากเบียร์แห้ง	92.7	23.7	--	10.0	4.5	41.2	-	นาม (2524)
กากเบียร์แห้ง	93.0	29.6	15.3	7.0	4.0	44.2	-	ปะวีร์ (2525)
กากเบียร์แห้ง	92.0	25.3	15.3	6.2	-	-	-	NRC (1988)
กากเบียร์แห้ง	91.1	27.9	11.7	7.4	4.8	-	-	Allen (1982)
กากเบียร์สด	32.7	-	2.43	1.5	0.7	12.5	-	สากล (2523)
รำสกัดน้ำมัน	83.3	16.0	8.7	1.0	11.5	-	84.0	ปกรณ์ (2540)
กากน้ำตาล	75.0	3.0	-	-	8-10	-	-	ปิยศักดิ์ (2538)
กากอ้อยสด	45.5	1.4	41.7	0.5	1.7	-	-	คู่ขวัญ (2543)
กากอ้อย	-	-	48.0	-	3.2	-	-	Rangnekar (1988)

2.3.1 กากอ้อย

กากอ้อยเป็นผลพลอยได้จากโรงงานผลิตน้ำตาล และในช่วงเดือน ธันวาคม-เมษายน ของทุกปี จะมีการนำอ้อยเข้าหีบซึ่งจะทำให้ได้ปริมาณกากอ้อยในปริมาณมาก (ปรีชา, 2523)

อ้อยเป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ผลิตน้ำตาลทรายในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลทราย ซึ่งในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายจะเริ่มตั้งแต่นำอ้อยเข้าชั่งน้ำหนัก แล้วเทลงสะพานอ้อยเพื่อนำเข้าสู่มีดตัดและเครื่องตีอ้อยให้เป็นฝอย ต่อจากนั้นจึงนำอ้อยเข้าหีบเพื่อสกัดเอาน้ำอ้อยออกมา ส่วนที่เหลือจากการสกัดน้ำอ้อยในขั้นตอนนี้ เรียกว่า กากอ้อย ส่วนของน้ำอ้อยจะนำไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์และกรองเอาสิ่งสกปรกออก แล้วนำไปต้มเพื่อระเหยน้ำออกซึ่งจะได้น้ำอ้อยในลักษณะที่เป็นน้ำเชื่อม จากนั้นทำการเคี่ยวจนเป็นผลึกในหม้อเคี่ยว ส่วนผสมในขั้นนี้ เรียกว่า แมสซีควิท (massecuite) จะถูกนำเข้าหม้อปั่นความเร็วสูง (centrifuge) เพื่อแยกผลึกน้ำตาลออกจากของเหลว (กากน้ำตาล) ซึ่งนิยมทำการปั่นแยกผลึกน้ำตาล 3 ครั้ง เพื่อที่จะแยกผลึกน้ำตาลออกจากกากน้ำตาลได้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้น โดยจะทำให้ได้น้ำตาลทรายและกากน้ำตาลออกมาในระหว่างการปั่นเหวี่ยงทั้ง 3 ครั้ง คือ น้ำตาลทรายเกรดเอ (a sugar) น้ำตาลทรายเกรดบี (b sugar) และน้ำตาลทราย

เกรดซี (c sugar) นอกจากนี้ยังได้กากน้ำตาลออกมา 3 เกรด เช่นกัน คือ กากน้ำตาลเกรดเอ (a molasses) กากน้ำตาลเกรดบี (b molasses) และกากน้ำตาลเกรดซี (c molasses) น้ำตาลทรายที่ได้เป็นน้ำตาลทรายดิบและจะนำไปผลิตเป็นน้ำตาลทรายขาวและน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ต่อไป (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2528)

กากอ้อยเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรที่ได้จากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลทราย โดยใช้ต้นอ้อยเป็นวัตถุดิบ 1 ตัน จะได้กากอ้อย 300 กิโลกรัม หรือ ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ของอ้อยเข้าหีบทั้งหมด (จุฑามาศ, 2539) และจากรายงานของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2544ก) รายงานว่ามีอ้อยเข้าหีบในปี 2543/44 จำนวนทั้งสิ้น 53.6 ล้านตัน ดังนั้นจะมีกากอ้อยทั้งสิ้น 16.1 ล้านตัน กากอ้อยเป็นส่วนเส้นใยของลำต้นที่ทำการบีบคั้นน้ำออกไปแล้ว ซึ่งจะประกอบไปด้วย ความชื้น 46-52 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 43-52 เปอร์เซ็นต์ และของแข็งที่ละลายได้ 2-6 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาการผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร, 2541) และจุฑามาศ (2539) มีรายงานว่า กากอ้อยเป็นส่วนของเยื่อใยซึ่งส่วนใหญ่จะประกอบด้วยเซลลูโลส (cellulose) ประมาณ 47 เปอร์เซ็นต์ เพนโตแพน (pentophan) ประมาณ 25.1 เปอร์เซ็นต์ และลิกนิน (lignin) ประมาณ 19.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนของเซลลูโลสจะเป็นโพลิเมอร์ (polymer) ของ เบต้ากลูโคส (β-glucose) ต่อกันด้วยพันธะเบต้า 1-4 ไกลโคซิดิก (β, 1-4, glycosidic bond) สูตรโครงสร้าง $(C_6H_{10}O_5)_n$ ซึ่งจะพบอยู่รวมกับเพนโตแพน และลิกนิน ในแง่การนำกากอ้อยมาใช้เป็นอาหารสัตว์โดยทั่วไปสัตว์ไม่สามารถย่อยสลายเยื่อใยได้เอง แต่ในสัตว์กระเพาะรวมนั้นได้อาศัยเอนไซม์จาก จุลินทรีย์ในการย่อยสลาย อย่างไรก็ตามถือได้ว่ากากอ้อยเป็นแหล่งเยื่อใยที่มีปริมาณมาก จำต้องมีการปรับปรุงคุณภาพให้เหมาะสมก่อนที่จะนำไปใช้เลี้ยงโคนม

โดยจะเห็นได้ว่ากากอ้อยจะมีคุณภาพค่อนข้างต่ำ การนำมาใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงโคนมโดยตรงทำให้สัตว์ได้รับโภชนะได้ไม่เพียงพอกับความต้องการ แต่อย่างไรก็ตามการปรับปรุงคุณภาพกากอ้อยโดยเสริมอาหารแหล่งโปรตีนและพลังงาน เพื่อที่ทำให้เกิดความสมดุลทางโภชนะ (balanced nutrition) สามารถนำมาเลี้ยงโคนมได้ดี (Suksombat, 1996; 1998; 1999; 2000; Suksombat et al., 1999)

2.3.2 กากมันสำปะหลัง

กากมันสำปะหลังเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรที่ได้จากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งมีกระบวนการผลิต เริ่มตั้งแต่การนำหัวมันสำปะหลังสดซึ่งมีความชื้นประมาณ 63.8 เปอร์เซ็นต์ มีแป้งประมาณ 27.65 เปอร์เซ็นต์ มาแยกเอาดินออกและนำเข้าเครื่องทำการล้างทำความสะอาด จากนั้นส่งผ่านไปยังเครื่องสับ (root cutter) เพื่อสับหัวมันสำปะหลังให้เป็นชิ้นเล็กๆ เมื่อได้มันสำปะหลังชิ้นเล็กๆ แล้ว ก็จะทำการขูดหัวมันด้วยเครื่องขูดหัวมัน (rasper) จากนั้นทำการแยกส่วนที่เป็นกากออกครั้งแรก ในส่วนที่เป็นแป้งนั้นจะแช่อยู่ในบ่อน้ำแป้ง ซึ่งจะนำไปทำการฟอกสีด้วยไอกำมะถัน และจะนำน้ำแป้งนี้มาแยกกากออกเป็นครั้งที่ 2 ด้วยตะแกรงโยกอีก 2-3 ครั้ง น้ำแป้งที่ได้นี้จะนำไปทำให้ข้นด้วยวิธีการปั่นเหวี่ยง และเข้าเครื่องอบแห้งซึ่งจะได้แป้งมันสำปะหลัง เพื่อนำไปคัดแยกโดยใช้ตะแกรงโยกต่อไป ส่วนที่เป็นกากที่ได้จากการคัดแยกทั้ง 2 ครั้ง เป็นส่วนที่เรียกว่า กากมันสำปะหลัง (สุรพงษ์, 2525)

กากมันสำปะหลังเป็นผลพลอยได้จากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง ในการผลิตแป้งมัน เยาวมาลย์ และสาโรช (2543) รายงานว่าถ้าใช้หัวมันสำปะหลัง 100 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ได้กากมันสำปะหลัง 11.1 เปอร์เซ็นต์ และจากรายงานของสถิติการเกษตรปี 2544 ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร พบว่ามีปริมาณผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดในปี 2543/44 มีปริมาณ 18,282.8 พันตันต่อปี เพราะฉะนั้นจะได้กากมันสำปะหลัง 2,031.2 พันตันต่อปี กากมันสำปะหลังนี้เป็นส่วนที่เหลือจากการสกัดเอาแป้งออก แต่ยังคงมีแป้งเหลืออยู่ประมาณ 64.6 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง และจะประกอบด้วยโภชนะโปรตีน 1.8 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 5.0 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.2 เปอร์เซ็นต์ และสัตว์สามารถย่อยและใช้ประโยชน์ได้ถึง 74 เปอร์เซ็นต์ (สมเจต, 2530) และจากรายงานของ ชวนิศนดากร (2500) รายงานว่ากากมันสำปะหลังมีส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรต 81 เปอร์เซ็นต์ สามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้สูงถึง 20 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารสุกร พบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีแต่ถ้าใช้ในสูตรอาหารสูงกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวลดลง

2.3.3 กากรำสกัดน้ำมัน

กากรำสกัดน้ำมันเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรที่ได้จากโรงงานสกัดน้ำมันรำข้าว เมื่อได้มีการสกัดน้ำมันออกแล้วก็สามารถเก็บไว้ได้นาน และสามารถนำมาผสมเป็นอาหารสัตว์ได้ แต่มีข้อจำกัดของการใช้ คือ มีพลังงานค่อนข้างต่ำ ถ้าใช้ในปริมาณมากจะมีความฟ่ามสูง สัตว์กินได้น้อยลง

ทำให้สัตว์ได้รับพลังงานไม่เพียงพอ แต่สัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถใช้ประโยชน์ได้โดยอาศัยการย่อยสลายของจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมน

กรรมวิธีในการในการสกัดน้ำมัน (บรรจบ, 2542) คือ แยกเอาน้ำมันออกให้มีคุณภาพสูง โดยใช้ความดันไฮโดรลิก ทำให้ได้น้ำมันคุณภาพดีแต่ได้น้ำมันในปริมาณน้อย 10-12 เปอร์เซ็นต์ และการใช้สารตัวทำละลายจะได้น้ำมันมากถึง 10-18 เปอร์เซ็นต์ ขั้นตอนการสกัดน้ำมันประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆ โดยเริ่มจาก การทำความสะอาด (cleaning) เป็นขจัดสิ่งปลอมปนออก เช่น เมล็ดข้าว แกลบ ปลายข้าว และการให้ความร้อน (heat treatment) เป็นการทำให้ไขมันนั้นอิสระจากส่วนประกอบอื่นๆ ซึ่งจะทำให้สามารถสกัดออกมาได้ง่าย นอกจากนี้การใช้ความร้อนนั้นยังมีผลยับยั้งการทำงานของไลโปไลติคเอนไซม์ (lypolytic enzyme) ที่มีอยู่ในรำข้าว ซึ่งจะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดปฏิกริยาไฮโดรไลซีส (hydrolysis) ของไกลเซอไรด์ (glyceride) ส่งผลทำให้ได้น้ำมันน้อยลง ในช่วงการฟอก (refining) สำหรับการใช้ความร้อนในรำ การใช้ความร้อนแบบเอ็กซ์ทรูด (extrusion cooking) ได้รับความนิยมกันมาก และทำให้ได้น้ำมันในปริมาณสูงซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ความร้อนแบบอื่นๆ การใช้ความร้อนแบบเอ็กซ์ทรูดควรจะมีอุณหภูมิที่ 130 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของรำอยู่ที่ 97-99 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ปริมาณความชื้นของรำ ควรอยู่ในช่วง 12-13 เปอร์เซ็นต์ ก่อนการเอ็กซ์ทรูดและหลังเอ็กซ์ทรูดความชื้นจะต้องน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ต่อจากนั้นจะเข้ากระบวนการสกัดน้ำมัน (extraction) กรรมวิธีในการสกัดน้ำมันจากรำมี 2 วิธีคือ

(1) การบีบโดยใช้แรงอัด (mechanical expression) เป็นการใช้เครื่องบีบแรงอัดสูงแยกน้ำมันออก ซึ่งนิยมใช้กับเมล็ดพืชน้ำมันและควรเป็นวัตถุดิบที่มีน้ำมันอยู่มาก เช่น ถั่วลิสง เมล็ดฝ้าย ถั่วเหลือง วิธีนี้ทำให้ได้น้ำมันน้อยแต่คุณภาพสูง เครื่องที่ใช้ในการบีบสกัดน้ำมันมี 2 ชนิดคือ แบบไฮโดรลิค (hydraulic press) และแบบเกลียวอัด (screw type press หรือ expeller) ซึ่งแบบไฮโดรลิคเมื่อบีบน้ำมันแล้วจะเอากากออกทุกครั้งแต่แบบเกลียวอัดเมล็ดพืชน้ำมันจะถูกป้อนเข้าเครื่องติดต่อกันตลอดเวลา

(2) การสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction) ตัวทำละลายที่ใช้ได้แก่ เอน-เฮกซ์เซน (n-hexane), เบนซีน (benzene), อะซิโตน (acetone), ไซโคลเฮกซ์เซน (cyclohexane), คาร์โบไดซัลไฟด์ (carbodisulfide) และเอทิล เมทิล คีโตน (ethyl methyl ketone) ซึ่งตัวทำละลายที่นิยมใช้มากที่สุด คือ เอน-เฮกซ์เซน ซึ่งสามารถสกัดน้ำมันจากพืชได้มากถึง 95-99 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะการทำงานของเครื่องสกัดน้ำมันโดยจะดูดสารทำละลายและวัตถุดิบสวนกันไปมาในท่อน้ำมันจาก วัตถุ

ดิบจะละลายอยู่ในสารทำละลาย เรียกว่า มีสเซลลา (miscalla) จากนั้นกรองแยกกาก และส่งผ่านท่อไปกลั่นแยกสารทำละลายออก น้ำมันที่ได้เป็นน้ำมันดิบก็จะถูกส่งเข้าสู่ขบวนการทำให้บริสุทธิ์ต่อไป

กากรำสกัดน้ำมันนี้เป็นผลพลอยได้จากโรงงานผลิตน้ำมันรำข้าว ในการผลิตน้ำมันรำข้าว บรรจบ (2542) รายงานว่า รำที่สามารถนำมาใช้ในการสกัดน้ำมันสามารถคิดเป็น 8 เปอร์เซ็นต์ ของข้าวเปลือกทั้งหมด ซึ่งจากรายงานของสถิติการเกษตรปี 2544 พบว่ามีปริมาณผลผลิตข้าวในปี 2543/44 มีปริมาณ 19,041 พันตันต่อปี เพราะฉะนั้นจะได้กากรำสกัดน้ำมัน 1,523 พันตันต่อปี กากรำสกัดน้ำมันประกอบด้วยโภชนะโปรตีน 16.01 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 8.70 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 1.0 เปอร์เซ็นต์ และ สัตว์สามารถย่อยและใช้ประโยชน์ได้ถึง 84 เปอร์เซ็นต์ (ปกรณ์, 2540)

2.3.4 กากเบียร์

กากเบียร์เป็นผลพลอยได้จากโรงงานผลิตเบียร์ ซึ่งเป็นส่วนของข้าวมอลท์ (malt) ที่เหลือจากการสกัดเอาแป้งและน้ำตาลออกไปบางส่วนเพื่อใช้ในการผลิตเบียร์ มีรายงานว่าจากหนังสือพิมพ์ประชาชาติธุรกิจ วันที่ 6 กรกฎาคม 2526 อ้างโดยเฉลิมชัย (2527) รายงานว่า ในการผลิตเบียร์ 1 ลิตร จะมีส่วนที่เป็นกากของข้าวมอลท์ 100 กรัม และในส่วนกากนี้จะมีส่วนประกอบโปรตีนที่ค่อนข้างสูงซึ่งสามารถใช้เป็นแหล่งโภชนะโปรตีนได้เป็นอย่างดี (เฉลิมชัย, 2527)

ข้าวมอลท์ เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเบียร์ ซึ่งได้มาจากข้าวบาร์เลย์ โดยกระบวนการผลิตต่างๆ เริ่มตั้งแต่การนำข้าวมอลท์มาบดให้เมล็ดแตกพร้อมทั้งใส่น้ำในถังผสม และให้ความร้อนที่เหมาะสมเพื่อกระตุ้นเอนไซม์ที่มีในข้าวมอลท์ให้เปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลมอลโตส (maltose) หลังจากนั้นทำการแยกเอากากข้าวมอลท์ออก ซึ่งเรียกส่วนนี้ว่า กากเบียร์ ส่วนที่เป็นของเหลวเรียกว่า เวิร์ท (wort) ซึ่งมีน้ำตาลมอลโตสอยู่ ทำการต้มพร้อมเติมฮ็อพ หลังจากนั้นทำการกรองเอากากฮ็อพออกและทำให้เย็น ซึ่งส่วนนี้จะนำไปเข้าถังหมักเพื่อทำการผลิตเบียร์ต่อไป

2.3.5 กากน้ำตาล

กากน้ำตาลเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรจากโรงงานผลิตน้ำตาลทราย ประกอบด้วยน้ำ 25 เปอร์เซ็นต์ และวัตถุแห้ง 75 เปอร์เซ็นต์ โดยวัตถุแห้งนั้นจะประกอบไปด้วย น้ำตาลซูโคส (sucrose) 25-40 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลชนิดอื่น (reducing sugar) 12-35 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีนรวม 3 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 8-10 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งแร่ธาตุต่างๆ สูง (Ca, K, Cl, S, P, S) กากน้ำตาลจะ

มีรสหวานและมีกลิ่นหอม (ปิยศักดิ์, 2538) กากน้ำตาลยังเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการหมัก เพราะจุลินทรีย์สามารถนำกากน้ำตาลไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตและสร้างเซลล์ได้ดี

2.4 การใช้ผลพลอยได้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นอาหารสัตว์

การปรับปรุงคุณภาพผลพลอยได้ทางการเกษตรมีวิธีการต่างๆ มากมาย เช่น วิธีทางกายภาพ (physical pretreatment) ได้แก่ การแช่ในน้ำ (soaking/wetting) การสับ (chopping) การบดและการอัดเม็ด (grinding and pelleting) การอบด้วยไอน้ำความดันสูง (steaming upper pressure) เป็นต้น วิธีทางเคมี (chemical pretreatment) ได้แก่ การใช้สารละลายที่เป็นด่าง (pre-treatment with alkalis) การใช้สารละลายที่เป็นกรด (pre-treatment with acid) เป็นต้น วิธีทางชีวภาพ (biological pre-treatment) ได้แก่ การหมักย่อยด้วยเชื้อราบางชนิด (ensilage) การใช้เอนไซม์ (enzyme additions) เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดวิธีการปรับปรุงคุณภาพผลพลอยได้ทางการเกษตรด้วยวิธีการต่างๆ ดังกล่าวได้มีรายงานโดยนักวิจัยหลายๆ ท่าน เช่น Ibrahim and Pearce (1983); Sunstol (1984); Wanapat et al. (1985); Doyle et al. (1986) และ Cabello (1994) แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาถึงวิธีการนำผลพลอยได้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นอาหารหยาบหมักเพื่อใช้เป็นอาหารเลี้ยงโคนม และการที่จะผลิตอาหารหยาบหมักจำเป็นต้องมีการเสริมแหล่งโปรตีนและพลังงานชนิดอื่นๆ เพื่อให้มีความสมดุลทางโภชนะ

การศึกษาการปรับปรุงคุณภาพกากอ้อยสำหรับที่จะนำมาเป็นอาหารเลี้ยงโคนมยังมีการศึกษาและการวิจัยน้อย แต่จากงานวิจัยของ Suksombat (1996) ได้ทดลองใช้กากอ้อย 20 เปอร์เซ็นต์ ผสมลงในอาหารหยาบ 4 สูตรมีการเสริมมันสำปะหลังเพื่อเป็นแหล่งพลังงานและเสริมกากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนในการเลี้ยงโคนมในช่วงปลายระยะให้นม พบว่าโครีดนมที่ได้รับอาหารหยาบผสมทั้ง 4 สูตรให้ผลผลิตน้ำนมเฉลี่ย 8.3-9.3 กก.ต่อวัน และ Suksombat (1998; 1999; 2000) และ Suksombat et al. (1999) ได้ใช้กากอ้อยที่ระดับต่างๆ ตั้งแต่ 32-64 เปอร์เซ็นต์ เป็นส่วนประกอบในอาหารหยาบผสมที่เสริมด้วยมันสำปะหลังและกากเมล็ดฝ้ายใช้เลี้ยงโครีดนมในระยะให้นมต่างๆโดยเปรียบเทียบกับการให้หญ้าสด พบว่าอาหารหยาบผสมสามารถใช้ทดแทนหญ้าสดได้ทั้งหมด และได้นำอาหารหยาบผสมมาทำการอัดก้อน (รูปทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 25-29 มม.) แล้วนำมาเลี้ยงโคนมโดยเปรียบเทียบกับหญ้าสด พบว่า โคที่ได้รับอาหารหยาบผสมอัดก้อนสามารถกินอาหารได้เพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มที่จะให้ผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้น จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่ากากอ้อยสามารถที่จะนำมาเป็นส่วนประกอบอาหารหยาบผสมใช้เลี้ยงโคนมได้ แต่การนำกากอ้อย

มาผลิตเป็นอาหารหยาบหมักยังไม่มีการศึกษา แต่อย่างไรก็ตามกากอ้อยน่าจะสามารถนำมาปรับปรุงคุณภาพโดยกรรมวิธีการหมักเพื่อเป็นอาหารหยาบใช้เลี้ยงโคนมได้เช่นกัน

2.5 อาหารหยาบหมัก

อาหารหมัก (ensilage) หมายถึง ผลผลิตของพืชอาหารสัตว์หรือผลพลอยได้ทางการเกษตรที่มีความชื้นสูงมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ได้เก็บรักษาคุณภาพไว้โดยอาศัยขบวนการหมัก ในสภาพที่ไร้ออกซิเจน (anaerobic condition) ในหลุมอาหารหมักหรือไซโล (silo) เพื่อที่จะใช้เลี้ยงสัตว์ในช่วงที่ขาดแคลนอาหาร โดยการเก็บรักษาอาหารหมักจะอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ในกลุ่มที่สามารถผลิตกรดแลคติคได้ เพื่อทำให้เกิดสภาพความเป็นกรด-ด่างที่ต่ำลง (ประมาณ 4.2) ซึ่งจะสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ได้ แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานการศึกษาถึงการนำผลพลอยได้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นอาหารหมัก แต่จะมีรายงานถึงการผลิตอาหารหมักจากพืชอาหารสัตว์เป็นส่วนใหญ่ ดังมีในรายงานของ Bolsen et al. (1995), McDonald (1981), McDonald et al. (1991; 1995) และ Woodford (1984)

2.5.1 กระบวนการหมัก (fermentation process)

ในกระบวนการผลิตอาหารหมักนั้นสามารถแบ่งระยะการหมักได้เป็น 4 ระยะ กล่าวคือ (Bolsen et al., 1995; McDonald, 1981; McDonald et al., 1991; 1995; Woodford, 1984)

2.5.1.1 ระยะที่มีการใช้ออกซิเจน (aerobic phase)

เมื่อนำวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารหมักเข้าสู่หลุมหมัก พบว่ามีปัจจัย 2 ประการที่สำคัญ คือ การใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์และเซลล์พืช และการสลายโปรตีน (proteolysis)

ในระยะแรกสภาพภายในหลุมหมักจะมีอากาศหลงเหลืออยู่ ส่งผลทำให้เกิดหายใจของเซลล์พืชสดและการเจริญของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน โดยจะทำให้เกิดการสลายน้ำตาลของเซลล์พืชซึ่งจะให้ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และความร้อนออกมา ซึ่งในส่วนของความร้อนที่เกิดขึ้นจะไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์โปรตีเอสของพืช (protease) ทำให้เกิดการย่อยสลายโปรตีนให้เปลี่ยนไปเป็น โปรตีนโมเลกุลคู่ กรดอะมิโน แอมโมเนีย เอไมด์ และเอมีน ในระยะนี้จะมีการสูญเสียน้ำตาลมากและเป็นระยะที่มีความสำคัญต่อการเก็บรักษาอาหารหมัก อย่างไรก็ตามน้ำตาลเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดแลคติค (lactic acid bacteria) ซึ่งจะใช้น้ำตาลในการผลิตกรดแลคติค ซึ่งมีความสำคัญต่อการเก็บรักษาในรูปอาหารหมัก

ความร้อนที่เกิดขึ้นในระยะนี้ประมาณ 42-44 องศาเซลเซียส ซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของพืชสดเป็นสีเหลืองและลดการย่อยได้ของโปรตีนและเยื่อใย

2.5.1.2 ระยะการหมัก (fermentation phase)

เป็นสภาวะไร้ออกซิเจน จุลินทรีย์ที่สำคัญในกระบวนการหมักนี้คือ จุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดแลคติค ซึ่งกรดแลคติคเองจะมีค่าการแตกตัวให้กรดที่สูง (pKa=4.2) ซึ่งสำคัญต่อการเก็บรักษาอาหารหมักในสภาพความเป็นกรดจะส่งผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ และนอกจากนี้การทำงานของจุลินทรีย์ในกลุ่มที่ผลิตกรดแลคติคยังให้สารยับยั้งอื่นๆ อีก เช่น สารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ แบคเทอริโอซิน เป็นต้น ในระยะการหมักนี้ยังมี จุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหมัก เช่น เอนเทอโรแบคทีเรีย (enterobacteria), คลอสติเดียม (clostridia spore) ยีสต์ และรา ซึ่งจะให้ผลในเชิงลบกับคุณภาพของอาหารหมัก โดยที่จุลินทรีย์เหล่านี้จะไปแย่งใช้คาร์โบไฮเดรตกับ จุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติคและให้ผลผลิตที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อการหมัก ในส่วนของ enterobacteria จะเจริญได้ในสภาพความเป็นกรด-ด่างประมาณ 6.7 และมีหลายสายพันธุ์ (strains) จะไม่เจริญในสภาพความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 5 การเจริญของ clostridia spores สามารถที่จะใช้เป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพของอาหารหมักได้ โดยที่ clostridia spore จะสามารถเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นกรดบิวทีริคซึ่งจะมีผลต่อการสูญเสียวัตถุแห้ง การย่อยได้พลังงาน และการย่อยสลายโปรตีนได้เช่นเดียวกันกับ enterobacteria อย่างไรก็ตาม clostridia spore จะหยุดเจริญเติบโตเมื่อมีระดับความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 4.6 และมีความชื้นต่ำกว่า 65 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงการหมักนี้ในพืชอาหารสัตว์จะใช้ระยะเวลาประมาณ 7-30 วัน โดยจะขึ้นอยู่กับความชื้นของวัตถุดิบที่ใช้หมัก ซึ่งถ้าความชื้นมากกว่า 65 เปอร์เซ็นต์ กระบวนการหมักจะดำเนินไปอย่างรวดเร็ว แต่ถ้าความชื้นมีค่าน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ กระบวนการหมักจะดำเนินไปอย่างช้าๆ โดยปกติแล้ววัตถุดิบที่ใช้หมักมีความชื้นประมาณ 55-75 เปอร์เซ็นต์ จะมีระยะการหมัก 7-21 วัน

2.5.1.3 ระยะคงสภาพของอาหารหมัก (stable phase)

ถ้าหลุมหมักปิดสนิทและมีการลดต่ำลงของความเป็นกรด-ด่างในระดับต่ำ (ต่ำกว่า 4.2) จะทำให้กิจกรรมต่างๆ ทางชีวเคมีหยุดลง อย่างไรก็ตามการย่อยสลายเฮมิเซลลูโลสยังเกิดขึ้นได้แต่จะเกิดในอัตราที่ต่ำมาก ซึ่งในการย่อยสลายจะให้น้ำตาลออกมา ถ้ากระบวนการหมักหยุดเพราะการขาดคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ จุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดแลคติคจะมีการเจริญเติบโตขึ้นได้ใหม่ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด-ด่าง ปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของอาหารหมักในระยะนี้ คือ อากาศภายในหลุมหมัก ซึ่งถ้ามีอากาศเข้าสู่หลุมหมักจะเป็นสาเหตุที่ทำ

ให้จุลินทรีย์ในกลุ่มที่ใช้ออกซิเจน เช่น enterobacteria, clostridium, ยีสต์ และรา มีการเจริญเติบโตขึ้นส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักแห้ง และความน่ากิน

2.5.1.4 ระยะนำอาหารหมักไปใช้ประโยชน์ (feed out phase)

เมื่อทำการเปิดหลุมหมักอากาศจากภายนอกจะเข้าสู่ผิวหน้าของอาหารหมัก ซึ่งจะเกิดการสูญเสียวัตถุแห้ง และโภชนะต่างๆ เพราะจุลินทรีย์จะมีการเจริญ โดยจะใช้น้ำตาล ผลผลิตจากการหมัก และคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ นอกจากนี้ยีสต์และราก็จะเริ่มมีการเจริญเพิ่มจำนวนมากขึ้นและจะผลิตสารที่เป็นพิษ เช่น mycotoxin และ aflatoxin ซึ่งมีผลเสียต่อสุขภาพของสัตว์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Bolsen et al., (1995) ถึงการเจริญเติบโต เพิ่มจำนวนของยีสต์และราในอาหารหมักในระยะที่เปิดหลุมหมัก พบว่า มีจำนวนยีสต์และราสูงถึง 10^7-10^8 cfu/g และ 10^6-10^7 cfu/g ตามลำดับซึ่งจะทำให้เกิดความร้อนออกมาส่งผลให้มีการสูญเสียวัตถุแห้ง โดยประมาณว่าถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 8-12 องศาเซลเซียส จะสูญเสียวัตถุแห้งประมาณ 1.5-3.0 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน

2.5.2 จุลินทรีย์ในกระบวนการหมัก

จุลินทรีย์ที่สำคัญต่อกระบวนการผลิตอาหารหมักนั้น จะปนเปื้อนมากับวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มต่างๆ (McDonald, 1981; McDonald et al., 1991; 1995) ดังนี้

2.5.2.1 ยีสต์และรา

ส่วนใหญ่จะพบในปริมาณมากในวัตถุดิบที่ใช้หมักที่ไม่สด แต่โดยทั่วไปแล้วจะพบว่ามีในปริมาณน้อยในพืชสด โดยส่วนใหญ่แล้วจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้จะต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต แต่ก็มีบางชนิดที่สามารถเจริญเติบโตในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน อย่างไรก็ตามทั้งยีสต์และรานั้นจะมีอัตราการเจริญเติบโตช้ากว่าแบคทีเรีย ดังนั้นจึงไม่มีผลต่อกระบวนการหมักแต่จะพบว่า มีผลต่อการเสื่อมเสียของอาหารหมักเมื่อทำการเปิดหลุมหรือเกิดการสัมผัสกับอากาศ

2.5.2.2 แบคทีเรีย สามารถแบ่งย่อยได้เป็น 3 กลุ่มย่อยคือ

(1) Enterobacteria เป็นจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ทั้งสภาพที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน โดยจะสามารถใช้น้ำตาลในการผลิตกรดอะซิติค เอทานอล และ 2, 3 –บิวต้าไดออล ซึ่งจะมีผลเสียต่อกลิ่นและรสชาดของอาหารหมักทำให้สัตว์ไม่ชอบกิน เชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ ได้แก่ พวกโคลิฟอร์ม (coliform) เช่น *Escherichia coli* และ *Klebsiella* sp. เป็นต้น อย่างไรก็ตามจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้จะมีการปนเปื้อนในวัตถุดิบที่ใช้หมักในปริมาณที่สูง และสามารถที่จะเจริญได้ในอัตราที่สูงในช่วงระยะแรกของการหมัก โดยจะพบว่า มีการเจริญแข่งขันกับจุลินทรีย์ในกลุ่มที่

ผลิตกรดแลคติค ดังนั้นในการผลิตอาหารหมักควรให้มีระดับความเป็นกรด-ด่างลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว (ต่ำกว่า 5) ก็จะเป็นการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ได้ ทำให้ได้อาหารหมักที่คุณภาพ และความน่ากินสูงขึ้น

(2) Clostridium จะมีการเจริญเติบโตในสภาพที่ไม่มีการใช้ออกซิเจนและสามารถสร้างสปอร์ได้ซึ่งจะทำให้สามารถมีชีวิตอยู่ได้ในสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต แต่ถ้าระดับความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 4.2 จะทำให้หยุดการเจริญและจะเจริญได้ดีในสภาพความเป็นกรด-ด่างประมาณ 7.0-7.4 อย่างไรก็ตามจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้จะมีการปนเปื้อนมากับดินแต่จะพบการปนเปื้อนมาในพืชสดน้อยมาก ในกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้จะทำให้เกิดการสลายโปรตีน และมีการเปลี่ยนกรดอะซิติคให้เป็นกรดบิวทีริคซึ่งทำให้มีกลิ่นเหม็นมีผลต่อความน่ากิน

(3) แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติค (lactic acid bacteria) การหมักโดย จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้จะใช้คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้เป็นสำคัญ และจะให้กรดแลคติคซึ่งจะมีผลทำให้ความเป็นกรด-ด่างลดต่ำลง (ต่ำกว่า 4.2) ทำให้เกิดสภาพที่สามารถป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของอาหารหมัก ดั้งนั้นถ้าจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้มีการเจริญได้ดีจะทำให้อาหารหมักมีคุณภาพและความน่ากินสูง แบคทีเรียในกลุ่มนี้สามารถแบ่งออกได้ 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ผลิตกรดแลคติคเป็นหลักซึ่งจะผลิตกรดแลคติคมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ของกรดทั้งหมด ซึ่งจะเรียกว่า homofermentative และกลุ่มที่ผลิตสารประกอบต่างๆ หลายชนิดในปริมาณใกล้เคียงกัน เช่น กรดแลคติค ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กรดอะซิติค เอทานอล เป็นต้น ซึ่งจะเรียกแบคทีเรียในกลุ่มนี้ว่า heterofermentative

ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่ม homofermentative และ แบคทีเรียกลุ่ม heterofermentative ในกระบวนการหมักอาหารจะมีสัดส่วนที่ไม่แน่นอนซึ่งในบางครั้งจะพบ heterofermentative สูงกว่าจุลินทรีย์อื่นๆ 80 เปอร์เซ็นต์ แต่อย่างไรก็ตามในกระบวนการหมักอาหารหมักจำเป็นจะต้องคำนึงถึงจุลินทรีย์ในกลุ่ม homofermentative ให้มีจำนวนที่สูงเพื่อทำให้ได้อาหารหมักที่มีคุณภาพที่ดีและความน่ากินสูง

2.5.3 การสูญเสียโภชนะในช่วงกระบวนการหมัก (เมธา, 2533)

2.5.3.1 การสูญเสียในช่วงเก็บเกี่ยว (field losses) ซึ่งมีรายงานในพืชอาหารสัตว์สด ว่า ถ้ามีการเก็บเกี่ยวและหมักในวันเดียวกันปริมาณโภชนะจะสูญเสียน้อยมากหรือมีการตากลดความชื้นจะทำให้วัตถุแห้งที่สูญเสียไปจะไม่เกินกว่า 1-2 เปอร์เซ็นต์ ถ้ามีการตากนานกว่า 48 ชั่วโมง โภชนะจะสูญเสียไปมากน้อยขึ้นอยู่กับว่า ถ้าตากแดดเป็นเวลา 5 วัน จะสูญเสียวัตถุแห้งประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ ถ้าตากแดดนาน 8 วัน จะสูญเสียวัตถุแห้งประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งโภชนะที่มีการสูญเสียมากที่สุด คือ แป้งและโปรตีน ซึ่งถูก ไฮโดรไลซ์ เป็นกรดอะมิโน

2.5.3.2 การสูญเสียเนื่องจากการหายใจ (respiration losses) เป็นการสูญเสียเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ในเซลล์ของพืชสด และของจุลินทรีย์ในการย่อยพวกแป้งในสภาวะที่มีออกซิเจน ผลที่ได้คือ คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ปกติแล้วในการบรรจุพืชในหลุมหมักถ้าทำการอัดพืชให้แน่นเพื่อไล่อากาศออกจะมีการสูญเสียประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ การที่ส่วนของพืชหมักถูกออกซิเจนนาน โดยเฉพาะด้านข้างและด้านบนของกองหญ้าหมัก จะทำให้ส่วนนั้นเสียซึ่งสัตว์จะไม่ชอบกิน

2.5.3.3 การสูญเสียเนื่องจากการหมัก (fermentation losses) การสูญเสียวัตถุแห้งจะเกิดขึ้นน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพลังงานนั้นสูญเสียมากกว่า ทั้งนี้เพราะมีการผลิตสารประกอบที่ให้พลังงานสูง เช่น เอทธานอล ถ้ามีแบคทีเรียพวก clostridium อาจจะทำให้มีการสูญเสียพลังงานมากกว่า เพราะมีการผลิตก๊าซต่างๆ ในปริมาณสูง เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจน และแอมโมเนีย

2.5.3.4 การสูญเสียเนื่องจากของเหลวที่รั่วไหลออก (effluent losses) การไหลซึมของของเหลวจากที่เก็บ จะเป็นการนำเอาโภชนะออกไปด้วย การสูญเสียส่วนนี้ขึ้นอยู่กับโภชนะที่นำมาหมัก ถ้านำพืชที่มีความชื้นประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ มาหมักจะสูญเสียวัตถุแห้งไปประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าพืชนั้นมีความชื้นน้อยก็จะสูญเสียน้อย

2.5.4 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพหญ้าหมัก

2.5.4.1 ระดับคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ ซึ่งเป็นสารอาหารที่สำคัญในการเจริญและผลิตกรดแลคติคของจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดแลคติค ซึ่งจากรายงานของ Dougherty (1977) พบว่า ถ้าวัตถุดิบที่ใช้หมักมีระดับคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งจะมีผลกระทบต่อการทำงานของเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus* sp. เนื่องจากถูกจำกัดโดยพลังงาน

และเขาได้สรุปว่าทุกๆ 1 เปอร์เซ็นต์ของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ที่เพิ่มขึ้นจะสามารถเพิ่มปริมาณกรดแลคติคได้ประมาณ 0.3 เปอร์เซ็นต์

2.5.4.2 ขนาดชิ้นของวัตถุดิบที่ใช้หมัก ถ้ามีขนาดเล็กจะทำให้อัดได้แน่นและจะมีอากาศภายในหลุมหมักน้อย ซึ่งปริมาณอากาศภายในหลุมหมักจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ คุณภาพอาหารหมัก เพราะเป็นการกระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนซึ่งจะทำให้เกิดการเน่าเสียเนื่องจากมีการสร้างกรดบิวทีริค (บุญฤา, 2535)

2.5.4.3 ความชื้นของวัตถุดิบที่ใช้ ถ้าวัตถุดิบที่ใช้หมักมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งมากจะทำให้อัดลำบากและถ้ามีความชื้นมากก็จะทำให้สูญเสียโภชนะและเกิดกรดได้น้อย อย่างไรก็ตามถ้าความชื้นมีในระดับสูงจะมีผลต่อการชะล้างโภชนะต่างๆ การลดลงของระดับความเป็นกรด-ด่างและปริมาณของกรดชนิดต่างๆ ดังนั้นการนำวัตถุดิบมาใช้ควรให้มีความชื้นที่เหมาะสม คือประมาณ 65-75 เปอร์เซ็นต์ (บุญฤา, 2536)

2.5.4.4 อุณหภูมิ ถ้าวัตถุดิบที่ใช้หมักมีความสดมากก็มีเซลล์ที่ยังไม่ตายมากทำให้เกิดกระบวนการหายใจของเซลล์ ทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ ความร้อน และมีการสูญเสียโภชนะต่างๆ มากตามไปด้วย (วิบูลย์ศักดิ์ และญาณิน, 2534)

2.5.4.5 ระดับโปรตีน โปรตีนเป็นโภชนะชนิดหนึ่งที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของ จุลินทรีย์ ซึ่งประมาณว่า 70-90 เปอร์เซ็นต์ ของไนโตรเจนทั้งหมดที่อยู่ในหญ้าจะอยู่ในรูปของโปรตีน ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและกระบวนการทางชีวเคมีของเซลล์ในใบพืชส่วนใหญ่จะอยู่ในไซโตพลาสซึมของเซลล์พืช ส่วนที่เหลือประมาณ 10-25 เปอร์เซ็นต์ จะอยู่ในรูปอื่นที่ไม่ใช่โปรตีน เช่น ไนเตรต คลอโรฟิล กรดอะมิโนอิสระ เอไมด์ กลูตาไมด์ แอสพาราจิน โปรตีนโมเลกุลคู่ เป็นต้น (สายัณห์, 2522)

2.5.4.6 Buffering capacity คือ ความสามารถในการต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง ซึ่งแสดงค่าจำนวนพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) ของด่างที่จะเปลี่ยนจาก 4 ไปเป็น 6 ต่อหนึ่งกิโลกรัมของวัตถุแห้ง ทั้งนี้เนื่องจากระดับความเป็นกรด-ด่างที่ 4.2 เป็นระดับที่สามารถเก็บถนอมอาหารสัตว์ในรูปการหมักได้นาน และพืชโดยทั่วไปจะมี pH ประมาณ 6 หรือสูงกว่าเล็กน้อย ดังนั้นช่วงของความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมประมาณ 4-6 (สายัณห์, 2540)

2.5.5 การใช้สารเสริมชนิดต่างๆ ในการผลิตอาหารหยาบหมัก

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารหยาบหมักควรมีคุณสมบัติที่ดี เช่น มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมัก และควรมีโภชนะต่างๆ เหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นอาหารเลี้ยงโคนม แต่อย่างไรก็ตามในการผลิตอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรครั้งนี้ได้ใช้สารเสริมเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนะ และสารเสริมกระตุ้นกระบวนการหมัก ซึ่งจะเป็นการทำให้ได้อาหารหยาบหมักที่มีคุณภาพดี และมีราคาถูก

2.5.5.1 สารเสริมในกลุ่มของสารเสริมเพิ่มโภชนะ

(1) สารในกลุ่มที่ให้พลังงาน เป็นการเพิ่มระดับโภชนะพลังงานในอาหารหมัก ซึ่งมีผลต่อความน่ากินส่งผลให้มีการกินได้เพิ่มขึ้น (Keady, 1998) นอกจากนี้ สมคิดและคณะ (2542) ได้รายงานว่าการใช้เมล็ดธัญพืชหรือวัตถุดิบที่ให้พลังงานที่มีความชื้นต่ำ จะช่วยปรับระดับวัตถุแห้งของอาหารหมัก ซึ่งสามารถทำให้มีการผลิตกรดแลคติคเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้ได้อาหารหมักที่มีคุณภาพสูง

(2) การเสริมแหล่งที่ให้โปรตีน ซึ่งวัตถุดิบที่มีโภชนะโปรตีนในระดับต่ำ เช่น ผลพลอยได้ทางการเกษตร ควรมีการเพิ่มระดับโปรตีนให้มีความเหมาะสมสำหรับใช้เลี้ยงโคนม การใช้ยูเรียเสริมในอาหารหมักเป็นวิธีที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งการใช้ยูเรียนี้จะสามารถลดการย่อยสลายโปรตีนโดยจุลินทรีย์ นอกจากนี้ในการแตกตัวของยูเรียจะให้แอมโมเนีย และที่ระดับความเป็นกรด-ด่างที่สูง และจะสามารถทำลายเซลล์ของเชื้อรา *Aspergillus apraciticus* และยีสต์ *Hansenula wingi* ได้ ซึ่งจะเป็นการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราและยีสต์ทำให้เกิดการเน่าเสียลดลง ซึ่งจะทำให้สามารถเก็บรักษาอาหารหมักได้ (Kung et al., 1998)

ตารางที่ 2.3 การเสริมแหล่งพลังงานในอาหารต่อคุณภาพของอาหารหมัก

	pH	**Lactate**	**Acetate**	**Butyrate**	**Flieg**	**คุณภาพ**
หญ้าขนสด	6.16	3.82	0.28	6.54	41.60	ปานกลาง
หญ้าขนสด + รำละเอียด 16%	5.31	7.28	0.44	3.05	63.00	ดี
หญ้าขนสด + มันเส้นบด 16%	5.05	15.18	0.00	0.75	100.00	ดีมาก
หญ้าขนสด + กากน้ำตาล 5%	4.70	8.98	0.00	4.22	94.00	ดีมาก

ปริมาณ lactate acetate และ butyrate มีหน่วยเป็น (mEq/100g)

ที่มา สมคิด และ คณะ (2542)

2.5.5.2 สารกระตุ้นการหมัก

(1) การเสริมกากน้ำตาล ระดับคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารหมักเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติค เพราะว่าจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้จะใช้คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในการใช้เป็นแหล่งพลังงานในการเจริญและผลิตกรดแลคติคได้ดี สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกลุ่มที่ไม่พึงประสงค์ เช่น clostridium และ enterobacteria ทำให้มีการย่อยสลายโปรตีนและการสูญเสียวัตถุแห้งลดลง ซึ่งจะมีความสำคัญต่อการเก็บรักษาอาหารหมัก กากน้ำตาลเป็นสารกระตุ้นการหมักที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งจะมีส่วนของน้ำตาลซูโครสในปริมาณที่สูง (ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งจุลินทรีย์นี้จะสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานได้ดี

(2) การเสริมจุลินทรีย์ในกลุ่มที่ผลิตกรดแลคติคนี้ จะมีผลทำให้เกิดการผลิตกรดแลคติคได้โดยตรง ซึ่งจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ที่นิยมนำมาใช้ควรคำนึงถึงความสามารถของจุลินทรีย์ดังนี้ (Whittenbury, 1961)

-มีอัตราการเจริญเติบโตในอัตราที่สูงกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ

-ต้องเป็นจุลินทรีย์ในกลุ่ม homofermentation

-สามารถผลิตกรดแลคติคได้เร็วและมีความทนกรดได้สูง

-สามารถใช้น้ำตาลกลูโคส ฟรุกโตส และซูโครส โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องสามารถใช้น้ำตาลฟรักแทนและเพนโตแซนได้

-ไม่ทำปฏิกริยากับกรดอื่นๆ

-ควรมีการเจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 50 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเกิดขึ้นในช่วงกระบวนการหมัก

จุลินทรีย์ที่นิยมใช้ในการเสริมลงในอาหารหมักมีหลายชนิด เช่น *Lactobacillus plantarum* ซึ่งจัดเป็นจุลินทรีย์ในกลุ่ม homofermentation ซึ่งสามารถผลิตกรดได้ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ของกรดทั้งหมด ซึ่งในการเสริมจุลินทรีย์ในกลุ่ม *Lactobacillus* sp. ส่งผลให้ระดับความเป็นกรด-ด่างลดลงอย่างรวดเร็ว และทำให้มีการสูญเสียวัตถุแห้งและโปรตีนลดลง (Ranjit and Kung, 2000; Keady and Steen, 1994; 1995; Yimin et al., 1998; 1999) แต่อย่างไรก็ตามในวัตถุดิบอาหารหมักควรมีคาร์โบไฮเดรตในระดับที่สูงมากกว่า 3.5 เปอร์เซ็นต์ เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานในการเจริญของ จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ (Frame, 1994)

2.5.6 การตรวจวัดคุณภาพของอาหารหมัก

ในการตรวจวัดคุณภาพของอาหารหมักทั่วไปนิยมที่จะมีการพิจารณาถึงสีและกลิ่นของอาหารหมักเป็นหลัก ซึ่งถ้าอาหารหมักที่มีสีเขียวอมเหลืองและมีกลิ่นหอมเปรี้ยวจะถือว่าเป็นอาหารหมักที่มีคุณภาพดี แต่อย่างไรก็ตามในการใช้วิธีนี้เป็นความคิดเห็นส่วนตัวของแต่ละบุคคล ดั้งนั้นจึงไม่มีความแม่นยำในการตัดสิน แต่อย่างไรก็ตามในการตัดสินคุณภาพของอาหารหยาบหมักเพื่อใช้เป็นอาหารโคนมนั้นควรมีการพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ดังนี้

2.5.6.1 ปัจจัยที่เกี่ยวกับประสิทธิภาพการเก็บรักษา

เป็นปัจจัยที่เป็นผลมาจากกระบวนการหมักโดยตรง ซึ่งได้อาศัยผลผลิตที่ผลิตได้โดยจุลินทรีย์ในระหว่างกระบวนการหมักเป็นเกณฑ์ในการตัดสิน โดยมีมาตรฐานการให้คะแนนซึ่งเรียกว่า คะแนนของ Flieg (Woodford, 1984) เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการใช้ตัดสินอาหารหมัก โดยจะใช้สัดส่วนของปริมาณกรดแลคติค กรดอะซิติค ต่อกรดบิวทีริค ซึ่งถ้าสัดส่วนของปริมาณกรดแลคติคต่อกรดอะซิติคและกรดบิวทีริคมีสูงก็จะได้คะแนน Flieg สูงและสามารถตัดสินได้ว่าอาหารหมักนี้มีคุณภาพดี ในการใช้สัดส่วนของกรดแลคติค กรดอะซิติค ต่อกรดบิวทีริคในการตัดสินนี้ได้อาศัยหลักการที่ว่า กระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดแลคติคจะสามารถทำให้ระดับความเป็นกรด-ด่างลดลงได้อย่างรวดเร็วสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ได้ ทำให้เกิดความคงสภาพของอาหารหมัก และจะทำให้มีการสลายโปรตีนได้ลดลง แต่ถ้าอาหารหมักมีกรดบิวทีริคในปริมาณที่สูงแสดงให้เห็นว่ามีการหมักย่อยของจุลินทรีย์กลุ่มอื่น เช่น sacharolytic bacteria, clostridia และ enterobacteria เป็นต้น จะทำให้เกิดการเน่าเสียของอาหารและย่อยสลายโปรตีน ซึ่งสอดคลองกับรายงานของ Nilsson and Rydin (1960) พบว่าปริมาณกรดบิวทีริคจะมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับปริมาณแอมโมเนีย

ระดับความเป็นกรด-ด่างในอาหารหมักเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ใช้ชี้บ่งถึงคุณภาพของอาหารหมัก ซึ่งถ้าอาหารหมักมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ต่ำกว่า 4.2 จะทำให้เกิดการยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ทุกชนิด ซึ่งเป็นการทำให้เกิดความคงสภาพของอาหารหมัก นอกจากนี้ Woolford (1978) ยังรายงานว่า ระดับความเป็นกรด-ด่างมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณแอมโมเนียเป็นกรัมต่อกิโลกรัมไนโตรเจนทั้งหมด ($R^2 = 0.92$) โดยได้ทดลองในหญ้าสดและสามารถเขียนเป็นสมการดังนี้

$$Y = (128.9 * X) - 430.3$$

โดยที่

Y คือปริมาณแอมโมเนียในหญ้าหมักมีหน่วยเป็นกรัมต่อกิโลกรัมไนโตรเจนทั้งหมด

X คือ ค่าความเป็นกรด-ด่างของหญ้าหมัก

2.5.6.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับโภชนะของอาหารหมักในแง่การนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์

ซึ่งถ้ามองในแง่การนำอาหารหมักมาใช้เป็นอาหารสัตว์นั้นจะต้องพิจารณาถึงปริมาณการกินได้ของอาหารหมักอย่างอิสระ เนื่องจากปริมาณการกินได้จะมีผลต่อการได้รับโภชนะของสัตว์และการให้ผลผลิตต่างๆ เช่น น้ำหนักตัว น้ำนม เป็นต้น การย่อยได้ของอาหารก็เป็นปัจจัยที่สำคัญเพราะอาหารมีการย่อยได้สูงก็จะทำให้สัตว์ได้รับโภชนะที่ย่อยได้สูงตามไปด้วย ซึ่งจะส่งผลต่อการให้ผลผลิตที่สูงขึ้น ประสิทธิภาพการย่อยได้ การดูดซึม ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์เพื่อการดำรงชีพและประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์เพื่อการให้ผลผลิต เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญโดยจะเป็นตัวชี้บ่งถึงประสิทธิภาพการนำโภชนะต่างๆ ของอาหารหมักไปใช้ในร่างกายของสัตว์

2.6 ความสำคัญของอาหารหยาบกับการผลิตโคนม

ประเทศไทยเป็นประเทศเขตร้อน มีฤดูแล้งที่ค่อนข้างยาวนาน ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญในการเลี้ยงโคนมเป็นอย่างมาก เนื่องจากอาหารหยาบมีคุณภาพทางโภชนะต่ำและการใช้ประโยชน์ได้ของสัตว์ค่อนข้างต่ำ ซึ่งมีผลทำให้โคนมได้รับสารอาหารต่างๆ ไม่เพียงพอกับความต้องการของโคนมในการจัดการจำเป็นต้องมีการเสริมอาหารข้นในปริมาณที่สูง ส่งผลเสียต่อกระบวนการทำงานและการหมักย่อยอาหารในกระเพาะรูเมน นอกจากนี้ในฤดูแล้งก็ต้องประสบกับปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบ โดยเฉพาะเกษตรกรรายย่อยที่มีพื้นที่จำกัด ดังนั้นแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าว คือ การนำผลพลอยได้ทางการเกษตรมาใช้ เช่น ยอดอ้อย ฟางข้าว กากอ้อย เป็นต้น แต่การนำมาใช้จะต้องมีการปรับปรุงคุณภาพเสียก่อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ได้ของสัตว์

2.6.1. อาหารหยาบ

อาหารหยาบนับว่ามีบทบาทและความสำคัญต่อประสิทธิภาพการให้ผลผลิตของโคนม เพราะอาหารหยาบเป็นอาหารหลักพื้นฐาน ซึ่งจำเป็นที่สัตว์ต้องได้รับอย่างเพียงพอ ทั้งคุณภาพ และปริมาณ อาหารหยาบสำหรับโคนมสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ (เมธา, 2538; 2540)

(1) พืชอาหารสัตว์ (forages) เป็นพืชอาหารสัตว์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ และพืชอาหารสัตว์ที่ได้จากการปลูกสร้าง

(2) ผลพลอยได้ทางการเกษตร (agricultural by-product) วัสดุเศษเหลือทางการเกษตรจากภาคการเกษตร กระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม และการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร

2.6.2. โครงสร้างและส่วนประกอบของอาหารหยาบ (วิศิษฐิพร, 2538; 2539)

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าอาหารหยาบมีความสำคัญต่อการเลี้ยงโคนม ส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ยาก ซึ่งเป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ (cell wall) ของพืช คาร์โบไฮเดรตที่สำคัญในกลุ่มนี้ คือ

2.6.2.1 เซลลูโลส (cellulose) เป็นโพลีแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ที่พบมากที่สุด เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ของพืช หรือเป็นส่วนที่เราเรียกว่า เยื่อใย เพราะทนต่อการย่อยด้วยกรดและด่าง โครงสร้างประกอบกันด้วยกลูโคสจำนวนมาก เชื่อมต่อกันด้วยพันธะเบต้า 1-4 ไกลโคซิดิก (β-1, 4-glycoside bond) ในสัตว์กระเพาะเดี่ยวนั้นจะไม่มีเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายได้ แต่ในโคนมนั้นจะอาศัยเอนไซม์จากจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมน (extra-cellular enzyme)

2.6.2.2 เฮมิเซลลูโลส (hemi-cellulose) เป็นส่วนของผนังเซลล์ของพืชเราเรียกว่าเยื่อใย (fiber) เช่นเดียวกับเซลลูโลส แต่แตกต่างกับเซลลูโลส คือ มีโครงสร้างประกอบไปด้วยพวก ดี-กลูโคส (D-glucose) ดี-แมนโนส (D-manose) ดี-ไซโลส (D-xylose) และ แอล-อะลาบิโนส (L-arabinose) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะแบบต่าง ๆ

2.6.2.3 เพคติน (pectin) เป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งของผนังเซลล์ และไม่สามารถละลายในน้ำร้อนได้เลย มีโครงสร้างประกอบด้วย กรด ดี-กาแลคทูโลนิค (D-galacturonic acid) แอล-แรมโนส (L-rhamnose) ดี-กาแลคโตส (D-galactose) แอล-อะลาบิโนส และ ดี-ไซโลส คุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่าง คือ จะมีลักษณะคล้ายวุ้น

2.6.2.4 ลิกนิน เป็นสารประกอบที่จัดได้ว่าไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต แต่มักจะอยู่ร่วมกับเซลลูโลสในผนังเซลล์ของพืช และในการวิเคราะห์อาหารแบบ proximate analysis ลิกนินนี้จะ

รวมอยู่กับส่วนของ เยื่อใย จึงมักพูดรวมว่าเป็นคาร์โบไฮเดรตโครงสร้าง ลิกนินเองจะเป็นตัวเสริมความแข็งแรงให้แก่พืช ถ้ายิ่งพืชมีอายุมากก็จะทำให้ลิกนินมีสูง เป็นผลทำให้ความสามารถในการย่อยโดยเอนไซม์จากจุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยได้ นอกจากนี้ยังไปขัดขวางการย่อยส่วนประกอบทางโภชนะอื่นๆ ที่อยู่ในผนังเซลล์อีกด้วย

2.6.3. ความสำคัญของระดับเยื่อใยในอาหารโคนม

อาหารหยาบเป็นอาหารหลักสำหรับโคนมซึ่งประกอบไปด้วยส่วนของผนังเซลล์ โดยสามารถวิเคราะห์ส่วนประกอบทางโภชนะได้ คือ เยื่อใยที่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber: NDF) ซึ่งเป็นส่วนของ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และ ลิกนิน และเยื่อใยที่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกรด (acid detergent fiber: ADF) ซึ่งเป็นส่วนของเซลลูโลสและลิกนิน ส่วนของเยื่อใยในอาหารจะมีความสัมพันธ์เชิงลบกับการกินและการย่อยได้ของโคนม แต่จะมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณไขมันในน้ำนม ซึ่ง NRC (1988) แนะนำระดับของเยื่อใยที่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลางและเยื่อใยที่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกรดในอาหารของโคนม ควรมีค่ามากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ และ 21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยที่ 75 เปอร์เซ็นต์ ของเยื่อใยที่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลางนั้นต้องมาจากอาหารหยาบ ทั้งนี้เพื่อการหมักย่อยอาหารในกระเพาะรูเมนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

เยื่อใยที่ประกอบอยู่ในอาหารโคนมนั้นจะมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับกับการกินได้วัตถุแห้ง และการกินได้ของพลังงานสุทธิ (NE) (Wangsness and Muller, 1981) อย่างไรก็ตามระดับเยื่อใยในอาหารมีความสัมพันธ์กับคุณภาพและลักษณะทางกายภาพของอาหาร ซึ่งจำเป็นที่โคนมต้องได้รับเพื่อการกระตุ้นความเจริญเติบโต ความสมบูรณ์ของเซลล์บุผิวกระเพาะรูเมน และการสำรอกอาหารเพื่อการเคี้ยวเอื้องเป็นผลให้เกิดการหลั่งน้ำลาย ซึ่งมีความสำคัญต่อการควบคุมความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนให้อยู่สภาวะปกติเหมาะสำหรับการหมักย่อยเยื่อใยในกระเพาะรูเมน และนอกจากนี้ยังจะมีผลต่อการเกิดโรคสภาวะเป็นกรดภายในกระเพาะรูเมน (acidosis) (Spahr, 1977; Clark and Davis, 1980; Wangsness and Muller, 1981)

จากรายงานของ Davis and Brown (1970) และ Davis (1979) การหมักย่อยเยื่อใยในกระเพาะรูเมน โดยจุลินทรีย์มีผลต่อทำให้เกิดการสะสมปริมาณกรดอะซิติคในกระเพาะรูเมนเพิ่มมากขึ้น โคนมจะนำไปใช้ในการสร้างไขมันในนม ซึ่งจะส่งผลต่อระดับไขมันในน้ำนม Beauchemin et al. (1994) ได้ศึกษาถึงระดับเยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลางในอาหาร

โคนมในระดับ 31, 36 และ 40 เปอร์เซ็นต์ พบว่า เมื่อเพิ่มระดับเยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลางในอาหารโคนมจะทำให้ผลผลิตน้ำนมลดลง (26.2, 23.0 และ 36.4 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ) แต่จากการทดลองของ McQueen and Robinson (1996) พบว่า ระดับของเยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลางในอาหารโคนมที่ระดับ 30.7, 35.9 และ 39.9 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อปริมาณน้ำนม ปริมาณไขมัน และปริมาณโปรตีน อย่างไรก็ตามจากรายงานของ Depies and Armentano (1995) รายงานว่า ได้ใช้แหล่งของเยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลางจากอาหารข้นเปรียบเทียบกับหญ้าอัลฟาฟ่า พบว่า เวลาที่ใช้ในการเคี้ยวเอื้อง การหลั่งน้ำลาย และปริมาณไขมันนมของโคนมที่ได้รับอาหารข้นจะลดลง

2.7. ปัจจัยการควบคุมการกินอาหารของสัตว์ (factors affecting the intake of ruminants)

ปัจจัยที่มีผลต่อการกินอาหารได้อย่างอิสระ (voluntary feed intake) ของสัตว์เคี้ยวเอื้องสำหรับการเลี้ยงดูภายในคอก (indoor feeding) นั้นเราสามารถแบ่งปัจจัยต่างๆ ออกเป็นปัจจัยต่างๆ ดังนี้ (วิศิษฐพร, 2538; 2539)

2.7.1. ปัจจัยทางเมทาโบลิค (metabolic factor control)

เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความต้องการโภชนะของสัตว์ ความสามารถที่จะดูดซึมและนำไปในการประโยชน์โภชนะของสัตว์ กล่าวคือ สัตว์จะพยายามที่จะปรับให้ความสมดุลของพลังงานภายในร่างกายมีความสอดคล้องกับสภาพแวดล้อม โดยเปลี่ยนแปลงปริมาณการกินอาหารในรูปพลังงาน รวมถึงสัตว์จะพยายามปรับปริมาณการกินอาหารให้เข้ากับสภาพทางสรีรวิทยาของสัตว์ในระยะนั้นๆ เช่น อายุ ขนาด น้ำหนัก และการให้ผลผลิต ซึ่งสามารถแบ่งย่อยได้ดังนี้

2.7.1.1.ปัจจัยทางเคมี (chemostatic factor)

(1) กรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acid)

สำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้นจะมีกรดไขมันระเหยได้ ซึ่งเป็นสารที่ได้จากการหมักย่อยในกระเพาะรูเมนของสัตว์เอง โดยกรดไขมันระเหยได้บางตัวจะมีผลควบคุมการกินอาหารของสัตว์เอง ซึ่งกรดไขมันระเหยได้ที่สำคัญ ได้แก่ กรดอะซิติค และกรดโปรพิโอนิค โดยจะมีตัวรับ (receptor) อยู่บริเวณ ส่วนกระเพาะและลำไส้ (gastrointestinal tract) ระบบเลือดในตับ (hepatic portal system) เนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue) และหรือ ส่วนสมองและไขสันหลัง (peripheral และ cerebrospinal fluid) จากนั้นจะส่งสัญญาณไปที่สมองส่วนไฮโปธาลามัสและสั่งการให้สัตว์หยุดกิน

อาหาร นอกจากนี้ระดับความเป็นกรด-ด่างก็มีผลต่อการกินอาหารของสัตว์ กล่าวคือ ถ้าภายในกระเพาะรูเมนมีความเป็นกรดสูงจะทำให้สัตว์กินอาหารลดลง โดยอาศัยกลไกในทำนองเดียวกันกับการควบคุมด้วยกรดไขมันระเหยได้นั่นเอง

(2) สารเมทาโบไลท์ต่างๆ (metabolites)

สารเมทาโบไลท์ต่างๆ ในกระแสเลือดอาจจะมีผลในการควบคุมการกินอาหารได้เช่นกัน ตัวอย่างสารเมทาโบไลท์ที่สำคัญ เช่น

-ฮอร์โมนอินซูลินและฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโต (insulin hormone และ growth hormone) สามารถทำให้สัตว์กินอาหารเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะมีผลเนื่องจากขบวนการสร้างสารต่างๆ (anabolic metabolism) ภายในร่างกายเพิ่มขึ้น

-ไดเอทิล สติลเบสทรอล (diethyl stilbestrol) สามารถทำให้สัตว์กินอาหารเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะผลจากการเก็บสะสมไนโตรเจนและขบวนการสร้างสารต่างๆ ภายในร่างกายสัตว์เพิ่มขึ้น

-ฮอร์โมนโปรเจสเตอร์โรน (progesterone hormone) ซึ่งจะพบว่าในช่วงที่สัตว์มีการตั้งท้องจะมีระดับของฮอร์โมนสูง ส่งผลต่อการกินอาหารของสัตว์เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะสัตว์ที่มีการตั้งท้องจะมีแนวโน้วในการสะสมไขมันเพิ่มขึ้น

-ฮอร์โมนเอสโตรเจน (estrogen hormone) ผลของฮอร์โมนนี้จะทำให้สัตว์กินอาหารลดลง ทั้งนี้เพราะเป็นผลมาจากสัตว์มีกิจกรรมและสัตว์มีความเครียดเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเป็นสัด

2.7.1.2.ปัจจัยทางอุณหภูมิ (thermostatic factor)

สัตว์จะสามารถปรับปริมาณการกินอาหารได้ตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ กล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นสัตว์จะกินอาหารได้ลดลง และในทางกลับกันถ้าอุณหภูมิต่ำลงสัตว์จะกินอาหารได้สูงเพิ่มขึ้น กลไกการควบคุมในปัจจุบันยังไม่ทราบแน่ชัด แต่เข้าใจว่าสัตว์จะพยายามปรับอุณหภูมิภายในร่างกายให้คงที่โดยจะลดหรือเพิ่มปริมาณการกินอาหาร

2.7.2 ปัจจัยทางกายภาพ (physical factor control)

สำหรับอาหารหยาบเมื่อให้สัตว์กินแบบอิสระ (voluntary food intake) จะถูกกำจัดการกินโดยความจุภายในกระเพาะรูเมน (rumen cavity, gut fill) เนื่องจากอาหารหยาบเหล่านี้จะมีโภชนะ

ต่างๆ ต่ำ แต่มีปริมาตรมาก (bulkiness) สัตว์จึงได้รับโภชนะต่างๆ ได้ไม่เพียงพอกับความต้องการ ซึ่งปัจจัยทางกายภาพนี้สามารถแบ่งเป็นปัจจัยย่อยๆ ที่สำคัญได้ดังนี้

2.7.2.1 การขยายตัวของเรติคูโลรูเมน (distention of reticulo-rumen)

การกินได้อาหารหยาบของสัตว์เคี้ยวเอื้องจะถูกจำกัดการกินอาหารด้วยความจุของกระเพาะรูเมน ซึ่งความจุของกระเพาะรูเมนนี้จะขึ้นอยู่กับความสามารถในการขยายตัวของกระเพาะรูเมน กล่าวคือ สัตว์จะกินอาหารจนกระทั่งกระเพาะอาหารมีการขยายตัวเต็มที่หรืออาหารเต็มกระเพาะรูเมน การขยายของกระเพาะรูเมนเองก็มีปัจจัยควบคุม คือ ถ้าช่องว่างในช่องท้องมีมาก กระเพาะก็สามารถขยายตัวได้มากนั่นเอง

2.7.2.2 อัตราการไหลผ่านของ digesta จากเรติคูโลรูเมน (rate of passage) และอัตราในการหมักย่อย (rate of fermentation)

อัตราการไหลผ่านของ digesta จากเรติคูโลรูเมน นั้นจะมีผลต่อการกินได้ของอาหารเพิ่มขึ้น เพราะกระเพาะเรติคูโลรูเมนนั้นสามารถรับอาหารได้เพิ่มขึ้น และ อัตราการไหลผ่านของ digesta จากเรติคูโลรูเมน ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ส่วนประกอบของอาหาร อัตราการย่อยสลายทางกายภาพ อัตราการย่อยสลายทางเคมี ความสามารถในการบีบรัดของกล้ามเนื้อกระเพาะอาหาร และขนาดของเรติคูโลรูเมน กล่าวคือ ถ้าอาหารที่สัตว์กินเข้าไปมีลักษณะและส่วนประกอบที่ย่อยได้ง่าย จะทำให้อัตราการย่อยสลายทางกายภาพและหรือทางเคมีได้สูงขึ้น อัตราการไหลผ่านของ digesta ก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย เพราะขนาดของอาหารมีอัตราการลดขนาดเร็วขึ้นทำให้สามารถไหลผ่านจากเรติคูโลรูเมนได้เร็วขึ้น

2.7.3 ปัจจัยทางตัวสัตว์ (animal factors)

2.7.3.1 ขนาด น้ำหนักตัว อายุ และพันธุกรรมของสัตว์

-ขนาดของตัวสัตว์จะมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความจุของกระเพาะรูเมน สัตว์ที่มีขนาดตัวใหญ่จะสามารถกินอาหารได้มากกว่าสัตว์ที่มีขนาดตัวน้อยกว่า

-น้ำหนักตัวของสัตว์โดยปกติแล้วจะมีความสัมพันธ์ทางบวกกับขนาดของตัวสัตว์ แต่ในกรณีที่สัตว์มีการสะสมไขมันทำให้สัตว์มีน้ำหนักมากกว่าสัตว์ที่มีขนาดเท่ากันแต่มีการสะสมไขมันน้อย สัตว์ที่มีน้ำหนักมากในกรณีนี้จะมีการกินอาหารได้น้อยกว่า เนื่องจากสัตว์จะมีความจุภายในช่องน้อยลงตามปริมาณไขมันที่สะสมนั่นเอง

-อายุของสัตว์จะมีความสัมพันธ์กับขนาด และน้ำหนักตัว โดยที่สัตว์ที่มีอายุมากขึ้นขนาดตัวและน้ำหนักตัวจะเพิ่มขึ้นเช่นกัน ทำให้สัตว์สามารถกินอาหารเพิ่มขึ้นได้เช่นกัน

-นอกจากนี้พันธุกรรมของสัตว์จะมีผลต่อการกินอาหาร โดยจะเป็นตัวกำหนดขนาดตัว อัตราการสะสมไขมัน และพฤติกรรมการกินอาหารของสัตว์

2.7.3.2 การตั้งท้องและการให้ผลผลิตน้ำนม

สัตว์ที่มีการตั้งท้องในช่วงแรกๆ จะมีอัตราการกินอาหารในปริมาณที่สูงขึ้น เนื่องจากฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนและความต้องการพลังงานสูงขึ้น แต่ในช่วงหลังการตั้งท้อง (ประมาณ 3 เดือนก่อนคลอด) จะมีการกินอาหารลดลง ทั้งนี้เนื่องจากตัวอ่อน (fetal) มีขนาดโตขึ้นและการสะสมอาหารมีมากขึ้นเช่นกัน ทำให้ความจุภายในช่องท้องหรือความจุของเรติคูโลรูเมนลดลง

การให้ผลผลิตน้ำนมจะมีผลทำให้สัตว์กินอาหารเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสัตว์จะต้องการสารอาหารและพลังงานไปใช้ในกระบวนการผลิตน้ำนมในโคนม พบว่า โคที่รีดนมจะกินอาหารมากกว่าโคที่ไม่รีดนมคิดเป็นร้อยละ 42

2.8. กระบวนการหมักย่อยอาหารหยาบภายในกระเพาะรูเมน

2.8.1. จุลินทรีย์วิทยาในกระเพาะรูเมน (rumen microbiology and their nutrition)

สัตว์เคี้ยวเอื้องนั้นจะมีจุลินทรีย์ภายในรูเมน และจุลินทรีย์เหล่านี้เองจะช่วยย่อยอาหารที่สัตว์กินเข้าไป โดยการหลั่งเอนไซม์เพื่อช่วยย่อยอาหาร อาหารที่สัตว์กินส่วนใหญ่จะเป็นอาหารหยาบ ซึ่งมีส่วนประกอบเป็นผนังเซลล์ เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส เป็นต้น อาหารที่กล่าวมานั้นจะสามารถย่อยได้ต่ำจึงจำเป็นต้องอาศัยจุลินทรีย์ช่วยย่อย ภายในกระเพาะรูเมนนั้นจะมีสภาพไร้ออกซิเจน (anaerobes หรือ facultative anaerobes) อุณหภูมิประมาณ 39-40 องศาเซลเซียส มีความเป็นกรด-ด่าง 6-7 ขึ้นอยู่กับอาหารที่สัตว์ได้รับ ซึ่งสภาพดังกล่าวนั้นจะมีความเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ ซึ่งจะส่งผลทำให้การหมักย่อยอาหารในรูเมนได้ดี (วิศิษฐิพร, 2538: 2539)

ภายในกระเพาะรูเมนนั้นมีจุลินทรีย์การกระจายอยู่ตามส่วนต่างๆ เราสามารถพบได้ตามบริเวณต่างๆ ดังนี้ อยู่ในส่วนของของเหลวในกระเพาะรูเมนประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ เกาะอยู่กับอนุภาคของอาหารประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ และเกาะอยู่กับผนังกระเพาะรูเมนและเกาะอยู่กับโปรโตซัว แต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น (เมธา, 2533)

2.8.2. การย่อยสลายเยื่อใยภายในกระเพาะหมักและการดูดซึมนำไปใช้

อาหารหยาบนั้นประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นผนังเซลล์ ในสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้นจะสามารถใช้ประโยชน์จากส่วนของผนังเซลล์ซึ่งเป็นส่วนที่มีเยื่อใยอยู่สูง โดยการหมักย่อยของจุลินทรีย์ภายในกระเพาะหมัก การหมักย่อยส่วนของเยื่อใยนี้มี 3 ขั้นตอน คือ (วิศิษฐิพร, 2538; 2539)

ขั้นที่ 1 เยื่อใยซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตในรูปที่ซับซ้อนจะถูกย่อยโดยเอนไซม์ที่จุลินทรีย์ปล่อยออกมาให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว กล่าวคือ

(1) เซลลูโลสจะถูกย่อยด้วยเอนไซม์เบต้า-1,4 กลูโคซิเดส (β-1, 4 glucosidase) ให้เป็นเซลโลไบโอส (cellobiose) ซึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็นกลูโคสหรือผ่านปฏิกริยากับฟอสเฟตเป็นกลูโคส-1-ฟอสเฟต (glucose-1-phosphate) โดยเอนไซม์ฟอสโฟไรเลส (phosphorylase)

(2) แป้งและเดกซ์ทริน (dextrin) จะถูกย่อยโดยเอนไซม์อะไมเลส (amylase) ได้เป็นมอลโตสแล้วถูกย่อยต่อไปด้วยเอนไซม์มอลเตสและมอลโตสฟอสโฟไรเลส (maltose phosphorylase) และหรือ เอนไซม์ แอลฟา-1,6-กลูโคซิเดส (α-1, 6-glucosidase) ได้เป็นกลูโคสหรือกลูโคส-1-ฟอสเฟต

(3) เยื่อใยที่เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลฟรุกโทสที่จับกันเป็นสายยาว (fructans) จะถูกย่อยให้เป็นฟรุกโทส (fructose) นอกจากนี้ฟรุกโทสยังอาจเกิดจากการย่อยซูโครส (sucrose) ก็ได้

(4) เฮมิเซลลูโลสจะถูกย่อยโดยเอนไซม์แพคตินเอสเทอร์เรส (pectin-esterase) ได้เป็นกรดแพคติน (pectin acid) และเมทานอลแล้ว กรดแพคตินจะถูกย่อยต่อไปโดยเอนไซม์โพลีกาแลคทูโลนิเดส (polygalacturonidase) ได้เป็นกรดกาแลคทูโลนิค (galacturonic acid) ซึ่งเป็นกรดยูโลนิค (uronic acid) ตัวหนึ่งที่สามารถที่จะเปลี่ยนเป็นไซโลส (xylose) ได้ นอกจากนี้ไซโลสยังอาจเกิดจากการย่อย ไซแลน (xylan) ซึ่งมีมากในพืชอาหารสัตว์

(5) เพคติน (pectin) จะถูกย่อยโดยเอนไซม์แพคตินเอสเทอร์เรส (pectinesterase) ได้เป็นกรดแพคตินและเมทานอล แล้วกรดแพคตินจะถูกย่อยต่อไปโดยเอนไซม์โพลีกาแลคทูโลนิเดส (polygalacturonidase) ได้เป็นกรดกาแลคทูโลนิค (galacturonic acid) ซึ่งเป็นกรดยูโลนิค (uronic acid) ซึ่งสามารถที่จะเปลี่ยนเป็นไซโลส (xylose) ได้ นอกจากนี้ไซโลส (xylose) ยังอาจเกิดจากการย่อยไซแลน (xylan) ซึ่งมีมากในพืชอาหารสัตว์

ขั้นที่ 2 น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนแปลงต่อไปอย่างรวดเร็วโดยเอนไซม์จากจุลินทรีย์ได้เป็นกรดไพรูวิค (pyruvic acid) เช่นเดียวกับเมทาโบลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในตัวสัตว์ตามปกติ ทำให้ไม่ค่อยพบน้ำตาลในกระเพาะรูเมน

ขั้นที่ 3 ไพรูเวท (pyruvate) ที่เกิดขึ้นจะถูกเปลี่ยนแปลงโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ได้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และกรดไขมันระเหยได้ ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ กรดอะซิติค กรดโปรพิโอนิค และกรดบิวทีริค กรดไขมันชนิดอื่น ๆ เช่น กรดไอโซบิวทีริค เมทิลบิวทีริค และวาเลอลิค ก็อาจจะเกิดขึ้นด้วยแต่ในปริมาณน้อยโดยการแตกตัวของกรดอะมิโนในรูเมน

การเกิดกรดไขมันระเหยได้ทั้ง 3 ชนิดหลักจากกลูโคส สามารถสรุปเป็นสมการได้ดังนี้ (ประภาพร , 2538)

$1(C_6H_{12}O_6) \longrightarrow 2(CH_3\text{-}COOH)+CO_2+CH_4$

กลูโคส อะซิเตท มีเทน

$1(C_6H_{12}O_6) \longrightarrow 2(CH_3\text{-}CH_2\text{-}COOH)+H_2O$

กลูโคส โปรพิโอเนท

$1(C_6H_{12}O_6) \longrightarrow 1(CH_3\text{-}CH_2\text{-}COOH)+2\,CO_2+2H_2$

กลูโคส บิวทีเรท

กรดไขมันระเหยได้ที่เกิดขึ้นนี้ใช้เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ โดยให้พลังงานได้ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ของพลังงานที่สัตว์ต้องการ ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ในรูเมนจะแปรผันระหว่าง 70-150 nmol/l หรือ ประมาณ 5-10 กรัมต่อลิตร ทั้งนี้แล้วแต่อาหารและระยะเวลาหลังจากอาหารมื้อนั้น นอกจากนี้สัดส่วนของกรดไขมันระเหยได้ยังแปรผันด้วย

กรดที่มีมากที่สุดคือ กรดอะซิติค ในโคนมที่ได้รับอาหารหยาบที่มีเยื่อใยสูงอาจมีกรดนี้ประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์โมลาร์ เมื่อสัดส่วนของอาหารข้นเพิ่มขึ้นกรดอะซิติคจะลดลงและกรดโปรพิโอนิคเพิ่มขึ้น การบดและการอัดเม็ดอาหารหยาบอาจมีผลทำให้สัดส่วนของกรดทั้งสองเปลี่ยนไปกรดอะซิติค นอกจากจะถูกเผาผลาญในร่างกายเพื่อใช้เป็นพลังงานแล้ว ยังใช้เป็นสารตั้งต้นเพื่อสร้างไขมันในนมและไขมันในเนื้อด้วย

กรดโปรพิโอนิคมีประมาณ 18-20 เปอร์เซ็นต์โมลาร์ของกรดไขมันทั้งหมด ถ้าได้รับอาหารข้นสูงก็จะมีสัดส่วนของกรดนี้สูงขึ้น มันมีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนเป็นน้ำตาลในเลือดและใช้ในการสังเคราะห์น้ำตาลในนม

กรดบิวทีริคมีประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์โมลาร์ของกรดทั้งหมด มันจะถูกเปลี่ยนเป็นเบต้า-ไฮดรอกซิลบิวทิเรทในระหว่างการดูดซึมที่ผนังกระเพาะรูเมน เพื่อใช้สังเคราะห์ไขมันในต่อมน้ำนม และ เนื้อเยื่อไขมัน

ปริมาณกรดที่ผลิตทั้งหมดอาจสูงถึง 4 กิโลกรัมต่อวัน ในแม่โคนม กรดส่วนใหญ่ที่ผลิตขึ้นจะถูกดูดซึมโดยตรงจากกระเพาะรูเมน เร็คติคูลัม และโอมาซัมตลอดเวลาเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานและเพื่อสร้างสารอื่นในร่างกาย มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่จะผ่านไปถึงกระเพาะแท้และถูกดูดซึมในลำไส้เล็กผลที่ได้จากการย่อยคาร์โบไฮเดรตภายในรูเมน บางส่วนจะถูกใช้โดยแบคทีเรียและโปรโตซัวเพื่อสร้างเป็นโพลีแซคคาไรด์ของตัวมันเอง ส่วนที่เหลือจะผ่านไปถึงลำไส้เล็กแต่น้อยมาก

2.9. น้ำนมโค

2.9.1. ส่วนประกอบของน้ำนม

น้ำนมโคจะมีลักษณะเป็นของเหลวปกติจะมีสีขาวแต่บางครั้งจะมีสีเหลืองปน มีรสหวานเล็กน้อย น้ำนมโคจะมีน้ำเป็นตัวทำละลาย และมีสารต่างๆ ละลายอยู่ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ ไขมัน ซึ่งจะกระจายอยู่ในรูปอิมัลชั่น มีโปรตีน เช่น casein albumin และ globulin ละลายอยู่ในรูปสารแขวนลอย และมีน้ำตาล กรดอะมิโน วิตามิน และเกลือแร่ต่างๆ ละลายอยู่ในรูปสารละลายแท้ (cystaloid) ส่วนประกอบต่างๆ ในน้ำนมที่มีปริมาณมาก ได้แก่ น้ำ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และแร่ธาตุต่างๆ ส่วนประกอบต่างๆ ของน้ำนมที่มีปริมาณน้อย ได้แก่ เอนไซม์ ฟอสโฟลิปิด สารสเตรอล รงควัตถุ วิตามินต่างๆ สารให้กลิ่น สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนและก๊าซต่างๆ (วิศิษฐิพร, 2538)

2.9.1.1 น้ำ ในน้ำนมจะประกอบ ไปด้วยน้ำ 82-90 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉลี่ยประมาณ 87 เปอร์เซ็นต์ มีหน้าที่เป็นตัวทำละลายเพื่อทำให้ส่วนประกอบที่เป็นของแข็งละลายหรือแพร่กระจาย นอกจากนี้น้ำบางส่วนจะรวมอยู่กับเกลือ น้ำตาล และโปรตีน

2.9.1.2 ไขมัน ปริมาณไขมันจะมีความแปรปรวนสูง ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น พันธุ์ อาหาร อายุ เป็นต้น แต่โดยทั่วไปไขมันจะมีค่าอยู่ประมาณ 3.9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะประกอบด้วย ไตรกลีเซอร์ไรด์ (triglyride) 98-99 เปอร์เซ็นต์ และอีก 1-2 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย ฟอสโฟลิปิด

สเตอรอยด์ คาร์โรตินอย วิตามินที่ละลายในไขมัน (วิตามินเอ ดี อี และ เค) และกรดไขมันอิสระ โดยจะเรียกรวมว่าเป็น ‘ไขมันนม (milk fat)’

2.9.1.3 โปรตีน ปริมาณโปรตีนในน้ำนมประกอบด้วย เคซีน แลคโตอะบูมิน และแลคโตโกลบูลิน โปรตีนทั้งหมดประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ เป็นเคซีน ในส่วนของแลคโตอะบูมิน และ แลคโตโกลบูลินรวมกันเรียกว่า ซีรัมโปรตีน (serum-protein)

2.9.1.4 น้ำตาลและคาร์โบไฮเดรต น้ำตาลที่มีเป็นส่วนมากเป็นน้ำตาลแลคโตส ซึ่งเป็นพวกแซ็คคาไรด์และเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดเดียวที่มีในปริมาณมากที่สุดและมีค่าค่อนข้างคงที่ ในน้ำนมโคจะมีน้ำตาลแลคโตสประมาณ 4.4-4.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อปริมาณแลคโตส คือ สภาวะของเต้านม ถ้าเต้านมอักเสบจะทำให้มีเกลือคลอไรด์เพิ่มขึ้นแต่ปริมาณแลคโตสจะลดลง

2.9.1.5 วิตามินและแร่ธาตุต่างๆ ในน้ำนมโคจะมีแร่ธาตุหลายชนิด และวิตามินเกือบทุกชนิดทั้งที่ละลายได้ในไขมันและละลายได้ในน้ำ

2.9.1.6 รงควัตถุต่างๆ ในน้ำนมโคจะมีรงควัตถุที่ละลายอยู่ในไขมัน ได้แก่ แคโรทีน ซึ่งจะให้สีเหลืองหรือสีครีมแก่นม ไรโบฟลาวินจะละลายอยู่ในน้ำให้สีเหลืองอ่อนในน้ำนมที่ปราศจาก ไขมัน ส่วนสีขาวที่เกิดขึ้นเกิดจากการกระจายตัวของเม็ดไขมัน แคลเซียมคาร์ซิเนท-คลอไรด์ และแคลเซียมฟอสเฟตคลอไรด์ ซึ่งเมื่อถูกแสงจะสะท้อนแสง

2.9.1.7 สารให้กลิ่น กลิ่นของน้ำนมโคจะมีกลิ่นคล้ายกับกลิ่นของอาหารที่โคได้รับ

2.9.1.8 ความเป็นกรด-ด่าง ระดับความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำนมโคจะมีค่าค่อนข้างคงที่ประมาณ 6.4-6.8 ซึ่งถ้าระดับความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 6.4 อาจเป็นผลมาจากมีน้ำนมเหลืองเจือปน แต่ถ้าระดับความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 6.8 อาจเป็นผลมาจากโรคเต้านมอักเสบ

2.9.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม

มีหลายปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนม ซึ่งสามารถแยกได้เป็น 2 ปัจจัยใหญ่ๆ คือ (วิบูลย์ศักดิ์ และ ญาณิน, 2534) ปัจจัยทางสรีระวิทยา และปัจจัยที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม

โดยปกติแล้วโคนมจะให้ผลผลิตในระยะแรกคลอดค่อนข้างต่ำและจะเพิ่มสูงขึ้น จนกระทั่งสูงที่สุดในระยะเวลา 3–6 สัปดาห์ หลังจากนั้นปริมาณน้ำนมจะลดลงตลอดระยะการให้นม

(305 วัน) และการให้น้ำนมสูงสุดจะแปรผันตามสภาพร่างกายในระยะคลอดลูก ความสามารถทางพันธุกรรม อาหารที่โคได้รับ และโรคต่างๆ ที่เกี่ยวกับการให้น้ำนม ซึ่งถ้าโคนมมีสภาพร่างกายที่สมบูรณ์ในขณะคลอดลูก จะทำให้โคนมให้ผลผลิตที่สูงสุดเพิ่มขึ้น โดยที่ระดับการให้น้ำนมที่สูงสุดจะมีความสัมพันธ์กับผลผลิตน้ำนมตลอดระยะเวลาการให้นม นอกจากนี้ องค์ประกอบของน้ำนม คือ ระดับเปอร์เซ็นต์ไขมันและโปรตีน จะมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณน้ำนม ส่วนปริมาณแลคโตสจะมีค่าค่อนข้างคงที่ โดยจะค่อยๆ ลดลงตลอดระยะการให้นม แต่ปริมาณของแข็งในน้ำนมจะมีระดับเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

2.9.2.1 ปัจจัยทางสรีระวิทยา

ปัจจัยทางสรีระวิทยาเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางพันธุกรรมโดยตรง เช่น พันธุ์ สายพันธุ์ เป็นต้น และลักษณะที่ไม่เกี่ยวกับพันธุกรรม เช่น อายุ ความถี่ในการรีดนม ระยะการตั้งท้อง เป็นต้น ซึ่งลักษณะต่างๆ มีผลต่อการให้ผลผลิตน้ำนมและส่วนประกอบดังนี้

(1) โคนมพันธุ์ต่างๆ จะให้ปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนมแตกต่างกัน เช่น โคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียนจะให้ปริมาณน้ำนมที่สูงกว่าพันธ์โคนมพันธุ์เจอร์ซี่ แต่โคนมพันธุ์เจอร์ซี่จะให้ปริมาณไขมันในน้ำนมที่สูงกว่าโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียน เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่า โคนมที่ให้ปริมาณน้ำนมสูงจะมีความสัมพันธ์กับความยาวของการให้นมและความคงทนในการให้น้ำนม

(2) อายุและขนาดของโคนมก็มีผลต่อการให้ปริมาณน้ำนม ปริมาณไขมันนม และของแข็งพร่องไขมันนม โดยพบว่าเมื่อโคนมมีอายุมากขึ้นจะมีการเจริญและพัฒนาของเซลล์เต้านมเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเจริญเต็มที่เมื่อโคนมอายุ 6-8 ปี และโคนมมีอายุมากขึ้นจะมีการให้ผลผลิตน้ำนม ปริมาณไขมัน และของแข็งพร่องไขมันนมลดลงประมาณ 0.2 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับระหว่างที่โคให้นมครั้งแรก และโคนมให้นมครั้งที่ 5 นอกจากนี้โคที่มีขนาดตัวที่ใหญ่จะให้ปริมาณน้ำนมที่สูงตามไปด้วย

(3) วงรอบการเป็นสัดและการตั้งท้องจะทำให้โคนมให้ผลผลิตที่ลดลง เนื่องจากมีการควบคุมโดยระบบฮอร์โมนเอสโตรเจน และขนาดความจุของกระเพาะอาหารลดลงมีผลต่อการกินอาหารของโคลดลง และโภชนะบางส่วนจะต้องถูกนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตของตัวอ่อน นอกจากนี้ระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนและเอสโตรเจนที่มีระดับสูงจะไปมีผลต่อการลดการกลั่นสร้างน้ำนมอีกด้วย

2.9.2.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม

ปัจจัยที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมมีผลต่อการให้ผลผลิตน้ำนมที่แตกต่างกัน กล่าวคือ

(1) อุณหภูมิและความชื้นมีผลต่อการกินอาหารของโค ซึ่งจะถ้าอุณหภมิสูงมากกว่า 75 องศาฟาเรนไฮต์ หรือต่ำกว่า 45 องศาฟาเรนไฮต์ จะทำให้โคกินอาหารลดลงและให้ปริมาณน้ำนมลดลง ส่งผลให้ระดับเปอร์เซ็นต์ไขมันเพิ่มสูงขึ้น

(2) ฤดูกาลก็มีผลต่อการให้ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนม โดยพบว่า โคจะได้รับอาหารที่อุดมสมบูรณ์ เมื่อมีอากาศที่เย็นสบายในฤดูฝนและหนาวจะทำให้โคนมให้ผลผลิตน้ำนมในปริมาณที่สูง แต่เมื่อเข้าสู่ฤดูร้อนโคนมจะได้รับสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการเลี้ยงโคนม จึงทำให้ผลผลิตน้ำนมลดลง ส่วนปริมาณไขมันนมพบว่า ปริมาณไขมันนมจะมีระดับสูงในฤดูแล้งและจะลดลงในฤดูฝน

(3) ระยะพักการให้นม จะมีผลต่อสภาพร่างกายในขณะคลอดลูก ซึ่งถ้าร่างกายโคสมบูรณ์จะส่งผลต่อการให้ผลผลิตน้ำนมได้สูงสุด และนอกจากนี้ยังมีผลต่อการเจริญเติบโตและซ่อมแซมเซลล์กลั่นสร้างน้ำนมที่เต้านมอีกด้วย อย่างไรก็ตามโคนมควรมีระยะพักไม่เกิน 60 วันก่อนคลอด ซึ่งถ้ามีระยะพักการให้นมนานเกินไปจะมีผลทำให้ผลผลิตน้ำนมลดลงได้เช่นกัน

(4) การรีดนม การรีดนมไม่หมดหรือโคตกใจขณะรีดนมจะมีผลทำให้ระดับไขมันนมลดลง เพราะนมที่ค้างเต้าจะมีระดับไขมันนมสูง (มีไขมันนมประมาณ 8-15 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับน้ำนมที่รีดออกมาครั้งแรกๆ นอกจากนี้ยังพบว่า การรีดนมบ่อยครั้งจะทำให้ได้ปริมาณน้ำนมเพิ่มมากขึ้น แต่ปริมาณไขมันในน้ำนมจะต่ำกว่าการรีดนมน้อยครั้ง

(5) อาหารและการให้อาหาร พบว่ามีผลต่อการให้ผลผลิตน้ำนมและส่วนประกอบของน้ำนม คือ ถ้าโคนมได้รับอาหารที่มีโภชนะต่ำจะทำให้ผลผลิตน้ำนมและน้ำตาลแลคโตสลดลงอย่างชัดเจน แต่ถ้าโคได้รับอาหารที่มีโภชนะที่สูงมากๆ ปริมาณน้ำนมจะสูงขึ้นแต่ไม่มากนัก ทั้งนี้เพราะขึ้นอยู่กับศักยภาพการให้ผลผลิต ในโคที่ได้รับไขมันในอาหารในระดับสูง (3-4 เปอร์เซ็นต์) จะมีผลต่อระดับไขมันนมน้อยมาก แต่ถ้าไขมันที่ให้เป็นไขมันที่ไม่อิ่มตัวจะทำให้ระดับไขมันนมลดลง นอกจากนี้ระดับเยื่อใยในอาหารที่โคได้รับมีผลโดยตรงต่อระดับไขมันนม

2.10 โภชนะและความต้องการโภชนะของโคนม

ในการจัดการด้านอาหารของโคนมจำเป็นจะต้องคำนึงถึงโภชนะต่างๆ ที่มีอยู่ในอาหารให้เพียงพอกับความต้องการ ทั้งปริมาณและคุณภาพ ซึ่งโภชนะที่สำคัญที่โคนมต้องการสามารถจัดจำแนกได้ 4 ประเภทคือ (พันทิพา, 2539)

-พลังงาน พลังงานเป็นโภชนะที่ได้จาก คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และ ไขมัน โดยที่ไขมันจะให้พลังงานได้สูงถึง 2.25 เท่าของโภชนะอื่นๆ

-โปรตีน โปรตีนเป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อต่างๆ ตลอดจนสารเมทาโบไลท์ของปฏิกริยาชีวเคมีในร่างกาย

-แร่ธาตุ แร่ธาตุที่มีความจำเป็นต่อร่างกายสัตว์มีมากกว่า 15 ชนิด แต่แร่ธาตุหลักที่สัตว์มีความต้องการมาก (macro-minerals) แคลเซียม (Ca) ฟอสฟอรัส (P) โซเดียม (Na) คลอไรด์ (Cl) แมกนีเซียม (Mg) โพแทสเซียม (K) กำมะถัน (S) แร่ธาตุเหล่านี้เป็นส่วนประกอบของกระดูก น้ำนม และสารเมทาโบไลท์ต่างๆ ในร่างกาย ส่วนแร่ธาตุอื่นๆ นั้นโคนมมีความต้องการน้อยมักมีอยู่อย่างเพียงพอในอาหารทั่วไป

-วิตามิน โคนมมีความต้องการวิตามินเช่นเดียวกับสัตว์อื่นๆ แต่โคนมนั้นสามารถสร้างวิตามินต่างๆ ได้เองโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน

2.11 หลักการทางพลังงาน

2.11.1 คำจำกัดความของหน่วยพลังงาน

แคลอรี (calorie: cal) เป็นจำนวนพลังงานความร้อนที่ทำให้น้ำ 1 กรัม มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียส (ปกติเพิ่มจาก 14.5 เป็น 15.4 องศาเซลเซียส)

กิโลแคลอรี (kilocalorie: Kcal) 1 Kcal = 1,000 cal

เมกะแคลอรี (megacalorie: Mcal) 1 Mcal = 1,000 cal = 10^6 cal

จูล (joules: J) 1 J = 0.239 cal หรือ 1 cal = 4.184 J

2.11.2 ระบบพลังงาน (energy system)

ระบบการวัดพลังงาน และระบบการประเมินคุณค่าทางอาหารที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีหลายระบบ ได้แก่

2.11.2.1 ระบบพลังงานการย่อยได้ทั้งหมด (total digestible nutrition หรือ TDN)

TDN เป็นหน่วยมาตรฐานที่คิดค้นโดยนักวิทยาศาสตร์สหรัฐอเมริกา ซึ่งอาศัยข้อมูลจากการวิเคราะห์โภชนะต่างๆ ซึ่งมีโภชนะที่ให้พลังงาน คือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน แต่คาร์โบไฮเดรตนั้นประกอบด้วย แป้ง (NFE) และเยื่อใย ส่วนไขมันก็จะให้พลังงานสูงกว่าโภชนะอื่นๆ 2.25 เท่า ดังนั้นจึงคำนวณค่า TDN ได้ดังสูตร

%TDN = %digestible protein + % digestible nitrogen free extract
+ %digestible crude fiber +(2.25 x % digestible ether extract)

2.11.2.2. ระบบแคลอรี (calorie system)

เป็นระบบที่ใช้วัดค่าพลังงานในอาหาร ซึ่งจะอาศัยการวัดพลังงานความร้อนที่มีในอาหาร โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า bomb calorimeter ซึ่ง 1 แคลอรีจะเท่ากับพลังงานความร้อนที่สามารถทำให้น้ำ 1 กรัมมีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียสในสภาพที่มีออกซิเจนอยู่ 25–50 atmospheres (โดยทั่วไปใช้อุณหภูมิของน้ำเพิ่มจาก 14.5 องศาเซลเซียส เป็น 15.5 องศาเซลเซียส)

2.11.2.3 ระบบพลังงานที่นิยมใช้ในเครือจักรภพอังกฤษ (british metabolisable energy: ME)

เป็นระบบวัดพลังงานที่นิยมใช้ในแถบประเทศอังกฤษ นิวซีแลนด์ และออสเตรเลียเป็นระบบที่ใช้วัดค่าพลังงานในอาหาร โดยอาศัยการวัดพลังงานความร้อนที่มีในอาหาร ใช้เครื่องมือที่เรียกว่า bomb calorimeter ซึ่ง 1 จูล จะเท่ากับพลังงานความร้อนที่สามารถทำให้น้ำหนัก 1 ปอนด์มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาฟาเรนไฮต์ และมีหน่วยวัดพลังงานเป็นจูล ซึ่งหน่วยนี้มีค่าเท่ากับ 252 cal (1 Therm = 100,000 BTU) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับระบบอื่นๆ คือ 15.146 เมกะจูล จะเท่ากับ 3.62 เมกะแคลอรี หรือเท่ากับ 1 kgTDN

2.11.3 การแบ่งส่วนพลังงานในอาหาร (partition of food energy)

เมื่อสัตว์กินอาหารเข้าไปจะถูกย่อยในระบบทางเดินอาหาร และมีบางส่วนไม่ถูกย่อยซึ่งถูกขับถ่ายออกมาทางมูลและปัสสาวะ เมื่อประเมินคุณค่าทางโภชนาการที่อาหารสัตว์กินเข้าไปแล้ว เราสามารถวิเคราะห์พลังงานที่ออกมาในแต่ละขั้นตอนได้ดังนี้

2.11.3.1 พลังงานทั้งหมด (gross energy: GE)

พลังงานทั้งหมดที่ได้รับจากการเผาไหม้ของอาหารที่สัตว์กินเข้าไป โดยมักแสดงในรูปของพลังงานต่อเวลา (เมกะแคลอรีต่อวัน) ในการหาค่าพลังงานทั้งหมด ซึ่งบางครั้งเรียกว่าพลังงานการเผาไหม้ (heat of combustion) ซึ่งเป็นพลังงานที่มีอยู่ในอาหารสัตว์ที่หาโดยใช้เครื่อง bomb calorimeter แล้วยังสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$GE\ (Mcal/kg) = \frac{[5.72x(\%CP)] + [9.50x(\%\ EE)] + [4.79x(\%CF)] + [4.17x(\%NFE)]}{100}$$

2.11.3.2 พลังงานที่ย่อยได้ (digestible energy: DE)

เป็นพลังงานที่สัตว์สามารถย่อยได้จริงหลังจากที่หักพลังงานที่สูญเสียออกจากมูลแล้ว โดยเฉลี่ยพลังงานที่สูญเสียทางมูลในโคนมมีประมาณ 27 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานทั้งหมด สมการสำหรับหาค่าของพลังงานที่ย่อยได้มีดังนี้

DE (Kcal/kgDM) = GE – FE หรือ DE = 0.04409 x TDN (%)----------(NRC, 1988)

2.11.3.3. พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy: ME)

คือพลังงานที่สัตว์ใช้ได้จริงหลังจากหักการสูญเสียทางมูล ปัสสาวะ และทางก๊าซแล้วดังนี้

ME = DE – Urine and Gaseous energy

ในการหาพลังงานใช้ประโยชน์ได้ค่อนข้างยุ่งยาก เพราะจะต้องมีการหาพลังงานในมูลและในแก๊ส ในสัตว์เคี้ยวเอื้องจะต้องมีการหาแก๊สมีเทนจากการหายใจ เพื่อมาวิเคราะห์หาพลังงานด้วย และการสูญเสียทางปัสสาวะ และในก๊าซ (มีเทน) มีค่าค่อนข้างคงที่ประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นในการหาพลังงานใช้ประโยชน์ได้จึงนิยมใช้สูตรคำนวณดังนี้

ME (Kcal/kgDM) = 0.82 DE (Kcal/kgDM) ----------(NRC, 1988)

หรือ

ME (Kcal/kgDM) = -0.45 +1.01 DE (Kcal/kgDM) ----------(NRC, 1988)

2.11.3.4. พลังงานสุทธิ (net energy, NE)

พลังงานสุทธิเป็นพลังงานที่สัตว์สามารถใช้ประโยชน์ได้จริงเพื่อการดำรงชีพ และการให้ผลผลิตต่างๆ ซึ่งเป็นพลังงานที่ได้จากการหักส่วนที่สูญเสียในรูปแบบต่างๆ ทั้งหมดรวมถึงการสูญเสียในกระบวนการเผาผลาญในร่างกายในรูปความร้อน (heat increment) ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น พลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE for maintenance) พลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต (NE for growth) พลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NE for lactation) โดยสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

NE for maintenance (Mcal/kgDM) = -1.12 + 1.37 ME ----------(NRC, 1988)

NE for growth (Mcal/kgDM) = -1.65 + 1.42 ME ----------(NRC, 1988)

NE for lactation (Mcal/kgDM) = 0.0245 x TDN (% of DM) –0.12 -------(NRC, 1988)

2.12 ความต้องการพลังงานและโปรตีน

2.12.1 ความต้องการพลังงาน

โคนมมีความต้องการพลังงานเช่นเดียวกับสัตว์ชนิดอื่นๆ เพื่อการดำรงชีพ (requirement for maintenance) เพื่อการเจริญเติบโต (requirement for growth) เพื่อการสร้างผลผลิต (requirement for production) และเพื่อการสืบพันธุ์ (requirement for pregnancy)

ARC (1980) ได้รวบรวมสมการต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้และพลังงานสุทธิทั้งหมดต่อวัน (MJ/day) ได้ดังนี้

$ME_R = ME_m + ME_g + ME_l = NE_m/k_m + NE_g/k_g + NE_l/k_l$

เมื่อ

ME_R = ความต้องการพลังงานสุทธิทั้งหมด (total ME requirement)(MJ/day)

ME_m = ความต้องการพลังงาน ME เพื่อการดำรงชีพ (ME requirement for maintenance)

ME_g = ความต้องการพลังงาน ME เพื่อการเจริญเติบโต (ME requirement for growth)

ME_l = ความต้องการพลังงาน ME เพื่อการให้ผลผลิตน้ำนม (ME requirement for lactation)

NE_m = ความต้องการพลังงาน NE เพื่อการดำรงชีพ (NE requirement for maintenance)

NE_g = ความต้องการพลังงาน NE เพื่อการเจริญเติบโต (NE requirement for growth)

NE_l = ความต้องการพลังงาน NE เพื่อการให้ผลผลิตน้ำนม (NE requirement for lactation)

k_m = ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพ (Efficiency for maintenance)

k_g = ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการเจริญเติบโต (Efficiency for growth)

k_l = ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการให้ผลผลิตน้ำนม (Efficiency for lactation)

และ

NE_m = Fasting metabolism (F) + Activity allowances (A)

NE_g = 19 MJ/kg Gain และ 16 MJ/kg Loss----------(AFRC, 1992)

NE_l = 0.0406 Fat (g/kg Milk) + 1.509 ----------(Tyrrell and Reid, 1965)

k_m = 0.35q + 0.503 ----------(AFRC, 1992)

k_l = 0.35q + 0.42 ---------- --(AFRC, 1992)

k_g (Growth ruminants) = 0.78q + 0.006 ---------- -(AFRC, 1992)

k_g (Lactating ruminants) = $0.95k_l$ ----------(AFRC, 1992)

ค่า q ที่ใช้ในการคำนวณข้างต้น คือค่าของ metabolisability ซึ่งคือค่าสัดส่วนของพลังงานใช้ประโยชน์ได้ต่อพลังงานรวมที่มีในอาหาร (ME/GE)

Fasting metabolism คือ ความต้องการอาหารในขณะที่สัตว์อยู่เฉยๆ และไม่ได้กินอาหาร แต่ต้องการพลังงานส่วนหนึ่ง เพื่อให้ร่างกายดำเนินกิจกรรมทางเมทาโบลิซึมได้เป็นปกติ เช่น การหายใจ การไหลเวียนโลหิต รวมทั้งการทำงานของอวัยวะต่างๆ fasting metabolism สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$F = 0.53 (LW/1.08)^{0.67}$$

โดยที่

LW = live weight (kg)

Factor 1.08 เป็น factor ที่ใช้ปรับน้ำหนักมีชีวิตเป็นน้ำหนักเมื่ออดอาหาร (fasting body weight)

Activity allowances (A) คือ ความต้องการพลังงานเพื่อการดำเนินชีวิตประจำวัน เช่น การเดิน การยืน การขยับร่างกาย

ARC (1980) ได้ประมาณความต้องการเพื่อกิจกรรมต่างๆ ไว้ดังนี้

Horizontal movement = 2.6 J/kg/metre

Vertical movement = 28 J/kg/meter

Standing for 4 hours = 10 J/kgLW/day

Body position change = 260J/kgLW

AFRC (1992) ได้กำหนดความต้องการเพื่อการดำเนินกิจกรรมของโคนม (activity allowances) ไว้ว่าวันหนึ่งๆ โคจะเดินเฉลี่ยระยะทาง 500 เมตร ยืน 14 ชั่วโมง และเปลี่ยนตำแหน่ง 9 ครั้ง ดังนั้น

$$A\ (KJ/day) = (1.30 + 5.83 + 62.34)\ LW = 0.0095\ LW$$

ในโคที่ไม่ให้นมรวมถึงโคตั้งท้องและโคเนื้อมีความต้องการพลังงานเพื่อ activity allowances = 0.0071LW (MJ/day) โดยกำหนดไว้ว่าวันหนึ่งๆ โคจะเดินเฉลี่ยระยะทาง 200 เมตร ยืน 12 ชั่วโมง และเปลี่ยนตำแหน่ง 6 ครั้ง จากสมการข้างต้นสามารถคำนวณหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์เพื่อการดำรงชีพ (ME_m) ได้ดังนี้

$$ME_m = NE_m/k_m = (F + A)/k_m$$

ความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NE_l) คำนวณได้จากพลังงานสุทธิที่มีอยู่ในน้ำนม เรียกว่า energy value of milk [EV_l] AFRC (1992) แนะนำให้ใช้สมการของ Tyrell and Reid (1965) ซึ่งจะให้ค่า [EV] ค่อนข้างแม่นยำ

$$EV_l\ (MJ/kg\ milk) = 0.0384\ (F) + 0.0223\ (P) + 0.0199(L) - 0.108$$

$$EV_l\ (MJ/kg\ milk) = 0.0376\ (F) + 0.0209(P) + 0.948$$

$$EV_l\ (MJ/kg\ milk) = 0.0406\ (F) + 1.509$$

เมื่อ

F = ไขมันในน้ำนม (g/kg)

P = โปรตีนในน้ำนม (g/kg)

L = น้ำตาลแล็คโตสในน้ำนม (g/kg)

เมื่อทราบค่า EV_l หรือ NE_l แล้วก็สามารถคำนวณค่าความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ในการผลิตน้ำนมได้เป็น $ME_l = NE_l / k_l$ การคำนวณหาความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโตหรือการเพิ่มหรือลดน้ำหนักตัว (NE_g) เพราะพลังงานส่วนเกินจากการดำรงชีพและการให้นมจะถูกสะสมเป็นไขมันในร่างกาย เมื่อโคได้รับพลังงานจากอาหารไม่เพียงพอจะมีการเคลื่อนย้ายพลังงานที่สะสมไว้นี้ออกมาใช้ (Mobilization) การสะสมหรือเคลื่อนย้ายพลังงานนี้จะทำให้โคมีการเพิ่มหรือลดน้ำหนักตัว ซึ่งการคำนวณความต้องการพลังงานในการเพิ่มหรือลดน้ำหนักตัว สามารถประมาณค่าโดยทั่วไปได้ดังนี้

NE_g = 19 MJ/kg Gain และ 16 MJ/kg Loss ----------AFRC, 1992)

เมื่อทราบค่า NE_g แล้วก็สามารถคำนวณหาค่าความต้องการพลังงาน ME_g ได้ดังนี้

$ME_g = NE_g/k_g = 19/ k_g$ (MJ/kg Gain) = $16/ k_g$ (MJ/kg Loss)

2.12.2 ความต้องการโปรตีน (requirement for protein)

2.12.2.1 ความต้องการโปรตีนสุทธิ (net tissue protein requirement)

โคนมมีความต้องการโปรตีนเพื่อเสริมสร้างส่วนต่างๆ ของร่างกาย และเพื่อการเจริญเติบโตการให้ผลผลิตต่างๆ ซึ่งความต้องการโปรตีนนี้จะคล้ายกับความต้องการพลังงาน คือ มีความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ ความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต และความต้องการโปรตีนเพื่อการให้นม ซึ่งสามารถรวบรวมสมการความต้องการโปรตีนเพื่อการต่างๆ หน่วยเป็นกรัมต่อวันได้ดังนี้ (AFRC, 1992)

$NP_R = NP_m + NP_l + NP_g$

เมื่อ

NP_R = ความต้องการโปรตีนสุทธิทั้งหมด (total net tissue protein requirement)

NP_m = ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ (NP requirement for maintenance)

NP_l = ความต้องการโปรตีนเพื่อการให้ผลผลิตน้ำนม (NP requirement for lactation)

NP_g = ความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต (NP requirement for weight change)

NP (Net Tissue protein) หรือบางที่อาจเรียกว่า tissue protein (TP) ส่วน NP_R (net tissue protein retention หรือ net tissue protein retained in animal products) ได้รวมถึง NP ที่เป็นส่วนประกอบในน้ำนมและในเนื้อเยื่อต่างๆ และสำหรับการดำรงชีพ AFRC (1992) ได้เสนอสมการที่ใช้คำนวณความต้องการโปรตีนสุทธิดังนี้

$$NP_m \text{ (g/kg)} = NP_b + NP_d$$

เมื่อ

NP_b = Basal endogenous protein = 6.25 x Basal endogenous nitrogen (BEN)

โดยที่ BEN หรือ TEN (tissue endogenous nitrogen) สามารถคำนวณได้ดังนี้ (AFRC, 1992)

$$BEN \text{ (gN/day)} = 0.35\ LW^{0.75}$$

ดังนั้น

$$NP_b = 6.25 \times 0.35\ LW^{0.75} = 2.1875\ LW^{0.75}$$

NP_d = allowance for dermal losses as scurf and hair $= 6.25 \times 0.018\ LW^{0.75} = 0.1125 LW^{0.75}$

และ

$$NP_m \text{ (g/day)} = NP_b + NP_d = 2.1875\ LW^{0.75} + 0.1125\ LW^{0.75} = 2.3\ LW^{0.75}$$

สำหรับการประมาณค่าความต้องการโปรตีนสุทธิที่มีอยู่ในน้ำนมสามารถทำได้โดยสมการ

NP_l = Milk yield (kg/day) x Milk protein content (g/kg Milk)

ส่วนการหาค่าโปรตีนสุทธิสำหรับการเพิ่มหรือลดน้ำหนักตัวนั้น ARC (1984) ได้กำหนดไว้ว่า net protein content of live weight gain = 150 g/kg gain และ net protein content of live weight loss = 112 g/kg Loss

2.12.2.2 ความต้องการโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (rumen degradable protein : RDP)

โคนมมีการย่อยอาหารโดยอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมน การย่อยอาหารโดยจุลินทรีย์จำเป็นต้องการโภชนะส่วนหนึ่งในการสังเคราะห์เซลล์ โดยเฉพาะโปรตีนและพลังงาน ซึ่งโปรตีนที่จุลินทรีย์สามารถใช้ประโยชน์ได้ คือ โปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน ความต้องการโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมนขึ้นอยู่กับพลังงานที่เกิดขึ้นจากการหมักย่อย dietary organic matter ในกระเพาะรูเมน จากงานวิจัยสามารถสรุปได้ว่า จุลินทรีย์สามารถสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน (microbial protein) ได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด เมื่อใช้ RDP = (1.34 x 6.25) g ต่อ 1 MJ ME_{intake} ที่สัตว์ได้รับ (ARC, 1984) ดังนั้นความต้องการโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมนที่ต่ำที่สุด เพื่อการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนสามารถคำนวณได้ดังสมการ

Dietary RDP requirement (g) = 8.38 ME_{intake} (MJ/day) ----------(ARC, 1984)

2.12.2.3 ความต้องการโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (rumen undegradable protein: UDP)

ความต้องการโปรตีนสามารถคำนวณได้จากความแตกต่างระหว่าง NP_R (net tissue protein) กับจุลินทรีย์โปรตีน (MCP) จากสมการ RDP=8.38 ME_{intake} (g/day) ที่ประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนสูงสุดหรือจุลินทรีย์สามารถใช้ประโยชน์จากโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมนรวมกับพลังงานที่ได้จากการหมักย่อยภายในกระเพาะรูเมนได้ทั้งหมด ดังนั้นจุลินทรีย์โปรตีนที่สังเคราะห์ได้จะเท่ากับความต้องการโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน กล่าวคือ

MCP = RDP requirement = 8.38 ME (g/day) ----------(ARC, 1984)

แต่จุลินทรีย์โปรตีนนี้จะมีส่วนของกรดอะมิโนที่สัตว์สามารถใช้ประโยชน์ได้เพียง 80 เปอร์เซ็นต์ และจาก 80 เปอร์เซ็นต์ นี้สัตว์สามารถย่อยในส่วนของลำไส้เล็กได้เพียง 85 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่วนที่สัตว์สามารถย่อยได้นั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงเพียง 80 เปอร์เซ็นต์ คือ (ARC, 1984)

Proportion of microbial crude protein present as amino acid = 0.80

Digestibility of amino acids reaching the small intestine = 0.85

Proportion of absorbed amino acid retained in tissue protein = 0.80

ดังนั้นจุลินทรีย์โปรตีนที่สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เพื่อการต่างๆ สามารถคำนวณได้ดังสมการ

Supply of net tissue protein from microbial protein (TP_{mp}) = 8.38ME x 0.80 x 0.85 x 0.80

ดังนั้นความต้องการ UDP = NP_R-TP_{mp} และความต้องการโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมนจากอาหารจะต้องนำค่าการย่อยได้โปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมนที่ลำไส้เล็กและการนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.70 และ 0.75 ตามลำดับ ดังนั้นความต้องการ UDP จากอาหาร = (NP_R- TP_{mp}) / (0.70 x 0.75) (ARC, 1984)

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัย

ในการทำการวิจัยครั้งนี้จะประกอบไปด้วยการทดลอง 3 การทดลอง กล่าวคือ การทดลองที่ 1 ได้ทำการศึกษาคุณค่าทางโภชนะของผลพลอยได้ทางการเกษตร และศึกษากรรมวิธีการผลิตอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร เพื่อให้ได้อาหารหยาบหมักที่มีคุณภาพดี การทดลองที่ 2 ได้ทำการศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาของอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร และการทดลองที่ 3 ได้ทำการศึกษาผลของการให้ผลผลิตของโครีดนม ลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียน (crossbred holstein friesian) ที่ได้รับอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรเปรียบเทียบกับหญ้าสด โดยได้แสดงรายละเอียดต่างๆ เกี่ยวกับการทดลองไว้ ในบทที่ 4, 5 และ 6 โดยในการทดลองครั้งนี้ได้มีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.1 การทดลองที่ 1

การศึกษาคุณค่าทางโภชนะของผลพลอยได้ทางการเกษตร และศึกษากรรมวิธีการผลิตอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร เพื่อให้ได้อาหารหยาบหมักที่มีคุณภาพและโภชนะเหมาะสำหรับเป็นอาหารใช้เลี้ยงโคนม

3.1.1 ทำการคัดเลือกผลพลอยได้ทางการเกษตรเพื่อนำมาผลิตเป็นอาหารหยาบหมัก

3.1.2 ทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางโภชนะของผลพลอยได้ทางการเกษตรที่ได้คัดเลือก

3.1.3 ทำการศึกษาถึงกรรมวิธีการผลิตอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร

3.1.4 ทำการตรวจวัดคุณภาพอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร

3.1.5 ทำการศึกษาการย่อยสลายภายในกระเพาะรูเมน

3.2 การทดลองที่ 2

การศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาของอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร

3.2.1 ทำการหมักอาหารหยาบหมักซึ่งจะคัดเลือกจากการทดลองที่ 1

3.2.2 ทำการหมักอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรภายในถุงขนาด 10 กิโลกรัม

3.2.3 ทำการตรวจวัดคุณภาพของอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรที่ระยะเวลาต่างๆ กัน (1-6 เดือน)

3.3 การทดลองที่ 3

การศึกษาผลของการให้ผลผลิตของโครีดนม ลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียน (crossed breed holstein friesian) ที่ได้รับอาหารหยาบหมักเปรียบเทียบกับหญ้าสด

3.3.1 ทำการผลิตอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรที่คัดเลือกจากการทดลองที่ 1 เพื่อนำมาใช้เลี้ยงโคนม

3.3.2 ทำการเลี้ยงโคนมด้วยอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรเปรียบเทียบกับหญ้าสด

3.3.3 ทำการเก็บข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ปริมาณการกินได้ของโภชนะ การให้ผลผลิตน้ำนมและส่วนประกอบของน้ำนม

3.3.4 ทำการศึกษาการย่อยได้แบบ total collection และการย่อยสลายภายในกระเพาะรูเมน

3.4 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

15 มีนาคม 2543–7 มกราคม 2544

3.5 สถานที่ทำการวิจัย

ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2 และ 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
การศึกษาคุณค่าทางโภชนะของผลพลอยได้ทางการเกษตร และศึกษากรรมวิธีการผลิตอาหารหยาบหมักเพื่อให้ได้อาหารหยาบหมักที่มีคุณภาพดี

4.1 คำนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในภูมิภาคที่มีภูมิอากาศร้อนชื้น ซึ่งส่งผลทำให้พืชอาหารสัตว์ในประเทศไทยนั้นมีคุณภาพต่ำ อีกทั้งในฤดูแล้งเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมยังต้องประสบกับปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบทั้งปริมาณและคุณภาพ ดังนั้นการนำผลพลอยได้ทางการเกษตรมาใช้เป็นอาหารเลี้ยงโคนมจึงเป็นที่นิยมแพร่หลาย แต่ผลพลอยได้ทางการเกษตรต่างๆ นั้นมีคุณค่าทางโภชนะต่ำ การนำมาใช้โดยตรงจึงทำให้สัตว์ได้รับโภชนะไม่เพียงพอกับความต้องการ จำเป็นต้องมีการนำมาปรับปรุงคุณภาพเสียก่อน นอกจากนี้ผลพลอยได้ทางการเกษตรบางชนิดไม่สามารถเก็บรักษาได้นาน อีกทั้งยังไม่มีรายงานการศึกษาถึงกรรมวิธีการนำผลพลอยได้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นอาหารหมัก ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาถึงส่วนประกอบทางโภชนะและกรรมวิธีการผลิตอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร เพื่อใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงโคนม

4.2 วัตถุประสงค์

-เพื่อศึกษาถึงคุณค่าทางโภชนะของผลพลอยได้ทางการเกษตร

-เพื่อทำการคัดเลือกผลพลอยได้ทางการเกษตรที่มีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นอาหารหยาบหมักสำหรับใช้เลี้ยงโคนม

-เพื่อศึกษาถึงกรรมวิธีการผลิตอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรให้มีคุณภาพและคุณค่าทางโภชนะที่เหมาะสมในการใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนม

4.3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

4.3.1 ในการศึกษาครั้งนี้ได้สุ่มเก็บตัวอย่างผลพลอยได้ทางการเกษตรทั้งหมด 6 ชนิดได้แก่

แหล่งเยื่อใย คือ

กากอ้อย ได้ทำการสุ่มเก็บจากโรงงานผลิตน้ำตาลของ บริษัท อุตสาหกรรมโคราช จำกัด

แหล่งพลังงาน คือ

กากมันสำปะหลัง ได้ทำการสุ่มเก็บจากโรงงานมันสำปะหลังของบริษัท เจ้าพระยาพืชไร่ จำกัด

กากน้ำตาล ได้ทำการสุ่มเก็บจากโรงงานอาหารสัตว์ ฟาร์มมหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แหล่งโปรตีน คือ

กากเบียร์ ได้ทำการสุ่มเก็บจาก บริษัท แดรี่ เทรดดิ้ง จำกัด

กากรำสกัดน้ำมัน ได้ทำการสุ่มเก็บจากโรงงานอาหารสัตว์ ฟาร์มมหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.3.1.1 ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างผลพลอยได้ทางการเกษตรแบบ pooled sample (เมธา, 2533) จากนั้นนำมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 36 ชั่วโมง เพื่อหาเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (AOAC, 1990)

4.3.1.2 นำตัวอย่างที่ได้จากการอบแห้งทั้ง 6 ตัวอย่างมาแยกบดด้วยเครื่องบดผ่านตระแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร และเก็บไว้ในกระป๋องพลาสติกฝาเกลียวเพื่อนำไปวิเคราะห์หาโภชนะอื่นๆ

4.3.1.3 ทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางโภชนะของตัวอย่างทั้ง 6 ตัวอย่าง โดยใช้วิธีแบบ proximate analysis (AOAC, 1990) วัตถุแห้ง (dry matter) เถ้า (ash) ไขมัน (ether extract) ด้วยเครื่องซอกเลท (soxhlet auto analyser) โปรตีนหยาบ (crude protein) โดยวิธี kjeldahl ด้วยเครื่องเคเจลเทค (kjeldahl auto sampler system) และเยื่อใยรวม (crude fiber) เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber) เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกรด (acid detergent fiber) (Goering and VanSoest, 1970)

4.3.2 เมื่อทำการศึกษาส่วนประกอบทางโภชนะของผลพลอยได้ทางการเกษตรแล้วตามข้อ 4.3.1 แล้ว ทำการประกอบสูตรอาหารหยาบหมักเพื่อให้ได้คุณค่าทางอาหารเหมาะสมสำหรับใช้เลี้ยงโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน โดยให้มีโปรตีนประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกรดประมาณ 21 เปอร์เซ็นต์ และมี TDN มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์

4.3.2.1 ในการทดลองครั้งนี้ได้วางแผนการทดลองแบบ 8 x 3 factorial in completely randomized design

โดยมีปัจจัย A เป็นสูตรอาหารหยาบหมักซึ่งแต่ละสูตรจะแตกต่างกันที่สารเสริมแลคโตบาซิลัส (*Lactobacillus* sp.) ยูเรีย และกากน้ำตาล ดังตารางที่ 4.2 ซึ่งจะได้สูตรอาหารหยาบหมักทั้งหมด 8 สูตร (ดังตารางที่ 4.2) แต่ละสูตรของอาหารหยาบหมักจะมีจำนวน 4 ซ้ำ

และปัจจัย B เป็นระยะเวลาการหมัก ซึ่งในการทดลองนี้จะทำการศึกษา 3 ช่วงระยะเวลา คือ 2, 3 และ 4 สัปดาห์

4.3.2.2 ทำการผลิตอาหารหยาบหมักตามตารางที่ 4.2 แล้วใส่ถุงพลาสติกดำและซ้อนด้วยถุงโพลีอีกหนึ่งชั้น โดยจะบรรจุอาหารหยาบหมักถุงละ 10 กิโลกรัม แล้วอัดให้แน่นบีบไล่อากาศออกให้หมด จากนั้นจึงทำการปิดปากถุงให้สนิทเสร็จแล้วนำไปเก็บไว้ในที่ร่ม

4.3.2.3 ทำการสุ่มตัวอย่างอาหารหมักตามช่วงระยะเวลา 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ เพื่อนำไปทำการวิเคราะห์หา วัตถุแห้ง (dry matter) โปรตีนหยาบ (crude protein) โดยวิธี kjeldahl ด้วยเครื่องเคเจลเทค (kjeldahl auto sampler system) (AOAC, 1990) วัดความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างอาหารหมัก 100 กรัม ใส่บีกเกอร์ เติมน้ำกลั่น 100 มล. ต้มให้เดือด 5 นาทีแล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ทำการวัดระดับความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH Meter และ ตรวจวัดหาปริมาณกรดไขมันระเหยได้ได้แก่ กรดอะซิติค (acetic acid) กรดบิวทิริค (butyric acid) กรดแลคติค (lactic acid) โดยทำการชั่งตัวอย่างอาหารหมัก 10 กรัม ใส่ flask 500 มล. เติม 0.05M H_2SO_4 250 มิลลิลิตร จากนั้นนำเข้าเครื่องเขย่าที่ 20 องศาเซลเซียส 200 รอบต่อนาที นาน 4 นาที นำไปกรอง จากนั้นนำสารละลายที่ได้จากการกรองไปตรวจหาด้วยเครื่อง HPLC ใช้คอลัมน์ Organic acid analysis รุ่น amiex HPX-87H และ guard column (40 x 4.6 mm.) รุ่น aminex HPX-85H (Bio-Red Laboratories, Richmond, CA). ใช้ mobile phase 0.005M H_2SO_4 flow rate 0.6 ml/min (Canale et al., 1984)

4.4 การทดสอบสมมุติฐาน

ข้อมูลทั้งหมดนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) แบบ 8 X 3 factorial in completely randomized design (Steel and Torries, 1980) และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1985)

4.5 ระยะเวลาและสถานที่ทำการทดลอง

-ระยะเวลาที่ทำการทดลอง

15 มีนาคม – 15 เมษายน 2543

-สถานที่ทำการทดลอง

ฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2 และ 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.6 ผลการทดลอง

4.6.1 ส่วนประกอบทางโภชนะของผลพลอยได้ทางการเกษตร

ส่วนประกอบทางโภชนะของผลพลอยได้ทางการเกษตรซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 พบว่า วัตถุดิบต่างๆ มีส่วนของเยื่อใยค่อนข้างสูงโดยเฉพาะกากอ้อยมีส่วนของเยื่อใย เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง และเยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกรดสูงกว่าวัตถุดิบชนิดอื่นๆ ซึ่งสามารถใช้เป็นแหล่งเยื่อใยได้เป็นอย่างดี กากเบียร์และกากรำสกัดน้ำมันมีส่วนของโปรตีนสูงที่สุดเหมาะสมในการใช้เป็นแหล่งโปรตีน และกากมันสำปะหลังนั้นมีคาร์โบไฮเดรตในปริมานที่สูงซึ่งควรใช้เป็นแหล่งพลังงาน นอกจากนี้ในส่วนของกากมันสำปะหลังและกากเบียร์นั้นจะมีวัตถุแห้งที่ต่ำคือ มีความชื้นสูง ซึ่งในการทดลองนี้ได้นำกากสดมาใช้

4.6.2 การประกอบสูตรอาหารหมัก

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าผลพลอยได้ทางการเกษตรแต่ละชนิดมีโภชนะที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการที่จะนำผลพลอยได้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นอาหารหมักสำหรับใช้เลี้ยงโคนมนั้นควรมีการประกอบสูตรอาหารหยาบหมักเพื่อให้ได้โภชนะที่เหมาะสมเสียก่อน และในการศึกษากรรมวิธีการผลิตอาหารหมักนี้ได้ทำการประกอบสูตรดังตารางที่ 4.2 โดยมีสูตรอาหารหยาบหมัก

ทั้งหมด 8 สูตร ซึ่งในแต่ละสูตรจะใช้สารเสริมชนิดต่างๆ กัน โดยสารเสริมที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้คือ แล็คโตบาซิลลัส (*Lactobacillus* sp.) ซึ่งได้ใช้ในอัตรา $2.5x10^5$ cfu/g กากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ และ ยูเรีย 1 เปอร์เซ็นต์ ของอาหารหยาบหมักสด

ตารางที่ 4.3 แสดงส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร ซึ่งพบว่า ในสูตรที่ 4 และสูตรที่ 5 มีวัตถุแห้งต่ำที่สุด เพราะว่ามีส่วนประกอบจากกากมันสำปะหลังซึ่งเป็นกากสดทำให้มีความชื้นสูง โปรตีนหยาบมีค่าใกล้เคียงกันในทุกสูตร เปอร์เซ็นต์ไขมันในสูตรที่ 7 และสูตรที่ 8 มีระดับสูงที่สุดเนื่องมาจากมีส่วนประกอบของกากเบียร์ในปริมาณที่สูงและกากเบียร์เองก็มีส่วนประกอบของไขมันสูง ในส่วนระดับเยื่อใย และคาร์โบไฮเดรตมีค่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.1 แสดงส่วนประกอบโภชนะต่างๆ ของผลพลอยได้ทางการเกษตร (หน่วย: เปอร์เซ็นต์)

	ชนิดของผลพลอยได้ทางการเกษตร				
	กากอ้อย	**กากรำสกัดน้ำมัน**	**กากมันสำปะหลัง**	**กากเบียร์**	**กากน้ำตาล**
วัตถุแห้ง	58.3±10.09	90.00±0.01	28.30±0.01	23.6±0.04	74.00±0.08
โปรตีน	1.31±0.05	17.16±0.17	1.65±0.15	28.38±0.51	3.84±0.03
ไขมัน	1.85±0.03	3.26±0.06	0.99±0.25	10.12±0.31	-
เถ้า	2.89±0.75	11.96±0.05	1.42±0.11	4.56±0.05	-
เยื่อใย	49.55±0.41	12.70±0.54	12.56±0.19	15.24±1.20	-
NDF	85.39±0.61	50.54±0.09	29.46±0.98	62.19±0.94	-
ADF	51.22±2.29	5.86±0.91	3.08±0.53	25.94±0.49	-
NFE[1]	44.40	54.92	83.38	41.70	-

[1]%NFE = 100 – [%CP + %EE + %CF +%ASH)

ตารางที่ 4.2 แสดงการประกอบสูตรอาหารหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร (หน่วย: กิโลกรัมสด)

ผลพลอยได้ทาง	สูตรที่							
การเกษตร	1	2	3	4	5	6	7	8
กากอ้อย	22	22	21	17	17	21	22	22
กากมันสำปะหลัง	54	54	13	66	66	13	16	16
กากรำสกัดน้ำมัน	2	2	21	-	-	21	20	20
กากเบียร์	16	16	40	16	16	40	42	42
กากน้ำตาล[1]	5	5	5	-	-	5	-	-
ยูเรีย[1]	1	1	-	1	1	-	-	-
แลคโตบาซิลัส[1,2]	+	-	+	+	-	-	+	-
รวม	100	100	100	100	100	100	100	100
ต้นทุน (บาท/ก.ก)[3]	0.83	0.83	1.88	0.63	0.63	1.88	1.74	1.74

[1] คือสารเสริมในอาหารหมัก [2] หน่วยเป็น 2.5 x 10^5 cfu/kgDM

[3] ดูในภาคผนวก

เครื่องหมาย + หมายถึงการเสริมแล็คโตบาซิลลัส ,- หมายถึงไม่ได้เสริมแล็คโตบาซิลลัส

ตารางที่ 4.3 แสดงส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรก่อนการหมัก (หน่วย: เปอร์เซ็นต์)

ส่วนประกอบ	สูตรที่							
ทางโภชนะ	1	2	3	4	5	6	7	8
วัตถุแห้ง	38.38	38.38	47.97	33.36	33.36	47.97	45.27	45.27
โปรตีนรวม	12.47	12.47	13.11	13.05	13.05	13.11	13.57	13.57
ไขมัน	2.16	2.16	3.83	2.25	2.25	3.83	4.14	4.14
เถ้า	3.37	3.37	7.12	2.17	2.17	7.12	6.71	6.71
เยื่อใย	23.66	23.66	21.62	23.48	23.48	21.62	23.68	23.68
NDF	48.77	48.77	56.22	48.91	48.91	56.22	60.86	60.86
ADF	21.18	21.18	20.73	19.88	19.88	20.73	22.83	22.83
NFE[1]	58.34	58.34	54.33	59.05	59.05	54.33	51.89	51.89

[1]ดังตารางที่ 4.1

4.6.3 การตรวจวัดคุณภาพของอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร

การตรวจวัดคุณภาพของอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร (ตารางที่ 4.4) พบว่า เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของอาหารหยาบหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) โดยสูตรที่ 3 และ 6 สูตรที่ 7 และ 8 สูตรที่ 2 และ 1 สูตรที่ 4 และสูตรที่ 5 มีค่าเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งเรียงจากมากไปน้อยตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามระยะเวลาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง

ระดับความเป็นกรด-ด่างของอาหารหยาบหมักเป็นค่าที่สำคัญค่าหนึ่งที่ใช้ชี้วัดคุณภาพอาหารหมัก ซึ่งพบว่าความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกันในแต่ละสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) และแตกต่างกันในระยะเวลาการหมักที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กล่าวคือ ในสูตรที่ 5 มีระดับความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุด

ปริมาณกรดแลคติค พบว่า มีความแตกต่างกันในแต่ละสูตร ระยะเวลาการหมัก และพบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสูตรกับระยะเวลาการหมัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) โดยมีสูตรที่ 5 และสูตรที่ 4 ที่ระยะเวลา 2 สัปดาห์มีปริมาณกรดแลคติคต่ำที่สุด

ปริมาณกรดอะซิติค พบว่า มีความแตกต่างกันในแต่ละสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) โดยมีสูตรที่ 5 ปริมาณกรดอะซิติคมีค่าสูงกว่าสูตรอื่นๆ แต่ระยะเวลาไม่มีผลต่อปริมาณกรดอะซิติค

ปริมาณกรดบิวทิริค พบว่า มีความแตกต่างกันในแต่ละสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) แต่ระยะเวลาการหมักและปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มการทดลองกับระยะเวลาการหมักไม่พบความแตกต่าง ($p>0.05$)

คะแนนของ Flieg พบว่า สูตรที่ 1, 2, 7 และ 8 สูตรที่ 3 และ 6 และสูตรที่ 4 และ 5 มีคะแนนเรียงจากมากไปน้อยตามลำดับ และที่ระยะเวลา 2 สัปดาห์สูตรที่ 4 และ 5 มีระดับคะแนนของ Flieg ต่ำที่สุด และเมื่อพิจารณาถึงคุณภาพโดยใช้เกณฑ์จากคะแนนของ Flieg พบว่า คุณภาพของอาหารหยาบหมักอยู่ในเกณฑ์ที่ดีถึงดีมาก ยกเว้นในสูตรที่ 4 และ 5 ที่ระยะเวลาการหมัก 2 สัปดาห์ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่พอใช้และเลว ตามลำดับ

การย่อยสลายวัตถุแห้งภายในกระเพาะรูเมน (ตารางที่ 4.5) พบว่า สูตรอาหารหยาบหมักมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.001$) กล่าวคือ สูตรที่ 7 และ 8 มีค่าการย่อยสลายภายได้ในกระเพาะรูเมน (effective degradability) ต่ำกว่าสูตรอื่นๆ และพบว่า มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระยะสูตรและเวลา ($p<0.001$) ซึ่งเนื่องมาจากในการทดลองการย่อยสลายภายในกระเพาะรูเมนนี้ ได้แบ่งตัวอย่าง

ในการจุ่มแช่ในกระเพาะรูเมนของโคนมเพื่อวัดการย่อยสลายได้ ซึ่งได้ทำการจุ่มแช่ตัวอย่างครั้งละ 8 สูตรที่ระยะเวลาการหมักเดียวกัน โดยได้ทำการจุ่มแช่ 3 ครั้ง ทั้งนี้เนื่องมาจากมีข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนถุงไนล่อน และจำนวนตัวอย่างที่ต้องการศึกษามีจำนวนมาก

ตารางที่ 4.4 แสดงการตรวจวัดคุณภาพของอาหารหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรระยะการหมัก 2, 3 และ 4 สัปดาห์

สูตรที่	DM (%)	CP (%)	pH (%)	Lactate (g/kgDM)	Acetate (g/kgDM)	Butyrate (g/kgDM)	Flieg [1]	คุณภาพ
ระยะการหมัก 2 สัปดาห์								
1	35.34	12.40	3.53	54.82	7.59	3.75	84.50	ดีมาก
2	35.50	12.69	3.52	50.30	6.67	4.22	82.50	ดีมาก
3	44.56	13.87	3.73	42.41	8.38	5.32	77.50	ดี
4	32.86	13.71	3.73	3.38	6.44	4.43	28.75	พอใช้
5	31.69	10.39	4.67	1.76	18.59	5.95	22.63	เลว
6	44.60	12.96	3.63	43.67	16.25	7.00	74.50	ดี
7	43.03	13.85	3.70	28.62	6.29	2.42	88.50	ดีมาก
8	43.27	14.19	3.69	26.56	6.57	1.61	84.50	ดีมาก
ระยะการหมัก 3 สัปดาห์								
1	34.80	13.31	3.51	59.07	9.68	2.91	99.50	ดีมาก
2	35.12	12.91	3.43	43.26	9.49	1.24	91.50	ดีมาก
3	44.67	14.09	3.66	58.59	6.62	5.97	80.00	ดี
4	32.38	12.22	3.53	41.38	7.27	8.22	72.25	ดี
5	31.19	11.54	3.86	29.49	11.26	1.74	87.75	ดีมาก
6	43.85	14.16	3.62	58.16	6.46	6.94	79.50	ดี
7	42.79	13.84	3.56	56.75	7.25	7.08	79.75	ดี
8	42.62	13.77	3.58	46.20	5.69	2.51	90.00	ดีมาก
ระยะการหมัก 4 สัปดาห์								
1	34.33	13.46	3.65	43.64	7.09	3.21	87.00	ดีมาก
2	35.78	12.57	3.53	48.04	7.54	2.75	86.67	ดีมาก
3	44.48	14.10	3.73	65.63	7.17	7.17	80.00	ดี
4	33.59	12.80	3.55	50.20	11.38	2.02	92.33	ดีมาก
5	30.55	11.65	4.88	42.49	24.76	6.85	68.38	ดี
6	42.82	14.00	3.68	64.80	10.09	6.62	81.00	ดี
7	43.71	13.61	3.61	29.72	5.17	1.72	93.50	ดีมาก
8	42.55	13.27	3.51	47.66	8.04	3.26	89.50	ดีมาก
SE	**0.29**	**0.31**	**0.11**	**2.68**	**2.06**	**0.95**	-	-
%CV	**2.17**	**6.95**	**8.67**	**18.55**	**66.40**	**64.65**	-	-
	----------p----------							
F [2]	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0014	-	-
W [2]	0.0858	0.5923	0.0420	0.0001	0.3379	0.8659	-	-
FxW [2]	0.1425	0.1980	0.2063	0.0001	0.3521	0.0211	-	-

[1] คะแนน 81-100 ดีมาก, 61-80 ดี, 41-60 ปานกลาง, 21-40 พอใช้, 0-20 เลว (ดูในภาคผนวก)

[2] F คือ สูตรของอาหารหยาบหมัก, W คือ ระยะเวลาการหมัก และ T*W คือปฏิสัมพันธ์ระหว่างสูตรอาหารหยาบหมักกับระยะเวลาการหมัก

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการย่อยสลายภายในกระเพาะรูเมนของวัตถุแห้งของอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร (หน่วย: เปอร์เซ็นต์)

สูตรที่	0	6	12	24	48	72	96	dg*
ระยะการหมัก 2 สัปดาห์								
1	29.49	40.04	43.48	50.96	57.49	64.11	65.56	66.70
2	36.36	43.20	45.88	50.21	64.71	64.83	70.59	70.97
3	30.50	39.03	44.12	51.51	56.16	62.43	68.21	67.73
4	33.92	46.70	52.25	58.28	64.33	61.94	69.79	69.50
5	32.86	43.63	43.31	55.47	63.30	68.56	71.50	69.47
6	31.57	41.53	39.90	49.04	64.65	65.45	72.08	69.27
7	27.11	37.99	44.94	51.11	55.21	57.58	60.46	65.03
8	33.39	35.55	36.69	53.08	58.73	61.58	60.54	66.87
ระยะการหมัก 3 สัปดาห์								
1	34.95	34.57	40.68	51.04	59.06	59.90	67.89	69.40
2	35.34	41.39	48.09	49.90	57.89	63.31	69.50	70.03
3	39.10	37.59	45.09	54.84	55.13	61.95	72.01	72.53
4	29.26	31.46	42.14	53.75	57.54	63.06	63.27	66.23
5	29.52	33.83	42.48	47.57	52.79	57.75	65.27	66.67
6	38.61	38.60	46.33	51.96	54.93	61.82	63.26	70.10
7	28.39	33.14	38.87	50.38	53.37	58.96	56.63	65.07
8	26.92	29.28	37.70	48.80	54.02	53.64	53.76	63.90
ระยะการหมัก 4 สัปดาห์								
1	26.43	29.28	33.72	48.26	61.90	60.27	64.72	65.63
2	31.89	35.54	40.53	49.47	57.81	60.16	64.20	67.27
3	25.58	30.24	37.90	46.31	47.11	54.91	64.54	65.40
4	23.18	32.82	33.58	46.65	54.18	60.91	59.93	64.27
5	27.53	22.86	35.13	40.33	52.53	59.51	64.33	66.23
6	33.54	37.13	44.88	48.31	54.63	59.27	63.26	67.73
7	26.86	34.55	35.27	42.33	55.21	53.17	57.77	64.57
8	23.63	29.78	33.72	39.06	47.79	45.63	50.33	63.17
SE	1.92	1.96	2.45	2.36	2.76	2.91	2.70	0.90
%CV	12.55	10.97	11.91	9.52	9.73	9.71	8.41	2.68
	----------p----------							
F^2	0.0005	0.0005	0.0104	0.1952	0.0384	0.0151	0.0001	0.0001
W^2	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003	0.0013	0.0010	0.0001
FxW^2	0.0191	0.0115	0.1072	0.2181	0.3923	0.7152	0.7537	0.0105

Effective degradability ^{2}F คือ สูตรของอาหารหยาบหมัก, W คือ ระยะเวลาการหมัก และ T*W คือปฏิสัมพันธ์ระหว่างสูตรอาหารหยาบกับระยะเวลา

4.7 วิจารณ์ผลการทดลอง

4.7.1 ส่วนประกอบทางโภชนะของผลพลอยได้ทางการเกษตร

จากผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางโภชนะของผลพลอยได้ทางการเกษตร พบว่า กากอ้อยมีส่วนประกอบของเยื่อใย เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง และเยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกรด ในระดับที่สูง (49.6, 85.4 และ 51.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ คู่ขวัญ (2543) และ Rangnekar (1988) โดยพบว่า มีส่วนประกอบของเยื่อใย 41.7 และ 48.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง 87.6 และ 88.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกรด 54.6 และ 60.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ในส่วนของระดับโปรตีน และไขมัน พบว่ามีอยู่ในระดับที่ต่ำ (1.3 และ1.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ซึ่งใกล้เคียงกับการทดลองของ คู่ขวัญ (2543) พบว่า มีระดับโปรตีน และไขมัน 1.4 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งการที่กากอ้อยมีส่วนประกอบประเภทเยื่อใยในระดับที่สูงอันเนื่องมาจากอ้อยที่นำมาเข้าโรงงานมีระยะเวลาตั้งแต่ปลูกถึงเก็บเกี่ยวผลผลิตนาน (8-12 เดือน) (ปรีชา, 2523) จึงทำให้มีการสะสมลิกนินและสารประเภทเยื่อใยในปริมาณที่สูง ส่งผลทำให้การย่อยได้นั้นลดลงตามไปด้วย (เมธา, 2533) จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่ากากอ้อยเป็นวัตถุดิบที่มีโภชนะต่ำ ดังนั้นในแง่การนำมาใช้เป็นอาหารโคนมควรมีการปรับปรุงคุณภาพให้มีโภชนะต่างๆ ที่เหมาะสมเสียก่อน (Suksombat, 1996; 1999; 2000; และ Suksombat et al., 1999) และในการทดลองนี้จะใช้วัตถุดิบแหล่งพลังงาน คือ กากมันสำปะหลัง และแหล่งโปรตีน คือ กากรำสกัดน้ำมันและกากเบียร์ร่วมในการประกอบสูตรอาหารให้มีโภชนะที่เหมาะสมกับการใช้เป็นอาหารโคนม

จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางโภชนะของกากมันสำปะหลัง พบว่า มีระดับคาร์โบไฮเดรตในระดับที่สูงถึง 83.4 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เป็นเพราะในกระบวนการสกัดแป้งออกนั้นสามารถสกัดแป้งออกได้เพียงประมาณ 64.6 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้ระดับคาร์โบไฮเดรตของกากมันสำปะหลังมีในระดับสูง (เยาวมาลย์ และ สาโรช, 2543) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ ชวนิศดากร (2500) และ Ewing (1951) ซึ่งพบว่ามีส่วนของคาร์โบไฮเดรต 81.0 และ 81.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

กากรำสกัดน้ำมันที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ พบว่ามีส่วนของไขมันอยู่ในระดับต่ำ คือ มีค่า 3.3 เปอร์เซ็นต์ และมีส่วนของเถ้าในระดับที่สูงคือ 12.0 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เป็นเพราะได้ผ่านกระบวนการสกัดน้ำมันออกและในส่วนของกากรำสกัดน้ำมันนี้จะมีส่วนประกอบของซิลิกาอยู่ในระดับที่สูง (บรรจบ, 2542) แต่อย่างไรก็ตามพบว่า กากรำสกัดน้ำมันนี้จะมีส่วนของโปรตีนในปริมาณที่สูง

คือ 17.2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ ปกรณ์ (2540) ซึ่งรายงานว่ากากรำสกัดน้ำมันมีโปรตีน 16.01 เปอร์เซ็นต์

กากเบียร์เป็นวัตถุดิบที่มีปริมาณโปรตีนในระดับที่สูงซึ่งจากการวิเคราะห์ พบว่า มีโปรตีน 28.4 เปอร์เซ็นต์ วิบูลย์ศักดิ์ และ ญาณิน (2534), นาม (2524), ปะวีร์ (2525), NRC (1988) และ Allen (1982) ได้รายงานว่ากากเบียร์แห้งมีโปรตีน 22.0, 23.7, 29.57, 25.3 และ 27.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า กากเบียร์มีส่วนของไขมันในระดับที่สูงคือ 10.1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ นาม (2524), ปะวีร์ (2525), NRC (1988) และ Allen (1982) ซึ่งรายงานว่ามีไขมัน 10.0, 7.0, 6.2 และ 7.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และนอกจากนี้ยังพบว่า กากเบียร์มีส่วนของเยื่อใยในระดับที่สูงทั้งนี้เนื่องมาจากกากเบียร์เป็นผลผลอยได้ที่มาจากการสกัดเอาแป้งและน้ำตาลออก (เฉลิมชัย, 2527) ซึ่งมักจะไม่นิยมใช้เป็นอาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยวแต่สามารถใช้เป็นอาหารสัตว์กระเพาะรวมได้ดี และมีความน่ากินสูง (สุรชัย และคณะ, 2542)

4.7.2 การตรวจวัดคุณภาพของอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร

การตรวจวัดคุณภาพของอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรได้รายงานไว้ในตารางที่ 4.4 พบว่า เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งในแต่ละสูตรมีความแตกต่างกัน เพราะในการประกอบสูตร (ตารางที่ 4.3) ได้มีความแตกต่างกันตั้งแต่เริ่มต้น กล่าวคือ ในสูตรที่ 3 และ 6 และสูตรที่ 7 และ 8 และสูตรที่ 1 และ 2 และสูตรที่ 4 และ 5 มีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งเป็น 48.0, 46.5, 38.4 และ 33.4 ตามลำดับ ซึ่งทั้งนี้เป็นเพราะในสูตรที่ 3 และ 6 มีส่วนของกากรำสกัดน้ำมันในปริมาณที่สูง รองลงมาคือ สูตรที่ 7 และ 8 และสูตรที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ส่วนในสูตรที่ 4 และ 5 นั้นไม่มีส่วนประกอบของ กากรำสกัดน้ำมันซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีความชื้นต่ำ (ดังตารางที่ 4.1 และ 4.2) อย่างไรก็ตามในสูตรที่ 4 และ 5 นั้นมีวัตถุแห้งก่อนการหมักเท่ากัน แต่พบว่า ที่ระยะการหมัก 2, 3 และ 4 สัปดาห์ เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งมีค่าลดต่ำกว่าสูตรที่ 4 ทั้งนี้เป็นเพราะในสูตรที่ 4 มีการเสริมเชื้อจุลินทรีย์ *Lactobacillus* sp.ซึ่งเป็นการกระตุ้นกระบวนการหมักให้ได้กรดแลคติคได้รวดเร็วขึ้น ส่งผลต่อการยับยั้งการทำงานของ จุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ที่ไม่พึงประสงค์ เช่น *Clostridium* sp. และ *Enterobacteria* sp. ซึ่งจะเกิดกระบวนการหมักแบบใช้ออกซิเจนในระยะแรกๆ ของการหมักและจะใช้โภชนะต่างๆ ในอาหารหมักเป็นแหล่งพลังงานและจะให้น้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา (Bolsen et al., 1995; 1999a; 1999b) สอดคล้องกับการทดลองของ Ranjit and Kung (2000) ซึ่งได้ทดลองเสริมเชื้อ

L. plantarum ในข้าวโพดหมักพบว่า วัตถุแห้งของข้าวโพดหมักที่ไม่เสริมมีค่าต่ำกว่าข้าวโพดหมักกลุ่มที่เสริมเชื้อ *L. plantarum* คือ มีวัตถุแห้งเป็น 28.6 และ 30.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบในอาหารหมักเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการพิจารณาคุณภาพของอาหารหยาบหมัก ซึ่งจากตารางที่ 4.4 พบว่า ระดับโปรตีนหยาบในแต่ละสูตรมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้เป็นเพราะในแต่ละสูตรก่อนการหมักมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ในสูตรที่ 7 และ 8 และ สูตรที่ 3, 4, 5 และ 6 และ สูตรที่ 1 และ 2 มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนเรียงจากมากไปน้อยตามลำดับ (13.6, 13.1 และ 12.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) อย่างไรก็ตามในสูตรที่ 4 และ 5 มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่เท่ากันก่อนการหมัก แต่ที่ระยะการหมัก 2, 3 และ 4 สัปดาห์ในสูตรที่ 5 มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบต่ำกว่าสูตรที่ 4 ทั้งนี้เป็นเพราะในระยะแรกของการหมักมีการเจริญของ จุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดแลคติคได้ต่ำทำให้มีการลดลงของระดับความเป็นกรด-ด่างช้า ซึ่งเป็นผลมาจากในสูตรอาหารหยาบหมักมียูเรียและไม่ได้เสริมกากน้ำตาล (Esmail, 1999; Keady, 1998; McDonald, 1981) ส่งผลทำให้การมีเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้ออกซิเจน เช่น พวก *Clostridium* sp. และ *Enterobacteria* sp. ซึ่งจะมีการสลายน้ำตาลและให้ผลผลิตเป็น น้ำ คาร์โบไฮเดรต และความร้อนในระดับที่สูง ซึ่งจะเป็นการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ โปรตีเอสทำให้มีการย่อยสลายโปรตีนในอัตราที่สูง (Bolsen et al., 1995; Woolford, 1984) ส่วนในสูตรที่ 4 ได้มีการเสริมเชื้อ *Lactobacillus sp* ซึ่งจะมีผลทำให้กระบวนการหมักของอาหารในระยะแรกมีการผลิตกรดแลคติคได้เร็ว ทำให้ระดับความเป็นกรด-ด่างลดลงได้เร็วกว่าสูตรที่ 5 ซึ่งจะเป็นการยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนได้ (McDonald, 1995) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Keady and Steen (1994) ซึ่งได้ทดลองเสริม *L. plantarum* ในการผลิตหญ้า ryegrass และเมื่อตรวจระดับโปรตีนในหญ้าหมักที่ 56 วัน พบว่า ในกลุ่มที่เสริมเชื้อ *L. plantarum* มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่าในกลุ่มที่ไม่เสริม (19.3 และ 18.9 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ) และการทดลองของ Yimin et al. (1999) ได้ทำเสริมเชื้อ *L. casei* และ *L. plantarum* ในการผลิตข้าวฟ่างหมักเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่เสริม พบว่า ในกลุ่มที่เสริมเชื้อมีปริมาณกรดแลคติคเพิ่มขึ้นจาก 43.5 เป็น 52.1 และ 55.5 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ ทำให้ระดับความเป็นกรด-ด่างลดลงจาก 4.4 เป็น 3.8 และ 3.7 ตามลำดับ และพบว่ามีปริมาณของแอมโมเนียลดลงจาก 2.2 เป็น 0.9 และ 0.8 ตามลำดับ

ในสูตรที่ 5 มีระดับความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าในทุกสูตรดังตารางที่ 4.4 ทั้งนี้เป็นเพราะในสูตรที่ 5 นั้นได้เสริมยูเรีย ซึ่งจะมีการแตกตัวให้แอมโมเนียจึงทำให้อาหารหมักมีความเป็นกรด-ด่างสูง (Bolsen et al., 1995) อีกทั้งไม่ได้เสริมสารกระตุ้นการหมักเหมือนสูตรอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับ

รายงานของ Schmutz et al., (1969) ทดลองเสริมยูเรียในอัตรา 0.5 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ ในการผลิตข้าวโพดหมักซึ่งเสริมยูเรียเปรียบเทียบกับข้าวโพดหมักที่ไม่เสริมยูเรีย พบว่า ในกลุ่มที่เสริมยูเรียมีระดับความเป็นกรด-ด่างสูงกว่ากลุ่มที่ไม่เสริมจาก 3.64 เป็น 3.71 และ 3.70 ตามลำดับ) ซึ่งคล้ายกับการทดลองของ Lopez et al. (1970) ซึ่งได้ทำการศึกษาการเสริมยูเรียที่ระดับ 0.5, 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ในข้าวโพดหมักทำให้มีระดับความเป็นกรด-ด่างสูงเพิ่มขึ้น

ในส่วนปริมาณกรดไขมันระเหยได้ พบว่า ปริมาณกรดแลคติคมีความแตกต่างกันในแต่ละสูตรและระยะเวลาการหมัก กล่าวคือ ในสูตรที่ 4 และ 5 ที่ระยะเวลา 2 สัปดาห์มีปริมาณกรดแลคติคต่ำที่สุด ซึ่งในสูตรที่ 4 และ 5 นั้นได้เสริมยูเรียแต่ไม่ได้เสริมกากน้ำตาลขาดแหล่งพลังงานที่ใช้ได้ง่ายมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติคในอัตราที่ช้ากล่าวสูตรอื่นๆ ทำให้มีการผลิตกรดแลคติคได้ในปริมาณที่ต่ำ (Frame, 1994) นอกจากนี้ในสูตรที่ 4 และ 5 ได้ใช้กากมันสำปะหลังในอัตราที่สูงซึ่งมีระดับคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในปริมาณที่ต่ำ เนื่องมาจากส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้จะถูกละลายออกมาในกระบวนการสกัดแป้ง (เยาวมาลย์ และ สาโรช, 2543) นอกจากนี้ในส่วนของกากเบียร์และกากอ้อยนั้นก็มีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในระดับที่ต่ำเช่นกัน (เฉลิมชัย, 2527; จุฑามาศ, 2539) ในส่วนของปริมาณกรดอะซิติคมีความแตกต่างกันในแต่ละสูตร กล่าวคือ ในสูตรที่ 5 มีปริมาณที่ค่อนข้างสูงกว่าสูตรอื่นๆ เนื่องมาจากระดับความเป็นกรด-ด่างที่สูงจึงทำให้จุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้ออกซิเจนเจริญได้ดี (Schmutz et al., 1969; Lopez et al., 1970) และส่วนปริมาณกรดบิวทิริคมีความแตกต่างกันในแต่ละสูตร และพบว่ามีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างสูตรและระยะเวลา อาจเนื่องมาจากในระหว่างการหมักถุงอาจเป็นผลมาจากการบีบไล่อากาศออกไม่หมดหรืออาจมีรอยรั่วจึงทำให้มีการเจริญของราและยีสต์

แต่อย่างไรก็ตามในการตัดสินคุณภาพของอาหารหมักการใช้คะแนนของ Flieg เป็นที่ได้รับการยอมรับกันอย่างแพร่หลายทั่วไป (สมคิด และ คณะ, 2542; Woolford, 1984) ซึ่งจะอาศัยสัดส่วนของปริมาณกรดแลคติคต่อกรดอะซิติคและบิวทิริค ซึ่งพบว่าในสูตรที่ 4 และ 5 ที่ระยะเวลาการหมัก 2 สัปดาห์ มีค่าของคะแนน Flieg ต่ำ คือ 28.75 และ 22.63 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งจัดว่าเป็นอาหารหมักที่มีคุณภาพพอใช้ และเลว ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาถึงค่าการย่อยสลายวัตถุแห้งภายในกระเพาะรูเมนนั้น พบว่า ในชั่วโมงแรกๆ ของการย่อยสลายจะมีความแปรปรวนสูง ซึ่งเนื่องมาจากอาหารหยาบหมักนี้ผลิตมาจากผลพลอยได้ทางการเกษตรซึ่งมีคุณค่าทางโภชนะต่ำจึงส่งผลให้มีอัตราการย่อยสลายได้ช้าในชั่วโมงแรกๆ แต่ในชั่วโมงที่ 72 และ 96 พบว่า ในสูตรที่ 7 และ 8 มีเปอร์เซ็นต์ของการย่อยสลายค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้

เนื่องจากในสูตรที่ 7 และ 8 มีส่วนประกอบของกากเบียร์และกากรำสกัดน้ำมันในปริมาณที่สูงกว่าสูตรอื่นๆ การที่กากเบียร์จะมีการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนต่ำ เนื่องมาจากได้ผ่านกระบวนการที่ใช้ความร้อนสูงจึงทำให้เกิดปฏิกริยาที่เรียกว่า maillard reaction ระหว่างหมู่อัลดีไฮด์ (aldehyde group) ของน้ำตาลและกรดอะมิโนอิสระได้เป็นอะมิโน-ซูการ์คอมเพล็กซ์ (amino sugar complex) ซึ่งมีการเลื่อนลำดับเบส (Shift's base) ระหว่างกรดอะมิโนและน้ำตาลได้เป็น 1-ดีออกซี่ 2-คีโตซิลอะมาโดไร คอมเพาวด์ (1- deoxy 2- ketosyl amadori compound) ซึ่งไม่สามารถผันกลับได้และทนต่อการย่อยสลายโดยเอนไซม์จากจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมน (ทรงศักดิ์, 2541) ส่งผลทำให้ค่าการย่อยสลาย (effective degradability) ของวัตถุแห้งในสูตรที่ 7 และ 8 มีค่าต่ำกว่าสูตรอื่นๆ และนอกจากนี้ยังพบว่า ในส่วนของการย่อยสลายของอาหารหยาบหมักเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น (2, 3 และ 4 สัปดาห์) พบว่า ค่าการย่อยสลายวัตถุแห้งมีแนวโน้มลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากในกระบวนการหมักจุลินทรีย์ได้ใช้คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้เป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งเป็นส่วนที่ย่อยสลายได้ง่าย จึงส่งผลทำให้มีการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนได้ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Holder and McBarron (1964) ซึ่งได้ทดลองผลิตหญ้าหมัก โดยใช้หญ้า kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) ซึ่งเป็นหญ้าเขตร้อน พบว่า มีค่าการย่อยสลายได้ลดลงจาก 64 เปอร์เซ็นต์เป็น 46 เปอร์เซ็นต์ และการทดลองของ Levitt and O'Bryan (1965) ซึ่งได้ศึกษาการย่อยสลายวัตถุแห้งของหญ้าพาสพาลั่มหมัก (*Paspalum dilatatum*) พบว่า มีการย่อยสลายลดลงจาก 60 เปอร์เซ็นต์เป็น 51 เปอร์เซ็นต์

4.8 สรุปผลการทดลอง

ผลพลอยได้ทางการเกษตรมีส่วนประกอบทางโภชนะแตกต่างกัน พบว่า ในส่วนของกากอ้อยนั้นมีส่วนประกอบประเภทเยื่อใยอยู่ในปริมาณสูง กากเบียร์และกากรำสกัดน้ำมันมีส่วนประกอบของโปรตีนหยาบสูง และมีส่วนประกอบประเภทเยื่อใยในปริมาณที่สูงเช่นกัน กากมันสำปะหลังมีส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรตอยู่ในปริมาณสูง อย่างไรก็ตามในส่วนของกากเบียร์และกากมันสำปะหลังมีความชื้นสูงและเกิดการเน่าเสียได้ง่าย ดังนั้นการนำผลพลอยได้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นอาหารหยาบหมักเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถเก็บรักษาคุณค่าทางโภชนะได้

ในส่วนของกรรมวิธีการผลิตอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร พบว่า การเสริมยูเรียเพียงอย่างเดียว จะทำให้มีการผลิตกรดแลคติคลดลงและปริมาณกรดอะซิติคเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ระดับความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้น ทำให้มีการสูญเสียวัตถุแห้งและโปรตีนในปริมาณที่สูงกว่า

กลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริม แต่การเสริม *Lactobacillus* sp. ร่วมกับการเสริมยูเรียมีแนวโน้มทำให้คุณอาหารหยาบหมักดีขึ้น การเสริมกากน้ำตาลเพียงอย่างเดียวและเสริมร่วมกับการเสริมยูเรียจะทำให้ได้อาหารหยาบที่มีคุณภาพสูงเหมาะสำหรับให้เป็นอาหารเลี้ยงโคนม ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าในการผลิตอาหารหยาบหมักควรมีการเสริมคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำ เช่น กากน้ำตาล ซึ่งจะทำให้ได้อาหารหยาบหมักคุณภาพสูง และควรเสริมร่วมกับการเสริมยูเรียเพื่อลดต้นทุน

บทที่ 5
การศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาของอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร

5.1 คำนำ

อุตสาหกรรมการเลี้ยงโคนมในประเทศไทยได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ส่งผลทำให้มีความต้องการอาหารหยาบสำหรับใช้เลี้ยงโคนมเพิ่มมากขึ้น ทำให้อาหารหยาบสำหรับใช้เลี้ยงโคนมมีปริมาณไม่เพียงพอ โดยเฉพาะในเดือนธันวาคมถึงพฤษภาคมของทุกปี ซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้ง เกษตรกรมักจะประสบปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบทั้งปริมาณและคุณภาพ และในช่วงนี้เกษตรกรจำเป็นต้องมีการกักเก็บอาหารหยาบไว้เพื่อใช้เลี้ยงโคนมในปริมาณที่เพียงพอตลอดระยะเวลา 4-6 เดือน เพื่อลดการขาดแคลนอาหารหยาบ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงได้มุ่งเน้นถึงการเก็บรักษาอาหารหยาบหมักเพื่อใช้เลี้ยงโคนมในระยะที่มีการขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้ง

5.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาถึงระยะเวลาในการเก็บรักษาอาหารหยาบหมักที่ผลิตจากผลพลอยได้ทางการเกษตร

5.3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

5.3.1 ในการทดลองนี้จะศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร โดยวางการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) มีกลุ่มการทดลอง คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 เดือน ซึ่งจะได้กลุ่มการทดลองทั้งหมด 6 กลุ่มการทดลอง ในแต่ละกลุ่มการทดลองมีจำนวน 4 ซ้ำ

5.3.2 ทำการผลิตอาหารหยาบหมัก (จากการทดลองที่ 1) โดยใช้สารเสริมช่วยหมัก คือ กากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ และ ยูเรีย 1 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักสด ดังตารางที่ 5.1 บรรจุใส่ถุงพลาสติกดำซ้อนด้วยถุงโพลี ซึ่งแต่ละถุงมีน้ำหนัก 10 กิโลกรัม จำนวนทั้งหมด 24 ถุง มีน้ำหนักรวม 240 กิโลกรัม แล้วอัดให้แน่นเพื่อบีบไล่อากาศออกให้หมด มัดปากถุงให้สนิทและนำไปเก็บไว้ในที่ร่ม

5.3.3 สุ่มตัวอย่างอาหารหยาบหมักตามระยะเวลา 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 เดือน เพื่อนำมาวิเคราะห์หา วัตถุแห้ง (dry metter) (AOAC, 1990) วัดความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างอามัก 100 กรัม ใส่บีกเกอร์ เติมน้ำกลั่น 100 มล. ต้มให้เดือด 5 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ทำการวัดระดับความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter และตรวจวัดหาปริมาณกรดไขมันระเหยได้ ได้แก่ กรดอะซิติค (acetic acid) กรดบิวทิริค (butyric acid) กรดแลคติค (lactic acid) โดยทำการชั่งตัวอย่างอาหารหมัก 10 กรัม ใส่ flask 500 มล. เติม 0.05M H_2SO_4 250 มิลลิลิตร จากนั้นนำเข้าเครื่องเขย่าที่ 20 องศาเซลเซียส 200 รอบต่อนาที นาน 4 นาที และนำไปกรอง จากนั้นนำสารละลายที่ได้จากการกรองไปตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC ใช้คอลัมน์ organic acid analysis รุ่น amiex HPX-87H และ guard column (40 x 4.6 mm.) รุ่น aminex HPX-85H (Bio-Red Laboratories, Richmond, CA) ใช้ mobile phase 0.005M H_2SO_4 flow rate 0.6 ml/min (Canale et al., 1984)

5.4 การทดสอบสมมุติฐาน

ข้อมูลทั้งหมดนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) แบบ completely randomized design (CRD) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี dancan's new multiple range test (DMRT) (Steel and Torries, 1980) และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1985)

5.5 ระยะเวลาและสถานที่ทำการทดลอง

-ระยะเวลาที่ทำการทดลอง

21 พฤษภาคม – 21 ตุลาคม 2543

-สถานที่ทำการทดลอง

ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2 และ 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5.6 ผลการทดลอง

5.6.1 การประกอบสูตรอาหารหมัก

ตารางที่ 5.1 การประกอบสูตรอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร โดยจะใช้สารเสริมช่วยหมัก คือ กากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ และ ยูเรีย 1 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักอาหารหยาบสด ซึ่งมีโภชนะต่างๆ ดังนี้ คือ วัตถุแห้ง 35.02 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมในกระบวนการหมัก โปรตีน 12.68 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 2.06 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 27.07 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง 53.30 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกรด 25.46 เปอร์เซ็นต์ และมีส่วนของคาร์โบไฮเดรต 48.68 เปอร์เซ็นต์

5.6.2 การตรวจวัดคุณภาพของอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร

การตรวจวัดคุณภาพของอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร (ตารางที่ 5.2) พบว่า เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ระดับความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดบิวทิริคของอาหารหยาบหมัก (กรัมต่อกิโลกรัมอาหารหยาบหมักแห้ง) ในแต่ละระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ปริมาณกรดแลคติค (กรัมต่อกิโลกรัมอาหารหยาบหมักแห้ง) พบว่า มีความแตกต่างกันในแต่ละระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) โดยมีระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 4 เดือน มีค่าต่ำที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างจากระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 5 และ 6 เดือน ปริมาณกรดอะซิติค (กรัมต่อกิโลกรัมอาหารหยาบหมักแห้ง) พบว่า มีความแตกต่างกันในแต่ละระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) โดยที่ปริมาณกรดอะซิติคสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษามากขึ้น

อย่างไรก็ตามในส่วนของคะแนนของ Flieg พบว่า มีความแตกต่างกันในแต่ละระยะเวลาการเก็บรักษา โดยระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 4-6 เดือน มีคะแนนต่ำกว่า 1-3 เดือน และเมื่อพิจารณาถึงคุณภาพโดยใช้เกณฑ์จากคะแนนของ Flieg พบว่า คุณภาพของอาหารหยาบหมักในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 1–3 เดือน อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก และในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 4-6 เดือนอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

ตารางที่ 5.1 แสดงการประกอบสูตรอาหารหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร

วัตถุดิบ	กิโลกรัมน้ำหนักสด	กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง
กากอ้อย	35.0	15.1
กากรำสกัดน้ำมัน	2.0	1.8
กากมันสำปะหลัง	45.0	10.7
กากเบียร์	12.0	2.7
กากน้ำตาล	5.0	3.7
ยูเรีย	1.0	1.0

ตารางที่ 5.2 แสดงส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรก่อนการหมัก

ส่วนประกอบทางโภชนะ (%)	
น้ำหนักแห้ง	35.02
โปรตีนรวม	12.68
ไขมัน	2.06
เถ้า	3.56
เยื่อใย	27.07
NDF	53.30
ADF	25.46
NFE[1]	48.68

[1]%NFE = 100 – [%CP + %EE + %CF +%ASH)

ตารางที่ 5.3 แสดงการตรวจวัดคุณภาพอาหารหยาบหมักจากผลผลอยได้ทางการเกษตรระยะเวลา 1 – 6 เดือน

	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)						SEM	%CV	Pr>F
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**			
DM (%)	39.7	36.6	35.6	35.9	35.3	35.7	1.22	6.71	0.1591
PH	4.20	4.31	4.27	4.26	4.31	4.24	0.05	2.48	0.6400
Lactate (g/kgDM)	44.52^{a}	45.32^{a}	40.80^{ab}	16.40^{c}	30.26^{abc}	27.44^{bc}	5.01	29.39	0.0040
Acetate (g/kgDM)	13.04^{d}	14.72^{cd}	18.02^{bcd}	19.38^{bc}	22.23^{b}	28.75^{a}	1.63	16.86	0.0001
Butyrate (g/kgDM)	2.93	2.30	1.42	0.00	0.53	1.93	0.67	88.61	0.5520
Flieg Point[1]	82.75	82.25	84.25	70.88	79.13	69.50	-	-	-
คุณภาพ	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก	ดี	ดี	ดี	-	-	-

[1] คะแนน 81-100 ดีมาก, 61-80 ดี, 41-60 ปานกลาง, 21-40 พอใช้, 0-20 เลว (ดูในภาคผนวก)

5.7 วิจารณ์ผลการทดลอง

ในการประกอบสูตรอาหารหยาบหมักในการทดลองนี้ได้คัดเลือกสูตรจากการทดลองที่ 1 ซึ่งในการประกอบสูตรนี้จะใช้สารเสริม คือ กากน้ำตาลซึ่งใช้เป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติค และยูเรียซึ่งเป็นแหล่งโภชนะโปรตีน โดยจะคำนวณสูตรอาหารหยาบหมักให้มีโปรตีนเท่ากับอาหารหยาบคุณภาพดี คือ มีโปรตีนอย่างน้อยประมาณ 10-11 เปอร์เซ็นต์ (ฉลอง, 2541) ดังได้แสดงการประกอบสูตรอาหารหยาบหมักและส่วนประกอบทางโภชนะไว้ในตารางที่ 5.1 และตารางที่ 5.2 ตามลำดับ

ในการตรวจวัดคุณภาพอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรที่ระยะเวลาต่างๆ นั้น พบว่า ในส่วนของวัตถุแห้งไม่มีความแตกต่างกันเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นจาก 1-6 เดือน ทั้งนี้เป็นเพราะว่าในการเปลี่ยนแปลงวัตถุแห้งจะเกิดในระยะแรกๆ ของการหมัก ซึ่งเกิดเนื่องมาจากในระยะแรกๆ นั้นยังมีอากาศอยู่ในถุงหญ้าหมัก ซึ่งส่งผลให้มีการเจริญเติบโตจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน โดยจุลินทรีย์เหล่านี้จะใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ในอาหารหมักเป็นแหล่งพลังงาน (McDonald, 1981) และจะให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ซึ่งทำให้เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งลดลง แต่เมื่อไม่มีอากาศภายในถุงหมักแล้วจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้จะหยุดการเจริญเติบโต ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ พรชัย และคณะ (2540) ซึ่งได้ทดลองทำการผลิตหญ้าหมัก โดยใช้หญ้ารูซี่ทำการหมักระยะเวลา 1, 2, 3, และ 4 สัปดาห์ พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งน้อยมาก

ในส่วนของระดับความเป็นกรด-ด่าง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทุกระยะเวลาการหมัก ซึ่งในกระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดแลคติคจะใช้ส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในการผลิตกรดแลคติค ส่งผลทำให้ระดับความเป็นกรด-ด่างลดลงมีผลยับยั้งการเจริญจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ (McDonald et al., 1991; 1995) ซึ่งขัดแย้งกับการทดลองของ สุรเดช และ คณะ (2540) ทดลองในหญ้าซิกแนล พบว่า ที่ระยะเวลาการหมัก 10, 20, 30 และ 40 วัน พบว่า ระดับความเป็นกรด-ด่างลดลงตามระยะการหมักที่เพิ่มขึ้น และการทดลองของ พรชัย และคณะ (2540) โดยได้รายงานว่า ระดับความเป็นกรด-ด่างมีการลดลงในระยะการหมัก 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 4.98-5.35, 4.80-4.88, 4.68-4.75 และ 4.55-4.68 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากเป็นการศึกษาในหญ้ารูซี่ ที่อายุ 55 วันซึ่งมีระดับของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ต่ำจึงทำให้จุลินทรีย์ในกลุ่มที่ผลิตกรดแลคติคมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ ทำให้ระดับความเป็นกรด-ด่างของหญ้าหมักจึงสูงมากกว่า 4.2 ซึ่งเป็นระดับที่สามารถทำจุลินทรีย์อื่นๆ สามารถแย่งอาหารในการเจริญเติบโต (Bolsen et al., 1995) จึงทำให้มีการลดลงของระดับความเป็นกรด-ด่างช้าลง ดังรายงานของ Davies et al. (1998) ซึ่งได้ทำการศึกษาผลของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ที่ระดับ 66 และ 250 กรัมต่อกิโลกรัมของหญ้าหมัก พบว่า หญ้าหมักที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในปริมาณที่สูงจะมี

ระดับความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า และปริมาณกรดแลคติคสูงกว่าหญ้าหมักที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในปริมาณที่ต่ำ

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณกรดไขมันระเหยได้ พบว่า ปริมาณของกรดแลคติค (กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง) พบว่า มีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (1-6 เดือน) แต่ปริมาณกรดอะซิติค พบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าจุลินทรีย์กลุ่มคลอสติเดียม ยีสต์ และ รา ในสภาพที่ขาดออกซิเจนและมีความเป็นกรด-ด่างต่ำจะมีการสร้าง สปอร์ จึงทำให้สามารถมีชีวิตอยู่ได้ แต่ในสภาพที่มีความเหมาะสมก็จะมีการเจริญเติบโตขึ้นได้ (McDonald et al., 1995) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Keady and Steen (1995) ซึ่งทำการศึกษาระยะเวลาการหมักของหญ้าที่ระยะเวลาการหมัก 2, 3, 5, 14, 56 และ 227 วัน ตามลำดับ พบว่า ปริมาณกรดแลคติคเพิ่มขึ้นที่ระยะเวลาการหมัก 2, 3, 5 และ 14 วัน (39.5, 49.8, 85.1 และ 86.6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้งของหญ้าหมัก ตามลำดับ) แต่ที่ระยะเวลา 56 และ 227 วัน กรดแลคติคมีปริมาณลดลง เป็น 71.0 และ 35.6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ แต่ปริมาณกรดอะซิติคมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกระยะเวลาของการหมัก (15.8, 10.4, 15.0, 18.5, 44.4 และ 62.4 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้งของหญ้าหมัก ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Sebastian et al. (1996) ได้ทำการศึกษาในข้าวโพดหมัก ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 42, 138 และ 202 วัน พบว่า ปริมาณกรดแลคติคมีค่าลดลง ซึ่งเป็นเพราะว่าในข้าวโพดมียีสต์ในปริมาณที่สูงและยีสต์นี้สามารถใช้กรดแลคติคได้ และ Lindgren et al. (1985) ได้รายงานว่า ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 51 และ 177 วัน พบว่า มีการเพิ่มขึ้นของกรดอะซิติค และในส่วนของกรดบิวทิริคไม่พบความแตกต่างกันทุกระยะเวลาการหมัก

แต่อย่างไรก็ตามในการตัดสินคุณภาพของอาหารหมักการใช้คะแนนของ Flieg เป็นที่ได้รับการยอมรับกันอย่างแพร่หลายทั่วไป (Woolford, 1984) ซึ่งจะใช้สัดส่วนของปริมาณของกรดแลคติคต่อกรดอะซิติคและบิวทิริค ซึ่งพบว่าที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 4-6 เดือน มีระดับคะแนน Flieg ต่ำลง ซึ่งเมื่อเทียบค่าของคะแนนของ Flieg เป็นคุณภาพอาหารหยาบหมัก พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 1-3 เดือน ทำให้ได้อาหารหยาบหมักมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก และที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 4-6 เดือน ทำให้ได้อาหารหยาบหมักมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ดังนั้นจะเห็นได้ว่าระยะในการเก็บรักษาอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรนานขึ้นจะทำให้คุณภาพลดลง แต่อย่างไรก็ตามก็ยังสามารถเก็บรักษาอาหารหยาบหมักได้อย่างน้อย 6 เดือน ซึ่งคุณภาพของอาหารหยาบหมักยังอยู่ในเกณฑ์ที่ดีซึ่งเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้เลี้ยงโคนม

5.8 สรุปผลการทดลอง

ในการเก็บรักษาอาหารหยาบหมักที่ระยะเวลา 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 เดือน พบว่า ส่วนประกอบวัตถุแห้งของอาหารหยาบหมักไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการเก็บรักษานานขึ้น เช่นเดียวกันกับระดับความเป็นกรด-ด่าง แต่ปริมาณของกรดแลคติคมีค่าลดลง และปริมาณของกรดอะซิติคมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของอาหารหยาบหมัก โดยทำให้คุณภาพของอาหารหยาบหมักลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาอาหารหยาบแม้จะทำให้คุณภาพของอาหารหยาบหมักลดลงแต่ก็ยังว่าอยู่ในเกณฑ์คุณภาพที่ดี ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า อาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรสามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อย 6 เดือน โดยที่อาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรยังมีคุณภาพดีเหมาะสมสำหรับใช้เลี้ยงโคนม

บทที่ 6
การศึกษาผลของการให้ผลผลิตของโครีดนม ลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียน ที่ได้รับอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรเปรียบเทียบกับหญ้าสด

6.1 คำนำ

ปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบสำหรับใช้เลี้ยงโคนมเป็นปัญหาที่สำคัญปัญหาหนึ่งที่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมต้องประสบอยู่เสมอ โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง อีกทั้งเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่สามารถที่จะปลูกสร้างทุ่งหญ้าได้ เนื่องจากมีพื้นที่จำกัดและขาดระบบการชลประทานที่ดี ดังนั้นเกษตรกรจำเป็นต้องนำผลพลอยได้ทางการเกษตรชนิดต่างๆ มาใช้เป็นอาหารโคนม ซึ่งการที่จะนำผลพลอยได้ทางการเกษตรเหล่านี้มาใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงโคนมนั้นจะต้องแน่ใจว่ามีคุณค่าทางโภชนะ และความน่ากินเหมาะสมสำหรับโคนม ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงได้มุ่งเน้นที่จะศึกษาถึงการนำเอาผลพลอยได้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นอาหารหยาบหมัก เพื่อใช้เลี้ยงโคนมในช่วงที่มีการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์คุณภาพดี ซึ่งจะสามารถแก้ปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมได้

6.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลการตอบสนองผลผลิตน้ำนมของโครีดนมที่ได้รับอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร โดยเปรียบเทียบกับหญ้าสดคุณภาพดี

6.3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

6.3.1 ศึกษาผลของการนำอาหารหยาบหมักใช้เลี้ยงโครีดนม

6.3.1.1 ในการทดลองนี้ได้จัดแผนการทดลองแบบ group comparisonโดยจัดกลุ่มโค นมออกเป็น 2 กลุ่มการทดลอง คือ

กลุ่มการทดลองที่ 1 โครีดนมที่ได้รับอาหารหยาบหมัก จำนวน 10 ตัว

กลุ่มการทดลองที่ 2 โครีดนมที่ได้รับพืชอาหารสัตว์คุณภาพดี จำนวน 10 ตัว

ในกลุ่มการทดลองที่ 1 ได้เหลือโครีดนมในการทดลองเพียง 8 ตัว เนื่องจากในระหว่างทำการทดลองไปได้ 2 สัปดาห์ มีโคจำนวน 2 ตัว แสดงอาการป่วยจึงได้คัดออกจากการทดลอง และได้วิเคราะห์ข้อมูลแบบจำนวนค่าสังเกตไม่เท่ากัน

6.3.1.2 การจัดการสัตว์ทดลอง

โคนมที่ใช้ในการทดลองเป็นโคนมพันธ์ลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียน ในระยะช่วงต้นการให้นม ซึ่งจะจัดกลุ่มแบบ stratified random balance groupโดยคัดเลือกจากการให้ปริมาณน้ำนม ระยะเวลาให้นม อายุ จำนวนท้อง และน้ำหนักตัว โดยที่โคนมทั้งหมด 18 ตัว นั้นเป็นโคนมที่มีน้ำนมเฉลี่ย 16.13$\pm$4.67 (n=8) และ 16.24$\pm$3.23 (n=10) กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ระยะเวลาการให้นม 75.25$\pm$20.41 และ 65.40$\pm$28.80 วัน ตามลำดับ อายุ 5.5$\pm$2.0 และ 6.1$\pm$1.85 ปี ตามลำดับ จำนวนท้อง 2.75$\pm$1.16 และ 3.20$\pm$1.03 ตามลำดับ และน้ำหนัก 426.88$\pm$62.30 และ 438.60$\pm$47.80 กิโลกรัมต่อตัว โคนมทุกตัวถูกขังคอกเดี่ยวโดยเลี้ยงแบบยืนโรง มีอ่างน้ำสำหรับใส่น้ำให้กินตลอดเวลา

6.3.1.3 การจัดการอาหารสัตว์ทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ได้ทำการผลิตอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร ซึ่งใช้กากอ้อยเป็นแหล่งเยื่อใย กากมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงาน และกากรำสกัดน้ำมันและกากเบียร์เป็นแหล่งโปรตีน โดยใช้ในปริมาณ 35, 45, 2 และ 12 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสด ตามลำดับ และได้ใช้สารเสริมเป็น ยูเรีย 1 เปอร์เซ็นต์ กากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักอาหารหยาบหมักสด และทำการหมักภายในหลุมหมักขนาด 4 x 4 x 1 ตารางเมตร จำนวน 3 หลุม และคลุมหลุมหมักด้วยพลาสติกดำอย่างมิดชิดเพื่อป้องกันอากาศเข้า ใช้เวลาในการหมัก 2 สัปดาห์ ในการจ่ายอาหารให้แก่โคนมจะจ่ายเป็นรายตัว โดยจะจ่ายอาหารแยกเป็นอาหารข้นและอาหารหยาบ ซึ่งอาหารข้นที่ใช้ในการทดลองเป็นอาหารของฟาร์มมหาวิทยาลัย และจ่ายอาหารในช่วงเช้าเวลา 7.30 น. ช่วงบ่ายเวลา 16.30 น. ของทุกวัน ซึ่งอาหารที่จ่ายมีส่วนประกอบทางโภชนะต่างๆ ดังตารางที่ 6.1

6.3.1.4 การเก็บข้อมูล

(1) ข้อมูลน้ำนม

ทำการบันทึกการให้ผลผลิตน้ำนมของโคนมทุกวันตลอดระยะเวลาของการทดลอง และสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนมทุกสัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 วัน (เย็น-เช้า) ตามอัตราส่วนปริมาณน้ำนมในช่วงเย็นและในช่วงเช้า 40 ต่อ 60 ใส่ในขวดเก็บน้ำนมขนาด 50 มิลลิลิตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาไขมันนม (milk fat) โดยวิธีเกอร์เบอร์ (gerber method) (AOAC, 1990) โปรตีนในน้ำนม (milk protein)โดยเครื่องเคเจลเทค และของแข็งในน้ำนม (total solid) ซึ่งจะได้ผลการวิเคราะห์ออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ แล้วจึงนำมาคำนวณเป็นปริมาณ กรัมต่อตัวต่อวัน ส่วนปริมาณแล็คโตสในน้ำนม (milk lactose) และของแข็งพร่องไขมัน (solid not fat) จะใช้วิธีการคำนวณดังสมการ (หน่วยเป็นกรัมต่อตัวต่อวัน)

ไขมันนม = [ปริมาณน้ำนม (Kg) x ไขมันในน้ำนม (%) x1000]/100

โปรตีนนม = [ปริมาณน้ำนม (Kg) x โปรตีนในน้ำนม (%) x1000]/100

ของแข็งในน้ำนม = [ปริมาณน้ำนม (Kg) x ของแข็งในน้ำนม (%) x1000]/100

ของแข็งพร่องไขมัน ={ปริมาณน้ำนม(Kg)x[ของแข็งในน้ำนม(%)-ไขมันนม(%)]}x10

แล็คโตสในน้ำนม ={ปริมาณน้ำนม(Kg)x[ของแข็งพร่องในไขมัน(%)

-โปรตีนนม(%)-เถ้า]}x10

ซึ่งเถ้าในน้ำนมอยู่ในช่วงระหว่าง 0.7-0.8 เปอร์เซ็นต์ และเป็นค่าที่มีการผันแปรน้อยมากดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จะใช้ค่าเถ้าเป็น 0.8

(2) การกินได้

ทำการวัดการกินได้ทุกสัปดาห์สัปดาห์ละ 2 วัน ติดต่อกันตลอดการทดลอง โดยสุ่มเก็บอาหารก่อนกินและหลังกิน 5 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำมาอบที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 36 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง (AOAC, 1990) และนำตัวอย่างที่อบแห้งมารวมกันเป็นรายสัปดาห์แล้วสุ่มเก็บตัวอย่างเป็นรายตัว เพื่อนำไปบดและวิเคราะห์ส่วนประกอบทางโภชนะในอาหารต่อไป

(3) การวัดน้ำหนักตัว

ทำการชั่งน้ำหนักตัวโคนมก่อนและหลังการทดลอง

6.3.2 การศึกษาการย่อยทั้งหมด โดยวิธี total collection และการศึกษาการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมน (rumen degradable) โดยใช้วิธีใช้ถุงไนล่อน (Ørskov and McDonald, 1979; Ørskov, et al., 1980)

6.3.2.1 การจัดการสัตว์ทดลอง

โดยใช้โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียนเลือด 85.6±7.25 อายุเฉลี่ย 8.6±2.8 ปี เป็นโคไม่รีดนม ซึ่งแบ่งเป็นโคเจาะกระเพาะ 6 ตัว และโคไม่ให้นม 2 ตัว เพื่อศึกษาการย่อยได้ ทำการจัดกลุ่มเป็น 2 กลุ่ม ตามน้ำหนักตัว ซึ่งมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 447±2.5 และ 436±46.5 ตามลำดับ และสามารถจัดกลุ่มได้ดังนี้

กลุ่มการทดลองที่ 1 คือ กลุ่มของโคนมที่ได้รับอาหารหยาบหมักเป็นอาหารหยาบ มีโคเจาะกระเพาะ 3 ตัว และโคไม่ให้นม 1 ตัว

กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ กลุ่มของโคนมที่ได้รับหญ้าสดเป็นอาหารหยาบ มีโคเจาะกระเพาะ 3 ตัว และโคไม่ให้นม 1 ตัว

6.3.2.2 การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ระยะคือ

(1) ระยะปรับตัว

ระยะนี้จะเป็นการให้โคปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม การเลี้ยงดู และอาหารซึ่งจะต้องปฏิบัติดังนี้ ปรับอาหารที่ให้โคนมและให้โคได้ชินกับสภาพแวดล้อม ซึ่งใช้ระยะเวลาในช่วงนี้นาน 7 วัน

(2) ระยะเก็บข้อมูล

ระยะนี้จะเก็บข้อมูลต่างๆ คือ ปริมาณการกินอาหาร มูล และปัสสาวะ ซึ่งใช้ระยะเวลาในช่วงนี้นาน 5 วัน

- การวัดปริมาณการกินอาหาร

ชั่งอาหารให้โคนม อาหารข้น 6 กิโลกรัม และอาหารหยาบ 15 กิโลกรัม (ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ของการกินอาหารก่อนการทดลอง) และชั่งน้ำหนักอาหารที่เหลือในแต่ละวัน สุ่มเก็บตัวอย่างทั้งก่อนและหลังกินทุกครั้งโดยแบ่งตัวอย่างเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนหนึ่งนำไปวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง (DM) ทุกวัน อีกส่วนหนึ่งนำไปแช่แข็ง เมื่อเสร็จการทดลองแล้วนำมารวมกันเป็นรายตัว เพื่อนำไปวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางโภชนะต่างๆ

- การเก็บมูล

เก็บมูลทั้งหมดเป็นรายตัว ชั่งน้ำหนักมูลทั้งหมดและสุ่มมูล 10 เปอร์เซ็นต์ ของมูลทั้งหมดใส่ถุงพลาสติก แล้วนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส โดยจะสุ่มเก็บทุกวันตลอดการทดลอง

- การเก็บปัสสาวะ

เก็บปัสสาวะทั้งหมดเป็นรายตัวเก็บไว้ใน 9 N H_2SO_4 (100 มิลลิลิตรต่อปัสสาวะ 20 ลิตร) และชั่งน้ำหนักพร้อมกับสุ่มเก็บปัสสาวะ 10 เปอร์เซ็นต์ของปัสสาวะทั้งหมดเป็นรายตัว แล้วนำไปแช่แข็งเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน

- การหาการย่อยได้อาหารและสมดุลไนโตรเจนของโคนม ดังสมการ

$$\text{ประสิทธิภาพการย่อยได้} = \frac{[\text{โภชนะในอาหาร-โภชนะในมูล}]}{\text{โภชนะในอาหาร}}$$

$$\text{การย่อยได้ทั้งหมด (TDN)} = \%DCP + \%DCF + \%DNFE + (\%EE \times 2.25)$$

$$\text{สมดุลไนโตรเจน} = (\text{ไนโตรเจนในอาหาร (g)}) - (\text{ไนโตรเจนในมูล (g)}) + (\text{ไนโตรเจนในปัสสาวะ (g)})$$

6.3.2.3 การศึกษาการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนโดยวิธีถุงไนล่อน (nylon bag) (Ørskov and McDonald, 1979; Ørskov, et al., 1980)

ทำการศึกษาการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของอาหารทั้งสองกลุ่มการทดลอง ทั้งอาหารข้นและอาหารหยาบ โดยศึกษาการย่อยสลายที่เวลา 0, 6, 12, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งใช้โคไม่รีดนมเจาะกระเพาะจำนวน 6 ตัว หลังจากนั้นนำถุงไนล่อนมาล้าง และนำไปวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง จากนั้นจึงนำอาหารที่เหลือจากการย่อยสลายไปหาโปรตีนด้วยเครื่องเคเจลเทค (AOAC, 1990)

6.4 การทดสอบสมมติฐาน

ข้อมูลทั้งหมดแสดงในรูป Mean$\pm$SD นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) แบบ T-test (Steel and Torries, 1980) และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1985)

6.5 ระยะเวลาและสถานที่ทำการทดลอง

-ระยะเวลาที่ทำการทดลอง

21 พฤษภาคม–7 มกราคม 2544

-สถานที่ทำการทดลอง

ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2 และ 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

6.6 ผลการทดลอง

6.6.1 ส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารที่ใช้เลี้ยงโคนม

ตารางที่ 6.1 ส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารที่ใช้เลี้ยงโคนมทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง กล่าวคือ กลุ่มการทดลองที่ 1 คือ กลุ่มที่โคนมได้รับอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรเป็นอาหารหยาบ และกลุ่มการทดลองที่ 2 คือ กลุ่มที่โคนมได้รับหญ้าสดเป็นอาหารหยาบ พบว่า ส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารของกลุ่มการทดลองที่ 1 มีโปรตีนที่สูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 2 แต่ส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารในกลุ่มการทดลองที่ 2 มีระดับเยื่อใย เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง และเยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกรด สูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 1 ในส่วนของส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารอื่นๆ มีค่าใกล้เคียงกัน

6.6.2 การกินได้อาหารและโภชนะต่างๆ ของโคนม

การกินได้ของอาหารและโภชนะของโคนมแสดงไว้ในตารางที่ 6.3 พบว่า การกินได้ของอาหารหยาบและอาหารรวมของกลุ่มการทดลองที่ 1 สูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) (8.0, 5.8 และ 15.1, 12.8 กิโลกรัม วัตถุแห้งต่อตัวต่อวัน หรือ 1.9, 1.8 และ 3.6, 3.0 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว ตามลำดับ) แต่การกินได้ของอาหารข้นไม่แตกต่างกันเนื่องมาจากในการจ่ายอาหารข้นให้แก่โคนมจะจ่ายอาหารเท่ากันทั้งสองกลุ่มการทดลอง

การกินได้โภชนะต่างๆ ของโคนมทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง พบว่า ในกลุ่มการทดลองที่ 1 มีการกินได้โภชนะโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และพลังงานสูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) (2487, 1750 และ 333, 174 และ 7929, 6608 และ 189, 152 กรัม วัตถุแห้งต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) และในกลุ่มการทดลองที่ 2 มีการกินโภชนะเยื่อใย และเยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกรด สูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) (2764, 2453 และ 3334, 2747 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ)

ตารางที่ 6.1 แสดงส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารที่ใช้เลี้ยงโครีดนม

เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง	อาหารข้น	อาหารหยาบหมัก	หญ้าสด
วัตถุแห้ง	88.41±0.01	36.10±0.07	28.96±0.09
โปรตีน	21.13±0.01	11.75±0.15	4.97±0.29
ไขมัน	2.46±0.08	2.03±0.07	0.33±0.36
เถ้า	8.85±0.06	15.33±1.00	8.48±1.47
เยื่อใย	10.57±0.52	21.49±0.44	35.39±0.79
NDF	33.62±0.66	49.54±2.17	67.55±3.67
ADF	8.81±1.96	31.29±1.36	47.18±3.52
NFE[1]	57.00	49.40	50.90
GE (MJ/kgDM)[2]	17.19	15.09	15.83

[1] NFE (%) = 100 – [CP(%) + EE(%) + ASH(%) + CF(%)]

[2]GE (MJ/kgDM) ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter

ตารางที่ 6.2 แสดงส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารรวมที่โคได้รับ

อาหารรวม(TMR)	กลุ่มการทดลองที่ 1[1]	กลุ่มการทดลองที่ 2[2]
วัตถุแห้ง	60.1	64.7
โปรตีน	15.6	12.8
ไขมัน	2.21	1.4
เถ้า	12.7	8.6
เยื่อใย	17.0	23.5
NDF	43.0	51.2
ADF	22.0	28.7
NFE[3]	52.6	51.5
GE (MJ/kgDM)[4]	16.1	16.6
DE (MJ/kgDM)[5]	15.3	14.5
ME (MJ/kgDM)[6]	12.5	11.9

[1] กลุ่มการทดลองที่ 1 คือกลุ่มของโคนมที่ได้รับอาหารหยาบหมักเป็นอาหารหยาบ

[2]กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ กลุ่มของโคนมที่ได้รับหญ้าสดเป็นอาหารหยาบ

[3, 4] ดังตารางที่ 6.1 [5/6]ดูในภาคผนวก

ตารางที่ 6.3 แสดงการกินอาหารได้ของโคนม

	กลุ่มการทดลองที่ 1[1]	กลุ่มการทดลองที่ 2[2]	%CV	Pr >T
การกินได้ (kgDM/day)				
อาหารข้น	7.1	7.1	-	-
อาหารหยาบ	8.0±0.73[a]	5.8±0.59[b]	9.66	0.0001
อาหารรวม	15.1±0.7[a]	12.8±0.7[b]	4.99	0.0001
การกินได้ (%BW)				
อาหารข้น	1.7±0.2	1.6±0.2	11.71	0.5087
อาหารหยาบ	1.9±3[a]	5.8±2[b]	14.46	0.0001
อาหารรวม	3.6±4[a]	3.0±4[b]	12.27	0.0040
การกินได้ (g/day)				
โปรตีน	2487±10[a]	1750±106[b]	4.65	0.0001
ไขมัน	333±16[a]	174±9[b]	5.11	0.0001
เยื่อใย	2453±24[b]	2764±151[a]	6.54	0.0015
NDF	6080±81	6313±403	8.43	0.3631
ADF	3163±57	3334±311	12.38	0.0050
NFE[3]	7929±381[a]	6608±56.51[b]	4.97	0.0001
ME (MJ/cow/day)[6]	189±9[a]	152±8[b]	5.07	0.0001

[1] กลุ่มการทดลองที่ 1 คือกลุ่มของโคนมที่ได้รับอาหารหยาบหมักเป็นอาหารหยาบ

[2]กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ กลุ่มของโคนมที่ได้รับหญ้าสดเป็นอาหารหยาบ

[3] NFE (%) = 100 – [CP(%) + EE(%) + ASH(%) + CF(%)]

[4]ดูในภาคผนวก

6.6.3 การกินได้และการย่อยได้ *in vivo* โดยวิธี total collection ของอาหารโคนม

การกินได้อาหารของโคนม (ตารารงที่ 6.4) พบว่า การกินได้ไม่แตกต่างกันของทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง เนื่องมาจากในการจ่ายอาหารให้แก่โคนมทั้ง 2 กลุ่ม จะจ่ายอาหารให้เพียง 90 เปอร์เซ็นต์ของการกินได้ เพื่อศึกษาการย่อยได้โดยวิธี total collection

เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะต่างๆ พบว่า ในกลุ่มการทดลองที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้โปรตีนสูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (87.7, 80.4 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) และมีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ไขมันสูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($p<0.001$) (90.7 และ 75.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) แต่ในกลุ่มการทดลองที่ 2 มีการย่อยได้ของโภชนะเยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกรดมีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 1 แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (21.4 และ12.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ)

การกินได้พลังงานที่ย่อยได้ พลังงานใช้ประโยชน์ได้ และความสมดุลโภชนะไนโตรเจนไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 6.4 แสดงการกินได้และการย่อยได้ *in vivo* ของอาหารโคนมโดยวิธี total collection

	กลุ่มการทดลองที่ 1[1]	กลุ่มการทดลองที่ 2[2]	CV	Pr >T
การกินได้ (กิโลกรัมต่อวัน)				
อาหารข้น	5.3	5.3	-	-
อาหารหยาบ	5.0±1.1	4.2±0.3	19.77	0.2648
อาหารรวม	10.3±6.5	9.5±3.2	9.23	0.2599
การย่อยได้โภชนะต่างๆ (%)				
วัตถุแห้ง	82.7±6.5	75.4±3.2	6.98	0.1131
โปรตีน	87.7±5.1[a]	80.4±0.9[b]	4.3	0.0468
ไขมัน	90.7±2.9[a]	75.3±1.8[b]	3.0	0.0005
เยื่อใย	75.3±9.1	75.9±3.1	9.0	0.8952
NDF	30.5±7.1	37.5±2.7	15.7	0.2288
ADF	13.8±5.7	21.4±2.3	25.8	0.0604
NFE	88.7±4.9	84.9±2.1	4.4	0.2437
%TDN	82.7±5.3	78.5±2.0	5.0	0.2762
DE (MJ/kgDM)[3]	15.3±1.0	14.5±0.4	5.0	0.2744
ME (MJ/kgDM)[4]	12.5±0.8	11.9±0.3	5.0	0.2741
ความสมดุลของไนโตรเจน (g/day)	215±56.6	143±27.8	24.9	0.1321

[1] กลุ่มการทดลองที่ 1 คือกลุ่มของโคนมที่ได้รับอาหารหยาบหมักเป็นอาหารหยาบ

[2]กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ กลุ่มของโคนมที่ได้รับหญ้าสดเป็นอาหารหยาบ

[3/4]ดูในภาคผนวก

6.6.4 การให้ผลผลิตของโคนม

ตารางที่ 6.5 แสดงผลการให้ผลผลิตของโคนม พบว่า ปริมาณน้ำนม (กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน) ปริมาณน้ำนมปรับไขมัน 4 เปอร์เซ็นต์ (กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน) ปริมาณไขมัน (กรัมต่อตัวต่อวัน) ปริมาณโปรตีน (กรัมต่อตัวต่อวัน) ปริมาณแล็คโตส (กรัมต่อตัวต่อวัน) ปริมาณของแข็งพร่องไขมัน (กรัมต่อตัวต่อวัน) ปริมาณของแข็งรวม (กรัมต่อตัวต่อวัน) เปอร์เซ็นต์ไขมัน เปอร์เซ็นต์โปรตีน เปอร์เซ็นต์แล็คโตส เปอร์เซ็นต์ของแข็งพร่องไขมัน เปอร์เซ็นต์ของแข็งรวม น้ำหนักตัว และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 6.5 แสดงผลการให้ผลผลิตของโคนม

ผลผลิตของโคนม	กลุ่มการทดลองที่ 1[1]	กลุ่มการทดลองที่ 2[2]	%CV	Pr >T
ปริมาณน้ำนม (กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน)				
ก่อนการทดลอง	16.1±4.7	16.2±3.2	24.23	0.9539
ระหว่างการทดลอง	14.2±3.1	13.7±3.2	22.68	0.7392
ปริมาณน้ำนมปรับไขมัน 4% (กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน)				
ก่อนการทดลอง	15.8±6.0	16.1±4.0	30.9	0.8872
ระหว่างการทดลอง	14.1±4.4	13.9±3.0	26.1	0.8790
ปริมาณไขมัน (กรัมต่อตัวต่อวัน)				
ก่อนการทดลอง	623±282	642±194	37.36	0.8645
ระหว่างการทดลอง	563±211	558±135	30.83	0.9578
ปริมาณโปรตีน (กรัมต่อตัวต่อวัน)				
ก่อนการทดลอง	437±140	435±128	30.59	0.9694
ระหว่างการทดลอง	425±104	397±82	22.60	0.5264
ปริมาณ แล็คโตส (กรัมต่อตัวต่อวัน)				
ก่อนการทดลอง	764±374	812±384	47.98	0.7916
ระหว่างการทดลอง	782±240	853±291	32.80	0.5866
ปริมาณของแข็งพร่องไขมัน (กรัมต่อตัวต่อวัน)				
ก่อนการทดลอง	1313±453	1360±431	32.89	0.8262
ระหว่างการทดลอง	1306±311	1354±303	23.02	0.7447
ปริมาณของแข็งรวม (กรัมต่อตัวต่อวัน)				
ก่อนการทดลอง	1936±610	2002±502	27.97	0.8038
ระหว่างการทดลอง	1869±488	1909±385	22.89	0.8467

[1] กลุ่มการทดลองที่ 1 คือกลุ่มของโคนมที่ได้รับอาหารหยาบหมักเป็นอาหารหยาบ

[2]กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ กลุ่มของโคนมที่ได้รับหญ้าสดเป็นอาหารหยาบ

ตารางที่ 6.5 แสดงผลการให้ผลผลิตของโคนม (ต่อ)

ผลผลิตของโคนม	กลุ่มการทดลองที่ 1[1]	กลุ่มการทดลองที่ 2[2]	%CV	Pr >T
เปอร์เซ็นต์ไขมัน				
ก่อนการทดลอง	3.78±0.80	3.94±0.82	20.91	0.6728
ระหว่างการทดลอง	3.90±0.63	4.19±0.96	20.45	0.4858
เปอร์เซ็นต์โปรตีน				
ก่อนการทดลอง	2.71±0.26	2.66±0.48	14.90	0.7851
ระหว่างการทดลอง	3.01±0.34	2.93±0.23	9.42	0.5739
เปอร์เซ็นต์แล็คโตส				
ก่อนการทดลอง	4.75±2.03	5.53±2.24	43.81	0.7854
ระหว่างการทดลอง	5.03±1.67	6.81±3.80	48.91	0.3877
เปอร์เซ็นต์ของแข็งพร่องไขมัน				
ก่อนการทดลอง	8.15±1.93	8.38±2.21	25.28	0.8227
ระหว่างการทดลอง	9.24±1.76	10.51±3.93	31.89	0.4091
เปอร์เซ็นต์ของแข็งรวม				
ก่อนการทดลอง	11.93±1.39	12.32±2.04	14.70	0.6503
ระหว่างการทดลอง	13.13±1.94	14.67±4.65	26.59	0.3970
น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)				
ก่อนการทดลอง	427±62	439±48	12.60	0.6539
หลังการทดลอง	410±54	418±53	12.89	0.7571
น้ำหนักตัวเปลี่ยนแปลง (กรัมต่อวัน)	-399±610	-488±661	142.5	0.7722

[1] กลุ่มการทดลองที่ 1 คือกลุ่มของโคนมที่ได้รับอาหารหยาบหมักเป็นอาหารหยาบ

[2]กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ กลุ่มของโคนมที่ได้รับหญ้าสดเป็นอาหารหยาบ

6.6.5 การประมาณค่าโปรตีนและพลังงานของโคนมที่ได้รับอาหารรวม

โปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (กรัมวัตถุแห้งต่อตัวต่อวัน) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (กรัมวัตถุแห้งต่อตัวต่อวัน) ของโคนมที่ได้รับอาหารรวมทั้งสองกลุ่มการทดลอง ดังตารางที่ 6.6 กล่าวคือ กลุ่มการทดลองที่ 1 คือ กลุ่มที่โคนมได้รับอาหารหยาบหมักจากผล

พลอยได้ทางการเกษตรเป็นอาหารหยาบ และกลุ่มที่โคนมได้รับหญ้าสดเป็นอาหารหยาบ พบว่า กลุ่มการทดลองที่ 1 ได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของอาหารหยาบ อาหารรวม และความต้องการโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมนมีค่าสูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) (688, 186 และ 1923, 1428 และ 1583, 1276 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) แต่อย่างไรก็ตามโคนมทั้งสองกลุ่มการทดลอง ได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมนจากอาหารเกินความต้องการ โดยกลุ่มการทดลองที่ 1 ได้รับเกินความต้องการสูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) (340 และ 151 ตามลำดับ)

ในส่วนโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (ตารางที่ 6.6) นั้น พบว่า โคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 ได้รับโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน จากอาหารข้น อาหารหยาบ และอาหารรวมสูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) (260, 249 และ 254, 101 และ 515, 350 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) ส่วนความต้องการโปรตีนในการให้ผลผลิตน้ำนม เพื่อการดำรงชีพ เพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว และความต้องการโปรตีนรวมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) อย่างไรก็ตามโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 ได้รับโปรตีนจากจุลินทรีย์สูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 2 คือ เท่ากับ 861 กับ 694 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) ซึ่งเมื่อพิจารณาโปรตีนที่โคได้รับจากอาหารและจากจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน พบว่า มีปริมาณมากกว่าความต้องการโปรตีนรวมทั้งหมด และการกินได้พลังงานใช้ประโยชน์ของกลุ่มการทดลองที่ 1 สูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) และนอกจากนี้สัดส่วนของโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมนต่อพลังงานใช้ประโยชน์ได้ในกลุ่มการทดลองที่ 1 มีค่าสูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 2 โดยมีค่าเท่ากับ 10.71 และ 8.6 กรัมของโปรตีนที่ย่อยสลายภายในกระเพาะรูเมนต่อเมกะจูลของพลังงานใช้ประโยชน์ได้ที่โคนมได้รับ ตามลำดับ

ตารางที่ 6.7 แสดงการจำแนกพลังงานเพื่อกิจกรรมต่างๆ ของโคนมทั้ง 2 กลุ่ม จะเห็นได้ว่าการใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพ เพื่อการผลิตน้ำนม และเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัวมีความใกล้เคียงกันทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง แต่ในกลุ่มการทดลองที่ 1 มีการกินได้สูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) (189 และ 152 เมกะจูลต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) และได้รับพลังงานใช้ประโยชน์เพื่อการให้ผลผลิตสูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) เช่นกัน (132 และ 95 เมกะจูลต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ)

ตารางที่ 6.6 แสดงการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนและไม่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของโภชนะโปรตีนของอาหารโคนม (หน่วย : กรัมต่อตัวต่อวัน)

	กลุ่มการทดลองที่ 1[1]	กลุ่มการทดลองที่ 2[2]	%CV	P>T
โปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน(RDP)[3]				
อาหารข้น	1235	1242	-	-
อาหารหยาบ	688±63[a]	186±19[b]	10.69	0.0001
อาหารรวม	1923±62[a]	1428±31[b]	2.87	0.0001
ความต้องการ RDP	1583±76[a]	1276±65[b]	4.98	0.0001
ขาด/เกิน	340±14[a]	151±35[b]	11.77	0.0001
โปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน(UDP)[4]				
อาหารข้น	260	249	-	-
อาหารหยาบ	254±23[a]	101±10[b]	10.13	0.0001
อาหารรวม	515±23[a]	350±13[b]	4.25	0.0001
ความต้องการโปรตีน				
เพื่อการดำรงชีพ	215±23	220±18	9.35	0.6435
เพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว	-63±85	-76±93	127.63	0.7607
เพื่อการให้นม	424±91	356±79	15.67	0.5080
ความต้องการโปรตีนรวม	577±70	541±105	16.46	0.4229
โปรตีนจากจุลินทรีย์ในการเพาะรูเมน	861±42[a]	694±36[b]	4.98	0.0001
ความต้องการ UDP	-284±81[b]	-153±92[a]	41.36	0.0061
ขาด/เกิน	799±94[a]	503±91[b]	31.64	0.0001
การกินได้พลังงานใช้ประโยชน์ (ME)	189±9[a]	152±8[b]	5.07	0.0001
RDP/ME	10.2±0.2[a]	8.6±0.1[b]	1.88	0.0001

[1] กลุ่มการทดลองที่ 1 คือกลุ่มของโคนมที่ได้รับอาหารหยาบหมักเป็นอาหารหยาบ

[2]กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ กลุ่มของโคนมที่ได้รับหญ้าสดเป็นอาหารหยาบ

[3/4]การคำนวณดูในภาคผนวก

ตารางที่ 6.7 แสดงการจำแนกพลังงานเพื่อกิจกรรมต่างๆ[3] (MJ/ตัว/วัน)

	กลุ่มการทดลองที่ 1[1]	กลุ่มการทดลองที่ 2[2]	%CV	Pr >T
การกินได้พลังงานใช้ประโยชน์ (ME_{intake})	189±9[a]	152±8[b]	5.07	0.0001
พลังงานใช้ประโยชน์เพื่อการดำรงชีพ (ME_m)	56±6	58±5	9.65	0.6549
พลังงานสุทธิเพื่อการผลิตน้ำนม (NE_l)	44±13	43±9	25.66	0.7122
พลังงานสุทธิเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว (NE_g)	-6±10	-8±11	156.62	0.8260
พลังงานสุทธิที่สะสม	38±8	36±12	27.55	0.6195
พลังงานใช้ประโยชน์ (การกิน-ดำรงชีพ)	132±9[a]	95±9[b]	8.40	0.0001

[1] กลุ่มการทดลองที่ 1 คือกลุ่มของโคนมที่ได้รับอาหารหยาบหมักเป็นอาหารหยาบ

[2]กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ กลุ่มของโคนมที่ได้รับหญ้าสดเป็นอาหารหยาบ

[3] การคำนวณดูในภาคผนวก

6.7 วิจารณ์ผลการทดลอง

กลุ่มการทดลองที่ 1 คือ กลุ่มที่โคนมได้รับอาหารหยาบหมักเป็นอาหารหยาบ กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ กลุ่มที่โคนมได้รับหญ้าสดเป็นอาหารหยาบ ซึ่งในการจ่ายอาหารจะแยกจ่ายเป็นอาหารข้นและอาหารหยาบ โดยอาหารข้นที่ใช้จะให้โคนมทั้ง 2 กลุ่ม ในปริมาณที่เท่ากัน ส่วนอาหารหยาบจะให้กินเต็มที่ โดยที่ส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารที่ใช้เลี้ยงโคนม (ตารางที่ 6.1) พบว่า อาหารหยาบหมักนี้ได้จากการประกอบสูตรอาหารจึงมีโปรตีน 11.75 เปอร์เซ็นต์ มีพลังงานรวม (GE) เป็น 15.09 MJ/kgDM และหญ้าสดมีโปรตีน 4.97 เปอร์เซ็นต์ มีพลังงานรวม 15.83 MJ/kgDM ซึ่งอาหารหยาบที่มีคุณภาพดีจะต้องมีส่วนของโปรตีน 10-11 เปอร์เซ็นต์ (ฉลอง, 2541) และในรายงานของ Webster (1993) รายงานว่าอาหารหยาบที่มีเหมาะสำหรับใช้เลี้ยงโคนมควรมีพลังงานรวมมากกว่า 12 MJ/kgDM ซึ่งในส่วนของอาหารหยาบหมักมีโปรตีนสูงกว่าหญ้าสด แต่มีพลังงานรวมในอาหารไม่แตกต่างกันซึ่งเหมาะสมในการใช้เลี้ยงโคนม ในส่วนของหญ้าสดนั้นมีส่วนของเยื่อใย เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง และเยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกรดสูงกว่าในอาหารหยาบหมัก อย่างไรก็ตามส่วนประกอบของอาหารรวมของโคนมทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า ในส่วนของการกินได้ของกลุ่มที่โคนมได้รับอาหารหยาบหมักจะมีส่วนของโปรตีนและไขมันสูงกว่า แต่พบว่าอาหารรวมของโคนมในกลุ่มที่ได้รับหญ้าสดมีเยื่อใย เยื่อใยที่ไม่ละลายในละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง และเยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกรด ในระดับที่สูงซึ่งเป็นไปตามส่วนประกอบของอาหารหยาบที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม NRC (1988) ได้แนะนำว่าในอาหารของโคนมควรมีส่วนประกอบของมีเยื่อใย เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง

และเยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกรด ควรมีค่าไม่น้อยกว่า 17, 28 และ 21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และควรมีระดับโปรตีนหยาบ 15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าอาหารที่โคได้รับทั้งสองกลุ่มมีส่วนประกอบประเภทเยื่อใยมีอยู่ในระดับที่เหมาะสม แต่ในส่วนของโปรตีนของอาหารในกลุ่มที่โคนมได้รับหญ้าสดมีค่าที่ต่ำกว่าในกลุ่มที่โคนมได้รับอาหารหยาบหมัก และต่ำกว่าที่ NRC (1988) ได้แนะนำไว้ อย่างไรก็ตามในการจัดการด้านอาหารควรพิจารณาถึงการกินได้ของอาหารที่ใช้เลี้ยงโคนมประกอบกันไปด้วย

จากตารางที่ 6.3 แสดงถึงการกินได้อาหารของโคนมทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า โคนมในกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักมีการกินได้อาหารหยาบในปริมาณสูงกว่าโคนมกลุ่มที่กินหญ้าสด จึงส่งผลทำให้การกินได้อาหารรวมในปริมาณที่สูงขึ้นตามไปด้วย (8.0 กับ 5.8 และ 15.1 กับ 12.8 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) ทั้งนี้เนื่องมาจากในส่วนของอาหารหยาบหมักนั้นจะมีขนาดชิ้นของอาหารที่เล็กกว่าหญ้าสด จึงมีผลทำให้อัตราการไหลผ่านกระเพาะรูเมนและการย่อยสลายในรูเมนในอัตราเร็วขึ้น ส่งผลทำให้ในส่วนของกระเพาะรูเมนว่างลงทำให้โคนมสามารถกินอาหารได้มากขึ้น (วิศิษฐิพร, 2538; 2539) และเมื่อพิจารณาถึงระดับโปรตีนหยาบที่โคนมได้รับ พบว่า ในกลุ่มของโคนมที่ได้รับอาหารหยาบหมักมีค่าสูงกว่าในกลุ่มที่โคนมได้รับหญ้าสด ซึ่งมีรายงานว่าการกินได้ที่เพิ่มขึ้นเป็นผลเนื่องมาจากสัตว์ได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมนในระดับสูง โดยจะเป็นผลทำให้มีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมนในอัตราที่สูงซึ่งจะทำให้มีการย่อยสลายอาหารได้ในอัตราที่เร็วทำให้การไหลผ่านสูงการกินได้จึงสูงตามไปด้วย (ARC, 1984) และนอกจากนี้ในอาหารหยาบหมักมีส่วนประกอบของกากเบียร์ ซึ่งได้ผ่านความร้อนจากกระบวนการสกัดเอาแป้งและน้ำตาลออก ทำให้เกิดปฏิกริยาระหว่างหมู่อัลดีไฮด์ (aldehyde group) ของน้ำตาลและกรดอะมิโนอิสระได้เป็นอะมิโน-ซูการ์คอมเพล็ก (amino sugar complex) ซึ่งจะมีการเลื่อนลำดับเบส (shift's base) ระหว่างกรดอะมิโนและน้ำตาลได้เป็น 1-deoxy, 2-ketosyl amadori compound ซึ่งไม่สามารถผันกลับได้และทนต่อการย่อยสลายของเอนไซม์จากจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (ทรงศักดิ์, 2541) เป็นผลทำให้มีการย่อยและการดูดซึมกรดอะมิโนในส่วนของลำไส้เล็ก ทำให้ได้กรดอะมิโนเพิ่มขึ้นซึ่งจะเป็นการกระตุ้นการกินได้เพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดสมดุลของกรดอะมิโนและจะมีผลต่อกระบวนการเมทาโบลิซึมในร่างกาย (Nocek and Tamminga, 1991) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ ฉลอง (2542) ซึ่งได้ใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานและเสริมเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีน ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายภายในกระเพาะรูเมนสูงในอาหารโคนมที่ระดับ 0, 1.84 และ 3.68 กิโลกรัมต่อวัน พบว่า มีโคนมที่ได้รับกากเมล็ดฝ้ายมีการกินได้เพิ่มขึ้นเป็น 6.8, 7.4 และ 7.5 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งคล้ายกับการทดลองของ กฤตพล และ คณะ (2542) ซึ่งพบว่าเมื่อเสริมเมล็ดฝ้ายในอาหารโคนมในอัตรา 0, 2 และ 4 กิโลกรัมวัตถุแห้งต่อตัวต่อวัน พบว่า มีการ

กินได้เพิ่มขึ้นเป็น 6.8, 7.4 และ 7.5 กิโลกรัมวัตถุแห้งต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ และนอกจากนี้ยังพบว่า กากน้ำตาลและกากเบียร์เองนั้นมีความน่ากินสูง (เฉลิมชัย, 2527) สอดคล้องกันรายงานของ สุรชัย และคณะ (2542) ซึ่งได้ศึกษาการใช้กากเบียร์ใช้เป็นอาหารโคนม โดยใช้กากเบียร์ที่ระดับต่างกัน คือ 0, 10, 20และ 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าโคนมมีการกินได้เพิ่มขึ้นตามปริมาณของกากเบียร์ที่ใช้ (2.90, 2.91, 3.00 และ 3.09 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว ตามลำดับ) และนอกจากนี้ในส่วนการกินได้อาหารคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก พบว่า โคนมที่ได้รับอาหารหยาบหมักสามารถกินอาหารหยาบและกินได้อาหารรวมมากกว่าในกลุ่มที่โคนมได้รับหญ้าสด ซึ่งแสดงว่าอาหารหยาบหมักนั้นมีความน่ากินสูง (เมธา, 2533)

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงการกินได้โภชนะต่างๆ พบว่า ในกลุ่มที่โคนมได้รับอาหารหยาบหมักมีการกินได้โภชนะ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ในปริมาณที่สูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับหญ้าสด แต่จะพบว่ามีการกินได้โภชนะเยื่อใย เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง และเยื่อใยที่ไม่ตัวทำละลายที่เป็นกรด ในปริมาณต่ำกว่ากลุ่มโคนมที่ได้รับหญ้าสด ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณโภชนะทีมี่อยู่ในอาหารหยาบและการกินได้ที่มากกว่า

ในการศึกษาการกินได้และการย่อยได้ของอาหารรวมของโคนมที่ได้รับอาหารหยาบหมักและหญ้าสด พบว่า การกินได้ของโคนมไม่แตกต่างกันทั้งนี้เป็นเพราะในการทดลองนั้นได้จ่ายอาหารให้เพียง 90 เปอร์เซ็นต์ของการกินได้ในช่วงปรับตัว และเมื่อพิจารณาถึงการย่อยได้ พบว่า โคนมในกลุ่มที่ได้รับอาหารหมักมีการย่อยได้โภชนะโปรตีนและไขมันในปริมาณที่สูงกว่าหญ้าสด แต่การย่อยได้เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกรดนั้นมีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับหญ้าสด ทั้งนี้เป็นเพราะว่าในอาหารหยาบหมักมีปริมาณไขมันในปริมาณที่สูงและในสูตรอาหารมีส่วนของกากเบียร์ซึ่งมีคุณสมบัติในการไหลผ่านกระเพาะรูเมนในอัตราที่สูง (McDonald et al., 1995) และกากเบียร์นี้จะมีส่วนประกอบประเภทเยื่อใยอยู่ในปริมาณที่สูง และในอาหารหยาบหมักยังมีส่วนของกากน้ำตาลและกากมันสำปะหลังซึ่งมีส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรตในปริมาณที่สูง ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการหมักย่อยได้อย่างรวดเร็วเป็นผลทำให้ระดับความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนลดลง ซึ่งจะจำกัดการทำงานของแบคทีเรียที่ย่อยเซลลูโลส (Milne et al., 1981) นอกจากนี้อาหารหยาบหมักมีส่วนประกอบของยูเรียในปริมาณสูงกว่าในหญ้าสด ซึ่งยูเรียจะมีคุณสมบัติที่สามารถแตกตัวในกระเพาะรูเมนได้ง่าย จึงทำให้โคนมสามารถการย่อยได้ในระดับที่สูง (ทรงศักดิ์, 2541)

อย่างไรก็ตามถึงแม้โคนมทั้งสองกลุ่มจะได้รับอาหารแตกต่างกันแต่ในการให้ผลผลิตน้ำนม และส่วนประกอบของน้ำนมของโคนมทั้ง 2 กลุ่มนั้นไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ในส่วนของ

น้ำหนักตัวก็ไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งอาจเป็นเพราะว่าข้อจำกัดในด้านลักษณะของสายพันธุ์และความเครียดที่เกิดจากการจัดการเลี้ยงดูในสภาพขังคอกในระหว่างการทดลอง

เมื่อพิจารณาถึงโปรตีน พบว่า ในกลุ่มของโคนมที่ได้รับอาหารหยาบหมักนั้นได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนในปริมาณที่สูงกว่ากลุ่มที่โคนมได้รับหญ้าสด ทั้งนี้เป็นเพราะว่าในกลุ่มที่โคนมได้รับอาหารหยาบหมักมีการกินได้ในปริมาณที่สูง และนอกจากนี้ยังพบว่า ในอาหารหยาบหมักมีส่วนของยูเรียซึ่งสามารถแตกตัวให้แอมโมเนียได้อย่างรวดเร็ว (McDonald et al., 1995) แต่อย่างไรก็ตามโคนมทั้ง 2 กลุ่มนั้นได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมนได้ ในปริมาณที่เกินกว่าความต้องการ

ในส่วนของโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน พบว่า โคนมในกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมนปริมาณที่สูงกว่าโคนมในกลุ่มที่ได้รับหญ้าสด ซึ่งส่งผลในการสังเคราะห์โปรตีนจากจุลินทรีย์ในกระรูเมนได้ในปริมาณที่สูงตามไปด้วย (ARC, 1984) แต่ในส่วนของความต้องการโปรตีนในการให้ผลผลิตน้ำนม พบว่า ในกลุ่มที่โคนมได้รับอาหารหยาบหมักมีความต้องการโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนในปริมาณที่สูงกว่าโคนมที่ได้รับหญ้าสด แต่อย่างไรก็ตามพบว่า โคนมทั้ง 2 กลุ่มได้รับโปรตีนจากอาหารในปริมาณที่เกินความต้องการ และเมื่อพิจารณาถึงอัตราส่วนของโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมนต่อพลังงานใช้ประโยชน์ พบว่า ในกลุ่มที่โคนมได้รับอาหารหยาบหมักมีสัดส่วนสูงกว่าในกลุ่มที่โคนมได้รับหญ้าสดเป็นอาหารหยาบ คือ 10.2 และ 8.6 ตามลำดับ ซึ่งตามที่ ARC (1984) ได้รายงานว่าสัดส่วนของโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมนต่อพลังงานใช้ประโยชน์ที่การกินได้ เพื่อการสังเคราะห์จุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมนควรมีค่าอย่างน้อยเท่ากับ 8.38 ซึ่งจะเห็นได้ว่าสัดส่วนของอาหารที่โคได้รับทั้งสองกลุ่มมีค่าเป็นไปตามที่ ARC (1984) ได้กำหนดไว้ แต่อย่างไรก็ตาม Leng (1991) ได้อธิบายถึงผลของสัดส่วนโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนต่อพลังงานใช้ประโยชน์ที่กินได้ว่า ถ้าสัดส่วนมีค่าต่ำจะมีผลต่อการผลิตจุลินทรีย์โปรตีนได้ต่ำและทำให้มีการผลิตกรดไขมันระเหยได้ในปริมาณที่สูง ทำให้เกิดความร้อนสูงขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อระบบนิเวศวิทยาของภายในกระเพาะรูเมนได้ และมีผลต่อการให้ผลผลิต ดังนั้นจึงควรมีค่าสัดส่วนให้อยู่ในสัดส่วนที่สูง

การจำแนกพลังงานเพื่อกิจกรรมต่างๆ ดังตารางที่ 6.7 พบว่า ในกลุ่มที่โคนมได้รับอาหารหยาบหมัก มีการกินได้ของพลังงานใช้ประโยชน์ได้ในปริมาณที่สูงกว่ากลุ่มโคนมที่ได้รับหญ้าสด ทั้งนี้เนื่องมาจากการกินได้อาหารหยาบหมักของโคนมมีปริมาณที่สูง (ดังตารางที่ 6.3) แต่ในส่วนของพลังงานใช้ประโยชน์เพื่อการดำรงชีพ พลังงานสุทธิเพื่อการให้ผลผลิตน้ำนม และพลังงานสุทธิเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว ไม่มีความแตกต่างกัน จึงเป็นผลทำให้พลังงานใช้ประโยชน์ (พลังงานกินได้ – พลังงานดำรงชีพ) ในโคนมกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักมีปริมาณที่สูงตามไป

6.8 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการใช้อาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรเลี้ยงโคนมเปรียบเทียบกับหญ้าสด พบว่า อาหารหยาบหมักมีความน่ากินสูงกว่าหญ้าสด ซึ่งจะทำให้โคนมที่ได้รับอาหารหยาบหมักมีการกินได้สูงกว่าโคนมที่ได้รับหญ้าสด ทำให้โคนมได้รับโภชนะต่างๆ สูงตามไปด้วย นอกจากนี้ยังพบว่า การย่อยได้โปรตีนและไขมันสูงกว่าโคนมที่ได้รับหญ้าสด แต่โคนมที่ได้รับหญ้าสดมีแนวโน้มการย่อยได้ของเยื่อใยที่ละลายได้ในกรดสูงกว่า และยังพบว่าอาหารหยาบหมักมีโปรตีนที่ย่อยสลายและไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนในระดับสูงกว่าหญ้าสด ส่งผลทำให้โคนมที่ได้รับอาหารหยาบหมักได้รับสูงตามไปด้วย ในส่วนของการให้ผลผลิตน้ำนม การเพิ่มน้ำหนักตัว และส่วนประกอบต่างๆ ในน้ำนม ไม่แตกต่างกันกับโคนมที่ได้รับหญ้าสด ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าอาหารหยาบหมักที่ผลิตจากผลพลอยได้ทางการเกษตรสามารถใช้เลี้ยงโคนมได้เป็นอย่างดี และสามารถที่จะใช้แก้ปัญหาการขาดแคลนหญ้าสดในช่วงฤดูแล้งได้

บทที่ 7
สรุปผลการวิจัยโดยรวม

จากที่ได้ศึกษาถึงการนำเอาผลพลอยได้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นอาหารหยาบหมักเพื่อใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนมในฤดูแล้ง โดยได้ทำการศึกษาส่วนประกอบทางโภชนะของผลพลอยได้ทางการเกษตร วิธีการผลิตอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร ระยะเวลาการเก็บรักษาอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร และผลการตอบสนองการให้ผลผลิตน้ำนมของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียนโดยได้เปรียบเทียบกับหญ้าสด ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า

1. ในส่วนของกรรมวิธีการผลิตอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร พบว่า การเสริมยูเรียเพียงอย่างเดียวจะทำให้มีการผลิตกรดแลคติคลดลง และปริมาณกรดอะซิติคเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ระดับความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้น ทำให้มีการสูญเสียวัตถุแห้ง และโปรตีนในปริมาณที่สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริม แต่การเสริม *Lactobacillus* sp. ร่วมกันกับการเสริมยูเรียมีแนวโน้มทำให้คุณอาหารหยาบหมักดีขึ้น การเสริมกากน้ำตาลเพียงอย่างเดียวหรือเสริมร่วมกับการเสริมยูเรียจะทำให้ได้อาหารหยาบที่มีคุณภาพสูง เหมาะสำหรับให้เป็นอาหารเลี้ยงโคนม อย่างไรก็ตามในการผลิตอาหารหยาบหมัก ควรมีการเสริมคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำ เช่น กากน้ำตาล ซึ่งจะทำให้ได้อาหารหยาบหมักคุณภาพสูง และควรเสริมร่วมกับการเสริมยูเรียเพื่อลดต้นทุน

2. ในการเก็บรักษาอาหารหยาบหมักที่ระยะเวลา 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 เดือน พบว่า ส่วนประกอบวัตถุแห้งของอาหารหยาบหมักไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการเก็บรักษานานขึ้นเช่นเดียวกันกับระดับความเป็นกรด-ด่าง แต่ปริมาณของกรดแลคติคมีค่าลดลงและปริมาณของกรดอะซิติคมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของอาหารหยาบหมัก โดยทำให้คุณภาพของอาหารหยาบหมักลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาได้นานขึ้น อย่างไรก็ตามในการเก็บรักษาอาหารหยาบแม้จะทำให้คุณ

ภาพของอาหารหยาบหมักลดลง แต่ก็ยังจัดอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรสามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อย 6 เดือน โดยที่อาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรยังมีคุณภาพดีเหมาะสมสำหรับใช้เลี้ยงโคนม

3. จากการศึกษาการใช้อาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรเลี้ยงโคนมเปรียบเทียบกับหญ้าสด พบว่า โคนมที่ได้รับอาหารหยาบหมักมีการกินได้สูงกว่าโคนมที่ได้รับหญ้าสด ทำให้โคนมได้รับโภชนะต่างๆ สูงตามไปด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าการย่อยได้โปรตีนและไขมันสูงกว่าโคนมที่ได้รับหญ้าสด แต่โคนมที่ได้รับหญ้าสดมีแนวโน้มการย่อยได้ของเยื่อใยที่ละลายได้ในกรดสูงกว่า และยังพบว่าอาหารหยาบหมักมีโปรตีนที่ย่อยสลายและไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนในระดับสูงกว่าหญ้าสด ในส่วนของการให้ผลผลิตน้ำนม การเพิ่มน้ำหนักตัว และส่วนประกอบต่างๆ ในน้ำนม ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างโคนมที่ได้รับอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรกับโคนมที่ได้รับหญ้าสด ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าอาหารหยาบหมักที่ผลิตจากผลพลอยได้ทางการเกษตรสามารถใช้เลี้ยงโคนมได้เป็นอย่างดีเมื่อเทียบกับหญ้าสด

รายการอ้างอิง

กรมการค้าภายใน. (2541). ทิศทางพัฒนาเศรษฐกิจและผลิตภัณฑ์นม. **เอกสารประกอบการสัมนา.** กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์ ระหว่างวันที่ 25-26 กันยายน 2541 ณ โรงแรมสีมาธานี :จังหวัดนครราชสีมา.

กฤตพล สมมาตร์, นิโรจน์ ศรสูงเนิน และ เมธา วรรณพัฒน์. (2542). ผลของการเสริมเมล็ดฝ้ายทดแทนอาหารข้นในโครีดนม. **วารสารวิจัย มข**. 4: 37-44.

คู่ขวัญ จุลละนันทน์. (2543). **การปรับปรุงคุณภาพชานอ้อยโดยวิธีการทางเคมี เพื่อทดแทนการขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้งของโคนมในประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

จุฑามาศ บุญแย้ม. (2539). ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล. **วารสารน้ำตาล.** หน้า 1-12.

ฉลอง วชิราภากร. (2541). **โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น.** ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์.มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ฉลอง วชิราภากร. (2542). ผลของระดับมันสำปะหลังในอาหารโคนมต่อการให้ผลผลิตนม. **วารสารวิจัย มข**. 4: 29-36.

เฉลิมชัย ศรีรัตนะศักดิ์. (2527). **การให้กากเบียร์ผสมมันเส้นทดแทนรำในอาหารสุกรรุ่นและขุน.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยข่อนแก่น.

ชวนิศนดากร วรวรรณ, ม.ร.ว. (2500). **หลักการให้อาหารสัตว์.** หนังสือประกอบการบรรยาย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทรงศักดิ์ จำปาวะดี. (2541). **ผลของระดับโปรตีนและโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมัก ผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยข่อนแก่น.

นาม ศิริเสถียร์. (2524). การลดต้นทุนผลิตสุกร**. สุกรสาส์น**. 10 (40): 29-37.

บรรจบ ไชยโยธา. (2542). **การศึกษาการใช้รำสกัดน้ำมันและรำสตาบิไลซ์ทดแทนรำละเอียดในอาหารไก่ เนื้อและนกกระทา.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยข่อนแก่น.

บุญฤา วิไลพล. (2535). **การจัดการทุ่งหญ้าเพื่อการผลิตโคและกระบือในประเทศไทย.** ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

บุญฤา วิไลพล. (2536). **พืชอาหารสัตว์เขตร้อนและการจัดการ**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ปกรณ์ วิสนานุศิษย์. (2540). รำสกัดน้ำมันวัตถุดิบยุคใหม่ช่วยแก้วิกฤติต้นทุนเลี้ยงสัตว์. **สัตว์เศรษฐกิจ**. 42 :49-53.

ประภาพร ตั้งธนธานิช. (2538). **สรีรวิทยาระบบกระเพาะอาหารและลำไส้**. ภาควิชาสรีรวิทยา คณะสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ปรีชา สุริยพันธุ์. (2523). **พฤกษศาสตร์ของอ้อย.** เอกสารวิชาการเล่มที่ 1 “อ้อย”. ธนประดิษฐ์การพิมพ์: กรุงเทพมหานคร.

ปะวีร์ วิชชุลดา. (2525). **อาหารโคเนื้อ**. ใน เฉลิมชัย ศรีรัตนะศักดิ์. (2527). **การให้กากเบียร์ผสมมันเส้นทดแทนรำในอาหารสุกรรุ่นและขุน**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยข่อนแก่น.

ปิยศักดิ์ สุวรรณี. (2538). กากน้ำตาลอาหารคุณภาพสูงที่ถูกมองข้าม. **วารสารวัวควาย**. 96: 56-59.

พรชัย ล้อวิลัย, บุญฤา วิไลพล และ ยงยศ ไทรงาม. (2540). การศึกษาอิทธิพลของความยาวของชิ้นหญ้าหมัก. **รายงานการวิจัย**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์.มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. (2539). **หลักการอาหารสัตว์ เล่ม 2 หลักโภชนะศาสตร์และการประยุกต์**. โอเดียนสโตร์: กรุงเทพมหานคร.

เมธา วรรณพัฒน์. (2533). **โภชนศาสตรสัตว์เคี้ยวเอื้อง.** ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เมธา วรรณพัฒน์. (2538). อาหารหยาบกับประสิทธิภาพโคนม. **เอกสารบรรยายวันโคนมแห่งชาติ วันที่ 16-21 มกราคม 2538**. องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย อ.มวกเหล็ก จ. สระบุรี.

เมธา วรรณพัฒน์. (2540). โคนมกับวิกฤตการณ์อาหารโคนม: ปัญหาและแนวทางแก้ไข. **วารสารโคนม.** 16(2): 6.

เยาวมาลย์ ค้าเจริญ และสาโรช ค้าเจริญ. (2543). คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของข้าวโพดเทียบกับมันสำปะหลังและการผลิตข้าวโพดวิทยาศาสตรจากมันสำปะหลัง. **สาส์นไก่และการเกษตร**. 48(8): 44-51.

วิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ และ ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ. (2534). **การผลิตโคนม**. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. (2538). **เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาการผลิตโคนม**. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. (2539). **เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาโภชนศาสตรสัตว์เคี้ยวเอื้อง**. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร. (2541). **เอกสารโครงการศึกษาวิจัยการผลิตน้ำตาล.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมคิด พรหมมา, สมสุข พวงดี, บุญล้อม ชีวะอิสระกุล, บุญเสริม ชีวะอิสระกุล, และ พิสัณฑ์ ผงทอง. (2542). การผลิตหญ้าหมักสำหรับเลี้ยงโคนม. **วารสารสัตวบาล**. 9: 17-25.

สมเจต ใจภักดี.(2530). **การศึกษาวิธีการหมักมันสำปะหลัง และการนำมันสำปะหลังหมักมาใช้ในอาหารไก่กระทงและนกทา**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยข่อนแก่น.

สากล อุไรกุล. (2523)**. อาหารสัตว์.** สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สายัณห์ ทัดศรี. (2522).**หลักการทำทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สายัณห์ ทัดศรี. (2540). **พืชอาหารสัตว์เขตร้อนการผลิตและการจัดการ.** ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรชัย โค้วสุวรรณ, ฉลอง วชิราภากร และ เมธา วรรณพัฒน์. (2542). ผลของระดับการทดแทนอาหารข้นด้วยกากเบียร์แห้งต่อการให้ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมในโคนม. **รายงานการประชุมสัมนาวิชาการ เกษตรภาคเหนือ ครั้งที่ 2** สาขาสัตวบาล สัตวศาสตร์ สัตวแพทย์ ณ สถาบันวิจัยสังคม. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สุรพงษ์ เจริญรัก. (2525). อุตสาหกรรมมันสำปะหลัง. **เอกสารวิชาการ เล่มที่ 7 มันสำปะหลัง**. งานทะเบียนและประมวลสถิติ. กองแผนงานและวิชาการ. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุรเดช พลเสน, พรชัย ล้อวิลัย, ยงยศ ไทรงาม และบุญฤา วิไลพล. (2540). การศึกษาผลของอายุของหญ้าที่มีต่อการทำหญ้าหมัก. **รายงานการวิจัย**. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2544ก)**. ข่าวเศรษฐกิจการเกษตร.** สำนักเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร. 47(523): 53

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2544ข)**. ข่าวเศรษฐกิจการเกษตร.** สำนักเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร. 47(530): 53

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2528). **กรรมวิธีการผลิตน้ำตาล**. ฝ่ายพัฒนาเทคโนโลยีน้ำตาล กองวิทยาศาสตรและเทคโนโลยีน้ำตาล สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม: กรุงเทพมหานคร.

หนังสือพิมพ์ประชาชาติธุรกิจ. กรุงเทพ. 6 กรกฎาคม 2526. หน้า 15. ใน เฉลิมชัย ศรีรัตนะศักดิ์. (2527). **การให้กากเบียร์ผสมมันเส้นทดแทนรำในอาหารสุกรรุ่นและขุน**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยข่อนแก่น.

ไฮดิทากา ฟูโน, จีระวัชน์ เข็มสวัสดิ์ และเกียรติศักดิ์ กล่ำเอม. (2541). แนวโน้มการผลิตพืชอาหารสัตว์อีก 5 ปีข้างหน้า. **รวมบทความวิชาการด้านอาหารสัตว์ (ครั้งที่ 2).** กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

AFRC. (1992). **Energy and protein requirement of ruminants**. AFRC Technical Committee on Response to Nutrients. Center for Agriculture Bio-science International.

Agricultural Research Council. (1980). **The Nutrient Requirement of Ruminant Livestock**. Commonwealth Agricultural Bureaux. (p.351). The Gresham Press: Surrey.

Agricultural Research Council. (1984). **The Nutrient Requirement of Ruminant Livestock**. (Supplement). Commonwealth Agricultural Bureaux. The Gresham Press: Surrey.

Allen, R. D. (1982). **Feedstuffs ingredient analysis Table**. Feedstuffs. 54: 23.

Association of Official Analytical Chemists. (1990). **Official Method of Analysis**. Washington D. C. p. 1298.

Beauchemin, K. A., Farr, B. I., Rode, L. M. and Schaalije, G. B. (1994). Optimal neutral detergent fiber concentration of barley-base diets for lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.** 73: 3140.

Bolsen, K., Ashbell, G. and Wilkinson, J. M. (1995). Silage additive**. In Biotechnology in Animal Feeds and Animal Feeding.** By Wallee, R. J. and Chesson, A. Weinheim:VCH, Verlagsgesellchaft mbH.

Bolsen, K., Ilg, H., Axe, D. and Smith, R. (1999a). **Urea and limestone additives to forage sorghum silage**[On-line]. Available: http://oznet.ksu.edu/pr_forage/silg.htm.

Bolsen, K., Laytimi, A., Nuzback, L. and Hart, R. (1999b). **Effect of environmental temperature and inoculants on the fermentation of alfalfa and forage sorghum silage** [On-line]. Available: http://oznet.ksu.edu/pr_forage/silg.htm.

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 for Animal Feeding**. International Society of Sugar Cane Technologists.

Canale, A., Valente, M. E. and Ciotti, A. (1984). Determination of volatile carboxylic acid (C_1-C_{5i}) and lactic acid extracts of silage by high performance liquid chromatography. **J. Sci. Food. Agric.** 35: 1178-1182.

Clark, J. H. and Davis, C. L. (1980). Some aspects to feeding high producing dairy cows. **J. Dairy Sci.** 63: 873-885.

Davies, D. R., Merry, R. J., Williams A. P., Bakewell, E. L., Leemans, D. K. and Tweed, J. K. S. (1998). Proteolysis during ensilage of forages varying in soluble sugar content. **J. Dairy Sci.** 81: 444-453.

Davis, C. L. (1979). **The use of buffers in the rations of lactating dairy cows**. In Regulation of Acid Base Balance. Hale W. H. and Meinhardt P. eds. Piscataway, N.J.: Church and Dwight.

Davis, C. L. and Brown, R. E. (1970). **Metabolic disorders of the ruminant: Low-fat milk syndrome**. In Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant, Phillipson , A. T., Annison E. F., Armstrong D. G., Balch C. C., Comline R.S., Hard R. N., Hobson P. N. and Keynes R. D., eds. Newcastle upon Tyne, U. K. Oriel Press.

Depies, K. K. and Armentano L. E. (1995). Partial replacement of alfalfa fiber with fiber from ground corncobs or wheat middling**. J. Dairy Sci**. 78: 1328.

Dougherty, C. T. (1971). **Conservation**. In. Pastures and Pasture Plants. Ed. R. H. M. Langer. A. H. & A. W. Reed: Welling-Sydney-London.

Doyle, P. T., Devedra, C. and Pearce, G. R. (1986). **Rice Straw as a Feed for Ruminants.** International Development Program of Australian Universities and Colleges. Canberra.

Esmail, S. H. (1999). Silage additives improve animal performance. **Feedmix.** 7: 31-33.

Ewing, W. R. (1951). **Poultry Nutrition.** 4th Ed. W Ray Ewing Publisher South Pasadena: California.

Frame, J. (1994). **Improve Grassland Management**. Farming press books: United Kingdom.

Goering, H. K. and Van Soest, P. J. (1970). **Forage Fibre Analysis.** A RS./USDA Agric. Handbook: Washington D.C.

Holder, J. M. and McBarron, E. J. (1964). The production on Kikuya (*Pennisatum clandestinum*) Silage and its palatability to dairy atock **Pro. 5th Conf. Aust. Soc. Anim. Prod:** Sydney. 1964.

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.

Keady, T. W. J. (1998). The production of high feed value grass silage and the choice of compound feed type to maximize animal performance. In Biotechnology in the feed industry. **Proceeding of Altech's 14th Annual Symposium**. By Lyons, T. P. and Jacques, K. A. Nottingham University press: Nottingham.

Keady, T. W. J. and Steen, R. W. J. (1994). Effects of treating low drymatter grass with a bacterial inoculant on the intake and performance of beef cattle and studies on its mode of action. **Grass and Forage Sci**. 44: 438-446.

Keady, T. W. J. and Steen, R. W. J. (1995). The effects of treating low drymatter, low digestibility grass with a bacterial inoculant on the intake and performance of beef cattle and studies on its mode of action. **Grass and Forage Sci**. 50: 217-225.

Kung, L. Jr., Robinson, Jr., Ranjit, N. K., Chen, J. H., Golt, C. M. and Pesek, J. D. (1998). The effects of preservatives based on propionic acid on the fermentation and aerobic stability of corn silage and total mixed ration. **J. Dairy Sci.** 81: 1322-1330.

Leng, R. A. (1991). **Feeding Strategies for Improving Milk Production of Dairy Animals Managed by Dairy Cows in the Tropis.** A. Speedy and R. Sansoucy. FAO, Rome. 82-104.

Levitt, M. S, and O'Bryan, M. S. (1965). Studies on grass silage form predominantly *Paspalum dilatatum* pastures in southeastern Queensland. 3 Influence of fertilization with nitrogen and method of harvesting on silage with and without the additive of molasses. Qd. **J. Agric. Anim. Sci**. 22: 109-123.

Lindgren, S., Pettersson, K. and Kaspersson, A. (1985). Microbial dynamics during aerobic deterioration of silages. **J. Sci. food Agri.** 36: 765.

Lopez, J., Jorgensen, N. A., Larsen, H. J. and Niedermeier, R. P. (1970). Effect of nitrogen source, stage of maturity, and fermentation time on pH and organic acid production in corn silage. **J. Dairy Sci.** 53: 1225-1232.

McDonald, P. (1981). **The Biochemistry of Silage**. John Wiley and Sons, Ltd.: England.

McDonald, P., Henderson, A. R. and Heron, S. J. E. (1991). **The Biochemistry of Silage**. Marlow Chalcombe Publications: London.

McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D. and Mogran, C. A. (1995). **Animal Nutrition**. Longman Scientific & Technical: Singapore.

McQueen, R. E. and Robinson, P. H. (1996). Intake behavior, rumen fermentation and milk production of dairy cows as influenced by dietary levels of fermentable neutral detergent fiber**. Can. J. Anim. Sci**. 76: 357.

Milne, J. A., Maxwell, T. J. and Souter, W. (1981). Effect of supplementary feeding and herbage mass on the intake and performance of grazing ewes in early lactation. **Animal Production**. 32: 185-195.

National Research Council. (1988). **Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6th Ed**. National Academic Press: Washington D. C.

Nilsson, R. and Rydin, C. (1960). **The Effect of Malt Enzyme on the Biochemical Changes Occurring During Ensilage**. Proceedings of the 8th international grassland congress, reading, 493-497.

Nocek, J. E. and Tamminga, S. (1991). Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk-yield and composition. **J. Dairy Sci.** 74: 3598-3629.

Ørskov, E. R. and McDonald, P. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **J. Agri. Sci.** 92: 499-503.

Ørskov, E. R., Deb Hovell, F. N. and Mould F. (1980). The use nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. **Trop. Anim. Prod.** 5: 195-213.

Rangnekar, D. V. (1988). **Availability and Intensive Utilization of Sugar Cane By-product**. Bhartiyaa Agro Industries Foundation: India.

Ranjit, N. K. and Kung, JR., (2000). The effect of *lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **J. Dairy Sci.** 44(3): 438-446.

Schmutz, W. G., Brown, L. D. and Thomas, J. W. (1969). Nutritive value of corn silage treated with chemical additives for lactation. **J. Dairy Sci.** 52(9): 2408-2412.

Sebastian, S., Phillip, L. E., Fellner, V. and Idziak, E. S. (1996). Comparative assessment of bacterial inoculation and propionic acid treatment on aerobic stability and microbial populations of ensilage high–moisture ear corn. **J. Anim. Sci.** 74: 447-456.

Spahr, S. L. (1977). Optimum rations for group feeding. **J. Dairy Sci.** 60: 1337.

Statistical Analysis System. (1985) **SAS User' Guide Statistics.** NC: SAS Institute.

Steel, R. G. D. and Torries, J. H. (1980). **Principles and Procedures of Statistics**: A Biometeric Approach (2nd Ed). McGrow Hill: New York.

Stokes, M. R. and Chen, J. (1994). Effects of an enzymes–inoculant mixture on the course of fermentation of corn silage. **J. Dairy Sci.** 77: 3401-3402.

Suksombat, W. (1996). The effect of feeding 4 different roughage-mixed on dairy cow performances In Late lactation. **Suranaree Journal of Technology.** 3: 139-145.

Suksombat, W. (1998). Effect of feeding fresh forage and 3 roughage-mixed on dairy cow performances in early lactation during rainy season. **Suranaree Journal of Technology.** 3:80-87.

Suksombat, W. (1999). Effect of feeding fresh forage and 3 roughage-mixed rations on dairy cow performances in early lactation during dry season. **Suranaree Journal of Technology. 5:150-157.**

Suksombat, W., Jullanand, K., Utaida, N. and Piasangka, S. (1999). Various chemical treatments of bagasse. **In Proceeding of Quality Control in Animal Production:** Nutrition, management, health and product. Chiang Mai University.

Suksombat, W. (2000). Effect of feeding fresh forage and three pelleted roughage-mixed rations on dairy cow performances in mid lactation during the dry season. **Suranaree Journal of Technology. 6:130-136.**

Sunstol, F. (1984). Ammonia treatment of straw: methods for treatment and feeding experience in Norway. **Anim. Feed Sci. Techno.** 10: 173-187.

Tyrrell, H. F. and Reid, J. T. (1965). Prediction of the energy value of cow's milk. **J. Dairy Sci.** 48: 1215-1223.

Wanapat, M., Sunstol, F. and Garmo, T. H. (1985). Comparison of different alkali treatments applied on barley straw. In: The Utilization of Fibrous Agricultural Residues as Animal Feeds. In P. T. Doyle (ed.). **Proceedings of the 4th Annual Workshop of the Australian-Asia Fibrous Agricultural Residues Research Network** (Pp. 103-109). Khonkean. (Pp. 103-109).

Wangsness, P. J. and Muller, L. D. (1981). Maximum forage for dairy cows: Review. **J. Dairy Sci**. 64: 1.

Webster, J. (1993). **Understanding the Dairy Cow**. Blackwell Scientific publications. London.

Whittenbury, R. (1961). An investigation of the lactic acid bacteria. Ph.D. Thesis. University of Edinburgh. Quoted in Woolford M. K. (1984). **The Silage Fermentation**. Basel. Marcel Dekker. New York

Woolford, M. K. (1984). **The Silage Fermentation**. Mercel dekker, INC.: NewYork.

Woolford, M. K. (1978). Antimicrobial effects of mineral acid, organic acid, salts and sterilizing agents in relation to their potential as silage additives. Journal of the British Grassland Society. Quoted in Woolford M. K. (1984). **The Silage Fermentation**. Basel. Marcel Dekker: New York

Yimin, C., Benno, Y., Ogawa, M. and Kumal, S. (1999). Effect of applying lactic acid bacteria isolated from forage crop on fermentation characteristics and aerobic deterioration of silage**. J. Dairy Sci**. 82: 520-526.

Yimin, C., Benno, Y., Ogawa, M., Kumal, S. and Nakase, T. (1998). Influence of *Lactobacillus* spp. From an inoculate and of *Weisslla* and *Leuconostoc* spp. from forage crop on silage fermentation applied and environmental microbiology. **J. Dairy Sci**. 64: 2982-2987.

ภาคผนวก ก

การคำนวณการได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (UDP) ของอาหารที่โคนมทั้ง 2 กลุ่มการทดลองได้รับ

เราสามารถคำนวณหาค่า RDP และ UDP ได้จากสมการดังต่อไปนี้

RDP = CP x dg และ

CP = RDP + UDP หรือ UDP = CP – RDP

ดังนั้นการคำนวณหาค่า RDP และ UDP เราต้องทราบค่า dg ของอาหารก่อน

กลุ่มการทดลองที่ 1 คือ กลุ่มของโคนมที่ได้รับอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรเป็นแหล่งอาหารหยาบ ได้ค่าต่างๆ ดังนี้

โคนมกลุ่มการทดลองที่ 1 กินอาหารข้นได้ วันละ 7.1 กิโลกรัมวัตถุแห้ง และกินได้อาหารหยาบวันละ 8.0 กิโลกรัมวัตถุแห้ง ในอาหารข้นโปรตีน 21.1 เปอร์เซ็นต์ และในอาหารหยาบมีโปรตีน 11.75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในอาหารข้นและอาหารหยาบมีค่า dg = 0.826 และ 0.730 ตามลำดับ

ในอาหารข้น มีโปรตีน 1498 กิโลกรัมวัตถุแห้งและในอาหารหยาบมีโปรตีน 940 กรัมวัตถุแห้ง

จากสมการ RDP (อาหารข้น) = 1498 x 0.83 = 1237 กรัม/วัน

RDP (อาหารหมัก) = 940 x 0.73 = 686 กรัม/วัน

RDP (รวม) = 1237 + 686 = 1924 กรัม/วัน

และ UDP = (1498 + 940) – 1924 = 515 กรัม/วัน

กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ กลุ่มที่โคนมได้รับหญ้าสดเป็นแหล่งอาหารหยาบ ได้ค่าต่างๆ ดังนี้

โคนมกลุ่มการทดลองที่ 1 กินอาหารหารข้นได้ วันละ 7.1 กิโลกรัมวัตถุแห้ง และกินได้อาหารหยาบวันละ 5.8 กิโลกรัมวัตถุแห้ง ในอาหารข้นโปรตีน 21.1 เปอร์เซ็นต์ และในอาหารหยาบมีโปรตีน 4.97 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในอาหารข้นและอาหารหยาบมีค่า dg = 0.830 และ 0.648 ตามลำดับ

ในอาหารข้น มีโปรตีน 1498 กิโลกรัมวัตถุแห้งและในอาหารหยาบมีโปรตีน 288 กรัมวัตถุแห้ง

จากสมการ RDP (อาหารข้น) = 1498 x 0.83 = 1243 กรัม/วัน

RDP (หญ้าหมัก) = 288 x 0.73 = 187 กรัม/วัน

RDP (รวม) = 1243 + 187 = 1430 กรัม/วัน

และ UDP = (1498 + 288) – 1430 = 355 กรัม/วัน

2. ความต้องการพลังงานและโปรตีน (จากตารางที่ 7.9 และ 7.10)

สามารถคำนวณได้จากสมการต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณความต้องการ ME_m NE_l NE_g $NE_{retention}$ และประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อผลผลิต (% Efficiency) ทั้งหมดต่อวัน (MJ/day) ได้ดังนี้

$ME_m = 0.60LW^{0.75}$ (ARC, 1980)

$NE_l = 0.0406$ Fat (g/kg Milk) + 1.509 (Tyrrell and Reid, 1965)

NE_g = 19 MJ/kg Gain และ 16 MJ/kg Loss (AFRC, 1992)

$NE_{retention} = ME_l + ME_g$

$NP_R = NP_m + NP_l + NP_g$

เมื่อ

NP_m (g/day) $= 2.3\ LW^{0.75}$

NP_l = Milk yield (kg/day) x Milk protein content (g/kg Milk)

NP_g = 150 g/kg Gain or 112 g/kg Loss

RDP requirement (g/day) = $8.38ME_{intake}$ (MJ/day)

$TP_{mp} = 8.38ME_{intake} \times 0.80 \times 0.85 \times 0.80$

UDP requirement $= NP_R - TP_{mp}$

UDP จากอาหาร $= (NP_R - TP_{mp})/(0.70 \times 0.75)$

ความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคนมกลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มที่โคนมที่ได้รับอาหารหยาบหมักเป็นอาหารหยาบ

ซึ่งโคนมมีน้ำหนักเฉลี่ย 427 กิโลกรัม ให้น้ำนมเฉลี่ย 14.2 กิโลกรัม น้ำนมมีไขมันนมเฉลี่ย 3.90 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีนนม 3.01 เปอร์เซ็นต์ โคนมมีน้ำหนักลดลงวันละ 489 กรัมต่อวัน มีการกินได้พลังงาน (ME_{intake}) 189 MJ/day

จากสมการ

$ME_m = 0.60LW^{0.75}$

$= 0.60 \times 427^{0.75} = 56$ MJ/day

NE_l = 0.0406 Fat (g/kg Milk) + 1.509

$= [(0.0406 \times 39.0) + 1.509] \times 14.2$

= 44 MJ/day

NE_g = 16 MJ/kg Loss = $0.427 \times 16 = -6$ MJ/kg Loss

$NE_{retention} = ME_l + ME_g$

$= 44 + (-6) = 38$ MJ/day

จากสมการ

$NP_R = NP_m + NP_l + NP_g$

NP_m (g/day) $= 2.3\ LW^{0.75}$

$= 2.3 \times 427^{0.75} = 215$ g/day

NP_l = Milk yield (Kg/day) x Milk protein content (g/kg Milk)

$= 14.2 \times 30.1 = 424$ g/day

NP_g = 112 g/kg Loss = $0.498 \times 112 = 63$ g/day

ดังนั้น $NP_R = 215 + 424 + (-63) = 577$ g/day

RDP requirement (g/day) = $8.38ME_{intake}$ (MJ/day)

$= 8.38 \times 189 = 1583$ g/day

$TP_{mp} = 8.38ME_{intake} \times 0.80 \times 0.85 \times 0.80$

$= 1583 \times 0.80 \times 0.85 \times 0.80 = 861$ g/day

UDP requirement $= NP_R - TP_{mp}$

$= 577 - 861 = -284$ g/day

ความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคนมกลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มที่โคนมที่ได้รับหญ้าสดเป็นอาหารหยาบ

ซึ่งโคนมมีน้ำหนักเฉลี่ย 439 กิโลกรัม ให้น้ำนมเฉลี่ย 13.7 กิโลกรัม น้ำนมมีไขมันนมเฉลี่ย 4.19 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีนนม 2.93 เปอร์เซ็นต์โคนมมีน้ำหนักลดลงวันละ 399 กรัมต่อวัน มีการกินได้พลังงาน (ME_{intake}) 152 MJ/day

จากสมการ

$ME_m = 0.60LW^{0.75}$

$= 0.60 \times 439^{0.75} = 58$ MJ/day

$NE_l = 0.0406$ Fat (g/kg Milk) + 1.509

$= [(0.0406 \times 41.9) + 1.509] \times 13$

$= 43$ MJ/day

$NE_g = 16$ MJ/kg Loss $= -399 \times 16 = -8$ MJ/day

$NE_{retention} = ME_l + ME_g$

$= 43 + (-8) = 36$ MJ/day

จากสมการ

$NP_R = NP_m + NP_l + NP_g$

NP_m (g/day) $= 2.3\ LW^{0.75}$

$= 2.3 \times 439^{0.75} = 220$ g/day

NP_l = Milk yield (kg/day) x Milk protein content (g/kg Milk)

$= 13.7 \times 29.3 = 356$ g/day

$NP_g = 112$ g/kg Loss $= -0.399 \times 112 = -76$ g/day

ดังนั้น $NP_R = 220 + 356 + (-8) = 541$ g/day

RDP requirement (g/day) $= 8.38ME_{intake}$ (MJ/day)

$= 8.38 \times 152 = 1276$ g/day

$TP_{mp} = 8.38ME_{intake} \times 0.80 \times 0.85 \times 0.80$

$= 1276 \times 0.80 \times 0.85 \times 0.80 = 694$ g/day

UDP requirement $= NP_R - TP_{mp}$

$= 541 - 694 = -153$ g/day

ตารางที่ 1 แสดงคะแนนตัดสินคุณภาพของอาหารหมักโดยความสัมพันธ์ของกรดไขมันระเหยได้

Lactic Acid		Acetic Acid		Butyric Acid	
Proportion of total acid (%)	**Flieg point**	**Proportion of total acid (%)**	**Flieg point**	**Proportion of total acid (%)**	**Flieg point**
0.0-20.0	0.0	0.0-20.0	25.0	0.0-1.5	50.0-45.0
20.1-25.0	2.5	20.1-24.0	23.0	1.6-3.0	38.0
25.1-30.0	5.0	24.1-28.0	21.0	3.1-4.0	37.0
30.1-34.0	7.0	28.1-32.0	19.0	4.1-6.0	34.0
34.1-38.0	9.0	32.1-36.0	17.0	6.1-8.0	32.0
38.1-42.0	11.0	36.1-40.0	15.0	8.1-10.0	30.0
42.1-46.0	13.0	40.1-45.0	12.5	10.1-12.0	28.0
46.1-50.0	15.0	45.1-50.0	10.0	12.1-14.0	26.0
50.1-54.0	17.0	50.1-55.0	7.5	14.1-16.0	24.0
54.1-58.0	19.0	55.1-60.0	5.0	16.1-18.0	22.0
58.1-62.0	21.0			18.1-20.0	20.0
62.1-70.0	23.0			20.1-25.0	15.0
> 75.0	25.0			25.1-30.0	10.0
				30.1-40.0	5.0
				> 40.0	0.0

หมายเหตุ:

ระดับคะแนน 81-100 อยู่ในเกณฑ์คุณภาพดีมาก

ระดับคะแนน 61-80 อยู่ในเกณฑ์คุณภาพดี

ระดับคะแนน 41-60 อยู่ในเกณฑ์คุณภาพปานกลาง

ระดับคะแนน 21-40 อยู่ในเกณฑ์คุณภาพพอใช้

ระดับคะแนน 0-20 อยู่ในเกณฑ์คุณภาพเลว

ตารางที่ 2 ต้นทุนอาหารผสมสำเร็จรูปหมักตามสูตรต่าง

วัตถุดิบ	ราคา/ก.ก. (บาท)	ราคาอาหารหยาบหมัก/ 100 กิโลกรัมสด			
		สูตรที่ 1,2	สูตรที่ 3,6	สูตรที่ 4,5	สูตรที่ 7,8
กากอ้อย	0.45	9.90	9.45	7.65	9.90
กากมันสำปะหลัง	0.43	23.22	5.59	28.38	6.88
กากเบียร์	1.33	21.20	53.00	21.20	55.65
กากรำสกัดน้ำมัน	5.10	10.20	107.10	-	102.00
กากน้ำตาล	2.50	12.50	12.50	-	-
ยูเรีย	6.00	6.00	-	6.00	-
รวม	-	83.0	187.64	63.23	174.4
ราคา/ก.ก. สด	**-**	**0.83**	**1.88**	**0.63**	**1.74**
%วัตถุแห้ง	-	38.38	47.97	33.40	45.27
ราคา/ก.ก.วัตถุแห้ง	**-**	**2.16**	**3.91**	**1.90**	**3.85**

หมายเหตุ:

ราคาอาหารหยาบหมักยังไม่ได้คิดราคาของแล็คโตบาซิลัส

ภาคผนวก ข

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely random design, CRD)

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

เมื่อกำหนดให้ X คือ ค่าสังเกตแต่ละค่า

μ คือ ค่าเฉลี่ยของประชากร

α_i คือ ผลของทรีทเมนต์ที่ 1

ε_{ij} คือ ค่าความคาดเคลื่อนของค่าสังเกตที่ j ในทรีตเมนต์ i

i คือ 1, 2, 3,…,k (ให้ k เป็นจำนวนทรีตเมนต์)

j คือ 1, 2, 3,…,n (ให้ n เป็นจำนวนค่าสังเกตในแต่ละทรีตเมนต์)

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial experiment)

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

เมื่อกำหนดให้ X คือ ค่าสังเกตแต่ละค่า

μ คือ ค่าเฉลี่ยของประชากร

α , β คือ อิทธิพลหลักของแฟกเตอร์ A และ B ตามลำดับ

$\alpha\beta$ คือ ปฏิกิริยาระหว่างอิทธิพลหลัก

ε คือ ค่าความคาดเคลื่อนในการทดลอง

i คือ จำนวนระดับของแฟกเตอร์ A

j คือ จำนวนระดับของแฟกเตอร์ B

k คือ จำนวนค่าสังเกตในแต่ละทรีทเมนต์

การทดลองแบบรวมกลุ่ม (Group Comparison)

ในการทดลองเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง 2 กลุ่ม ทำโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่ม คือ X_1- X_2 ซึ่งมีการประมาณความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร คือ ระหว่าง μ_1 - μ_2 การตรวจสอบทำได้โดย T- test

$$t = \frac{(X_1 - X_2)-(\mu_1-\mu_2)}{S\sqrt{[(n_1+n_2)/(n_1 x\, n_2)]}}$$

ในการคำนวณค่า T-test นี้กำหนดว่าทั้ง 2 ตัวแทนมีวาเรียนซ์คือ s^2 และ df = (n_1+n_2-2)

ตารางวิเคราะห์วาเรียนซ์

การทดลองที่ 1 การตรวจวัดคุณภาพอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตร (บทที่ 4)

เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	23	2569.482499	111.71663	158.83	0.0001
Formular (F)	7	2551.372049	364.481721	518.19	0.0001
Age (A)	2	3.57489	1.787445	2.54	0.0858
F x A	14	14.53556	1.038254	1.48	0.1425
Error	72	50.643275	0.703379		
Total	95	2620.125774			

R-Square	C.V.
0.980671	2.173553

เปอร์เซ็นต์โปรตีน

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	23	87.34624062	3.79766264	4.55	0.0001
Formular (F)	7	70.62425729	10.08917961	12.09	0.0001
Age (A)	2	0.880725	0.4403625	0.53	0.5923
F x A	14	15.84125833	1.13151845	1.36	0.198
Error	72	60.099175	0.83471076		
Total	95	147.4454156			

R-Square	C.V.
0.592397	6.953503

ระดับความเป็นกรด-ด่าง

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	23	10.78949062	0.46910829	4.54	0.0001
Formular (F)	7	8.16339062	1.16619866	11.27	0.0001
Age (A)	2	0.68561875	0.34280937	3.31	0.042
F x A	14	1.94048125	0.1386058	1.34	0.2063
Error	72	7.447725	0.10344062		
Total	95	18.23721562			

R-Square	C.V.
0.591619	8.666863

ปริมาณกรดแลคติค (กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	23	24968.39798	1085.58252	17.04	0.0001
Formular (F)	7	10763.00842	1537.57263	24.14	0.0001
Age (A)	2	7010.51815	3505.25908	55.03	0.0001
F x A	14	7194.87141	513.91939	8.07	0.0001
Error	72	4586.32015	63.69889		
Total	95	29554.71813			

R-Square	C.V.
0.844819	18.55041

ปริมาณกรดอะซิติค (กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	23	1942.5871	84.460309	2.24	0.005
Formulae (F)	7	1267.138017	181.019717	4.81	0.0002
Age (A)	2	82.894675	41.447338	1.1	0.3379
F x A	14	592.554408	42.325315	1.12	0.3521
Error	72	2709.18515	37.627572		
Total	95	4651.77225			

R-Square	C.V.
0.417602	66.39569

ปริมาณกรดบิวทิลิค (กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	23	450.3723125	19.5814049	2.45	0.0021
Formulae (F)	7	212.6206625	30.3743804	3.81	0.0014
Age (A)	2	2.3026687	1.1513344	0.14	0.8659
F x A	14	235.4489812	16.8177844	2.11	0.0211
Error	72	574.68205	7.9816951		
Total	95	1025.054363			

R-Square	C.V.
0.439364	64.65889

การย่อยสลายวัตถุแห้งภายในกระเพาะรูเมน

ชั่วโมงที่ 0

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	23	1352.186899	58.790735	3.97	0.0001
Formulae (F)	7	477.3061208	68.1865887	4.61	0.0005
Age (A)	2	409.0999694	204.5499847	13.82	0.0001
F x A	14	465.7808083	33.2700577	2.25	0.0191
Error	48	710.622067	14.804626		
Total	71	2062.808965			

R-Square	**C.V.**
0.655508	12.54774

ชั่วโมงที่ 6

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	23	2119.263728	92.141901	5.97	0.0001
Formulae (F)	7	501.405283	71.629326	4.64	0.0005
Age (A)	2	1093.169003	546.584501	35.42	0.0001
F x A	14	524.689442	37.477817	2.43	0.0115
Error	48	740.675133	15.430732		
Total	71	2859.938861			

R-Square	**C.V.**
0.741017	10.96607

ชั่งโมงที่ 12

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	23	1722.495333	74.891101	3.13	0.0004
Formulae (F)	7	505.8440222	72.2634317	3.02	0.0104
Age (A)	2	672.6502583	336.3251292	14.04	0.0001
F x A	14	544.0010528	38.8572181	1.62	0.1072
Error	48	1149.732667	23.952764		
Total	71	2872.228			

R-Square	**C.V.**
0.599707	11.90454

ชั่วโมงที่ 24

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	23	1382.609487	60.113456	2.7	0.0018
Formular (F)	7	231.2072431	33.0296062	1.49	0.1952
Age (A)	2	732.9301083	366.4650542	16.48	0.0001
F x A	14	418.4721361	29.8908669	1.34	0.2181
Error	48	1067.5042	22.239671		
Total	71	2450.113688			

R-Square	**C.V.**
0.564304	9.522012

ชั่วโมงที่ 48

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	23	1539.548554	66.936894	2.2	0.0106
Formular (F)	7	498.5845097	71.2263585	2.34	0.0384
Age (A)	2	578.3688083	289.1844042	9.52	0.0003
F x A	14	462.5952361	33.0425169	1.09	0.3923
Error	48	1458.775733	30.391161		
Total	71	2998.324288			

R-Square	**C.V.**
0.51347	9.725141

ชั่วโมงที่ 72

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	23	1547.751332	67.293536	1.98	0.023
Formula (F)	7	671.6214653	95.9459236	2.83	0.0151
Age (A)	2	519.9004528	259.9502264	7.66	0.0013
F x A	14	356.2294139	25.4449581	0.75	0.7152
Error	48	1629.905333	33.956361		
Total	71	3177.656665			

R-Square	**C.V.**
0.487073	9.707453

ชั่วโมงที่ 96

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	23	2273.085199	98.829791	3.4	0.0002
Formula (F)	7	1520.507865	217.215409	7.46	0.0001
Age (A)	2	463.410769	231.705385	7.96	0.001
F x A	14	289.166564	20.654755	0.71	0.7537
Error	48	1396.709067	29.098106		
Total	71	3669.794265			

R-Square	C.V.
0.619404	8.409907

ค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยสลาย (effective degradability)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	23	417.8911111	18.1691787	5.61	0.0001
Formula (F)	7	201.1377778	28.7339683	8.87	0.0001
Age (A)	2	105.2011111	52.6005556	16.24	0.0001
F x A	14	111.5522222	7.9680159	2.46	0.0105
Error	48	155.46	3.23875		
Total	71	573.3511111			

R-Square	C.V.
0.728857	2.676506

การทดลองที่ 2 การตรวจวัดคุณภาพของอาหารหยาบหมักระยะเวลาต่างๆ (1-6 เดือน) (บทที่ 5)

เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	5	54.68412083	10.93682417	1.82	0.1591
Error	18	108.014675	6.00081528		
Total	23	162.6987958			

R-Square	C.V.
0.336106	6.713609

ระดับความเป็นกรด-ด่าง

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	5	0.03793333	0.00758667	0.69	0.64
Error	18	0.199	0.01105556		
Total	23	0.23693333			

R-Square	C.V.
0.160101	2.467237

ปริมาณกรดแลคติค (กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Model	5	2606.526271	521.305254	5.18	0.004
Error	18	1810.537025	100.58539		
Total	23	4417.063296			

R-Square	C.V.
0.590104	29.39147

ปริมาณกรดอะซิติค (กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	5	638.6539208	127.7307842	12	0.0001
Error	18	191.648475	10.6471375		
Total	23	830.3023958			

R-Square	**C.V.**
0.769182	16.85903

ปริมาณกรดบิวทิลิค (กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง)

Source	df	SS	MS	F value	Pr>F
Treatment	5	24.28947083	4.85789417	2.69	0.0552
Error	18	32.527025	1.80705694		
Total	23	56.81649583			

R-Square	**C.V.**
0.427507	88.60872

ประวัติผู้เขียน

นายบุญญฤทธิ์ มุ่งจองกลาง เกิดเมื่อวันที่ 7 มกราคม พ.ศ. 2520 ที่จังหวัดนครราชสีมา ศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาเมื่อปี พ.ศ. 2542 และได้ศึกษาต่อระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ในปี พ.ศ. 2542