ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

สัตวบาล	สัตวบาล
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง ผลของการใช้ Partial Mixed Ration (PMR) ต่อสมรรถภาพการผลิต และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคนมลูกผสม ในช่วงฤดูแล้ง

Production Efficiency and Economic Return of Crossbred Dairy Cow Fed with Partial Mixed Ration (PMR) in Dry Season

นามผู้วิจัย ว่าที่ร้อยตรีณัฐพล สุวรรณสิน

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์ศรเทพ ธัมวาสร, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์สมเกียรติ ประสานพานิช, วท.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ศาสตราจารย์สายัณห์ ทัดศรี, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการใช้ Partial Mixed Ration (PMR) ต่อสมรรถภาพการผลิต และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคนมลูกผสม ในช่วงฤดูแล้ง

Production Efficiency and Economic Return of Crossbred Dairy Cow Fed with Partial Mixed Ration (PMR) in Dry Season

โดย

ว่าที่ร้อยตรีณัฐพล สุวรรณสิน

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ณัฐพล สุวรรณสิน, ว่าที่ร้อยตรี. 2553: ผลของการใช้ Partial Mixed Ration (PMR) ต่อสมรรถภาพการผลิต และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคนมลูกผสม ในช่วงฤดูแล้ง ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาสัตวบาล ภาควิชาสัตวบาล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ศรเทพ ธัมวาสร, Ph.D. 73 หน้า

การทดลองนี้ได้นำเอาผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเกษตรต่างๆ ได้แก่ ชานอ้อย เศษข้าวโพดหวาน และกากน้ำตาลเอทานอล มาหมักรวมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสมในสภาพไร้อากาศ ผลิตขึ้นเป็น PMR7%CP และ PMR12%CP (เสริมแอมโมเนียเหลว) เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี ตลอดจนการใช้ทดแทนแหล่งอาหารหยาบทั่วไป โดยศึกษาสมรรถภาพการผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคนม โดยใช้โคนมลูกผสมที่มีระดับเลือดโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน 50 เปอร์เซ็นต์ บราห์มัน 37.5 เปอร์เซ็นต์ และพื้นเมือง 12.5 เปอร์เซ็นต์ ให้นมครั้งแรก และอยู่ในระยะการให้นมช่วงกลาง (120 วัน) จำนวน 15 ตัว แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม โคนมกลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) ให้กินอาหารข้น 6 กิโลกรัม/ตัว/วัน มีโปรตีนประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์ และฟางข้าว โดยให้กินแบบเต็มที่ โคนมกลุ่มที่ 2 ให้กินอาหารข้น 4 กิโลกรัม/ตัว/วัน และเสริมด้วย PMR7%CP จำนวน 8 กิโลกรัม/ตัว/วัน ร่วมกับฟางข้าว โดยให้กินแบบเต็มที่ และโคนมกลุ่มที่ 3 มีลักษณะเช่นเดียวกับโคนมกลุ่มที่ 2 ต่างกันตรงที่ใช้ PMR12%CP ทดแทนแหล่งอาหารหยาบ ซึ่งระดับการให้อาหารของโคนมแต่ละกลุ่มจะคำนวณตามความต้องการโภชนะในการดำรงชีพ และการให้ผลผลิตของโคนมตาม NRC (2001) ภายใต้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด สำหรับการศึกษาลักษณะทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีใช้วิธีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประชากรสองกลุ่ม ผลการทดลองพบว่า PMR7%CP และ PMR12%CP ที่ระยะการหมัก 30 วัน มีสีน้ำตาลแดงอิฐ (ลักษณะเฉพาะตัว) กลิ่นหอมเปรี้ยว เนื้อแน่น และไม่มีเมือกลื่น มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (3.99±0.09 และ 4.60±0.00) และโปรตีน (6.89±0.50 และ 11.85±1.09 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ส่วนปริมาณวัตถุแห้ง (34.11±2.75 และ 34.60±1.76 เปอร์เซ็นต์) องค์ประกอบพวกเยื่อใย เถ้า กรดแลคติก และกรดอะซิติก มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ตามลำดับ และเมื่อนำ PMR7%CP และ PMR12%CP มาใช้ทดแทนแหล่งอาหารหยาบในโคนมกลุ่มที่ 2 และ 3 ตามลำดับ พบว่าโคนมมีปริมาณการกินได้ทั้งหมดของวัตถุแห้ง (12.12±0.41, 11.64±0.04 และ 11.95±0.04 กิโลกรัม/ตัว/วัน) และเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว (3.07±0.10, 2.77±0.01 และ 2.99±0.01 เปอร์เซ็นต์) มีค่าสูงที่สุดในโคนมกลุ่มที่ 1 (P<0.05) คิดเป็นปริมาณโปรตีนที่กินได้ เท่ากับ 0.93±0.03, 0.91±0.08 และ 1.06±0.08 กิโลกรัม/ตัว/วัน ของโคนมกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ โดยโคนมกลุ่มที่ 3 มีค่าสูงสุด (P<0.05) รองลงมาคือโคนมกลุ่มที่ 1 และ 2 ตามลำดับ (P>0.05) สำหรับสมรรถภาพการผลิต พบว่าโคนมกลุ่มที่ 1 มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว (0.28±0.07, 0.42±0.07 และ 0.44±0.07 กิโลกรัม/ตัว/วัน) และปริมาณน้ำนมปรับไขมัน 4 เปอร์เซ็นต์ (6.39±0.17, 7.18±0.17 และ 7.38±0.17 กิโลกรัม/ตัว/วัน) ต่ำกว่าโคนมกลุ่มที่ 2 และ 3 ตามลำดับ (P<0.05) แต่องค์ประกอบน้ำนมของโคนมกลุ่มที่ 1 มีค่าสูงกว่าโคนมกลุ่มที่ 2 และ 3 ตามลำดับ (P<0.05) ผลตอบแทนเปรียบเทียบเชิงเศรษฐกิจ เมื่อคิดเป็นรายได้สุทธิจากน้ำนมปกติ พบว่าโคนมกลุ่มที่ 1 มีรายได้ต่ำกว่าโคนมกลุ่มที่ 2 และ 3 ดังนั้น การใช้ PMR7%CP และ PMR12%CP ทดแทนแหล่งอาหารหยาบของโคนมบางส่วน สามารถช่วยเพิ่มสมรรถภาพการผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่ดีของเกษตรกร

_____ _____ / / /

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Nattapon Suwannasin, Acting Sub Lt. 2010: Production Efficiency and Economic Return of Crossbred Dairy Cow Fed with Partial Mixed Ration (PMR) in Dry Season. Master of Science (Agriculture), Major Field: Animal Science, Department of Animal Science. Thesis Advisor: Associate Professor Sornthep Tumwasorn, Ph.D. 73 pages.

This trial used by-products from agro-industry such as bagasse, sweet corn waste and vinasses to produce partial mixed ration (PMR) for dairy cow feed. The ingredients were mixed together in the appropriate ratio and fermented under anaerobic conditions to produce PMR7%CP and PMR12%CP (anhydrous ammonia added). The physical characteristics, chemical composition as well as the effects of PMR7%CP and PMR12%CP on production efficiency and economic return of dairy cow were studied. Fifteen crossbred cows (50% Holstein Friesian 37.5% Brahman and 12.5% Native) giving the first and in mid-lactation (120 days were used). There were 3 treatments feeding concentrate (16%CP) at 6 kg/head/day and fed *ad libitum* rice straw (T1; Control group), feeding 16%CP at 4 kg/head/day concentrate and 8 kg/head/day PMR7%CP and *ad libitum* rice straw (T2), feeding 16%CP concentrate at 4 kg/head/day and 8 kg/head/day PMR12%CP and *ad libitum* rice straw (T3). The feeding level of dairy cow in each group was calculated base on the requirement for maintaining and production according to NRC (2001). Completely Randomized Design (CRD) and pair comparison were used to compare the physical characteristics and chemical composition between PMR7%CP and PMR12%CP. The results showed that PMR7%CP and PMR12%CP at 30 days of fermentation was brown brick red (unique) sour smell and without slime. The PMR7%CP and PMR12%CP had pH value (3.99±0.09 and 4.60±0.00) and crude protein (6.89±0.50 and 11.85±1.09 percentage of dry matter) was significantly difference ($P<0.01$). The dry matter (34.11±2.75, 34.60±1.76 percentage), fiber composition, ash, lactic acid and acetic acid were not statistically difference ($P>0.05$), respectively. When feeding PMR7%CP and PMR12%CP as roughages source, it showed that dairy cow had total dry matter intake (12.12±0.41, 11.64±0.04 and 11.95±0.04 kg/head/day) and that of percent body weight (3.07±0.10, 2.77±0.01 and 2.99±0.01 percentage) highest in T1 ($P<0.05$). However, total dry matter intake converted into protein intake were found to be 0.93±0.03, 0.91±0.08 and 1.06±0.08 kg/head/day for T1, T2 and T3, respectively. The T3 had highest dry matter intake ($P<0.05$), followed by the T1 and T2 ($P>0.05$), respectively. The effects of feeding PMR7%CP and PMR12%CP revealed that T1 had lower body weight change (0.28±0.07, 0.42±0.07 and 0.44±0.07 kg/head/day) and lower adjust milk fat 4 percentage (6.39±0.17, 7.18±0.17 and 7.38±0.17 kg/head/day) than T2 and T3 ($P<0.05$) respectively. In contrast milk composition was found that T1 had higher values than those of T2 and T3 ($P<0.05$). The economical returns revealed that net income from actual milk yield in T1 was lower than those of T2 and T3 respectively. It was found that feeding PMR7%CP and PMR12%CP could improve production efficiency of dairy cow and yielded higher economic return to famers.

_____ _____ / / /

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงยิ่งต่อ รองศาสตราจารย์ ดร.ศรเทพ ธัมวาสร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่กรุณาให้คำปรึกษาทุกๆ ด้านด้วยความเอาใจใส่ ให้แนวความคิด ถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการศึกษา ให้การสนับสนุนการทำวิจัย ให้โอกาส และให้กำลังใจแก่ลูกศิษย์เสมอมา ตลอดจนให้ความกรุณาจัดหาทุนการทำวิจัย ทำให้ได้ความรู้และประสบการณ์อันทรงค่า ซึ่งถือเป็นพระคุณอย่างสูงยิ่ง และข้าพเจ้าขอน้อมนำไปใช้เป็นแนวทางในการทำงานต่อไป ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงต่อ รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ประสานพานิช และศาสตราจารย์ ดร.สายัณห์ ทัดศรี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาประสาทความรู้ให้คำปรึกษาด้านต่างๆ และให้คำแนะนำเกี่ยวกับการทดลอง จนทำให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ใคร่ขอกราบขอพระคุณอย่างสูงต่อ รองศาสตราจารย์ ดร.สมชัย จันทร์สว่าง ประธานการสอบ และรองศาสตราจารย์ ดร.วิศิษฐิพร สุขสมบัติ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ได้กรุณาตรวจสอบชี้แนะแก้ไข ข้อบก พร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อบริษัทมิตรผลวิจัย พัฒนาอ้อยและน้ำตาล จำกัด ที่ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัย โครงการวิจัยและพัฒนาธุรกิจการผลิตโคนมที่ให้การสนับสนุนด้านสัตว์ทดลอง ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ลำพญากลาง จังหวัดลพบุรี ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ทดลอง ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และห้องปฏิบัติการศูนย์ผลิตภัณฑ์นม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ใคร่ขอขอบคุณ คุณสารกิจ ถวิลประวัติ คุณพฤฒิ เกิดชูชื่น รวมถึงนักวิชาการ เจ้าหน้าที่ คนงาน ของศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ลำพญากลาง โครงการวิจัยและพัฒนาธุรกิจการผลิตโคนมและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่ได้ช่วยเหลือ อำนวยความสะดวกให้งานทดลองสำเร็จลง

สุดท้ายวิทยานิพนธ์คงไม่สำเร็จลงได้ หากขาดการสนับสนุน ช่วยเหลือ และการให้กำลังใจจาก บิดา มารดา พี่น้อง เพื่อน ความดีหรือประโยชน์จากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่บิดา มารดา ครูอาจารย์ผู้มีพระคุณ ตลอดจนนักวิชาการทุกท่านที่ค้นคว้าทดลอง และรวบรวมความรู้นั้นเขียนขึ้นเป็นตำราต่างๆ ให้ข้าพเจ้านำมาใช้ประกอบในการศึกษาครั้งนี้

ณัฐพล สุวรรณสิน

มีนาคม 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	28
อุปกรณ์	28
วิธีการ	32
ผลการทดลองและวิจารณ์	37
สรุป	53
ข้อเสนอแนะ	54
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	55
ภาคผนวก	65
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	73

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณผลผลิตอ้อย น้ำตาลทรายขาว น้ำตาลทรายดิบและกากน้ำตาล ของโรงงานทั่วประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 – 2552	3
2	องค์ประกอบทางเคมีของชานอ้อย (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง)	4
3	องค์ประกอบทางเคมีของเศษข้าวโพดหวาน (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง)	6
4	การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของกากน้ำตาลเอทานอล และกากน้ำตาล	8
5	ลักษณะมาตรฐานทางเคมีของพืชหมัก	14
6	ค่าเฉลี่ย ปริมาณการกินได้ ผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบของน้ำนม ของโคนมที่เลี้ยงด้วยหญ้าสด และหญ้าหมักสูตรต่างๆ 3 สูตร	18
7	ปริมาณองค์ประกอบหลักของน้ำนมดิบ (เปอร์เซ็นต์)	19
8	ค่าเฉลี่ย และค่าพิสัยของฮอร์โมนไทรอกซีน และฮอร์โมนไตรไอโอโดไทโรนีน ในซีรั่มของสัตว์แต่ละชนิด	26
9	องค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้นและฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง)	31
10	การประเมินคุณภาพลักษณะทางกายภาพของ PMR7%CP และ PMR12%CP ที่ระยะการหมัก 30 วัน	38
11	ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง ทั้ง 2 ทรีทเมนต์ ที่ระยะการหมัก 30 วัน (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง)	40
12	ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ปริมาณการกินได้ของ วัตถุแห้งและการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของโคนมทดลองทั้ง 3 ทรีทเมนต์	44
13	ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ปริมาณผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบน้ำนมของโคนมทดลองทั้ง 3 ทรีทเมนต์	47
14	ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ปริมาณยูเรีย-ไนโตรเจน ในเลือด (มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์) ของโคนมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 3 ทรีทเมนต์	49
15	ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ปริมาณกลูโคสในเลือด (มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์) ของโคนมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 3 ทรีทเมนต์	50
16	ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของระดับฮอร์โมนไตรไอโอ โดไทโรนีน (นาโนกรัมต่อเดซิลิตร) ของโคนมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 3 ทรีทเมนต์	51

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

17 ผลของการใช้ PMR7%CP และ PMR12%CP ในอาหารโคนม ต่อผลตอบแทนเปรียบเทียบเชิงเศรษฐกิจในช่วงฤดูแล้ง 52

ตารางผนวกที่

1 การประเมินคุณภาพลักษณะทางกายภาพของพืชหมัก 66

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กระบวนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล	7
2	เครื่องจักรที่ใช้ผลิต PMR	29
3	ลักษณะโรงเรือนแบบยืนโรงสำหรับสัตว์ทดลอง	30
4	รางอาหาร และระบบให้น้ำอัตโนมัติสำหรับสัตว์ทดลอง	30
5	เครื่องรีดนมแบบเคลื่อนที่	31
6	ลักษณะทางกายภาพของอาหารทดลองทั้ง 2 ทรีทเมนต์ ที่ระยะการหมัก 30 วัน	37

ภาพผนวกที่

1	กระบวนการผลิต PMR ทั้ง 2 สูตร	67
2	ลักษณะทางกายภาพของชานอ้อย	68
3	ลักษณะทางกายภาพของเศษข้าวโพดหวาน	68
4	ลักษณะทางกายภาพของวีนัส	69
5	ถังที่ใช้บรรจุแอมโมเนียเหลว	69
6	เครื่องควบคุมการผลิต PMR	70
7	การลำเลียงชานอ้อย และเศษข้าวโพดหวานเข้าสู่ถังผสม	70
8	PMR ที่ผสมเรียบร้อย และจะถูกอัดด้วยเครื่องอัดไฮโดรริก เพื่อไล่อากาศ	71
9	การบรรจุ PMR ใส่ภาชนะหมัก	71
10	PMR ที่ผลิตได้ ขนาดบรรจุ 20 กิโลกรัม	72

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลของการใช้ Partial Mixed Ration (PMR) ต่อสมรรถภาพการผลิต และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคนมลูกผสม ในช่วงฤดูแล้ง

Production Efficiency and Economic Return of Crossbred Dairy Cow Fed with Partial Mixed Ration (PMR) in Dry Season

คำนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการเลี้ยงโคนมในประเทศได้มีการพัฒนา และได้รับการส่งเสริมจากทั้งภาครัฐ และภาคเอกชน เพื่อเป็นการเพิ่มปริมาณน้ำนมดิบภายในประเทศให้เพียงพอต่อความต้องการ และเพื่อทดแทนการนำเข้าผลิตภัณฑ์นมจากต่างประเทศ ส่งผลให้มีการเลี้ยงโคนมกันอย่างแพร่หลาย การเพิ่มขึ้นของประชากรโคนมในหลายๆ พื้นที่ เริ่มส่งผลกระทบต่อความต้องการอาหารโดยรวม ซึ่งอาหารนับเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญในกระบวนการผลิตโคนม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ทั้งปริมาณผลผลิตและคุณภาพน้ำนม โดยโคจำเป็นต้องได้รับอาหารอย่างถูกต้อง ทั้งอาหารหยาบและอาหารเสริมให้ตรงกับความต้องการและศักยภาพการผลิตของโคนม อย่างไรก็ตามอาหารโคนม นับวันจะมีปัญหาและจะทวีความรุนแรงมากขึ้น หากไม่ได้รับการแก้ไขให้เหมาะสมย่อมส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตทั้งระยะสั้นและระยะยาว โดยเฉพาะการขาดแคลนอาหารหยาบ ซึ่งจัดเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการเลี้ยงโคนม ปัจจุบันหญ้าและอาหารหยาบอื่นๆ ไม่เพียงพอต่อความต้องการ เนื่องจากในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2540 - 2552) พื้นที่ทางการเกษตรที่เคยเป็นแหล่งพืชอาหารสัตว์ได้ถูกเปลี่ยนให้เป็นพื้นที่เพื่อการอุตสาหกรรม ทำให้เกิดปัญหาปริมาณอาหารหยาบไม่เพียงพอต่อความต้องการสำหรับเลี้ยงโคนม โดยเฉพาะในฤดูแล้งอาหารหยาบจะขาดแคลนและมีคุณภาพไม่ดี รวมทั้งคุณค่าทางโภชนะต่ำด้วย ดังนั้นเพื่อเป็นการช่วยลดปัญหาดังกล่าว จะเห็นว่างานวิจัยเรื่องนี้จะเป็นแนวทางหนึ่งซึ่งจะเป็นทางเลือกของเกษตรกรกลุ่มผู้เลี้ยงโคนม โดยได้ทำการนำเสนอแหล่งของอาหารหยาบอื่นๆ มาทดแทน ซึ่งได้แก่ผลพลอยได้ทางการเกษตรอุตสาหกรรมมาใช้ประโยชน์ ผลิตเป็นอาหารโคชนิดใหม่ที่เรียกว่า Partial Mixed Ration หรือ PMR ได้แก่ ชานอ้อย จากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลทราย เศษข้าวโพดหวาน จากอุตสาหกรรมการผลิตข้าวโพดหวานกระป๋อง และกากน้ำตาลเอทานอล จากอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอล เพื่อทดแทนการขาดแคลนแหล่งอาหารหยาบคุณภาพดี ในช่วงฤดูแล้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้ partial mixed ration (PMR) ในอาหารโคนม โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของ PMR7%CP และ PMR12%CP

2. เพื่อศึกษาผลของการใช้ PMR7%CP และ PMR12%CP ทดแทนแหล่งอาหารหยาบของโคนมที่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตในด้านต่าง ได้แก่ ปริมาณการกินได้ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว ผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบของน้ำนม และเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของเลือดโคนม

3. เพื่อศึกษาผลของการใช้ PMR ต่อผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคนม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต PMR

PMR ผลิตขึ้นจากผลพลอยได้ทางอุตสาหกรรมเกษตรและพลังงาน ได้แก่ ชานอ้อย เศษข้าว โพดหวาน และกากน้ำตาลเอทานอล มาปรับปรุงคุณภาพเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบทางเลือกหนึ่งของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม ซึ่งมีรายละเอียดของวัตถุดิบแต่ละชนิด ดังต่อไปนี้

ชานอ้อย (Bagasses)

ชานอ้อยเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลทราย ซึ่งมีปริมาณมาก ทั้งนี้เนื่องจากประเทศไทยใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตน้ำตาลทราย อ้อยจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญเป็นอันดับ 4 รองจากข้าว ข้าวโพด และมันสำปะหลัง โดยประเทศไทยเป็นผู้ผลิตอ้อยอันดับ 5 ของโลก รองจากประเทศบราซิล อินเดีย จีน และเม็กซิโก (นิรนาม, 2551) จากการสำรวจผลผลิตอ้อยทั่วประเทศประจำฤดูกาลผลิตปี พ.ศ. 2551 - 2552 พบว่าประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมดประมาณ 6.45 ล้านไร่ โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ในการปลูกอ้อยมากที่สุดรองลงมาคือ ภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออก ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ปริมาณผลผลิตอ้อย น้ำตาลทรายขาว น้ำตาลทรายดิบ และกากน้ำตาลของโรงงานทั่วประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 – 2552

การผลิตอ้อยในแต่ปี (ล้านตัน)	2548	2549	2550	2551	2552
ผลผลิตอ้อย	46.49	63.80	66.26	73.31	71.78
น้ำตาลทรายขาว	2.47	3.06	2.56	3.78	3.43
น้ำตาลทรายดิบ	2.33	3.65	4.40	7.76	6.79
กากน้ำตาล	2.11	2.99	2.85	3.45	3.49
ชานอ้อย	10.21	14.02	14.56	20.16	19.73

ที่มา: ดัดแปลงจากสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2552)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ซึ่งพบว่ามีปริมาณอ้อยเข้าหีบทั่วประเทศทั้งหมด 71.78 ล้านตัน ได้ผลผลิตน้ำตาลทรายขาวและน้ำตาลทรายดิบรวมกันทั้งสิ้น 10.22 ล้านตัน ซึ่งคิดเป็นผลผลิตน้ำตาลเฉลี่ยเท่ากับ 105.83 กิโลกรัมต่ออ้อย 1 ตัน และสามารถผลิตชานอ้อยได้ถึง 19.73 ล้านตัน (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล, 2552)

ชานอ้อยเป็นส่วนของลำต้นที่เหลือจากการสกัดเอาน้ำอ้อยออกไปแล้วในกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย ประกอบด้วยน้ำ เส้นใย และของแข็งที่ละลายได้จำนวนเล็กน้อย ซึ่งปริมาณขององค์ประกอบเหล่านี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์อ้อย อายุ วิธีเก็บเกี่ยวและประสิทธิภาพของโรงงาน จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของชานอ้อยพบว่ามีวัตถุแห้ง โปรตีน เยื่อใยอย่างหยาบ ไขมัน เถ้า ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส เท่ากับ 74.75, 3.32, 41.70, 0.50, 1.70, 87.60 และ 54.60 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ตามลำดับ (คู่ขวัญ, 2543) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของชานอ้อย (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง)

องค์ประกอบทางเคมี	ชานอ้อย
วัตถุแห้ง	74.75
โปรตีน	3.32
ไขมัน	0.50
เถ้า	1.70
เยื่อใยหยาบ	41.70
ผนังเซลล์	87.60
ลิกโนเซลลูโลส	54.60
พลังงานรวม (แคลอรี่/กรัม)	3,549.47

ที่มา: คู่ขวัญ (2543)

การนำชานอ้อยมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ในประเทศไทย พบว่ามีงานวิจัยน้อยมากแต่ก็มีนักวิจัยหลายท่านให้ความสนใจ เนื่องจากชานอ้อยจัดเป็นวัตถุดิบที่มีปริมาณมากและราคาถูก จึงมีผู้พยายามปรับปรุงคุณภาพของชานอ้อย เพื่อใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ต่างๆ เช่น จากการศึกษาของสุชนา (2538) ได้ทำการศึกษาการใช้ชานอ้อยปรุงแต่งเป็นวัตถุดิบอาหารของสุกรในระยะรุ่น-ขุน (สุกรพันธุ์ลาร์จไวท์จำนวน 50 ตัว น้ำหนักตัวเริ่มต้น 30 กิโลกรัม) เพื่อใช้เป็นแหล่งทดแทน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พลังงานในสูตรอาหาร โดยนำชานอ้อยปรุงแต่งเสริมที่ 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร พบว่าสุกรทั้งในระยะรุ่นและขุนมีปริมาณการกินได้ อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และระยะเวลาที่ใช้เลี้ยงของสุกรทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในด้านคุณภาพซาก พบว่าสุกรที่ได้รับการเสริมชานอ้อยที่ระดับ 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร มีความหนาไขมันสันหลังที่จุด P2 ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงของสุกรที่ได้รับการเสริมชานอ้อยที่ระดับ 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

ส่วน Suksombat (1996) ได้ทดลองใช้ชานอ้อย 20 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารหยาบผสม 4 สูตร โดยปรับโภชนะให้เพียงพอต่อความต้องการด้วยการเสริมมันสำปะหลัง กากเมล็ดฝ้าย กากน้ำตาล และยูเรีย เพื่อใช้เป็นอาหารของโคนมพันธุ์ขาว-ดำระดับเลือดประมาณ 87.50 เปอร์เซ็นต์ ในระยะการให้นมช่วงปลาย พบว่าผลผลิตน้ำนมของโคนมเฉลี่ยอยู่ที่ 8.30 - 9.30 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี และต่อมา Suksombat (1998) ได้ทดลองใช้ชานอ้อยในปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 20 เปอร์เซ็นต์ เป็น 32 และ 64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เลี้ยงโคนมเปรียบเทียบกับการใช้หญ้าสด พบว่าการใช้อาหารผสมที่มีชานอ้อยเป็นองค์ประกอบในระดับ 32 และ 64 เปอร์เซ็นต์ สามารถใช้ทดแทนหญ้าสดได้ทั้งหมด หรือสามารถใช้เป็นอาหารหยาบผสมเลี้ยงโครีดนมทดแทนหญ้าสดได้ 100 เปอร์เซ็นต์

นอกจากนี้คู่ขวัญ (2543) ได้ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของชานอ้อยด้วยการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ (6 กรัมต่อชานอ้อย 100 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง) หมักร่วมกับชานอ้อย เพื่อใช้เป็นแหล่งของอาหารหยาบของโคนม พบว่าชานอ้อยที่ผ่านการหมักร่วมกับ NaOH แล้วองค์ประกอบพวกเยื่อใย NDF และ ADF มีค่าการย่อยได้เพิ่มขึ้น แตกต่างจากชานอ้อยที่ไม่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ส่วนผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบของน้ำนม มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบกับการใช้ต้นข้าวโพดสดเป็นแหล่งอาหารหยาบของโคนม และจากผลการทดลองดังกล่าวผู้วิจัยได้เสนอแนะให้ปรับปรุงคุณภาพชานอ้อย เพื่อให้มีคุณค่าทางโภชนะที่เหมาะสมเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เศษข้าวโพดหวาน (Sweet Corn Waste)

ประเทศไทยมีการปลูกข้าวโพดหวานกันมากในแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ นครราชสีมา บุรีรัมย์ มหาสารคาม และทางภาคตะวันตกของประเทศไทย ได้แก่ กาญจนบุรี ราชบุรี นครปฐม เพชรบุรี สมุทรสาคร เป็นต้น โดยมีอายุเก็บเกี่ยวฝักสดอยู่ในช่วง 65-80 วัน (ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ของข้าวโพดหวาน) ซึ่งสามารถปลูกได้ตลอดปีในเขตที่มีระบบชลประทาน (ปลูกได้ 4 รุ่นต่อปี) (กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์, 2551) ส่วนในพื้นที่นอกเขตชลประทานสามารถปลูกในช่วงต้นฤดูฝน คือ เดือนเมษายนถึงพฤษภาคม และในช่วงปลายฤดูฝน คือ เดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม (จินดา และคณะ, 2541) การปลูกข้าวโพดหวานส่วนใหญ่จะเก็บเกี่ยวฝักสด เพื่อนำไปแปรรูปเป็นข้าวโพดกระป๋อง เช่น ซุปข้าวโพด และเมล็ดข้าวโพดในน้ำเกลือ ซึ่งหลังจากที่เก็บเกี่ยวฝักเรียบร้อยแล้ว จะเหลือส่วนที่เป็นลำต้น ใบ เปลือกฝัก และไหม ซึ่งผลพลอยได้เหล่านี้ยังคงมีสีเขียว ลักษณะอ่อนนุ่ม รสหวาน มีคุณค่าทางอาหารสัตว์ดี สามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ (กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์, 2551)

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของเศษข้าวโพดหวาน (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง)

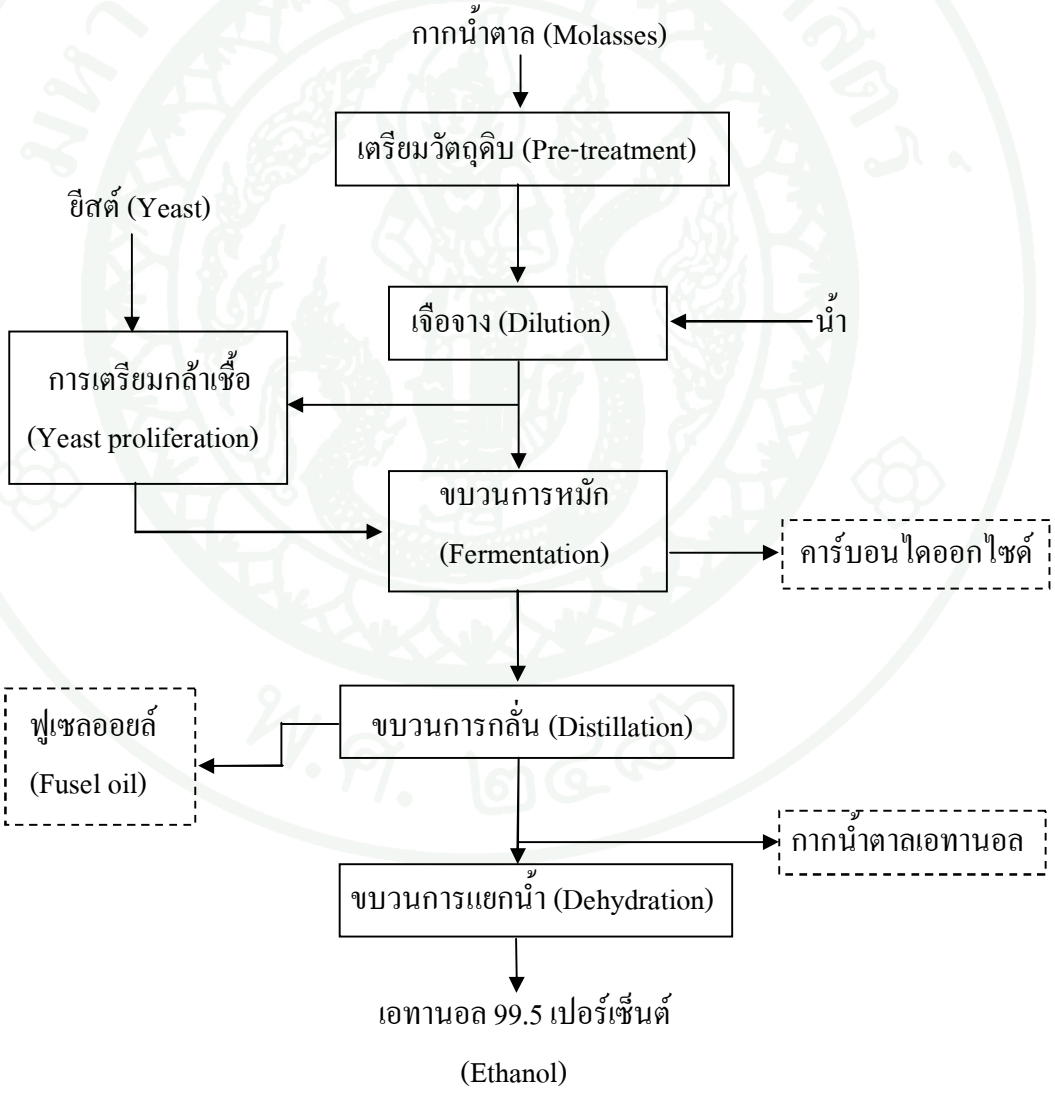
องค์ประกอบทางเคมี	ต้น	เปลือกฝัก	ซัง
วัตถุแห้ง	22.80	28.00	27.50
โปรตีน	6.50	6.53	7.10
ไขมัน	3.20	1.01	2.24
เถ้า	9.70	3.56	5.50
เยื่อใยหยาบ	30.50	36.25	23.57
ผนังเซลล์	68.20	68.19	69.30
ลิกโนเซลลูโลส	38.20	48.13	28.20
ฟอสฟอรัส	0.30	0.33	0.30
แคลเซียม	0.40	0.40	0.45

ที่มา: จินดา และคณะ (2541)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กากน้ำตาลเอทานอล (Vinasses)

กากน้ำตาลเอทานอลเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล ในรูปแบบของการรวมกันของกากที่เป็นวัตถุดิบตั้งต้น ซึ่งเป็นส่วนของกากส่าที่เป็นของแข็ง กับส่วนของของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำส่าหลังการกลั่นแยกเอทานอล เป็นกระบวนการหมักโดยใช้ยีสต์เพื่อให้ได้แอลกอฮอล์ ซึ่งหลังจากที่ผ่านกระบวนการกลั่นเอทานอลออกไปเรียบร้อยแล้ว ก็จะเหลือส่วนที่เป็นยีสต์ปะปนอยู่ในส่วนของกากน้ำตาลเอทานอล ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้กากน้ำตาลเอทานอลมีระดับของโปรตีนที่สูงขึ้นตามไปด้วย เพราะในเซลล์ของยีสต์มีองค์ประกอบของโปรตีนอยู่ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ (สุพจน์, 2539)



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล

ที่มา: ดัดแปลงจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2549)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กระบวนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลโดยจะเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ (pre-treatment) โดยการกำจัดสิ่งปนเปื้อนที่ผสมอยู่ในกากน้ำตาลด้วย H_2SO_4 เพื่อแยกตะกอนออก จากนั้นนำกากน้ำตาลที่ได้มาเจือจาง (dilution) โดยการเติมน้ำให้ได้ความเข้มข้นประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำเข้าสู่ถังหมัก ซึ่งมีระบบการหมักแบบ continuous fermentation, fed batch และ batch มีประสิทธิภาพการหมักประมาณ 92 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำกากน้ำตาลที่ผ่านกระบวนการหมักแล้วไปทำการกลั่นเพื่อที่จะแยกส่วนที่เป็นน้ำออกจากส่วนที่เป็นเอทานอล เพื่อให้ได้ เอทานอลบริสุทธิ์ 99.50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในกระบวนการกลั่นนี้จะมีประสิทธิภาพสูงถึง 98.50 เปอร์เซ็นต์ จากเอทานอลที่ได้นี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์โดยการนำมาผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนต่อไปได้ ขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการผลิต ดังแสดงในภาพที่ 1

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของกากน้ำตาลเอทานอล และกากน้ำตาล

องค์ประกอบทางเคมี	กากน้ำตาลเอทานอล	กากน้ำตาล
วัตถุแห้ง	35.56	78.98
โปรตีน	12.43	5.06
ไขมัน	0.51	0.55
น้ำตาล	5.00	12.00
ค่าบริกซ์	40.00	80.00
ความถ่วงจำเพาะ	1.20	1.40
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	4.25	4.65
เถ้า	20.05	8.62
พลังงานรวม (แคลอรี่/กรัม)	3,223.00	3,680.30
แร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบ (เปอร์เซ็นต์)		
ฟอสฟอรัส	244.94	0.06
โพแทสเซียม	4.64	2.13
เหล็ก	247.26	105.34
ทองแดง	4.10	8.26
แมงกานิส	176.07	85.10
แคลเซียม	2.09	1.21

ที่มา: ศรเทพ (2550)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กระบวนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลในอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลของประเทศไทยจะมีผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นซึ่งสามารถจำแนกตามสัดส่วนของผลพลอยได้ คือ กากน้ำตาล 100.00 กิโลกรัม จะได้เอทานอล 27.27 ลิตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 0.02 กิโลกรัม ฟูเซลออยล์ (fusel oil) 0.10 ลิตร และกากน้ำตาลเอทานอล (vinasses) 0.43 ลิตร ตามลำดับ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2549)

กากน้ำตาลเอทานอลที่ได้นี้มีลักษณะเป็นของเหลวสีดำคล้ายกากน้ำตาลแต่มีความหนืดน้อยกว่ากากน้ำตาล (Moreira, 2007) มีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน และเถ้า เท่ากับ 35.56, 12.43, 0.51 และ 20.05 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีแร่ธาตุที่จำเป็นสำหรับสัตว์ เช่น ฟอสฟอรัส เหล็ก แมงกานีส และแคลเซียม เป็นต้น ดังแสดงในตารางที่ 4 (ศรเทพ, 2550)

ปัจจุบันได้มีการนำกากน้ำตาลเอทานอลมาใช้ประโยชน์ด้านการเกษตร เช่น การทำปุ๋ย และใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ เป็นต้น เช่นจากการศึกษาของ Fernández (2009) ที่มีการทดลองใช้กากน้ำตาลเอทานอลเสริมใน sugar beet pulp (SBP) ที่ระดับ 0, 7 และ 13 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสด (SBP0, SBP7 และ SBP13 ตามลำดับ) เป็นอาหารของแกะ พบว่าปริมาณการกินได้ไม่มีผลจากการเพิ่มขึ้นของกากน้ำตาลเอทานอลที่ 0 - 13 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ขององค์ประกอบพวกเยื่อใย NDF ADF ของ SBP ที่เสริมด้วยกากน้ำตาลเอทานอล 13 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มสูงกว่า SBP0 ที่ไม่ได้เสริมกากน้ำตาลเอทานอล ($P<0.10$) นอกจากนี้การใช้กากน้ำตาลเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 0 - 13 เปอร์เซ็นต์ ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง ภายในกระเพาะรูเมน ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามระดับการใช้กากน้ำตาลเอทานอลที่เหมาะสมนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติม เพื่อเป็นแนวทางการใช้ผลพลอยได้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเหมาะสมต่อความต้องการของสัตว์แต่ละชนิดต่อไป

พืชอาหารสัตว์หมัก (Silage)

พืชอาหารสัตว์หมักหรือหญ้าหมัก คือ การนำพืชอาหารสัตว์ต่างๆ เช่น ข้าวโพด ฟางข้าว ข้าวฟ่าง หญ้า และถั่วต่างๆ เป็นต้น ที่เก็บเกี่ยวในขณะที่มีอายุและความชื้นที่เหมาะสมมาผ่านกระบวนการหมักในสภาพไร้อากาศ เก็บถนอมไว้ในสภาพหมักดองสามารถคงสภาพและคุณค่าทางอาหาร เก็บไว้ใช้ในช่วงขาดแคลนหญ้าสด (กอบแก้ว, 2535; สายัณห์, 2547)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กระบวนการหมัก

เมื่อบรรจุพืชอาหารสัตว์ลงในภาชนะหรือหลุมหมักแล้ว จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของพืชอาหารสัตว์แบ่งออกได้เป็น 2 กระบวนการ คือ กระบวนการที่ใช้ออกซิเจน (aerobic) และกระบวนการที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจน (anaerobic) ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะเกิดมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ปริมาณอากาศที่ยังเหลือภายหลังการนำพืชเข้าหลุมหมัก และองค์ประกอบต่างๆ ภายในพืชที่นำมาทำหญ้าหมัก เช่น ปริมาณน้ำตาล ความชื้น และแร่ธาตุอาหาร เป็นต้น (สายัณห์, 2547)

1. กระบวนการที่มีการใช้ออกซิเจน (Aerobic process)

หลังจากที่ทำการปิดหลุมหมักหรือภาชนะหมักเรียบร้อยแล้ว ปริมาณออกซิเจนที่เหลืออยู่ภายในหลุมหมักจะค่อยๆ ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการหายใจของเซลล์พืชที่ยังมีชีวิตหรือยังสดอยู่ โดยใช้คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำ เพื่อทำให้เกิดพลังงาน และถ่ายเทคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และความร้อนออกมา (McDonald, 1981) ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการ

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{ความร้อน}$$

แม้ว่ากระบวนการดังกล่าวจะมีความสำคัญในการลดปริมาณออกซิเจนภายในหลุมหมักก็ตาม แต่ในกรณีที่มีอากาศเหลืออยู่มากเนื่องจากการอัดแน่นในหลุมหมักไม่ดีพอหรือการปิดหลุมที่ไม่เหมาะสม จึงส่งผลให้กระบวนการดังกล่าวใช้ระยะเวลานานกว่าปกติ ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำ หรืออาจทำให้ปริมาณน้ำตาลมีไม่เพียงพอสำหรับกระบวนการไม่ใช้ออกซิเจนต่อไป (Muck, 1991) นอกจากนี้ความร้อนที่เพิ่มสูงขึ้นจากกระบวนการหมักจะทำให้เกิดการเสื่อมขององค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของพืชหมักด้วย (วีระพล, 2537)

เมื่อเซลล์พืชเกิดการสลายจะปล่อยเอนไซม์ออกมาหลายชนิด แต่เอนไซม์หลักๆ ที่สำคัญ ได้แก่ เอนไซม์โปรตีเอส (protease) และเฮมิเซลลูเลส (hemicellulase) เอนไซม์โปรตีเอสมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายโปรตีน โดยจะทำหน้าที่เปลี่ยนโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบในพืชให้อยู่ในรูปไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non-protein nitrogen) ได้แก่ เปปไทด์ กรดอะมิโน เอไมด์ เอมีน และแอมโมเนีย ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้คุณภาพของพืชหมักลดลง (Muck,1991)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดังนั้นเพื่อลดการย่อยสลายโปรตีนจึงต้องควบคุมกระบวนการใช้ออกซิเจนให้เสร็จสิ้นเร็วที่สุด และรักษาสภาพที่ไม่มีออกซิเจนไว้ให้ได้ (Collins and Owens, 2003) ส่วนเอนไซม์เฮมิเซลลูโลสจะทำหน้าที่เปลี่ยนเยื่อใยที่เป็นองค์ประกอบในพืชหมัก เช่น เฮมิเซลลูโลสให้เป็นน้ำตาล ซึ่งทำให้ส่วนของผนังเซลล์ของพืชหมักลดลง 1 – 2 เปอร์เซ็นต์ (Jones *et al*., 1992) นอกจากนี้กระบวนการหมักที่ใช้ออกซิเจนนี้จะส่งผลให้แบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนมีจำนวนเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งแบคทีเรียนี้จะเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตไปเป็นกรดต่างๆ เช่น กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดแลคติก จนกระทั่งออกซิเจนถูกใช้หมดไป ซึ่งกรดต่างๆ เหล่านี้จะเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์ต่อไป (McDonald *et al*., 1991) กระบวนการที่ใช้ออกซิเจนจะใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยาประมาณ 4 – 5 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจนต่อไป แต่อย่างไรก็ตามถ้ามีการเตรียมการหมักไม่เหมาะสมระยะเวลาในกระบวนการหมักที่ใช้ออกซิเจนอาจใช้เวลานานกว่าปกติ (Schroeder, 2004)

2. กระบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic process)

เมื่อกระบวนการหมักแบบใช้ออกซิเจนสิ้นสุดลงและออกซิเจนถูกใช้หมดไป กระบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจนจะเกิดขึ้นพร้อมกับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งมีบทบาทที่สำคัญในการสังเคราะห์กรดแลคติกจากคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำ นั้นก็คือ แบคทีเรียกรดแลคติก (lactic acid bacteria; LAB) ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ทำให้พืชหมักมีกลิ่นหอมและรสดี มีความน่ากินสูง นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถช่วยปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในพืชหมักได้อีกด้วย คือที่ระดับ 3.80 – 5.00 (Elferink *et al.,* 2000) แบคทีเรียดังกล่าวนอกจากเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนแล้ว ยังพบว่าสามารถทนต่อสภาพที่มีออกซิเจนได้อีกด้วย (Wessels *et al*., 2004) ซึ่งชนิดที่พบมากในพืชหมักมีอยู่ 4 สกุล ได้แก่ *Lacticbacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc,* และ *Streptococcus* สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามรูปแบบการหมัก คือ homofermentative LAB ซึ่งสามารถเปลี่ยนน้ำตาลที่มีคาร์บอน 6 อะตอม เป็นผลผลิตสุดท้ายที่เป็นกรดแลคติกได้เกือบทั้งหมด และอีกกลุ่มคือ heterofermentative LAB ที่ให้ผลผลิตสุดท้ายเป็นสารชนิดอื่น เช่น กรดอะซิติก หรือเอทานอล (Muck, 1991) นอกจากนี้ปริมาณน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบของพืชหมักเป็นอีกปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิการทำงานของแลคติกแบคทีเรีย กล่าวคือ ถ้ามีปริมาณมากและอยู่ในสภาพที่เหมาะสมก็จะส่งผลทำให้เกิดกรดแลคติกได้เร็วขึ้นด้วย (สายัณห์, 2547) ซึ่งการหมักทั้ง 2 รูปแบบสามารถแสดงได้ดังสมการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Homofermentative LAB

1 Glucose (หรือ fructose) ⟶ 2 Lactic acid

Heterofermentative LAB

1 Glucose ⟶ 1 Lactic acid + 1 Acetic acid + CO_2

1 Glucose ⟶ 1 Lactic acid + 1 Ethanol + CO_2

1 Glucose ⟶ 1 Lactic acid + 1 Acetic acid + 2 Mannitol + CO_2

ยังมีแบคทีเรียที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน นอกเหนือจากแลคติกแบคทีเรีย นั้นก็คือ Clostridia โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ Saccharolytic Clostridia และ Proteolytic Clostridia ซึ่งแบคทีเรียทั้ง 2 กลุ่มนี้ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของพืชหมัก ดังนี้

แบคทีเรียกลุ่มที่ 1 Saccharolytic Clostridia มีความสามารถในการเปลี่ยนน้ำตาลและกรดอินทรีย์ต่างๆ เป็นแหล่งของคาร์บอน (สายัณห์, 2547) เช่น กรดแลคติกเปลี่ยนไปเป็นกรดบิวทีริกได้ ส่งผลให้พืชหมักมีกลิ่นเหม็น และมีความน่ากินลดลง นอกจากนี้ยังทำให้พืชหมักมีค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH) สูงขึ้นด้วย ซึ่งจากการเพิ่มขึ้นของค่า pH นี้จะทำให้แบคทีเรียที่ไม่พึงประสงค์เจริญเติบโตในพืชหมักได้เช่นกัน (วีระพล, 2537)

กลุ่มที่ 2 Proteolytic Clostridia เป็นแบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายโปรตีนได้ โดยจะเปลี่ยนโปรตีนไปเป็นกรดระเหยได้ ได้แก่ เอมีน เอไมด์ และแอมโมเนีย (สายัณห์, 2547) ซึ่งสารเหล่านี้ส่งผลให้พืชหมักมีกลิ่นเหม็น มีรสเฝื่อน และเป็นเมือก (วีระพล, 2537) นอกจากนี้แอมโมเนียยังทำให้ความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้นด้วย แบคทีเรียในกลุ่มนี้จะเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่มีความชื้นสูงมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ (Collins and Owens, 2003) ดังนั้นการควบคุมแบคทีเรียในกลุ่มนี้สามารถทำได้ โดยการลดความชื้นของพืชก่อนนำไปหมัก เช่น การทำให้เหี่ยว และการรักษาระดับของค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้ต่ำกว่า 4.2 (สายัณห์, 2547) ก็จะสามารถช่วยยับยั้งการเกิดแบคทีเรียในกลุ่มนี้ได้

แต่อย่างไรก็ตามนอกเหนือไปจากแบคทีเรียในกลุ่ม Clostridia แล้วยังพบว่าแบคทีเรียในกลุ่ม Enterobacteria (coliform bacteria) รวมทั้งยีสต์ และเชื้อรา ก็เป็นแบคทีเรียที่ไม่พึงประสงค์ในกระบวนการหมักเช่นกัน ซึ่งมีผลกระทบต่อคุณภาพของพืชหมักทั้งสิ้น (McDonald *et al*., 1991) Enterobacteria เป็นแบคทีเรียที่เจริญเติบโตได้ทั้งในสภาพที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน สามารถเปลี่ยนน้ำตาลเป็นกรดอะซิติก (McDonald, 1981) ซึ่งจากการเพิ่มขึ้นของกรดอะซิติกนี้จะส่งผลกระทบต่อการกินได้ของพืชหมักที่ลดลงเมื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ (Kung, 2000) นอกจากนี้ยังเกิดผลผลิตที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เป็นฟอร์เมท ซัคซิเนท เอทานอล 2,3-บิวเทนไดออล แลคเตท ไฮโดรเจน และคาร์บอน ไดออกไซด์ อีกด้วย แบคทีเรียชนิดนี้สามารถเจริญได้ดีที่ค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 7 ซึ่งเป็นค่าความเป็นกรด-ด่าง ในช่วงแรกของการหมัก แต่เมื่อสภาพของการหมักมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงเนื่องจากการทำงานของกรดแลคติก การเจริญเติบโตหรือการทำงานของแบคทีเรียในกลุ่มนี้ก็จะช้าลงตามไปด้วย (McDonald *et al*., 1991) ยีสต์ และเชื้อรา ส่วนใหญ่เป็นพวกที่ต้องการออกซิเจนและมีอัตราการเจริญเติบโตช้าจึงมีผลกระทบต่อกระบวนการหมักน้อยกว่าแบคทีเรีย แต่จะมีความสำคัญต่อการเสื่อมเสียเมื่อเปิดหลุมหมัก (สายัณห์, 2547) ดังนั้นการที่จะผลิตพืชหมักที่ดีจึงจำเป็นต้องมีความรู้และความเข้าใจปัจจัยที่จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของพืชหมัก เพื่อที่จะผลิตอาหารหยาบหมักที่มีคุณภาพได้ต่อไป

ลักษณะพืชหมักที่มีคุณภาพ

การตรวจสอบคุณภาพของพืชหมัก สามารถพิจารณาได้จากลักษณะทางกายภาพและทางเคมีดังต่อไปนี้

1. ลักษณะมาตรฐานทางกายภาพของพืชหมัก (วิทยา และคณะ, 2547)

1.1 สี พืชหมักที่ดีควรมีสีเขียวแกมเหลือง ถ้าปรากฏเป็นสีน้ำตาลไหม้หรือดำแสดงว่าเกิดความร้อนมากเกินไปในขณะหมัก ทำให้สารอินทรีย์สลายตัวเป็นการสูญเสีย ซึ่งถ้าหญ้าหมักเป็นสีดำไม่ควรนำไปใช้เลี้ยงสัตว์

1.2 กลิ่น พืชหมักที่ดีควรมีกลิ่นหอมเปรี้ยวอ่อนๆ คล้ายผลไม้ดอง

1.3 เนื้อของพืชหมักจะต้องไม่เป็นเมือก ไม่เละ เอามือถูเนื้อไม่หลุดออก ไม่มีราหรือส่วนที่บูดเน่าถ้ามีสีขาวๆ เป็นเส้นกระจายบนหญ้าหมัก แสดงว่าเกิดราทำให้คุณภาพของหญ้าหมักลดลง

1.4 ความชื้นควรอยู่ระหว่าง 65 - 70 เปอร์เซ็นต์ หากมีความชื้นสูงกว่านี้พืชหมักจะเปรี้ยวมากและเกิดการสูญเสียโภชนะออกมากับของเหลว ทดสอบโดยบีบหญ้าหมักด้วยมือ ถ้ามีน้ำเหลวๆ ไหลออกมาแสดงว่ามีความชื้นมากเกินไป หากความชื้นน้อยเกินไปจะทำให้แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกลดลง ส่งผลให้หญ้าหมักเสียได้ง่าย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ลักษณะมาตรฐานทางเคมีของพืชหมัก ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ลักษณะมาตรฐานทางเคมีของพืชหมัก

องค์ประกอบทางเคมี	มาตรฐาน
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	4.20
กรดแลคติก (Lactic acid)	3.00 – 13.00 เปอร์เซ็นต์
กรดบิวทีริก (Butyric acid)	< 0.2 เปอร์เซ็นต์
แอมโมเนีย - ไนโตรเจน (NH_3-N)	< 11.00 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจน

ที่มา: Catchpole and Henzell (1971)

องค์ประกอบอื่นๆ เช่น ชนิด และอายุการตัดของพืช ขนาดของชิ้นส่วนพืชหมัก ระดับความชื้นของพืช และอุณหภูมิในกระบวนการหมัก เป็นต้น ล้วนมีผลต่อประสิทธิภาพของการหมักและคุณภาพของพืชหมักทั้งสิ้น นอกจากนี้ยังมีอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการทำแปลงหญ้าหรือการนำหญ้ามาผลิตเป็นหญ้าหมักนั่นคือ สภาพภูมิอากาศ ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพของหญ้าเมื่อเปรียบเทียบระหว่างประเทศในเขตหนาวหรือในเขตอบอุ่นกับประเทศในเขตร้อน หญ้าในเขตร้อนมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้อยู่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าในเขตหนาว (สายัณห์, 2547) จึงมีผลต่อกระบวนการหมัก และการเกิดกรดต่างๆ ที่จำเป็นในพืชหมัก ดังนั้นการผลิตพืชหมักในเขตร้อนชื้นจึงจำเป็นต้องมีการใช้สารเสริมเพื่อเพิ่มคุณภาพ

การใช้สารเสริม (Additives) ช่วยในการหมักเพื่อเพิ่มคุณภาพของพืชหมัก

สารเสริมช่วยในการหมัก เป็นสารหรือวัตถุอื่นที่ใส่เพื่อเพิ่มคุณภาพหรือรักษาหญ้าหมักให้อยู่ในสภาพหมักดอง ซึ่งบางครั้งพืชที่จะนำมาทำหญ้าหมักอาจมีคุณสมบัติไม่เหมาะสม เมื่อนำมาทำพืชหมักจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพได้ ดั้งนั้นการใช้สารเสริมต่างๆ เช่น กากน้ำตาล (molasses) ยูเรีย (urea) แอมโมเนีย (anhydrous ammonia) หรือเมล็ดธัญพืชจำพวกข้าวโพด เป็นต้น ก็เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของพืชหมักให้ดีขึ้น แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะสารเสริมที่เป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ ยูเรีย (urea) และแอมโมเนียเหลว (anhydrous ammonia) เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. ยูเรีย (Urea)

ยูเรียเป็นสารประกอบเคมีที่รู้จักกันอย่างดีในรูปปุ๋ยไนโตรเจน มีราคาถูก และหาซื้อได้ง่ายประกอบด้วยธาตุไนโตรเจน คาร์บอน และออกซิเจน ธาตุไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบสำคัญของโปรตีน โดยเฉลี่ยแล้วโปรตีนจะประกอบด้วยไนโตรเจน 16 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/น้ำหนัก) ซึ่งยูเรียมีไนโตรเจนประมาณ 46.70 เปอร์เซ็นต์ หรือเท่ากับโปรตีน 291.97 เปอร์เซ็นต์ (Schiere and Ibrehim, 1989) สัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถนำยูเรียมาใช้ประโยชน์ได้เป็นอย่างดี ในขณะที่สัตว์กระเพาะเดี่ยว ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากยูเรียได้ ทั้งนี้เนื่องจากกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องมีจุลินทรีย์หลายชนิดที่ผลิตเอนไซม์ยูรีเอสสามารถไฮโดรไลด์ยูเรียเป็นแอมโมเนียได้อย่างรวดเร็ว จากนั้นแอมโมเนียจะถูกใช้เป็นแหล่งไนโตรเจน สำหรับสังเคราะห์โปรตีนของเซลล์แบคทีเรียในกระเพาะรูเมน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อการเจริญเติบโตของเซลลูโลไลติกแบคทีเรีย ถึงแม้ว่ายูเรียสามารถใช้เป็นแหล่งของไนโตรเจนที่มีราคาถูก แต่การใช้ยูเรียอย่างไม่ระมัดระวังนอกจากจะไม่เกิดประสิทธิภาพเท่าที่ควรแล้วยังอาจเป็นอันตรายต่อสัตว์ได้ จึงได้มีข้อเสนอแนะหลักเกณฑ์ในการใช้ยูเรียไว้อย่างกว้างๆ กล่าวคือไม่ควรใช้ยูเรียเกิน 1 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ในอาหารหรือไม่ควรเกิน 3 เปอร์เซ็นต์ของอาหารข้นที่ใช้เลี้ยงสัตว์ หรือไม่ควรมีปริมาณไนโตรเจนจากยูเรียเกิน 1 ใน 3 ของไนโตรเจนทั้งหมด (ประมาณ 33 เปอร์เซ็นต์) (เมธา, 2529) ถ้าจุลินทรีย์ไม่สามารถสลายยูเรียไปเป็นแอมโมเนียอิสระได้จะไม่เป็นประโยชน์สำหรับจุลินทรีย์

2. แอมโมเนียเหลว (Anhydrous ammonia)

แอมโมเนียเหลว (anhydrous ammonia) เป็นสารเคมีที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติตามวัฏจักรไนโตรเจน มีสถานะเป็นของเหลวและก๊าซ เป็นด่างแก่ ไม่มีสี แต่มีกลิ่นฉุนรุนแรง เป็นตัวทำละลายที่ดี โดยปกติแล้วแอมโมเนียเหลวนี้จะใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องเย็น ตรวจสอบรอยรั่วตามท่อส่งแก๊สแรงดันสูงต่างๆ และสามารถใช้เป็นตัวทำละลายในน้ำยางพารา ช่วยให้คงรูปไม่แข็งตัว เป็นต้น (ยุทธศรี, 2551)

จากคุณสมบัติของแอมโมเนียเหลวพบว่ามีองค์ประกอบของไนโตรเจนสูงกว่ายูเรีย คือมีไนโตรเจนประมาณ 82 เปอร์เซ็นต์ โดยมีโปรตีนอยู่ 512 เปอร์เซ็นต์ (N*6.25) ส่วนในยูเรียมีอยู่เพียง 46.70 เปอร์เซ็นต์ และมีโปรตีนอยู่ 291.97 เปอร์เซ็นต์ (Saenger *et al.*, 1982) แต่อย่างไรก็ตามการนำแอมโมเนียเหลวนี้มาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ยังไม่เป็นที่แพร่หลาย แต่ก็มีบางรายงานที่มีการนำเอาแอมโมเนียเหลวมาใช้เป็นอาหารสัตว์ โดยนำมาผสมกับอาหารหยาบ หรือผล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พลอยได้ที่เหลือจากการทำเกษตรกรรมต่างๆ เช่น ข้าวโพด ฟางข้าว ถั่วอัลฟัลฟา เป็นต้น เพื่อเพิ่มคุณค่าอาหารหยาบหมักให้มีคุณภาพสูงขึ้น (Saenger *et al.*, 1982) และสามารถใช้เป็นอาหารของสัตว์กระเพาะรวม เช่น โคเนื้อ โคนม เป็นต้น (Huber *et al.,* 1979)

การนำแอมโมเนียเหลว (anhydrous ammonia) มาใช้หมักร่วมกับเศษข้าวโพดเพื่อปรับปรุงคุณภาพของข้าวโพดหมักให้มีคุณภาพที่สูงขึ้น ดังรายงานของ Huber *et al.* (1979) ซึ่งพบว่าการใช้แอมโมเนียเหลวในระดับที่เหมาะสม คือ ประมาณ 1.0 เปอร์เซ็นต์ (ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชอาหารสัตว์) สามารถช่วยเพิ่มโปรตีนในข้าวโพดหมักให้สูงขึ้นจากเดิมประมาณ 6.5 – 7.0 เปอร์เซ็นต์ เป็น 8.0 – 12.0 เปอร์เซ็นต์โปรตีนได้ นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถช่วยปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของข้าวโพดหมักให้สูงขึ้นได้ จากค่า pH ปกติ 5.9 เป็น 8.5 - 9.0 อีกทั้งยังสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่สังเคราะห์กรดแลคติก (lactic acid bacteria) และกรดอะซิติก (acetic acid) ให้สูงขึ้น (Huber *et al.,* 1979; Buchanan-Smite, 1982) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Kung *et al.* (1983) ที่ใช้แอมโมเนียเหลว (anhydrous ammonia) ในปริมาณ 0.5 - 1.5 เปอร์เซ็นต์ ในข้าวโพดหมักสามารถช่วยเพิ่มกรดแลคติกและกรดอะซิติกให้สูงขึ้น 0.5 - 1.5 เปอร์เซ็นต์

ต่อมา Hargreaves *et al.* (1984) ได้นำแอมโมเนียเหลว (anhydrous ammonia) มาใช้หมักร่วมกับข้าวโพด เป็นอาหารโคนมที่กำลังให้ผลผลิตน้ำนม พบว่าปริมาณการกินได้ของโคนมที่ได้รับข้าวโพดที่หมักด้วยแอมโมเนียเหลว ต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่มีการใช้แอมโมเนียเหลวหมักในข้าวโพดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ปริมาณการให้ผลผลิตน้ำนม ไขมันนม และโปรตีนในน้ำนม แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ดังนั้นการใช้แอมโมเนียเหลว (anhydrous ammonia) ในอาหารหยาบหมักต่างๆ พบว่าสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพและลดการสูญเสียโภชนะ (Kung *et al.,* 1989) และสามารถใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบของโคเนื้อและโคนมได้เป็นอย่างดี (Huber *et al*., 1980; Kung *et al*., 1983) โดยไม่มีผลกระทบและเป็นพิษต่อสัตว์ แต่ทั้งนี้ต้องใช้ในปริมาณที่เหมาะสมด้วย ซึ่งการใช้แอมโมเนียเหลวในระดับที่สูงเกินไป อาจส่งผลต่อความน่ากินและการยอมรับของสัตว์ที่ลดลงด้วย (Mowat *et al*., 1976; Alli *et al*., 1983)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การใช้พืชหมักในโคนม

สัตว์สามารถกินหญ้าหมักได้ในปริมาณน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าสด หรือแม้กระทั่งหญ้าแห้ง ซึ่งการกินหญ้าหมักที่น้อยนั้นจะสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางกายภาพ การย่อยสลายของโปรตีน การลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมัก (Minson, 1990) ส่วนใหญ่พืชอาหารสัตว์ในเขตร้อนมีค่าการย่อยได้ต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ (สายัณห์, 2547) ดังนั้นเมื่อนำมาทำเป็นพืชหมักก็ส่งผลให้มีค่าการย่อยได้ลดลงตามไปด้วย จึงมีผู้ที่ให้ความสนใจและพยายามเพิ่มคุณภาพให้กับพืชหมักด้วยวิธีต่างๆ เช่น การใช้สารเสริมที่ช่วยในการหมักดังที่ได้ยกตัวอย่างข้างต้น ซึ่งสามารถช่วยปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พืชหมักได้ดีขึ้น

จากการรายงานของอังคณา และคณะ (2549) ที่มีการใช้หญ้าสด และหญ้าหมักชนิดต่างๆ เป็นแหล่งอาหารหยาบ เลี้ยงโคนมพันธุ์ขาว-ดำระดับเลือดประมาณ 87.50 เปอร์เซ็นต์ ที่อยู่ในระยะการให้นมช่วงกลาง โดยแบ่งหญ้าหมักออกเป็น 3 สูตร คือ สูตรที่ 1 ใช้หญ้าเนเปียร์หมักปกติ สูตรที่ 2 ใช้หญ้าเนเปียร์หมักร่วมกับกากน้ำตาล 3.6 เปอร์เซ็นต์ และสูตรที่ 3 ใช้หญ้าเนเปียร์หมักร่วมกับกากน้ำตาล 3.6 เปอร์เซ็นต์ และเสริมด้วยหัวเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก 10^6 cfu/กรัมของพืชสด พบว่าโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าสดมีปริมาณการกินอาหารหยาบ และอาหารทั้งหมดในรูปวัตถุแห้งได้มากกว่าโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าหมักชนิดต่างๆ ทั้งนี้เนื่องจากหญ้าหมักดังกล่าวมีปริมาณของวัตถุแห้งต่ำ นอกจากนี้ปริมาณกรดอินทรีย์ในหญ้าหมักก็เป็นปัจจัยที่จำกัดปริมาณการกินได้ของสัตว์อีกด้วย ส่วนปริมาณผลผลิตน้ำนมของโคนมในกลุ่มที่ได้รับหญ้าสด (8.69 กิโลกรัม/ตัว/วัน) มีแนวโน้มปริมาณน้ำนมสูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับหญ้าหมักสูตรต่างๆ (7.82, 7.59 และ 7.54 กิโลกรัม/ตัว/วัน ของกลุ่มโคนมที่ได้รับหญ้าหมักสูตรที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ) อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ทั้งนี้เนื่องจากหญ้าสดมีคุณค่าทางโภชนะสูงกว่าหญ้าหมัก และมีปริมาณการกินได้สูงกว่าจึงส่งผลให้มีผลผลิตน้ำนมสูงตามไปด้วย ในด้านองค์ประกอบน้ำนม ได้แก่ ไขมัน โปรตีน ของแข็งทั้งหมด และของแข็งไม่รวมไขมันของโคทดลองทั้ง 4 กลุ่ม มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ย ปริมาณการกินได้ ผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบของน้ำนม ของโคนมที่เลี้ยงด้วยหญ้าสด และหญ้าหมักสูตรต่างๆ 3 สูตร

ลักษณะที่ศึกษา	หญ้าเนเปียร์หมัก			
	หญ้าสด	(สูตรที่ 1)[1/]	(สูตรที่ 2)[2/]	(สูตรที่ 3)[3/]
น้ำหนักเริ่มต้น (กก.)	451.58	450.53	449.00	456.15
น้ำหนักสุดท้าย (กก.)	450.70	451.15	448.15	450.28
การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว (กก./ตัว/วัน)	-0.88	0.62	-0.85	-5.87
ปริมาณการกินได้ (กก./ตัว/วัน)				
- อาหารหยาบสด	37.13	30.36	32.05	28.83
- อาหารหยาบในรูปวัตถุแห้ง	8.16[ก]	5.75[ข]	6.45[กข]	5.30[ข]
- อาหารข้น (น้ำหนักสด)	3.54	3.24	3.43	3.53
- อาหารข้น (วัตถุแห้ง)	3.11	2.85	3.02	3.11
- ปริมาณวัตถุแห้งทั้งหมดที่กินได้ (กก./ตัว/วัน)	11.28[ก]	8.60[ข]	9.47[ข]	8.40[ข]
ปริมาณน้ำนมปกติ (กก./วัน)	8.69	7.28	7.59	7.54
องค์ประกอบของน้ำนม (เปอร์เซ็นต์)				
- โปรตีน	3.24	3.31	3.30	3.18
- ไขมัน	4.90	4.61	4.84	4.75
- ของแข็งทั้งหมด	13.48	13.23	13.07	13.14
- ของแข็งไม่รวมไขมัน	8.62	8.58	8.23	8.38

[ก,ข] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

หมายเหตุ [1/]สูตรที่ 1 ใช้หญ้าเนเปียร์หมักปกติ

[2/]สูตรที่ 1 ใช้หญ้าเนเปียร์หมักร่วมกับกากน้ำตาล 3.6 เปอร์เซ็นต์

[3/]สูตรที่ 1 ใช้หญ้าเนเปียร์หมักร่วมกับกากน้ำตาล 3.6 เปอร์เซ็นต์และเสริมหัวเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก 10^6 cfu/กรัมของพืชสด

ที่มา: อังคณา และคณะ (2549)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นอกจากนี้จินดา และคณะ (2541) ได้รายงานการใช้ข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบของโคนมพันธุ์ขาว-ดำ ระดับเลือดประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ เพื่อศึกษาปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ พบว่าโคนมมีปริมาณการกินได้ของข้าวโพดหมัก 5.00 กิโลกรัม/ตัว/วัน และค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และโปรตีน เท่ากับ 61.14, 65.19 และ 49.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วน NDF และ ADF มีการย่อยได้เท่ากับ 57.17 และ 54.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งข้าวโพดหมัดมีค่า TDN เท่ากับ 65.22 เปอร์เซ็นต์ สำหรับค่าเฉลี่ยของพลังงานในรูป DE, ME และ NEL เท่ากับ 2.80, 2.38 และ 1.46 Mcal/kgDM ตามลำดับ

น้ำนมโค

น้ำนมโคจะมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันสำหรับแม่โคแต่ละพันธุ์ หรือแต่ละตัว ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ปริมาณองค์ประกอบหลักของน้ำนมดิบ (เปอร์เซ็นต์)

องค์ประกอบของน้ำนม	ปริมาณต่ำสุด-สูงสุด	เฉลี่ย
น้ำ	85.50 – 89.50	87.00
ของแข็งทั้งหมด	10.50 – 14.50	13.00
ไขมัน	3.20 – 6.00	4.00
โปรตีน	2.90 – 5.00	3.40
แลคโตส	3.60 – 5.50	4.80
เกลือแร่	0.60 – 0.90	0.80

ที่มา: สุเมธ (2540)

น้ำ (Water) น้ำนมมีน้ำเป็นองค์ประกอบประมาณ 87 เปอร์เซ็นต์ ทำหน้าที่เป็นตัวละลายส่วนประกอบที่เป็นของแข็งให้แพร่กระจายออก เช่น เกลือ น้ำตาล และโปรตีน เป็นต้น

ไขมันนม (Milk fat) ไขมันในน้ำนมมีความแปรปรวนมากกว่าองค์ประกอบชนิดอื่นๆ มีค่าประมาณ 3.9 เปอร์เซ็นต์ ความแปรปรวนขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น พันธุกรรมสัตว์ อาหารและฤดูกาล เป็นต้น ไขมันในนมประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์ (triglycerides) ประมาณ 97 - 98 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยน้ำหนัก ซึ่ง 50 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันในน้ำนม สังเคราะห์มาจากอะซิเตท (acetate) และเบต้า-ไฮดรอกซีบิวทีเรท (β-hydroxybutyrate) โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์ในต่อมสร้างน้ำนม อีกประมาณ 40 - 45 เปอร์เซ็นต์ ได้รับจากอาหารที่โคกินเข้าไป และน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ได้จากไขมันที่สะสมในร่างกาย (Palmquist and Maltos, 1978) เปอร์เซ็นต์ไขมันนมมีโอกาสลดลงหรือเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของอาหาร เช่น การให้อาหารข้นมากเกินไป หรือการให้อาหารหยาบน้อยจะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ไขมันนมลดลงได้

เนื่องจากอาหารข้นหรืออาหารหยาบเมื่อถูกย่อยในกระเพาะหมักแล้ว จะทำให้กรดอะซิติกลดลงและกรดโพรพิออนิกเพิ่มขึ้น อาหารโคนมโดยทั่วไปเมื่อย่อยในกระเพาะหมัก ควรมีสัดส่วนของกรด ไขมันที่ระเหยได้ดังนี้ คือ กรดอะซิติก 65 เปอร์เซ็นต์ กรดโพรพิโอนิก 20 เปอร์เซ็นต์ กรดบิวทีริก 12 เปอร์เซ็นต์ และกรดไขมันอื่นๆ อีก 3 เปอร์เซ็นต์ และเป็นที่ทราบกันทั่วไปว่าการที่กรดอะซิติก ลดลง 10 เปอร์เซ็นต์หรือมากกว่า จะทำให้มีการเพิ่มของกรดโพรพิโอนิกในปริมาณที่เท่ากัน ทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันนมลดลง แต่กลไกที่แท้จริงที่ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ไขมันนมลดลงนั้นยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด มีทฤษฎีที่ใช้อธิบายการลดลงของไขมันนมหลายทฤษฎี คือ

1. การที่กระเพาะหมักผลิตกรดอะซิติกได้น้อยลง อาจทำให้ขาดเกลืออะซิเตท ที่จะนำไปใช้ในการสังเคราะห์กรดไขมัน

2. เนื่องจากปริมาณของเบต้าไฮดรอกซีบิวทีเรทในกระแสเลือดลดลง ผลคือ ขาด C-4 ที่ใช้ในการสังเคราะห์ไขมันนม

3. การที่กรดโพรพิออนิกเพิ่มมากขึ้น อาจทำให้ถูกเปลี่ยนรูปเป็นกลูโคส (Glucose) ได้มากขึ้น และกลูโคสบางส่วนถูกนำไปใช้เป็นพลังงาน ทำให้ร่างกายลดปริมาณการเผาผลาญไขมันที่สะสมในร่างกายมาใช้ส่งผลให้ปริมาณกรดไขมันในเลือดลดลง และต่อมสร้างน้ำนมก็ขาด กลีเซอร์ไรด์ (glycerides) ที่จะนำไปสร้างไขมันในน้ำนม (Schmidt and Van Vleck, 1974)

โปรตีนในน้ำนม มีอยู่หลายชนิด คือ แอลฟา-เคซีน (α-Casein), เบต้า-เคซีน (β-Casein), เค-เคซีน (k-Casein), แอลฟา-แลกทัลบูมิน (α-Lactalbumin) และเบต้า-แลกทัลบูมิน (β- Lactalbumin) โปรตีนทุกชนิดสังเคราะห์ขึ้นจากกรดอะมิโนในน้ำเลือด การสังเคราะห์โปรตีนเกิดขึ้นในเซลล์กลั่นสร้างน้ำนม โปรตีนเคซีนในน้ำนมอยู่ในรูปเป็นเม็ดเล็กๆ กระจายอยู่สม่ำเสมอในน้ำนม โดยมีเค-เคซีนเป็นตัวรักษาเคซีนให้คงอยู่ในรูปเม็ดไม่จับกันเป็นก้อน (ชวนิศนดากร, 2534)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้ำตาลและคาร์โบไฮเดรต น้ำตาลที่พบมากในน้ำนมคือ น้ำตาลแลกโตส (lactose) ซึ่งเป็นน้ำตาลแซคคาไรด์ กลูโคสในเลือดเป็นตัววัตถุดิบในการสังเคราะห์แลกโตส นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งให้พลังงานและเป็นวัตถุดิบในการสร้างกลีเซอรอล (glycerol) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของไขมันในน้ำนมด้วย ในน้ำนมโคมีปริมาณน้ำตาลแลคโตสเฉลี่ยประมาณ 4.90 เปอร์เซ็นต์ ปัจจัยที่มีผลต่อระดับหรือปริมาณน้ำตาลแลกโตสในน้ำนม คือ สภาวะเต้านม ถ้าเต้านมอักเสบจะมีผลทำให้เกลือคลอไรด์ในน้ำนมเพิ่มขึ้นและน้ำตาลแลกโตสลดลง (เกษตร และคณะ, 2531)

วิตามินและแร่ธาตุในน้ำนม เซลล์กลั่นสร้างน้ำนมรับแร่ธาตุและวิตามินต่างๆ จากน้ำเลือดโดยตรง แร่ธาตุที่พบมากในน้ำนมคือ แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม คลอไรด์ และแมกนีเซียม จำนวนน้ำตาลแลกโตส โซเดียม โพแทสเซียม และคลอไรด์ในน้ำนมค่อนข้างคงที่ ธาตุที่พบในน้ำนมเพียงเล็กน้อย เช่น โบรอน โคบอลต์ ไอโอดีน นั้นพบว่ามีอยู่ในอาหารมากก็จะพบว่ามีมากในน้ำนมเช่นกัน (ชวนิศนดากร, 2534)

ปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนม

ปัจจัยที่ทำให้ผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนมเปลี่ยนแปลง สามารถแยกออกได้เป็น 2 ปัจจัยใหญ่ๆ คือ ปัจจัยทางสรีรวิทยาของโค และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม (วิบูลย์ศักดิ์ และญาณิน, 2534)

โคเมื่อแรกคลอดจะให้ผลผลิตไม่สูงนัก ผลผลิตน้ำนมจะค่อยๆ สูงขึ้นจนกระทั่งถึงระยะการให้น้ำนมสูงสุด (peak of lactation) โดยจะใช้เวลา 4 - 6 อาทิตย์ และหลังจากนั้นปริมาณน้ำนมจะเริ่มลดลง โดยปกติแล้วการให้น้ำนมของโคมีระยะเวลา 305 วัน และมีระยะพักให้น้ำนม (dry period) 60 วัน ซึ่งระยะการให้น้ำนมสูงสุดของโคนั้นจะผันแปรไปตามสภาพร่างกายในขณะคลอด ความสามารถทางพันธุกรรม อาหารที่โคได้รับและโรคต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการให้น้ำนม ถ้าโคมีร่างกายสมบูรณ์ในขณะคลอดและได้รับอาหารเต็มที่จะทำให้ระดับน้ำนมสูงสุดเพิ่มขึ้น โดยระดับการให้น้ำนมสูงสุดจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตของน้ำนมตลอดระยะการให้น้ำนม นอกจากนั้นองค์ประกอบน้ำนม (เปอร์เซ็นต์ไขมันและโปรตีน) จะเป็นปฏิภาคกลับกับผลผลิตของน้ำนม โดยเปอร์เซ็นต์ไขมันและเปอร์เซ็นต์โปรตีนจะลดลงต่ำสุด เมื่อปริมาณน้ำนมถึงจุดสูงสุดและจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อระยะการให้น้ำนมผ่านไป ส่วนปริมาณแลคโตสค่อนข้างคงที่ โดยจะค่อยๆ ลดลงเมื่อระยะการให้นมเพิ่มขึ้นแต่ปริมาณของแข็งที่พบจะเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปัจจัยทางสรีรวิทยา ที่เกี่ยวข้องกับการให้น้ำนมมีทั้งที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางพันธุกรรม และลักษณะที่ไม่เกี่ยวข้องกับพันธุกรรม เช่น

1. ลักษณะทางพันธุกรรม โคพันธุ์ที่แตกต่างกันจะให้ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมแตกต่างกัน เช่น โคพันธุ์โฮสไตน์ฟรีเซี่ยนจะให้ผลผลิตน้ำนมสูงกว่าโคพันธุ์เจอซี่ ประมาณ 40 - 60 เปอร์เซ็นต์ แต่จะมีเปอร์เซ็นต์ไขมันและโปรตีนต่ำกว่า

2. อายุและขนาดของโคนม ผลผลิตน้ำนมของโคจะเพิ่มขึ้นเมื่ออายุโคมากขึ้น จนกระทั่งโคโตเต็มที่ (อายุ 6 – 8 ปี) และหลังจากนั้นผลผลิตน้ำนมจะค่อยๆ ลดลงตามอายุโคที่มากขึ้น ส่วนเปอร์เซ็นต์ไขมันและของแข็งพร่องในไขมัน (solid not fat, SNF) ในน้ำนมจะลดลง

3. วงรอบของการเป็นสัดและการตั้งท้อง ในขณะที่โคนมแสดงอาการเป็นสัดจะมีผลทำให้ผลผลิตของน้ำนมลดลง เนื่องจากอิทธิพลของฮอร์โมนและปริมาณการกินอาหารของสัตว์ลดลง หลังจากนั้นผลผลิตของน้ำนมจะคืนสู่สภาพปกติ โคที่ตั้งท้องจะมีผลทำให้ผลิตของน้ำนมลดลง โดยเฉพาะช่วงปลายของการตั้งท้อง (5 เดือนขึ้นไป)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม มีหลายปัจจัย ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ การเลี้ยงดู และการจัดการรีดนม เป็นต้น

1. อุณหภูมิและความชื้น อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงโค คือ 23 - 41 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 23 องศาเซลเซียส ยังไม่มีผลต่อการผลิตน้ำนม แต่มีผลทำให้โคมีความต้องการอาหารสูงขึ้น แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำมากๆ จะมีผลทำให้ผลผลิตน้ำนมลดลง แต่เปอร์เซ็นต์ไขมัน ของแข็งพร่องในไขมัน และของแข็งในน้ำนมเพิ่มขึ้น ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่า 40 องศาเซลเซียส จะมีผลทำให้ผลผลิตน้ำนมลดลงอย่างมาก แต่เปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนม ของแข็งพร่องในไขมัน และของแข็งในน้ำนมลดลงเพียงเล็กน้อย การลดลงของผลผลิตน้ำนม จะทำให้ความเข้มข้นของไขมันในน้ำนมเพิ่มสูงขึ้น และการกินอาหารของโคจะลดลง แต่การกินน้ำ อุณหภูมิของร่างกาย และอัตราการหายใจจะเพิ่มขึ้น

2. ฤดูกาล มีผลต่อผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนม เช่น โคที่คลอดลูกต้นฤดูหนาวจะให้ผลผลิตน้ำนมสูงกว่าโคที่ให้ลูกในระยะอื่นๆ ของปี เนื่องจากโคที่คลอดลูกในระยะนี้จะได้รับอาหารอุดมสมบูรณ์ และอากาศเย็นสบาย เหมาะกับการให้นมในระดับสูงและเมื่อเข้าฤดูร้อนโคจะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ให้น้ำนมน้อยลง ส่วนเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมจะเพิ่มขึ้นในฤดูหนาว ในขณะที่ปริมาณน้ำนมอยู่ในระดับสูงด้วยและจะลดลงในฤดูร้อน

3. ระยะพักการให้นม โคที่มีระยะพักการให้น้ำนมจะมีผลทำให้สภาพโคเมื่อคลอดลูกสมบูรณ์ และทำให้ปริมาณน้ำนมที่โคผลิตได้สูงสุด โดยโคจะนำเอาอาหารที่สะสมไว้ในร่างกายมาสร้างเป็นองค์ประกอบของน้ำนม โคนมควรมีระยะพักการให้น้ำนมประมาณ 60 วัน ถ้าโคนมมีระยะพักนานเกินไป จะมีผลทำให้ผลผลิตน้ำนมทั้งหมดลดลง

4. การรีดนม จำนวนครั้งของการรีดนมในแต่ละวัน และความยาวนานของการรีดนมมีผลกระทบต่อปริมาณและองค์ประกอบของน้ำนมเปลี่ยนแปลงไป การรีดนมไม่หมดเต้ามีผลทำให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมลดลง เนื่องจากน้ำนมที่ค้างอยู่ในเต้าเป็นน้ำนมที่มีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงเมื่อเทียบกับน้ำนมที่รีดออกมาครั้งแรกๆ และการที่น้ำนมค้างเต้าเป็นระยะเวลาหลายวันจะทำให้ผลผลิตของน้ำนมลดลงและเปอร์เซ็นต์ไขมันเพิ่มขึ้น

5. อาหารและการให้อาหาร ชนิดของอาหารและวิธีการให้อาหารมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนม ปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้มีผลมาจากระดับของโภชนะที่สัตว์ได้รับ ถ้าได้รับโภชนะต่ำกว่าปกติจะมีผลทำให้ปริมาณน้ำนมและน้ำตาลแลคโตสในน้ำนมลดลง แต่ถ้าได้รับโภชนะสูงกว่าปกติปริมาณน้ำนมจะสูงขึ้นไม่มากนัก วิธีการเพิ่มปริมาณน้ำนมโดยการให้อาหารข้นแก่โคในปริมาณสูงและให้อาหารหยาบในประมาณต่ำ จะมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมลดลง

การเปลี่ยนแปลงค่าโลหิตวิทยา

เลือดเป็นของเหลวในร่างกายที่เป็นตัวกลางในการขนส่งสารอาหาร และสารที่ควบคุมการทำงานของร่างกายไปยังเซลล์ต่างๆ รวมถึงรับเอาของเสียที่เกิดขึ้นจากเซลล์ในกระบวนการเมทาบอลิซึมของสารอาหาร การตรวจสอบค่าชีวเคมีในเลือดนั้นจึงแสดงถึงความสัมพันธ์ของสารอาหารที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีระสภาพของสัตว์ (Singh *et al*., 2002) ดังนั้น ค่าดังกล่าวจึงสามารถ นำ มาพิจารณาร่วมกับค่าทางโภชนะอื่นๆ ที่ทำการวิเคราะห์ เพื่อประเมินการใช้ประโยชน์ของสารอาหาร ซึ่งค่าทางชีวเคมีในเลือดที่ใช้ตรวจสอบมีดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. ยูเรียไนโตรเจนในเลือด (Blood urea nitrogen, BUN)

ยูเรียเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนซึ่งสังเคราะห์ขึ้นที่ตับ ซึ่งเปลี่ยนมาจากแอมโมเนีย โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนจะสลายโปรตีนในอาหารให้เป็นแอมโมเนีย เพื่อใช้เป็นแหล่งของไนโตรเจนสำหรับการสร้างจุลินทรีย์โปรตีน แอมโมเนียที่จุลินทรีย์นำไปใช้ไม่หมดจะถูกดูดซึมผ่านผนังของกระเพาะรูเมนเข้าสู่กระแสเลือด ซึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็นยูเรียอย่างรวดเร็วที่ตับ เพื่อลดความเป็นพิษของแอมโมเนีย นอกจากนี้กรดอะมิโนที่ดูดซึมผ่านลำไส้เล็กแต่ไม่ถูกนำใช้สร้างโปรตีนก็จะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานและยูเรียที่ตับเช่นเดียวกัน (Khon, 2007) ยูเรียที่เกิดขึ้นจะเข้าสู่กระแสเลือด ส่วนหนึ่งจะถูกนำกลับเข้าสู่กระเพาะรูเมนผ่านทางน้ำลาย อีกส่วนหนึ่งจะนำกลับไปยังไต และถูกขับออกในรูปปัสสาวะ (เมธา, 2529; บุญล้อม, 2541) Higginbothum *et al*. (1989) รายงานว่าปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือด (blood urea nitrogen, BUN) ขึ้นอยู่กับปริมาณและความสามารถในการย่อยได้ของโปรตีนในอาหารที่สัตว์ได้รับ ซึ่งปริมาณ BUN ยังเป็นตัวชี้วัดถึงการใช้ประโยชน์ของโปรตีนในสูตรอาหาร (Tiffany *et al.,* 1972) รวมถึงความสมดุลของไนโตรเจนในอาหาร ว่ามีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน และตัวสัตว์เองหรือไม่ ดังนั้นความเข้มข้นของ BUN จึงสามารถใช้ตรวจสอบความสมดุลระหว่างปริมาณโปรตีนและพลังงานในอาหารที่สัตว์ได้รับ (Hammond, 1997) การเพิ่มของระดับ BUN อาจเป็นผลเนื่องมาจากสัตว์ได้รับอาหารที่มีโปรตีน หรือสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช้โปรตีนในระดับสูง หรืออาจเกิดจากสภาวะที่มีการนำโปรตีนในร่างกายไปใช้ประโยชน์ เช่น การที่มีปริมาณการกินอาหารน้อยไม่เพียงพอต่อความต้องการ การอดอาหาร การเกิดท้องร่วงอย่างรุนแรง หรือโรคอื่นๆ ที่ทำให้ร่างกายสัตว์อ่อนแอ (เมธา, 2529) การขาดแคลนพลังงานจากคาร์โบไฮเดรต หรือการทำงานที่ผิดปกติของไต (Lazzaro, 2005) ส่วนการลดลงของ BUN อาจเกิดจากร่างกายได้รับอาหารที่มีระดับของโปรตีนต่ำ หรือการทำงานที่ผิดปกติของวัฏจักรยูเรีย (urea cycle) ในการเปลี่ยนแอมโมเนียเป็นยูเรีย หรือการเกิดจากความผิดปกติของตับและไต เป็นต้น (Moss, 1992)

ความเข้มข้นขององค์ประกอบในเลือดนั้นจะผันแปรตาม อายุ อาหาร และอื่นๆ (เมธา, 2529) ปริมาณ BUN ของสัตว์เคี้ยวเอื้องปกติจะอยู่ที่ระหว่าง 10 – 12 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (Jack, 1977) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณ BUN เพียงอย่างเดียวก็ไม่สามารถบ่งชี้ถึงการใช้ประโยชน์ของอาหารทั้งหมดในสัตว์ได้ เนื่องจากการใช้ประโยชน์จากโปรตีนในอาหารจะต้องสัมพันธ์กับพลังงานด้วย (เมธา, 2529) ดังนั้นจึงควรหาค่าทางชีวเคมีในเลือดที่บ่งชี้ถึงการใช้ประโยชน์ของพลังงานร่วมด้วย เช่น ปริมาณกลูโคสในเลือด (blood glucose, BG) เพื่อช่วยในการพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของสัตว์ที่ได้รับอาหารแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. กลูโคสในเลือด (Blood glucose, BG)

กลูโคสจะถูกดูดซึมและเข้าไปสะสมในตับและกล้ามเนื้อในรูปไกลโคเจน และจะสลายออกมาเมื่อร่างกายต้องการพลังงานโดยขบวนการกลูโคนีโอเจนเนซีส (gluconeogenesis) ซึ่งเกิดขึ้นที่ตับ (เมธา, 2529) การสร้างกลูโคสขึ้นอยู่กับสภาวะร่างกายของสัตว์ และชนิดของอาหารที่กิน การกินอาหารข้นจะเกิดการสร้างกลูโคสมากกว่าการกินอาหารหยาบ เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตในอาหารข้นจะถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดโพรพิโอนิก โดยการหมักของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ซึ่งจะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดและเปลี่ยนเป็นกลูโคสที่ตับต่อไป (บุญล้อม และบุญเสริม, 2525) ปริมาณโพรพิโอนิกที่ถูกดูดซึมเข้าไปจะเปลี่ยนเป็นกลูโคสได้ตั้งแต่ 19 – 60 เปอร์เซ็นต์ (เมธา, 2529) สัตว์เคี้ยวเอื้องโดยทั่วไปจะมีปริมาณ BG 50 มิลลิกรัมกรัมเปอร์เซ็นต์ และมีความต้องการ BG เพื่อการดำรงชีพ 40 – 60 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ สามารถทำให้เนื้อเยื่อทำงานได้ตามปกติ (เมธา, 2529) สัตว์จะใช้กลูโคสเป็นแหล่งของพลังงานโดยตรง และถูกควบคุมโดยฮอร์โมนอินซูลิน และกลูคากอน ที่สร้างจากตับอ่อน ซึ่งจะส่งผลให้ระดับของ BG อยู่ในระดับที่ปกติ (เมธา, 2529) BG สามารถบอกถึงการใช้ประโยชน์ของพลังงานในสูตรอาหาร (Blowey *et al*., 1973) การเพิ่มขึ้นของระดับ BG จะพบได้หลังจากที่ได้รับอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง หลังจากที่ออกกำลังกาย การเกิดความเครียดอย่างฉับพลันหรือรุนแรง ส่วนการลดลงของระดับ BG จะเกิดในสภาวะ Acetonemia หรืออินซูลินชักนำให้ร่างกายเกิดภาวะ Hypoglycemia หรืออาจเกิดจากการทำงานที่ผิดปกติของตับและไต (Moss, 1992)

3. ฮอร์โมนไตรไอโอโดไทโรนีน (Triiodothyronine; T_3)

ฮอร์โมนไตรไอโอโดไทโรนีนเป็นเอมีนฮอร์โมนซึ่งสังเคราะห์ขึ้นจากต่อมไทรอยด์ มีอยู่ 2 ชนิด คือ ฮอร์โมนไทรอกซีน (Thyroxine; T_4) และฮอร์โมน T_3 โดย T_3 จะมีความเข้มข้นในเลือดต่ำกว่า T_4 แต่มีความสามารถในการออกฤทธิ์สูงกว่าหลายเท่า ซึ่ง 85 เปอร์เซ็นต์ของ T_3 ที่ร่างกายผลิตขึ้นในแต่ละวันเปลี่ยนมาจาก T_4 โดยการตัดไอโอดีนในเนื้อเยื่ออื่นๆ (นทีทิพย์, 2538) กระบวนการสังเคราะห์ฮอร์โมนทั้งสองชนิดนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณไอโอดีน และกรดอะมิโนไทโรซีน ระดับของฮอร์โมน T_3 และ T_4 ในสัตว์แต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน (Dunlop, 1991) ดังแสดงในตารางที่ 8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ย และค่าพิสัยของฮอร์โมนไทรอกซีน และฮอร์โมนไตรไอโอโดไทโรนีนในซีรั่มของสัตว์แต่ละชนิด

ชนิดสัตว์	ฮอร์โมนไทรอกซีน (ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร)	ฮอร์โมนไตรไอโอโดไทโรนีน (นาโนกรัมต่อเดซิลิตร)
โค	6.0 (3.6-9.0)	90 (40-170)
แพะ	3.5 (3.5-4.2)	45 (90-190)
แกะ	4.5 (3.0-6.0)	100 (60-150)
ม้า	1.5 (1.5-2.4)	75 (30-160)
สุกร	3.5 (1.7-2.4)	90 (40-140)

ทีมา: ดัดแปลงจาก Dunlop (1991)

ไทรอยด์ฮอร์โมนไม่มีเซลล์เป้าหมายที่จำเพาะแต่มีผลต่อเซลล์เกือบทุกชนิดในร่างกาย มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต กระตุ้นอัตราเมทาบอลิซึมของร่างการ โดยรวม ซึ่งมีส่วนช่วยในการผลิตและเก็บความร้อนภายในร่างกาย ส่งผลต่อเมทาบอลิซึมของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน วิตามิน และควบคุมการทำงานของทุกระบบในร่างกาย (นทีทิพย์, 2538; Dunlop, 1991) ทำให้อัตราเมทาบอลิซึมในร่างกายสูงขึ้นประมาณ 60 - 100 เปอร์เซ็นต์ของระดับเดิม นอกจากนี้ยังทำให้อัตราการใช้อาหารเพื่อสร้างพลังงาน รวมถึงอัตราการสร้าง และการสลายโปรตีนของร่างกายเพิ่มขึ้น (ยรรยง, 2538) ซึ่งไทรอยด์ฮอร์โมนในระดับที่เหมาะสมจะสามารถกระตุ้นการหมุนเวียนของโปรตีน (นทีทิพย์, 2538) ส่งผลให้สัตว์ในระยะรุ่นมีอัตราการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (ยรรยง, 2538) แต่หากหากมีในระดับสูงเกินไปจะกระตุ้นการสลายโปรตีนมากกว่าการสร้างและการสะสม (นทีทิพย์, 2538) การขาดอาหารจะมีผลทำให้ระดับของไทรอยด์ฮอร์โมนลดลง และลดการเปลี่ยน T_4 เป็น T_3 อาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต และโปรตีนมีผลต่อการสังเคราะห์ไทรอยด์ฮอร์โมน โดยคาร์โบไฮเดรตจะกระตุ้นการหลั่ง T_4 และโปรตีนจะกระตุ้นการเปลี่ยนแปลง T_4 เป็น T_3 (Squires, 2003) ดังนั้น ถ้าสัตว์ได้รับอาหารไม่เพียงพอจะทำให้เกิดการสลายตัวของโปรตีน และไขมันของร่างกายส่งผลให้น้ำหนักตัวลดลง (ยรรยง, 2538)

การทำพืชหมัก เป็นการสำรองแหล่งของอาหารหยาบที่เหมาะสมกับสภาพอากาศในประเทศไทย เพราะสามารถทำได้ตลอดเวลาโดยไม่ขึ้นกับฤดูกาล การทำพืชหมักคุณภาพดีจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของพืชที่เหมาะสมต่อการหมัก กระบวนการในการหมัก และปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ต่อคุณภาพของพืชหมัก ตลอดจนการใช้สารเสริมต่างๆ ที่ช่วยในการหมักก็สามารถช่วยปรับปรุงพืชหมักให้มีคุณภาพดีได้เช่นกัน แต่ในปัจจุบันนอกเหนือจากปัญหาทางด้านคุณภาพของวัตถุดิบที่นำมาทำพืชหมักแล้ว พบว่าปัญหาอีกอย่างหนึ่งที่สำคัญนั่นก็คือ การผลิตพืชอาหารสัตว์มีปริมาณที่ลดลง ทั้งนี้เพราะเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมปลูกพืชเศรษฐกิจมากกว่าการปลูกพืชอาหารสัตว์ เพราะการปลูกพืชเศรษฐกิจต่างๆ เช่น อ้อย ข้าวโพด มันสำปะหลัง เป็นต้น ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าต่อการลงทุน ประกอบกับในปัจจุบันหลายประเทศทั่วโลก แม้แต่ประเทศไทยก็ตามประสบกับปัญหาราคาน้ำมันที่สูงขึ้น ส่งผลทำให้มีการนำเอาวัตถุดิบทางการเกษตรต่างๆ เช่น อ้อย มันสำปะหลัง เป็นต้น มาผลิตเป็นเอทานอล เพื่อใช้เป็นแหล่งของพลังงานทดแทน ซึ่งส่งผลกระทบต่อการผลิตสัตว์ โดยเฉพาะสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โคเนื้อ โคนม และอื่นๆ ดั้งนั้นแนวทางการแก้ไขปัญหานี้ก็คือ การนำเอาวัตถุดิบที่เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเกษตรต่างๆ ที่ยังคงมีโภชนะเหลืออยู่มาผลิตเป็นแหล่งอาหารของสัตว์ ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ก็ได้นำเอาวัตถุดิบที่เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเกษตรและพลังงานมาใช้ประโยชน์ เช่น ชานอ้อย เศษข้าวโพดหวาน และกากน้ำตาลเอทานอล ผลิตขึ้นเป็น PMR เพื่อใช้เป็นแหล่งทดแทนอาหารหยาบของสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โคเนื้อ และโคนมที่เหมาะสมได้ต่อไปในอนาคต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 ศึกษาลักษณะทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของ PMR7%CP และ PMR12%CP

การทดลองที่ 2 ศึกษาสมรรถภาพการผลิตที่เลี้ยงด้วย PMR7%CP และ PMR12%CP ทดแทนแหล่งอาหารหยาบของโคนม

อุปกรณ์

1. การศึกษาลักษณะทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของ PMR7%CP และ PMR12%CP

1.1 อุปกรณ์ที่ใช้เตรียมอาหารทดลอง

ก. ถุงพลาสติกหนาและเหนียวสีขาวขุ่นขนาด 0.65 x 0.75 เมตร หนา 1.60 มิลลิเมตร ขนาดบรรจุ 20 กิโลกรัม

ข. ฟิล์มหดขนาด 0.75 x 0.75 เมตร หนา 1.60 มิลลิเมตร

ค. เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการผสม PMR (ภาพที่ 2)

1.2 อุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

ก. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์หาวัตถุแห้ง โปรตีน และเถ้า ด้วยวิธี Proximate analysis (AOAC, 1990) และวิเคราะห์ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ด้วยวิธี Detergent method (Goering and Van Soest, 1970)

ข. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณกรดแลคติก กรดอะซิติก และกรดบิวทีริก ด้วยการกลั่นไอน้ำตามวิธีของบุญล้อม และบุญเสริม (2525)

ค. เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (pH meter) ตามวิธีของ Bolsen *et al*. (1990)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 2 เครื่องจักรที่ใช้ผลิต PMR

2. การศึกษาสมรรถภาพการผลิตที่เลี้ยงด้วย PMR7%CP และ PMR12%CP ทดแทนแหล่งอาหารหยาบของโคนม

2.1 การศึกษาปริมาณการกินได้ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว ผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบของน้ำนม การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในเลือด และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคนม

2.1.1 สัตว์ทดลอง ใช้แม่โคนมรีดนมที่มีเลือดโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน 50 เปอร์เซ็นต์ บราห์มัน 37.5 เปอร์เซ็นต์ และพื้นเมือง 12.5 เปอร์เซ็นต์ อายุเฉลี่ยประมาณ 3 ปี เริ่มให้นมเป็นครั้งแรก อยู่ในระยะการให้นมช่วงกลาง (120 วัน) น้ำหนักประมาณ 357.30 กิโลกรัม จำนวน 15 ตัว

2.1.2 โรงเรือนทดลอง เป็นโรงเรือนโปร่ง พื้นซีเมนต์ขัดหยาบ หลังคากระเบื้อง โดยโคแต่ละตัวจะได้รับการเลี้ยงดูแบบผูกยืนโรงตลอดเวลาภายในโรงเรือนเดียวกัน มีพื้นที่สำหรับผูกยืนโรงขนาด 1.50 x 2.00 ตารางเมตร ด้านหน้าเป็นรางอาหารและรางน้ำอัตโนมัติ สามารถดื่มได้ตลอดเวลา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 3 ลักษณะโรงเรือนแบบยืนโรงสำหรับสัตว์ทดลอง

ภาพที่ 4 รางอาหาร และระบบให้น้ำอัตโนมัติสำหรับสัตว์ทดลอง

2.1.3 อาหารที่ใช้ในการทดลอง

ก. อาหารข้น ใช้อาหารข้นสำเร็จรูปมีโปรตีนประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์ และมีพลังงานรวม 3,692.98 แคลอรี่/กรัม (ตารางที่ 9)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้นสำเร็จรูป (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง)

องค์ประกอบทางเคมี	อาหารข้น	ฟางข้าว
วัตถุแห้ง	92.42	95.11
โปรตีน	16.81	2.43
ไขมัน	3.82	1.39
เถ้า	9.97	11.62
เยื่อใยหยาบ	10.94	30.76
ผนังเซลล์	-	78.54
ลิกโนเซลลูโลส	-	51.31
พลังงานรวม (แคลอรี่/กรัม)	3,692.98	3,449.71

ข. อาหารหยาบ

- ฟางข้าว
- PMR7%CP และ PMR12%CP

ภาพที่ 5 เครื่องรีดนมแบบเคลื่อนที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1.4 เครื่องชั่งน้ำหนักสัตว์ และน้ำหนักอาหารที่ใช้ทดลอง

2.1.5 อุปกรณ์สำหรับรีดนม

2.1.6 อุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำนม

2.1.7 อุปกรณ์การเจาะเก็บเลือด และสารเคมีสำหรับเก็บตัวอย่าง และวิเคราะห์หาปริมาณยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด (blood urea nitrogen, BUN) กลูโคสในเลือด (blood glucose, BG) และฮอร์โมนไตรไอโอโดไทโรนีน (triiodothyronine; T_3)

วิธีการ

1. การศึกษาลักษณะทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของ PMR7%CP และ PMR12%CP

1.1 การเตรียม PMR

นำชานอ้อยที่สกัดเอาน้ำอ้อยออกไปแล้วขนาดประมาณ 1.50 – 2.50 เซนติเมตร มาผสมร่วมกับเศษข้าวโพดหวาน และหมักด้วยกากน้ำตาลเอทานอลในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยผสมด้วยเครื่องจักรที่ผลิตขึ้นมาโดยเฉพาะ (ภาพที่ 2) ใช้เวลาประมาณ 5 นาที จากนั้นเมื่อวัตถุดิบคลุกเคล้าเข้ากันดีแล้วนำไปบรรจุลงในถุงพลาสติกสีขาวขุ่นขนาดถุงละ 20 กิโลกรัม หลังจากนั้นนำไปหุ้มด้วยฟิล์มหดอีกชั้นหนึ่ง หมักในสภาพที่ไร้อากาศในที่ร่มสำหรับ PMR7%CP ส่วน PMR12%CP มีความแตกต่างจาก PMR7%CP คือ การเสริมแอมโมเนียเหลวประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสดของกากน้ำตาลเอทานอล ก่อนที่จะนำไปหมักร่วมกับชานอ้อยและเศษข้าวโพดหวาน โดยทั้ง 2 ทรีทเมนต์ จะทำการทดลอง 3 ซ้ำ ดังนี้

ทรีทเมนต์ที่ 1 PMR7%CP (ชานอ้อย + เศษข้าวโพดหวาน + กากน้ำตาลเอทานอล)
ทรีทเมนต์ที่ 2 PMR12%CP (ชานอ้อย + เศษข้าวโพดหวาน + [กากน้ำตาลเอทานอล + แอมโมเนียเหลว])

1.2 การเก็บตัวอย่างอาหารทดลอง

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง PMR ทั้ง 2 ทรีทเมนต์ ที่ระยะการหมัก 30 วัน เพื่อตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ และนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ประมาณ 1 กิโลกรัม แบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 ใช้วิเคราะห์หาปริมาณวัตถุแห้ง เถ้า และโปรตีน ด้วยวิธี Proximate analysis

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(AOAC, 1990) ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ตามวิธีของ Bolsen *et al*. (1990) ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ด้วยวิธี Detergent method (Goering and Van Soest, 1970) สำหรับส่วนที่ 2 นำไปเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการวิเคราะห์หาปริมาณกรดแลคติก กรดอะซิติก และกรดบิวทีริก ด้วยการกลั่นไอน้ำตามวิธีที่ศึกษาโดยบุญล้อม และบุญเสริม (2525)

2. การศึกษาสมรรถภาพการผลิตที่เลี้ยงด้วย PMR7%CP และ PMR12%CP ทดแทนแหล่งอาหารหยาบของโคนม

2.1 การศึกษาปริมาณการกินได้ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว ผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบของน้ำนม การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในเลือด และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคนม

2.1.1 การเลี้ยงและการให้อาหารสัตว์ทดลอง

ทำการถ่ายพยาธิและทำการเลี้ยงโคนมเพื่อปรับอาหารเพื่อให้สัตว์มีความคุ้นเคยกับอาหารทดลองและหาปริมาณที่สัตว์กินได้ในแต่ละวัน ซึ่งใช้ระยะเวลาในการปรับอาหารประมาณ 30 วัน ก่อนเก็บข้อมูลจริง โดยโคนมจะได้รับอาหารทดลอง (PMR) หลังจากที่กินอาหารข้นหมด จำนวน PMR 8 กิโลกรัม/ตัว/วัน และตามด้วยฟางข้าว กินแบบเต็มที่ ตามลำดับ โคนมทุกตัวจะได้รับน้ำ แร่ธาตุก้อนกินตามต้องการ และได้รับอาหารข้นชนิดเดียวกันที่มีโปรตีนประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์ มีพลังงานรวม 3,692.98 แคลอรี่/กรัม โดยแบ่งโคนมทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ตัว ซึ่งในแต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารทดลองที่มีสูตรแตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

โคนมกลุ่มที่ 1 อาหารข้น 6 กิโลกรัม + ฟางข้าว (กินแบบเต็มที่)
โคนมกลุ่มที่ 2 อาหารข้น 4 กิโลกรัม + PMR7%CP 8 กิโลกรัม/วัน + ฟางข้าว (กินแบบเต็มที่)
โคนมกลุ่มที่ 3 อาหารข้น 4 กิโลกรัม + PMR12%CP 8 กิโลกรัม/วัน + ฟางข้าว (กินแบบเต็มที่)

2.1.2 ชั่งน้ำหนักของโคนมที่น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง และทำการตรวจชั่งน้ำหนักโคนมทุกๆ 1 เดือน เพื่อคำนวณหาน้ำหนักตัวของโคนมที่เปลี่ยนแปลงตลอดการทดลอง

2.1.3 ทำการสุ่มตัวอย่างอาหารหยาบ และอาหารข้นในระหว่างการทดลองทุกๆ 1 เดือน จนสิ้นสุดการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1.4 ตัวอย่างน้ำนมสุ่มเก็บเดือนละ 2 ครั้ง ตลอดการทดลอง โดยเก็บในตอนเย็นและตอนเช้าของวันถัดไป นำมารวมเข้าด้วยกันตามสัดส่วนของนมที่ได้ บรรจุใส่ขวดปริมาตร 100 มิลลิลิตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบน้ำนมที่สำคัญ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน ของแข็งไม่รวมไขมัน และของแข็งทั้งหมด โดยใช้เครื่อง Ultrasonic Milk Analyzers และนำผลผลิตน้ำนมของโคนมแต่ละตัวมาคำนวณเป็นน้ำนมปรับไขมัน 4 เปอร์เซ็นต์ (4% fat corrected milk; FCM) ตามวิธีการของชวนิศนดากร (2534)

2.1.5 ตัวอย่างเลือดสุ่มเก็บเดือนละ 1 ครั้ง โดยทำการเจาะเก็บตัวอย่างเลือดจาก jugular vein ของโคนมทดลองแต่ละตัวจำนวน 10 มิลลิลิตร ในระยะการทดลองชั่วโมงที่ 0 (ก่อนการกินอาหาร) และชั่วโมงที่ 4 (หลังการกินอาหาร) แล้วแยกเก็บซีรั่มเพื่อไปวิเคราะห์ปริมาณยูเรีย-ไนโตรเจน (BUN) กลูโคสในเลือด (BG) ตามวิธีของ Tiffany *et al*. (1972) และฮอร์โมนไตรไอโอโดไทโรนีน (T_3) ด้วยวิธีการ Electrochemiluminescence immunoassay (ECLIA) โดยใช้เครื่อง Roche Elecsys1010/2010 และ MODULA ANALYTIC E170 (Elecsys module)

2.1.6 การบันทึกข้อมูล

ก. บันทึกปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ อาหารข้น โดยชั่งน้ำหนักก่อนให้และลบด้วยอาหารที่เหลือในแต่ละมื้อ และนำมาคำนวณปริมาณการกินได้ในแต่ละวัน

ข. บันทึกปริมาณน้ำนมที่ได้จากโคนมแต่ละตัวในตอนเช้า และตอนเย็นทุกวันตลอดการทดลอง

ค. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำนม ได้แก่ ไขมัน โปรตีน ของแข็งไม่รวมไขมัน และของแข็งทั้งหมด

ง. ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในกระแสเลือด ได้แก่ BUN, BG และ T_3 ของโคนม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. การศึกษาลักษณะทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของ PMR7%CP และ PMR12%CP

ประเมินลักษณะทางกายภาพตามมาตรฐานพืชหมัก (วารุณี และคณะ, 2547) และนำผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ PMR7%CP และ PMR12%CP ประกอบด้วย วัตถุแห้ง โปรตีน เถ้า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน กรดแลคติก กรดอะซิติก และกรดบิวทีริก มาวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสูตรอาหารทดลองสองสูตรด้วยวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประชากรสองกลุ่ม (pair comparison) โดยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1999)

2. การศึกษาสมรรถภาพการผลิตที่เลี้ยงด้วย PMR7%CP และ PMR12%CP ทดแทนแหล่งอาหารหยาบของโคนม

การศึกษานี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design; CRD) ที่มี 5 ซ้ำ โดยมีปัจจัย ดังนี้

ปัจจัย A = อิทธิพลของสูตรอาหารทดลอง ซึ่งมี 3 ทรีทเมนต์ คือ

a1 = สูตรที่ 1 อาหารข้น 6 กิโลกรัม + ฟางข้าว (กินแบบเต็มที่)
a2 = สูตรที่ 2 อาหารข้น 4 กิโลกรัม + PMR7%CP 8 กิโลกรัม/วัน + ฟางข้าว (กินแบบเต็มที่)
a3 = สูตรที่ 3 อาหารข้น 4 กิโลกรัม + PMR12%CP 8 กิโลกรัม/วัน + ฟางข้าว (กินแบบเต็มที่)

สำหรับการทดลองเพื่อศึกษาปริมาณการกินได้ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว ผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบของน้ำนมของโคนม พบว่าน้ำหนักเริ่มต้นของสัตว์มีผลต่อลักษณะที่ศึกษา จึงใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (analysis of covariance) โดยมีน้ำหนักเริ่มต้นของสัตว์ทดลองเป็นตัวแปรร่วม (อนันต์ชัย, 2535) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ระหว่างทรีทเมนต์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1999) โดยมีแบบหุ่นจำลองทางสถิติ ดังนี้

$$y_{ij} = \mu + A_i + \beta(Wt_j - \overline{Wt}) + \varepsilon_{ij}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อ y_{ij} = ค่าสังเกตจากทรีทเมนต์อาหารสูตรที่ i และสัตว์ทดลองที่ j

μ = ค่าเฉลี่ยร่วม

A_i = อิทธิพลของอาหารสูตรที่ i (i = 1, 2 และ 3)

β = สัมประสิทธิ์รีเกรซชั่นของลักษณะที่ศึกษาต่อน้ำหนักเริ่มต้นของสัตว์ทดลอง

Wt_j = น้ำหนักเริ่มต้นของสัตว์ทดลองที่ j

$\overline{Wt}$ = ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเริ่มต้นของสัตว์ทดลอง

ε_{ij} = ความคลาดเคลื่อนสุ่มของการทดลอง

สถานที่ทำการทดลอง

1. โรงเรือน และสัตว์ทดลอง ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุ์สัตว์ลำพญากลาง ตำบลหนองรี อำเภอลำสนธิ จังหวัดลพบุรี

2. ผสม PMR ณ บริษัท แดรี่โฮม เทรดดิ้ง จำกัด อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี

3. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

4. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

5. วิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำนม ณ ห้องปฏิบัติการศูนย์ผลิตภัณฑ์นม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

6. วิเคราะห์หา BG, BUN และ T_3 ในกระแสเลือดของโคทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการของบริษัท โปรเฟสชั่นแนลลาโบราทอรี่ แมเนจเม้นท์ คอร์ป จำกัด กรุงเทพฯ

ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มต้นการทดลองเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

สิ้นสุดการทดลองเดือน มีนาคม พ.ศ. 2552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การศึกษาลักษณะทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของ PMR7%CP และ PMR12%CP

เมื่อนำชานอ้อยมาปรับปรุงคุณภาพ โดยการนำเศษข้าวโพดหวานและกากน้ำตาลเอทานอลมาหมักร่วมกันผลิตขึ้นเป็น PMR7%CP และ PMR12%CP (เสริมแอมโมเนียเหลว) ซึ่งหลังจากการหมัก 30 วัน เมื่อเปิดภาชนะที่บรรจุอาหารทดลองออก พบว่าอาหารทดลองทั้ง 2 ทรีทเมนต์ มีลักษณะทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมี ดังต่อไปนี้

1.1 ลักษณะทางกายภาพของ PMR7%CP และ PMR12%CP

หลังจากทำการหมัก PMR7%CP และ PMR12%CP เป็นเวลา 30 วัน แล้วทำการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ เมื่อเปิดภาชนะบรรจุออก พบว่าอาหารทดลองทั้ง 2 ทรีทเมนต์ มีสีน้ำตาลแดงอิฐ ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของชานอ้อยมีสีค่อนข้างแดง ประกอบกับกากน้ำตาลเอทานอลมีสีดำ จึงส่งผลให้ PMR มีสีแตกต่างไปจากพืชหมักปกติ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของ PMR และไม่ปรากฏราเกิดขึ้นที่บริเวณผิวหน้าของอาหารทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 6

ทรีทเมนต์ที่ 1 (PMR7%CP) ทรีทเมนต์ที่ 2 (PMR12%CP)

ภาพที่ 6 ลักษณะทางกายภาพของอาหารทดลองทั้ง 2 ทรีทเมนต์ ที่ระยะการหมัก 30 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยปกติสีของพืชหมักจะมีสีเข้มกว่าพืชสดอยู่แล้ว เนื่องจากสีของคลอโรฟิลล์ทำปฏิกิริยากับกรดที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักแล้วเปลี่ยนเป็น magnesium free pigment pheophytin ทำให้พืชหมักมีสีเข้มขึ้น (เมธา, 2529) ซึ่งจากการประเมินลักษณะทางกายภาพตามมาตรฐานพืชหมัก พบว่าลักษณะเนื้ออาหารโดยรวมของ PMR ในแต่ละทรีทเมนต์ นั้นมีกลิ่นหอมเปรี้ยว เนื้อแน่น ไม่มีเมือกลื่น และมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 3.99 และ 4.60 ตามลำดับ (ตารางที่ 10) จึงจัดว่าเป็นพืชหมักคุณภาพดี (ชาญชัย, 2521; วิทยา และคณะ, 2547; วารุณี และคณะ, 2547) แต่ถ้าพืชหมักมีกลิ่นฉุนของแอมโมเนียหรือกรดบิวทีริก แสดงว่าพืชหมักนั้นสูญเสียคุณค่าทางอาหารและมีการเจริญของแบคทีเรียในกลุ่ม clostridia ซึ่งไม่ต้องการในกระบวนการหมักทำให้กรดแลคติก น้ำตาล และโปรตีนในพืชหมักถูกย่อยสลายจึงทำให้เกิดกลิ่นเหม็น สัตว์ไม่ชอบกิน (บุญล้อม และบุญเสริม, 2525) ถ้าปรากฏเป็นสีน้ำตาลไหม้หรือดำ แสดงว่าเกิดความร้อนมากเกินไปในขณะหมักทำให้สารอินทรีย์สลายตัวเป็นการสูญเสียโภชนะหรือธาตุอาหาร ซึ่งถ้าพืชหมักเป็นสีดำไม่ควรนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ (จุรีรัตน์ และคณะ, 2535)

ตารางที่ 10 การประเมินคุณภาพลักษณะทางกายภาพของ PMR7%CP และ PMR12%CP ที่ระยะการหมัก 30 วัน

ลักษณะที่ศึกษา	PMR7%CP	PMR12%CP
สี	สีน้ำตาลแดงอิฐ (คะแนน 2)	สีน้ำตาลแดงอิฐ (คะแนน 2)
กลิ่น	หอมเปรี้ยวคล้ายผลไม้ดอง (คะแนน 12)	หอมเปรี้ยวคล้ายผลไม้ดอง (คะแนน 12)
เนื้อพืชหมัก	เนื้อแน่น ยังคงสภาพเดิม และไม่มีเมือก (คะแนน 4)	เนื้อแน่น ยังคงสภาพเดิม และไม่มีเมือก (คะแนน 4)
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	3.99 (คะแนน 6)	4.60 (คะแนน 4)
คะแนนรวม	24	22
ลักษณะทางกายภาพ	ดีมาก	ดีมาก

หมายเหตุ: คะแนนรวม 20 – 25 = ดีมาก, 15 – 19 = ดี, 6 – 14 = ปานกลาง และ 0 - 5 = ต่ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 องค์ประกอบทางเคมีของ PMR7%CP และ PMR12%CP

1.2.1 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ PMR7%CP และ PMR12%CP พบว่ามีวัตถุแห้งอยู่ 34.11±2.75 และ 34.60±1.76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณวัตถุแห้งของ PMR12%CP ใกล้เคียงกันกับ PMR7%CP ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากการสุ่มตัวอย่างอาหารทดลองทั้ง 2 ทรีทเมนต์ เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณวัตถุแห้ง มีความแปรปรวนจากวัตถุดิบที่ใช้ในการประกอบสูตร PMR ที่ได้นำชานอ้อย (74.75 เปอร์เซ็นต์) และเศษข้าวโพดหวาน (28.00 เปอร์เซ็นต์) มาใช้ในการผลิต ซึ่งมีปริมาณวัตถุแห้งแตกต่างกัน อีกทั้งวัตถุดิบทั้ง 2 ชนิด ยังมีขนาดและความยาวที่แตกต่างกันอีกด้วย จึงส่งผลให้การสุ่มตัวอย่างทำได้ลำบาก แต่อย่างไรก็ตาม อาหารทดลองทั้ง 2 ทรีทเมนต์ ก็จัดอยู่ในเกณฑ์พืชหมักคุณภาพดี โดยมีวัตถุแห้งเฉลี่ยประมาณ 34 เปอร์เซ็นต์ ปกติพืชหมักที่ดีควรมีวัตถุแห้งประมาณ 30 – 40 เปอร์เซ็นต์ หรือมีความชื้นอยู่ระหว่าง 60 – 70 เปอร์เซ็นต์ (เกรียงศักดิ์ และคณะ, 2548) และหากมีความชื้นสูงกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำการหมักจะเกิดปัญหาการเน่าเสีย (McCelullough, 1975) หรือถ้ามีน้ำเหลวๆ ไหลออกมาแสดงว่ามีความชื้นมากเกินไป โดยน้ำที่ไหลออกมาจะเจือจางปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่ใช้ในการสร้างกรด และเจือจางที่แบคทีเรียสร้างออกมา และหากความชื้นน้อยเกินไปทำให้แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกลดลง ทำให้พืชหมักเสียได้ง่าย ส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของพืชหมัก (จุรีรัตน์ และคณะ, 3535) และนอกจากนี้สังเกตได้ว่า PMR ทั้ง 2 ทรีทเมนต์ มีปริมาณวัตถุแห้งสูงกว่าพืชหมักโดยทั่วไป เช่น หญ้าหมัก และข้าวโพดหมัก เป็นต้น ซึ่งมีปริมาณวัตถุแห้งอยู่ระหว่าง 25 - 30 เปอร์เซ็นต์ (เกรียงศักดิ์ และคณะ, 2548) ทั้งนี้เนื่องจากการประกอบสูตร PMR ได้มีการนำชานอ้อยมาใช้เป็นวัตถุดิบ ซึ่งมีปริมาณวัตถุแห้งอยู่สูงถึง 74.75 เปอร์เซ็นต์ (คู่ขวัญ, 2543) จึงส่งผลทำให้ PMR มีอัตราส่วนของวัตถุแห้งสูงกว่าพืชหมักโดยทั่วไป

1.2.2 ปริมาณโปรตีน

ปริมาณโปรตีนของ PMR ทั้ง 2 ทรีทเมนต์ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับสูตร PMR ที่ต้องการ โดย PMR7%CP มีค่า 6.89±0.50 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง และ PMR12%CP มีค่า 11.85±1.09 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ซึ่งจากการเสริมแอมโมเนียเหลวลงใน PMR12%CP ส่งผลให้มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นสูงกว่า PMR7%CP แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ทั้งนี้เนื่องจากแอมโมเนียเหลวมีองค์ประกอบของไนโตรเจนประมาณ 82 เปอร์เซ็นต์ หรือมีโปรตีนอยู่ประมาณ 512 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(N*6.25) (ยุทธศรี, 2551) จึงส่งผลให้ PMR12%CP มีโปรตีนเพิ่มขึ้นจากการเสริมแอมโมเนียเหลว เมื่อเปรียบเทียบกับ PMR7%CP ที่ไม่มีการเสริมแอมโมเนียเหลว

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง ทั้ง 2 ทรีทเมนต์ ที่ระยะการหมัก 30 วัน (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง)

องค์ประกอบทางเคมี	PMR7%CP	PMR12%CP	P-value
วัตถุแห้ง	34.11±2.75	34.60±1.76	0.811
โปรตีน	6.89±0.50[ข]	11.85±1.09[ก]	0.001
ไขมัน	1.01±0.06	1.04±0.13	0.716
ผนังเซลล์	54.94±5.66	53.41±2.59	0.692
ลิกโนเซลลูโลส	39.01±3.74	38.44±2.79	0.843
เฮมิเซลลูโลส	15.93±4.34	14.97±2.13	0.423
เซลลูโลส	30.69±1.15	29.47±0.89	0.643
ลิกนิน	8.54±0.99	8.37±0.73	0.415
เถ้า	12.01±0.94	12.71±0.85	0.392
ความเป็นกรด-ด่าง	3.99±0.09[ข]	4.60±0.00[ก]	0.001
กรดแลคติก	5.36±2.06	5.55±0.84	0.891
กรดอะซิติก	4.65±0.54	4.98±0.22	0.130
กรดบิวทีริก	1.70±0.10[ข]	1.95±0.23[ก]	0.008

ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[ก ข] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

1.2.3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ค่าความเป็นกรด-ด่าง สามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของพืชหมักได้ ทั้งนี้เนื่องจากระดับค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมของพืชหมัก จะเป็นตัวจำกัดการเจริญของแบคทีเรียต่างๆ ที่ไม่พึงประสงค์ (McDonald *et al*., 1991) ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า PMR7%CP มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3.99±0.09 และ PMR12%CP เท่ากับ 4.60±0.00 ซึ่ง PMR12%CP มีค่าสูงกว่า PMR7%CP แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ทั้งนี้เนื่องจากการเสริมแอมโมเนียเหลวลงใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

PMR12%CP (1 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสด ของกากน้ำตาลเอทานอล) ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น เพราะสมบัติทางเคมีที่เป็นด่างแก่ (pH ประมาณ 11.60) ของแอมโมเนียเหลว (สำนักควบคุมวัตถุอันตราย, 2552) อย่างไรก็ตาม อาหารทดลองทั้ง 2 ทรีทเมนต์ จัดอยู่ในเกณฑ์ของพืชหมักคุณภาพดี เมื่อพิจารณาเฉพาะค่าความเป็นกรด-ด่าง ซึ่งโดยปกติพืชหมักคุณภาพดีจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 3.80 - 5.00 (Elferink *et al.,* 2000) หากมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้นจะทำให้แบคทีเรียที่ไม่พึงประสงค์ (Enterobacteria, Clostridia) เจริญเติบโตได้ (McDonald *et al*., 1991) ส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของพืชหมัก ทำให้การใช้ประโยชน์ได้ และความน่ากินลดลง (วีระพล, 2537)

1.2.4 องค์ประกอบพวกเยื่อใย

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบพวกเยื่อใย ได้แก่ ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส และลิกนิน ของอาหารทดลองทั้ง 2 ทรีทเมนต์ พบว่าจากการเสริมแอมโมเนียเหลวใน PMR12%CP ส่งผลให้ปริมาณผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส และลิกนิน มีแนวโน้มลดลง แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับ PMR7%CP ที่ไม่มีการเสริมแอมโมเนียเหลว โดยมีค่า 53.41±2.59, 38.44±2.79, 14.97±2.13, 29.47±0.89 และ 8.37±0.73 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ตามลำดับ ของ PMR12%CP และ 54.94±5.66, 39.01±3.74, 15.93±4.34, 30.69±1.15 และ 8.54±0.99 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ตามลำดับ ของ PMR7%CP ซึ่งการเสริมแอมโมเนียเหลวใน PMR12%CP นอกจากจะสามารถช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนได้แล้ว ยังสามารถช่วยลดปริมาณองค์ประกอบพวกเยื่อใยต่างๆ ลงได้อีกด้วย แม้ค่าดังกล่าวจะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม ซึ่งคุณสมบัติทางเคมีของด่างแก่ของแอมโมเนียเหลว จะไปช่วยทำให้พันธะระหว่างลิกนิน และเฮมิเซลลูโลสอ่อนตัวลง และยังทำให้ผนังเซลล์พองตัวขึ้น อีกทั้งปริมาณลิกนินและซิลิกาบางส่วนจะสลายไป และพันธะเอสเทอภายในโมเลกุลระหว่างกลุ่มยูโรนิคแอซิดของเฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลสจะถูกไฮโดรไลส์ ส่งผลให้น้ำหนักโมเลกุลของลิกนิน เฮมิเซลลูโลส และผนังเซลล์ลดลง (Doyle *et al*., 1986) และมีผลต่อการกินได้ของสัตว์อีกด้วย (Colenbrander *et al.,* 1983; Moor *et al.,* 1986)

1.2.5 ปริมาณกรดอินทรีย์

ปริมาณกรดอินทรีย์ในพืชหมักนิยมใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของพืชหมัก ได้แก่ กรดแลคติก กรดอะซิติก และกรดบิวทีริก จากผลการทดลอง พบว่าปริมาณกรดแลคติก และกรดอะซิติก ของอาหารทดลองทั้ง 2 ทรีทเมนต์ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณของกรดบิวทีริก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยปริมาณของกรดแลคติกของ PMR7%CP และ PMR12%CP เท่ากับ 5.36±2.06 และ 5.55±0.84 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงเหมาะสมของพืชหมัก ที่ควรมีปริมาณกรดแลคติกไม่น้อยกว่า 3.00 เปอร์เซ็นต์ (Catchpoolre and Henzell, 1971) ปริมาณกรดแลคติกจะเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับปัจจัยในกระบวนการหมัก และปริมาณคาร์โบไฮเดรตเป็นสำคัญ ในกระบวนการหมักที่ไม่ใช้ออกซิเจน แบคทีเรียในกลุ่ม Lactobacilli และ Streptococci จะเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำไปเป็นกรดแลคติก และกรดอื่นๆ ซึ่งการทำงานของแบคทีเรียพวกนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาล ถ้ามีปริมาณน้ำตาลมาก และอยู่ในสภาพที่ไร้ออกซิเจน จะทำให้เกิดกรดแลคติกได้เร็วขึ้น (สายัณห์, 2547)

ปริมาณกรดอะซิติกของ PMR7%CP และ PMR12%CP เท่ากับ 4.65±0.54 และ 4.95±0.22 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ตามลำดับ กรดบิวทีริก เท่ากับ 1.70±0.10 และ 1.95±0.23 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ตามลำดับ ซึ่งทั้งปริมาณของกรดอะซิติก และกรดบิวทีริกในอาหารทดลองทั้ง 2 ทรีทเมนต์มีปริมาณสูง และส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่ามาตรฐาน โดยพืชหมักคุณภาพดีควรมีกรดอะซิติกอยู่ระหว่าง 0.50 – 0.80 เปอร์เซ็นต์ และกรดบิวทีริกไม่ควรมีหรือมีน้อยกว่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ (วารุณี และคณะ, 2547) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการทำงานของแบคทีเรียกลุ่ม enterobacteria และ clostidia ในกระบวนการหมัก โดยแบคทีเรียกลุ่ม enterobacteria จะเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นกรดอะซิติก ซึ่งมักเกิดขึ้นในช่วงแรกของการหมัก ขณะที่มีออกซิเจนเหลืออยู่ (McDonald, 1981) และแบคทีเรียกลุ่ม clostidia จะสลายกรดแลคติกแล้วได้ผลผลิตเป็นกรดบิวทีริก ซึ่งปริมาณของกรดอะซิติก และกรดบิวทีริกที่เพิ่มขึ้นของอาหารทดลองทั้ง 2 ทรีทเมนต์ ส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของพืชหมัก ทำให้การใช้ประโยชน์ได้ และความน่ากินลดลง (อารีย์, 2526) อย่างไรก็ตามทั้งปริมาณกรดอะซิติก และกรดบิวทีริกของ PMR12%CP มีค่าสูงกว่า PMR7%CP ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการเสริมแอมโมเนียเหลวใน PMR12%CP ทำให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้น เพราะสมบัติทางเคมีที่เป็นด่างแก่ของแอมโมเนียเหลว (pH 11.60) ส่งผลให้กระบวนหมักในช่วงแรกใช้เวลานานขึ้น ทำให้มีอัตราการสร้างกรดอะซิติก และกรดบิวทีริก โดยแบคทีเรียที่ไม่พึงประสงค์เพิ่มขึ้น (Hargreaves *et al*., 1984) ซึ่งต้องมีการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ PMR7%CP และ PMR12%CP ทั้งปริมาณวัตถุแห้ง โปรตีน และองค์ประกอบพวกเยื่อต่างๆ พบว่า สามารถที่จะนำมาใช้และพัฒนาเป็นแหล่งอาหารหยาบของโคนมได้ เพื่อทดแทนการการขาดแคลนอาหารหยาบคุณภาพดี โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมส่วนใหญ่เลือกที่จะใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ ซึ่งมีการย่อยได้ต่ำ (Leng, 1990) จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าว ดังแสดงในตารางที่ 9 พบว่ามีปริมาณโปรตีนต่ำ (2.43 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง) และมีองค์ประกอบพวกเยื่อใย ได้แก่ ผนังเซลล์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(78.54 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง) และลิกโนเซลลูโลส (51.31 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง) อยู่ในปริมาณสูง เมื่อเปรียบเทียบกับ PMR ทั้ง 2 ทรีทเมนต์ ซึ่งมีปริมาณโปรตีนที่สูงกว่า (6.89 และ 11.85 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ตามลำดับ) และมีองค์ประกอบของเยื่อใยพวกอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า ดังนั้น การนำ PMR ทั้ง 2 ทรีทเมนต์ มาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบของโคนม คาดว่าจะส่งผลให้โคมีปริมาณการกินได้เพิ่มขึ้น อีกทั้ง PMR ทั้ง 2 ทรีทเมนต์ จัดเป็นอาหารหยาบหมักชนิดหนึ่ง ซึ่งโดยปกติการนำพืชอาหารสัตว์มาผ่านกระบวนการหมักจะทำให้มีความน่ากินสูงขึ้น (เมธา, 2529) ส่งผลให้สัตว์สามารถกินได้มากขึ้นตามไปด้วย

2. การศึกษาสมรรถภาพการผลิตที่เลี้ยงด้วย PMR7%CP และ PMR12%CP ทดแทนแหล่งอาหารหยาบของโคนม

2.1 การศึกษาปริมาณการกินได้ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว ผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบของน้ำนม การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในเลือด และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคนม

จากการทดลองที่ 1 ที่ได้ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของ PMR7%CP และ PMR12%CP เพื่อเป็นแนวทางการนำอาหารทดลองทั้ง 2 ทรีทเมนต์ มาใช้ทดแทนแหล่งอาหารหยาบของแม่โคนมบางส่วน เพื่อศึกษาสมรรถภาพทางการผลิตของโคนมในด้านต่างๆ โดยแบ่งโคนมทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม โคนมกลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) ได้รับอาหารข้น 6 กิโลกรัม/ตัว/วัน และได้รับฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบกินแบบเต็มที่ โคนมกลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารข้น 4 กิโลกรัม/ตัว/วัน และได้รับ PMR7%CP 8 กิโลกรัม/ตัว/วัน เป็นแหล่งอาหารหยาบร่วมกับฟางข้าว (กินแบบเต็มที่) และโคนมกลุ่มที่ 3 มีลักษณะเช่นเดียวกับโคนมกลุ่มที่ 2 ต่างกันตรงที่ใช้ PMR12%CP เป็นแหล่งอาหารหยาบ ซึ่งระดับการให้อาหารของโคนมแต่ละกลุ่มจะคำนวณตามความต้องการโภชนะในการดำรงชีพและการให้ผลผลิตของโคนมตาม NRC (2001) โดยได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

2.1.1 ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง

จากการทดลองให้โคนมได้รับอาหารทดลองทั้ง 3 ทรีทเมนต์ พบว่าโคนมกลุ่มควบคุมที่ได้รับอาหารข้น 5.54 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน และโคนมกลุ่มที่ 2 (PMR7%CP) และ 3 (PMR12%CP) ที่ได้รับอาหารข้น 3.69 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน มีปริมาณการกินได้ของฟางข้าวเท่ากับ 7.08±0.33, 5.97±0.05 และ 6.16±0.05 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน ตามลำดับ และปริมาณการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กินได้ของ PMR7%CP และ PMR12%CP เท่ากับ 2.19±0.12 และ 2.54±0.12 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน ตามลำดับ คิดเป็นปริมาณวัตถุแห้งทั้งหมดที่กินได้ เท่ากับ 12.12±0.41, 11.64±0.04 และ 11.95±0.04 กิโลกรัม/ตัว/วัน และปริมาณวัตถุแห้งทั้งหมดที่กินได้เป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว เท่ากับ 3.07±0.10, 2.77±0.01 และ 2.99±0.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของโคนมทดลองทั้ง 3 ทรีทเมนต์

ลักษณะที่ศึกษา	โคนมกลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม)	โคนมกลุ่มที่ 2 (PMR7%CP)	โคนมกลุ่มที่ 3 (PMR12%CP)
จำนวนสัตว์ (ตัว)	5	5	5
ระยะเวลาทดลอง (วัน)	120	120	120
น้ำหนักเริ่มต้น (กก.)	359.60±25.21	369.20±25.21	345.40±25.21
น้ำหนักสิ้นสุด (กก.)	394.20±19.31	420.00±19.31	398.60±19.31
การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว (กก./ตัว/วัน)	0.28±0.07[ข]	0.42±0.07[ก]	0.44±0.07[ก]
ปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ (กก./ตัว/วัน)			
- อาหารข้น	5.54	3.69	3.69
- ฟางข้าว	7.08±0.33	5.97±0.05	6.16±0.05
- PMR7%CP	-	2.19±0.12	-
- PMR12%CP	-	-	2.54±0.12
ปริมาณวัตถุแห้งทั้งหมดที่กินได้ (กก./ตัว/วัน)	12.12±0.04[ก]	11.64±0.04[ค]	11.95±0.04[ข]
- เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว	3.07±0.10[ก]	2.77±0.01[ค]	2.99±0.01[ข]
โปรตีนที่กินได้ (กก./ตัว/วัน)	0.93±0.03[ข]	0.91±0.08[ข]	1.06±0.08[ก]

ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ ± ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

[ก ข ค] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ซึ่งทั้งปริมาณวัตถุแห้งทั้งหมดที่กินได้ และปริมาณวัตถุแห้งทั้งหมดที่กินได้เป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว พบว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR12%CP และ PMR7%CP มีปริมาณต่ำกว่าโค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นมกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทั้งนี้เนื่องจาก PMR มีปริมาณวัตถุแห้งต่ำ (34 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเปรียบเทียบกับโคนมกลุ่มควบคุมที่ได้รับฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบเพียงอย่างเดียว ซึ่งมีปริมาณวัตถุแห้งอยู่สูงประมาณ 92.42 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งโคนมกลุ่มควบ คุมยังได้รับปริมาณอาหารข้นสูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR12%CP และ PMR7%CP จึงส่งผลให้โคนมกลุ่มควบคุมมีปริมาณวัตถุแห้งทั้งหมดที่กินได้ และปริมาณวัตถุแห้งทั้งหมดที่กินได้เป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวสูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR12%CP และ PMR7%CP ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR12%CP และ PMR7%CP พบว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR12%CP มีปริมาณวัตถุแห้งทั้งหมดที่กินได้ และปริมาณวัตถุแห้งทั้งหมดที่กินได้เป็นเปอร์เซ็นต์ น้ำหนักตัวสูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR7%CP แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณวัตถุแห้งทั้งหมดที่กินได้ของโคนมทดลองทั้ง 3 กลุ่ม เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว พบว่ามีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ ซึ่งโดยปกติโคนมที่โตเต็มแล้วจะมีปริมาณการกินได้ประมาณ 3.00 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว (บุญเสริม, 2546)

ส่วนปริมาณโปรตีนคิดเป็นวัตถุแห้งที่กินได้ต่อวันของโคนมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 3 ทรีทเมนต์ พบว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR12%CP มีค่าสูงสุด รองลงมาคือโคนมกลุ่มควบคุม และโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR7%CP ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยมีค่า 1.06±0.08, 0.93±0.03 และ 0.91±0.08 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ อย่างไรก็ตามระดับโปรตีนที่ได้รับจากอาหารของโคนมแต่ละกลุ่มมีปริมาณใกล้เคียงกัน และมีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการในการดำรงชีพและการให้ผลผลิตของโคนม ซึ่งโดยทั่วไปโคนมที่มีน้ำหนักประมาณ 400 - 450 กิโลกรัม และให้ผลผลิตน้ำนม 5.00 – 10.00 กิโลกรัม/วัน มีความต้องการโปรตีนประมาณวันละ 0.80 - 1.20 กิโลกรัม (NRC, 2001)

2.1.2 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว

โคนมที่นำมาใช้ทดลองมีน้ำหนักตัวเริ่มต้น และน้ำหนักตัวสิ้นสุดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยโคนมทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 357.66 กิโลกรัม/ตัว และน้ำหนักสิ้นสุดเฉลี่ย 404.26 กิโลกรัม/ตัว ซึ่งหลังจากได้รับอาหารทั้ง 3 ทรีทเมนต์ พบว่าโคนมแต่ละกลุ่มมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะในโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR12%CP (0.44±0.07 กิโลกรัม/ตัว/วัน) และ PMR7%CP (0.42±0.07 กิโลกรัม/ตัว/วัน) มีค่าสูงกว่าโคนมกลุ่มควบคุม (0.28±0.07 กิโลกรัม/ตัว/วัน) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แสดงให้เห็นว่าการใช้ PMR7%CP และ PMR12%CP ร่วมกับฟางข้าว เพื่อเป็นแหล่งอาหารหยาบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของโคนม สามารถช่วยเพิ่มน้ำหนักตัวของโคนมที่สูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับโคนมกลุ่มควบคุมที่ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบเพียงอย่างเดียว ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว ฟางข้าวมีปริมาณโปรตีนและการย่อยได้ต่ำ (Leng, 1990) นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบพวกเยื่อใย ได้แก่ ผนังเซลล์ (78.54 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง) และลิกโนเซลลูโลส (51.31 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง) อยู่ในปริมาณสูง (ตารางที่ 9) เมื่อเปรียบเทียบกับ PMR7%CP และ PMR12%CP ที่มีปริมาณโปรตีน (6.89±0.50 และ 11.85±1.09 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง) สูงกว่า อีกทั้งยังมีผนังเซลล์ (54.94±5.66 และ 53.41±2.59) และลิกโนเซลลูโลส (39.01±3.74 และ 38.44±2.79) อยู่ในปริมาณที่ต่ำกว่า ทำให้ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จาก PMR สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับฟางข้าว จึงส่งผลทำให้โคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR12%CP และ PMR7%CP มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวที่สูงกว่า ถึงแม้ว่าโคนมกลุ่มควบคุมจะมีปริมาณวัตถุแห้งทั้งหมดที่กินได้ และปริมาณวัตถุแห้งทั้งหมดที่กินได้เป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวสูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR ก็ตาม

นอกจากนี้การใช้ PMR12%CP เป็นแหล่งอาหารหยาบร่วมกับฟางข้าวของโคนม พบว่าการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว มีแนวโน้มสูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR7%CP แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าการเสริมแอมโมเนียเหลวใน PMR12%CP ส่งผลต่อการใช้ประโยชน์จากอาหารได้สูงขึ้น ทั้งในด้านปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้น และองค์ประกอบของเยื่อใยที่มีแนวโน้มลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับ PMR7%CP ที่ไม่ได้เสริมแอมโมเนียเหลว (ตารางที่ 11) ทั้งนี้เนื่องจากสมบัติทางเคมีที่เป็นด่างแก่ของแอมโมเนียเหลวจะไปช่วยทำให้พันธะระหว่างลิกนินและเฮมิเซลลูโลสอ่อนตัวลง และยังทำให้ผนังเซลล์พองตัวขึ้น (Doyle *et al*., 1986) ดังที่กล่าวไปแล้วในข้างต้น ซึ่งจากการอ่อนตัวของพันธะ และพองตัวผนังเซลล์ทำให้เอนไซม์จากจุลินทรีย์ (microbial enzyme) สามารถย่อยโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรตได้ง่ายขึ้น (Chesson and Orskov, 1984) ทำให้โคนมสามารถใช้การประโยชน์จาก PMR12%CP ได้เพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้โคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR12%CP มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวสูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR7%CP

2.1.3 ปริมาณผลผลิตน้ำนม

ในด้านผลผลิตน้ำนมของโคนมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 3 ทรีทเมนต์ พบว่าปริมาณน้ำนมปกติของโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR12%CP มีค่าสูงสุด รองลงมาคือโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR7%CP และโคนมกลุ่มควบคุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีค่า 6.38±1.27, 5.82±0.90 และ 4.80±0.62 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ และเมื่อนำมาคำนวณเป็นปริมาณน้ำนมปรับไขมัน 4 เปอร์เซ็นต์ พบว่าโคนมทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีปริมาณผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้น โดยโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR12%CP ยังคงมีปริมาณน้ำนมสูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR7%CP และโคนมกลุ่มควบคุม แตกต่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยมีค่า 7.38±0.17, 7.18±0.17 และ 6.39±0.17 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 13) แสดงให้เห็นว่าการใช้ PMR7%CP และ PMR12%CP ในอาหารโคนมสามารถช่วยเพิ่มปริมาณน้ำนมให้สูงขึ้นได้ เนื่องจากสัตว์ได้รับโภชนะที่เหมาะสมต่อการให้ผลผลิตน้ำนม เมื่อเปรียบเทียบกับโคนมกลุ่มควบคุมที่ได้รับฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบเพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ปริมาณผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบน้ำนมของโคนมทดลองทั้ง 3 ทรีทเมนต์

ลักษณะที่ศึกษา	โคนมกลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม)	โคนมกลุ่มที่ 2 (PMR7%CP)	โคนมกลุ่มที่ 3 (PMR12%CP)
ปริมาณน้ำนมปกติ (กิโลกรัม/วัน)	4.80±0.62[ก]	5.82±0.90[ข]	6.38±1.27[ก]
ปริมาณน้ำนมปรับไขมัน 4 %	6.39±0.17[ก]	7.18±0.17[ข]	7.38±0.17[ก]
องค์ประกอบน้ำนม (เปอร์เซ็นต์)			
- ไขมัน	5.97±0.17[ก]	5.24±0.17[ข]	4.82±0.17[ข]
- โปรตีน	3.22±0.06[ก]	3.03±0.06[ข]	2.97±0.06[ข]
- ของแข็งไม่รวมไขมัน	8.96±0.18[ก]	8.45±0.18[ข]	8.31±0.18[ข]
- ของแข็งรวมทั้งหมด	14.93±0.34[ก]	13.70±0.34[ข]	13.13±0.34[ข]

ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ ± ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

[ก ข ค] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

2.1.4 องค์ประกอบของน้ำนม

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนม ได้แก่ ไขมัน โปรตีน ของแข็งไม่รวมไขมัน และของแข็งทั้งหมด พบว่า องค์ประกอบของน้ำนมค่อนข้างสูง โดยเฉพาะเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนม ทั้งนี้เนื่องจากโคนมที่นำมาทดลองมีระดับสายเลือดโคอินเดียอยู่สูงถึง 50 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งและอยู่ในระยะการให้นมช่วงปลาย ทำให้น้ำนมมีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงกว่าโคนมที่มีระดับสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนสูงๆ (สดใส และสุธิดา, 2544) ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าโคนมทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีปริมาณไขมันนม เท่ากับ 5.97±0.17, 5.24±0.17 และ 4.82±0.17 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนนม เท่ากับ 3.22±0.06, 3.03±0.06 และ 2.97±0.06 เปอร์เซ็นต์ ของแข็งไม่รวมไขมัน เท่ากับ 8.96±0.18, 8.45±0.18 และ 8.31±0.18 เปอร์เซ็นต์ และของแข็งทั้งหมด เท่ากับ 14.93±0.34, 13.70±0.34 และ 13.13±0.34

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 13 ซึ่งทั้งปริมาณไขมันนม โปรตีนนม ของแข็งไม่รวมไขมัน และของแข็งทั้งหมด ของโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR7%CP และ PMR12%CP มีค่าต่ำกว่าโคนมกลุ่มควบคุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากโคนมกลุ่มควบคุมมีปริมาณผลผลิตน้ำนมต่ำกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR7%CP และ PMR12%CP ซึ่งองค์ประกอบของน้ำนมโดยเฉพาะเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับปริมาณผลผลิตน้ำนม (วิบูลย์ศักดิ์และญาณิน, 2534) จึงส่งผลให้โคนมกลุ่มควบคุมมีเปอร์เซ็นต์ไขมันนม และองค์ประกอบน้ำนมอื่นๆ สูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR7%CP และ PMR12%CP

2.1.5 การเปลี่ยนแปลงค่าทางชีวเคมีในเลือด และฮอร์โมนไตรไอโอโดไทโรนีน

ปกติการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของเลือด สามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการใช้อาหารได้อีกตัวหนึ่ง นอกเหนือไปจากการประเมินด้วยปริมาณการกินได้ และอัตราการเจริญเติบโตของสัตว์ ซึ่งมักนิยมใช้ค่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกลูโคส (BG) ยูเรีย-ไนโตรเจน (BUN) และฮอร์โมนไตรไอโอโดไทโรนีน (T_3) ในกระแสเลือด ทั้งนี้เนื่องจากมีความสัมพันธ์เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ได้ของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และอัตราเมทาบอลิซึมต่างๆ ของร่างกาย ซึ่งจากผลของการใช้ PMR7%CP และ PMR12%CP ในอาหารโคนม เมื่อเปรียบเทียบกับโคนมกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับ PMR พบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของเลือด ดังต่อไปนี้

ก. ยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด (BUN)

ปริมาณยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดที่ 0 ชั่วโมงก่อนกินอาหารของโคนมทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่า 8.00±1.08, 6.22±1.09 และ 5.97±1.09 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่หลังจากกินอาหารไปแล้ว 4 ชั่วโมง พบว่าโคนมทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีปริมาณยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดสูงขึ้น โดยโคนมกลุ่มควบคุมมีค่าสูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR12%CP แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR7%CP แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากโคนมกลุ่มควบคุม (6 กิโลกรัม/ตัว/วัน) ได้รับอาหารข้นในปริมาณที่สูงกว่าโคนมกลุ่มที่รับ PMR12%CP และ PMR7%CP (4 กิโลกรัม/ตัว/วัน) ซึ่งสัตว์ที่กินอาหารที่มีโปรตีนสูง จะมีอัตราการสังเคราะห์ยูเรียสูงขึ้นด้วย (Madsen, 1983) โดยมีค่า 12.81±1.21, 9.70±1.22 และ 8.88±1.22 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 14 ซึ่งปริมาณยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดของโคนมจะผันแปรตามปริมาณแอมโมเนียที่เกิดจากการหมักย่อยโปรตีนในกระเพาะหมัก ซึ่งจะมีปริมาณสูงในช่วง 1 - 2 ชั่วโมงหลังกินอาหาร (Van Soest, 1982)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แอมโมเนียในกระเพาะหมักที่ไม่ถูกนำไปใช้ในการสังเคราะห์เป็นจุลินทรีย์โปรตีน จะซึมผ่านผนังกระเพาะหมักเข้าสู่กระแสเลือด และถูกเปลี่ยนเป็นยูเรียที่ตับก่อนปล่อยออกสู่กระแสเลือด (Khon, 2007) ปริมาณยูเรีย-ไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้นสูงสุดในชั่วโมงที่ 3 – 4 หลังกินอาหาร หลังจากนั้นจะค่อยๆ ลดลงจนถึงระดับคงที่ (Church, 1975) โดยปกติปริมาณยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดของสัตว์เคี้ยวเอื้องจะมีค่าอยู่ระหว่าง 10 - 20 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (Jack, 1977)

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ปริมาณยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด (มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์) ของโคนมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 3 ทรีทเมนต์

ปริมาณยูเรีย-ไนโตรเจน	โคนมกลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม)	โคนมกลุ่มที่ 2 (PMR7%CP)	โคนมกลุ่มที่ 3 (PMR12%CP)
ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนกินอาหาร)	8.00±1.08	5.97±1.09	6.22±1.09
ที่ 4 ชั่วโมง (หลังกินอาหาร)	12.81±1.21[ก]	8.88±1.22[ข]	9.70±1.22[ก]

ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ ± ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

[ก ข] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ข. กลูโคสในเลือด (BG)

ความเข้มข้นกลูโคสในเลือดของโคนมทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ในช่วงก่อนกินอาหาร พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่า 73.19±1.91, 72.75±1.93 และ 73.25±1.93 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และหลังจากที่โคนมได้รับอาหารทดลองทั้ง 3 ทรีทเมนต์ พบว่าปริมาณกลูโคสในเลือดของโคนมเพิ่มขึ้น แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่า 76.76±3.40, 76.10±3.40 และ 73.93±3.37 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 15 ปกติการกินอาหารข้นจะเกิดการสร้างกลูโคสมากกว่าการกินอาหารหยาบ เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตในอาหารข้นถูกเปลี่ยนเป็นโพรพิโอเนทโดยการหมักของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ซึ่งจะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดแล้วเปลี่ยนเป็นกลูโคสที่ตับต่อไป (บุญล้อม, 2542) แต่ระดับของกลูโคสในเลือดจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก เนื่องจากจะถูกควบคุมโดยฮอร์โมนอินซูลินและกลูคากอนที่สังเคราะห์จากตับอ่อน (เมธา, 2529) ส่งผลให้ระดับกลูโคสในเลือดอยู่ในสภาวะปกติ จึงทำให้ปริมาณกลูโคสในเลือดของโคนมทดลองทั้ง 3 กลุ่ม อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน ถึงแม้ว่าโคนมกลุ่มควบคุมจะได้รับปริมาณอาหารข้นสูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR12%CP และ PMR7%CP อย่างไรก็

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตามปริมาณกลูโคสในเลือดของโคนมทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ยังคงมีค่าอยู่ในช่วงปกติ ซึ่งเพียงพอต่อความความต้องการในการดำรงชีพ และการให้ผลผลิตของสัตว์ ซึ่งปกติระดับกลูโคสของสัตว์โดยทั่วไปมีค่าประมาณ 50 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ และมีความต้องการเพื่อการดำรงชีพ 40 - 60 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (เมธา, 2529)

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ปริมาณกลูโคสในเลือด (มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์) ของโคนมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 3 ทรีทเมนต์

ปริมาณกลูโคส	โคนมกลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม)	โคนมกลุ่มที่ 2 (PMR7%CP)	โคนมกลุ่มที่ 3 (PMR12%CP)
ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนกินอาหาร)	73.19±1.91	72.75±1.93	73.25±1.93
ที่ 4 ชั่วโมง (หลังกินอาหาร)	73.93±3.37	76.10±3.40	76.76±3.40

ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ ± ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ค. ระดับฮอร์โมนไตรไอโอโดไทโรนีน (T_3)

ปริมาณของฮอร์โมน T_3 มีความเกี่ยวข้องกับเมทาบอลิซึมพื้นฐานของสัตว์ เมื่อวิเคราะห์จากตัวอย่างเลือดที่ 0 ชั่วโมงก่อนกินอาหาร พบว่าปริมาณฮอร์โมน T_3 ของโคนมทดลองทั้ง 3 กลุ่ม แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่า 130.74±7.93, 134.40±8.01 และ 151.25±7.99 นาโนกรัมต่อเดซิลิตร ของโคนมกลุ่มควบคุม โคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR7%CP และ PMR12%CP ตามลำดับ แต่หลังจากกินอาหาร 4 ชั่วโมง พบว่าปริมาณฮอร์โมน T_3 ของโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR12%CP มีค่าสูงกว่าโคนมกลุ่มควบคุม และโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR7%CP แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีค่า 178.63±7.25, 155.05±7.19 และ 152.10±7.27 นาโนกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ โดยโคนมกลุ่มที่เสริม PMR12%CP ยังคงมีปริมาณสูงกว่าโคนมกลุ่มควบคุม และโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR7%CP แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 16 อย่างไรก็ตามระดับของฮอร์โมน T_3 ของโคนมทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ยังคงมีค่าอยู่ในช่วงปกติที่ระดับ 40 - 170 นาโนกรัมต่อเดซิลิตร (Dunlop, 1991) ซึ่งระดับไทรอยด์ฮอร์โมนที่เหมาะสมจะมีผลกระตุ้นการไหลเวียนของโปรตีน (นทีทิพย์, 2538) ส่งผลให้สัตว์ในระยะรุ่นมีอัตราการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (ยรรยง, 2538)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของระดับฮอร์โมนไตรไอโอโดไทโรนีน (นาโนกรัมต่อเดซิลิตร) ของโคนมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 3 ทรีทเมนต์

ฮอร์โมนไตรไอโอโดไทโรนีน	โคนมกลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม)	โคนมกลุ่มที่ 2 (PMR7%CP)	โคนมกลุ่มที่ 3 (PMR12%CP)
ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนกินอาหาร)	130.74±7.93	134.40±8.01	151.25±7.99
ที่ 4 ชั่วโมง (หลังกินอาหาร)	155.05±7.19[ข]	152.10±7.27[ข]	178.63±7.25[ก]

ค่าเฉลี่ยแบบลีสสแควร์ ± ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

[ก ข] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

2.1.6 ค่าประเมินผลตอบแทนเปรียบเทียบเชิงเศรษฐกิจจากการผลิตน้ำนม

จากการศึกษาผลของการใช้ PMR7%CP และ PMR12%CP ในอาหารโคนมต่อผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ โดยการคำนวณจากผลผลิตน้ำนมที่ผลิตได้ต่อวัน และหักค่าอาหารหยาบ (ฟางข้าว PMR7%CP และ PMR12%CP) อาหารข้น แต่ไม่รวมต้นทุนอื่นๆ เพื่อประเมินราคาต้นทุนอาหารทั้งหมดต่อวัน และรายรับของน้ำนมต่อวัน ดังแสดงในตารางที่ 17 พบว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR12%CP และ PMR7%CP มีรายรับจากน้ำนมปกติ โดยมีค่า 100.83, 92.47 และ 76.97 บาท/ตัว/วัน ตามลำดับ คิดเป็นรายได้สุทธิต่อวันจากน้ำนมปกติ พบว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR12%CP และ PMR7%CP มีรายได้สูงกว่าโคนมกลุ่มควบคุม โดยมีค่า 34.55, 30.36 และ 7.97 บาท/ตัว/วัน ตามลำดับ ส่วนต้นทุนค่าอาหารเมื่อคิดต่อกิโลกรัมของปริมาณน้ำนมปกติ พบว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR12%CP และ PMR7%CP มีต้นทุนต่ำกว่าโคนมกลุ่มควบคุม โดยมีค่า 10.38, 10.67 และ 14.37 บาท/กิโลกรัม ของต้นทุนค่าอาหารต่อปริมาณน้ำนมปกติ 1 กิโลกรัม ตามลำดับ คิดเป็นรายได้สุทธิต่อกิโลกรัมของน้ำนมปกติ พบว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR12%CP มีค่าสูงสุด รองลงมาคือโคนมกลุ่มที่ได้รับ PMR7%CP และโคนมกลุ่มควบคุม โดยมีค่า 5.42, 5.22 และ 1.67 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าการใช้ PMR12%CP และ PMR7%CP เพื่อเป็นแหล่งอาหารหยาบร่วมกับฟางข้าวของโคนมให้ผลตอบแทนเชิงเศรษฐกิจที่ดีกว่า โคนมกลุ่มที่ได้รับฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบเพียงอย่างเดียว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 ผลของการใช้ PMR7%CP และ PMR12%CP ในอาหารโคนมต่อผลตอบแทนเปรียบเทียบเชิงเศรษฐกิจในช่วงฤดูแล้ง

รายการ	โคนมกลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม)	โคนมกลุ่มที่ 2 (PMR7%CP)	โคนมกลุ่มที่ 3 (PMR12%CP)
ต้นทุนค่าอาหารข้น (บาท/ตัว/วัน)	50.40	33.60	33.60
ต้นทุนค่าอาหารหยาบ (บาท/ตัว/วัน)	18.60	28.51	32.68
ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด (บาท/ตัว/วัน)	69.00	62.11	66.28
รายรับจากน้ำนมปกติ (บาท/ตัว/วัน)	76.97	92.47	100.83
รายได้สุทธิจากน้ำนมปกติ (บาท/ตัว/วัน)	7.97	30.36	34.55
ต้นทุนค่าอาหารต่อปริมาณน้ำนมปกติ 1 กิโลกรัม (บาท/กิโลกรัม)	14.37	10.67	10.38
รายได้สุทธิต่อปริมาณน้ำนมปกติ 1 กิโลกรัม (บาท/กิโลกรัม)	1.67	5.22	5.42

อาหารข้น 8.40 บาท/กิโลกรัม
ฟางข้าว 2.50 บาท/กิโลกรัม (45 บาท/ฟ่อน ในฤดูแล้ง)
PMR7%CP 2.00 บาท/กิโลกรัม
PMR12%CP 2.25 บาท/กิโลกรัม
ราคาน้ำนมดิบของเกษตรกรรายย่อย 15.50 บาท/กิโลกรัม และเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมดิบเพิ่มจากมาตรฐาน (3.30) ในอัตราร้อยละ 0.10 ให้ราคาน้ำนมดิบเพิ่มขึ้น 0.02 บาท/กิโลกรัม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุป

การนำชานอ้อยที่มีปริมาณโปรตีนและพลังงานต่ำมาปรับปรุงคุณภาพ โดยนำมาหมักร่วมกับเศษข้าวโพดหวาน และกากน้ำตาลเอทานอล ประกอบขึ้นเป็น PMR โดยใช้กากน้ำตาลเอทานอลเป็นแหล่งของโปรตีน สามารถช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้สูงขึ้น และการใช้แอมโมเนียเหลวใน PMR12%CP พบว่ามีปริมาณโปรตีนสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับ PMR7%CP ที่ไม่มีการเสริมแอมโมเนียเหลว นอกจากนี้การใช้แอมโมเนียเหลวยังส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของ PMR12%CP มีระดับสูงกว่า PMR7%CP ทั้งนี้เป็นเพราะสมบัติทางเคมีที่เป็นด่างแก่ (pH 11.60) ของแอมโมเนียเหลว ส่วนองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ เช่น ปริมาณวัตถุแห้ง องค์ประกอบพวกเยื่อใย เถ้า กรดแลคติก และกรดอะซิติก ไม่พบความแตกต่างของ PMR ทั้ง 2 ทรีทเมนต์ และเมื่อนำ PMR7%CP และ PMR12%CP มาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบร่วมกับฟางข้าว พบว่าโคนมมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว และปริมาณผลผลิตน้ำนมที่สูงขึ้น มากกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบเพียงอย่างเดียว และเมื่อนำเลือดของโคนมมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด กลูโคสในเลือด และฮอร์โมนไตรไอโอโดไทโรนีน พบว่าอยู่ในสภาวะปกติ เมื่อพิจารณาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่สูงกว่า โดยพบว่าการใช้ PMR ทดแทนแหล่งอาหารหยาบบางส่วน สามารถช่วยเพิ่มรายได้สุทธิจากน้ำนมปกติ มากกว่าโคนมกลุ่มที่ไม่ได้รับ PMR ดังนั้น PMR จึงเป็นทางเลือกหนึ่งของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมได้ในอนาคต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูแล้งของทุกๆ ปี ที่ขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพดี (หญ้าสด) และยังเป็นแนวทางในการนำผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเกษตรและพลังงานที่มีอยู่มากในปัจจุบันมาใช้ประโยชน์ด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

ปัจจุบันประเทศไทยมีของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรและพลังงานเป็นจำนวนมาก เช่น ของเสียจากโรงงานผลิตเอทานอล โรงงานผลิตผลไม้กระป๋อง โรงงานผลิตข้าวโพดหวานกระป๋อง และโรงงานผลิตน้ำตาลทราย เป็นต้น ซึ่งของเสียเหล่านี้สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารของสัตว์ได้ แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษาด้านการใช้ประโยชน์เพื่อนำมาเป็นแหล่งอาหารสัตว์ยังคงมีน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งของเสียที่เกิดจากโรงงานผลิตเอทานอล (กากน้ำตาลเอทานอล) และโรงงานผลิตน้ำตาลทราย (ชานอ้อย) ซึ่งควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเชิงลึก อันได้แก่ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพช่วยให้สัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถใช้ประโยชน์จาก PMR ได้มากกว่าการศึกษาในครั้งนี้ ตลอดจนการศึกษาในโคนมที่มีพันธุ์แตกต่างกัน เพื่อช่วยลดปัญหาดังกล่าว และเพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ในการเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสม และแพร่หลายต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2549. **รายงานสรุปการนำของเสียจากการผลิตเอทานอลมาใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มมูลค่า.** สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์. 2551. **การส่งออกข้าวโพดฝักอ่อนสดและกระป๋อง.** รวบรวมโดยฝ่ายข้อมูลส่งเสริมการเกษตร กองแผนงาน กรมส่งเสริมการเกษตร. แหล่งที่มา: http://www.dld.go.th/nutrition/Nutrition_Knowlage/ARTICLE/ArtileQ.htm, 24 กุมภาพันธ์ 2551.

กอบแก้ว ตรงโคสิน. 2535. **พืชอาหารสัตว์เขตร้อน.** โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

เกรียงศักดิ์ กล่ำเอม, เกียรติสุรักษ์ โภคสวัสดิ์, วิรัส สุขสราญ และ ฉายแสง ไผ่แก้ว. 2548. **เอกสารคำแนะนำหญ้าหมัก.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

เกษตร วิทยานุภาพยืนยง และพิเชฐ ศักดิ์พิทักษ์กุล. 2531. **คู่มือการเลี้ยงโคนม.** จำนวน 2,000 เล่ม. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย: กรุงเทพฯ.

คู่ขวัญ จุลละนันทน์. 2543. **การปรับปรุงคุณภาพชานอ้อยโดยวิธีการทางเคมี เพื่อทดแทนการขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้งของโคนมในประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา สุวิทย์ อินทฤทธิ์ และสถิต มั่งมีชัย. 2541. **การใช้ซังข้าวโพดหวานเป็นอาหารหยาบสำหรับโครีดนมในช่วงแล้ง.** กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ในรายงานผลงานวิจัยประจำปี 2541. น. 1-11.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จุรีรัตน์ สัจจิพานนท์, วิรัช สุขสราญ, สายชิม แสงโชติ และเกียรติศักดิ์ กล่ำเอม. 2535. **การจัดสร้างทุ่งหญ้าและถั่วอาหารสัตว์.** เอกสารประกอบการฝึกอบรมอาหารสัตว์ กองปศุสัตว์สัมพันธ์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. น. 56-95.

ชวนิศนดากร วรวรรณ, ม.ร.ว. 2534. **การเลี้ยงโคนม.** จำนวน 3,000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 6. ธนบรรณการพิมพ์: เชียงใหม่.

ชาญชัย มณีดุลย์. 2521. **เอกสารทางวิชาการ: การทำหญ้าหมัก.** กองอาหารสัตว์, กรมปศุสัตว์. กรุงเทพฯ. (อัดสำเนา)

นทีทิพย์ กฤษณามระ. 2538. **ฮอร์โมน: กลไกและการออกฤทธิ์ร่วม.** สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ. 321 น.

นิรนาม. 2551. **สถิติการเพาะปลูกอ้อย.** แหล่งที่มา: http://www.doa.go.th/ pl_data/ SUGAR/ 1stat/st02.html, 2 มกราคม 2551.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541. **โภชนะศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง**. ภาควิชาสัตวศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 170 น.

บุญล้อม ชีวอิสระกุล. 2542. **ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์.** พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาสัตวศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

บุญล้อม และบุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2525. **คู่มือวิเคราะห์อาหารสัตว์**. คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่

บุญเสริม ชีวอิสระกุล. 2546. **การเลี้ยงดูและการจัดการแพะ.** คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

เมธา วรรณพัฒน์. 2529. **โภชนะศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง**. ภาควิชาสัตวศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ยรรยง อินทรรักษา. 2538. **สรีรวิทยาต่อมไร้ท่อและการสืบพันธุ์.** ภาคสรีรวิทยา, คณะสัตวแพทยศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ยุทธศรี หล้ามณี. 2551. **คุณสมบัติของแอมโมเนียและการรั่วซึม.** แหล่งที่มา: http://www.thairefrig.or.th/download/thairefrig_or_th/ammonia.pdf, 1 พฤษภาคม 2551.

วารุณี พานิชผล, ฉายแสง ไผ่แก้ว, สมคิด พรหมมา, โสภณ ชินเวโรจน์, จันทกานต์ อรณนันท์, วิโรจน์ ฤทธิ์ฤาชาชัย และ วรรณา อ่างทอง. 2547. **มาตรฐานพืชอาหารสัตว์หมักคุณภาพดี.** กองอาหารสัตว์, กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

วิทยา สุมามาลย์, สมจิตร อินทรมณี และ มาซามิ คูราโมชิ. 2547. **คู่มือการเก็บสำรองพืชอาหารสัตว์.** โครงการพัฒนาผลิตเมล็ดพันธุ์พืชอาหารสัตว์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือประเทศไทย ภายใต้ความร่วมมือระหว่างกรมปศุสัตว์ (DLD) และองค์การความร่วมมือระหว่างประเทศญี่ปุ่น (JICA). กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

วิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ และ ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ. 2534. **การผลิตโคนม.** จำนวน 2,000 เล่ม. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์: กรุงเทพฯ.

วีระพล แจ่มสวัสดิ์. 2537. **เอกสารประกอบการสอนวิชาพืชอาหารสัตว์.** ภาควิชาสัตวศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์บางพระ, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. น. 156-163.

ศรเทพ ธัมวาสร. 2539. **ศักยภาพการเลี้ยงโคนมนำเข้าลูกผสมซาฮิวาล ฟรีเซี่ยนในประเทศไทย.** วันวิชาการโคนม อ.ส.ค. ครั้งที่ 2, 5 กันยายน 2539. ณ ฟรอเรสฮิลล์คันทรี่คลับ, อำเภอมวกเหล็ก, จังหวัดสระบุรี.

ศรเทพ ธัมวาสร. 2550. คุณค่าทางอาหารของกากน้ำตาลเอทานอลและผลการทดลอง. น. 6-18. *ใน* **การสัมมนาพิเศษ เรื่องการใช้กากน้ำตาลเอทานอลในการเลี้ยงสัตว์เพื่อลดต้นทุนการผลิต.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สดใส นามตะ และสุธิดา อ่อนสองชั้น. 2544**. ปริมาณผลผลิตน้ำนมและความสมบูรณ์พันธุ์ของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน 50% และบราห์มัน-พื้นเมือง 50%.** จุลสารวิชาการปศุสัตว์ ปีที่ 7 ฉบับที่ 16 เมษายน - ตุลาคม 2545. สำนักงานปศุสัตว์ เขต 3 กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สายัณห์ ทัดศรี. 2547. **พืชอาหารสัตว์เขตร้อน.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. น. 322-335.

สำนักคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2552. **รายงานการผลิตอ้อยและน้ำตาลทรายของโรงงานทั่วประเทศไทย.** แหล่งที่มา: http://www.ocsb.go.th/uploads/contents/13/attachfiles/ F1912_END47.htm, 21 มีนาคม พ.ศ. 2552.

สำนักควบคุมวัตถุอันตราย. 2552. **แอมโมเนียเหลว.** แหล่งที่มา: http://www2.diw.go.th/haz/hazard/Libary/ammo.htm, 27 มกราคม 2552.

สุชนา โชติวงศ์วรนันท์. 2538. **ผลการศึกษาการใช้เยื่อชานอ้อยปรุงแต่งเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ในสุกรระยะรุ่น-ขุน (30-90 กิโลกรัม)**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุพจน์ บุญแรง. 2539. **อิทธิพลของการปรับสภาพทางด้านเคมี-กายภาพ และทางกลต่อการย่อยสลายตัวของยีสต์ขนมปัง.** ปัญหาพิเศษปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุเมธ ประทุมสุวรรณ. 2540. คุณภาพน้ำนมดิบสู่โรงงาน. **วารสารโคนม.** 16: 55-60.

อนันต์ชัย เขื่อนธรรม. 2535. **สถิติวิเคราะห์.** ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อังคณา หาญบรรจง, เพ็ญแข วันไชยธนวงศ์, สุนีย์ นิธิสินประเสริฐ และสมจิตร ถนอมวงศ์วัฒนะ. 2543. **ผลของหญ้าสดและหญ้าหมักชนิดต่างๆ ต่อการให้ผลผลิตน้ำนมของโคนม.** *ใน* รายงานการประชุมวิชาการวิชาสัตวศาสตร์ประจำปี พ.ศ. 2543. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อารีย์ วรัญญูวัฒน์. 2526. **พืชอาหารสัตว์: หลักปฏิบัติ.** ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

Alli, I, R. Fairbairn, B. Baker, L.E. Phillip and H. Garion. 1983. Effects of anhydrous ammonia on fermentation of chopped, high moisture ear corn. **J. Dairy Sci.** 66: 2343-2348

AOAC. 1990. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** 5th ed. Association of official Analysis Chemists, Inc., Virginia.

Blowey, R.W., D.W. Wood and J.R. Davies. 1973. A national monitoring system for dairy herds based on blood glucose, urea and albumin levels. **Vet. Rec**. 92: 691-696

Bolsen, K.K., J.L. Curtis, C.J. Lin and J.L. Dickerson. 1990. Silage inoculants and indigenous micro flora with emphasis on alfafa, pp. 431-443. *In* T.P. Lyons, ed. **Biotechnology in the feed Industry Proceeding of Allteoh's Sixth Annual Symposin.** Altech Technical Publication, Kentucky.

Brosh, A.Y., Aharoni, D., Levy and Holzer Z. 1998. Effect of source and content of ash in poultry litter in diets for beef cattle. **J. Agric. Sci**., Cambridge 131: 87-95.

Buchanan-Smite, J.G. 1982. Preservation and feeding value for yearling steers of whole plant corn ensiled at 28 and 42% dry matter with and without cold flow ammonia treatment. **Can. J. Anim. Sci.** 62: 173.

Catchpole, V.R. and E.F. Henzell. 1971. Silage and silage making from tropical herbage species. **Herb. Abst**. 41: 213-221.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Chesson, A. and E.R. Orskov. 1984. **Microbial degradation in the digestive tract**. In: Straw and other fibrous by-products as feeds. Edition by F. Sunstol and E. Owen. Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo. pp. 140-144.

Church, D.C. 1975. **Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants Volume 1.** 2nd ed. O & B Book, Oregon.

Colenbrander, V. F., W. P. Weiss, D. L. Hill, and N. J. Moeller. 1983. Ammonia and Urea in Corn Silage-Based Complete Mixed Diets. **J. Anim. Sci**. 56: 525-528.

Collins, M. and V.N. Owens. 2003. Preservation of forage as hay and silage, pp. 443-471. *In* R.F. Barnes, C.J. Nelson, M. Conllins and K.J. Moore, eds. **Forages: an Introduction to Grassland Agriculture Volume I**. 6th ed. Iowa State Press, A Blackwell Publishing Company, USA.

Doyle, P.T., Devedra, C., and Pearce, G.R. 1986. **Rice straw as a feed for ruminants**. International development programmed of Australian Universities and Colleges. Canberra. Australia. 117p.

Dunlop, R.P. 1991. Thyroid metabolic hormone, pp. 513-520. *In* R.P. Dunlop, ed. **Physiology of Small and Large Animals.** National Academic Press, Washington D.C.

Elferink, S.J., F. Driehuis, J.C. Gottschal and S.F. Spoelstra. 2000. **Silage fermentation processes and their manipulation.** Available source: //www.fao.org/waicent/fao/agricult/agpg/gp/ silage paper2.html,2000, August 20, 2005.

Fernández, B., R. Bodas, Ó. López-Campos, S. Andrés, A. R. Mantecón and F. J. Giráldez. 2009. Vinasse added to dried sugar beet pulp: preference rate, voluntary intake and digestive utilization in sheep. **J Anim Sci.** 86: 67-74.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Goering, H.R. and P.J. Van Soest. 1970. **Forage Fiber Analysis**. Agricultural Handbook, Agricultural Research Council. Washington, D.C. USDA.

Hammond, A.C. 1997. **Update on BUN and MUN as a guide for protein supplementation in cattle.** Available Source: http://dairy.ifas.ufl.edu/rns/1997/frns1997.pdf, December 3, 2006.

Hargreaves, J.T. Huber, J. Arroyoluna and L. Kung. 1984. Influence of Adding Ammonia to Corn Stalk age on Feeding Value for Dairy Cows and on Fermentation Changes. **J Anim Sci.** 59: 567-575.

Higginbothum, G.E., M. Torabi and J.T. Huber. 1989. Influence of dietary protein concentration and degradability on performance of lactating cows during hot environmental temperatures. **J. Dairy Sci**. 72: 2554-2564.

Huber, J.T., J. Foldager and N.E. Smith. 1979. Nitrogen distribution in corn silage treated with varying levels of ammonia. **J. Dairy Sci.** 73: 69-80.

_____, H.F. Bucholtz and R.L. Boman. 1980. Ammonia versus urea treated silages with varying urea in the concentrate. **J. Dairy Sci**. 53:76-85.

Jack, M.P. 1977. **Metabolic Diseases in Farm Animal: Nitrogen Metabolism.** William Heine maim Medical Book Ltd., London.

Jones, B.A., R.D. Hatfield and R.E. Muck. 1992. Effect of fermentation and bacterial inoculation on Lucerne cell walls. **J. Sci. Food Agric**. 60: 147-153.

Khon, R. 2007. **Use of milk or blood urea nitrogen to identify feed management inefficiencies and estimate nitrogen excretion by dairy cattle and other animals.** Available Source: http//dairy.ifas.ufl.edu/ms/2007/Kohn.pdf, March 20, 2007.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Kung, L. 2000. **Silage fermentation and additives.** Available Source: http://foragesoftexas.tamu.edu/pdf, March 8, 2007.

Kung, L., and J.T. Huber. 1983. Performance of high producing dairy cows in early lactation fed protein of varying amounts, sources, and degradability. **J. Dairy Sci.** 66: 227-234.

Kung, L., J.T. Huber and L.D. Setter. 1989. Influence of non protein nitrogen and protein of low rumen degradability on nitrogen, flow and utilization in lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.** 66: 63-71.

Lazzaro, J. 2005. **Normal blood chemistry values for adult goats.** Available Source: http://www.sanendoah.com/bloodvalues.html, December 19, 2006.

Leng, R. A. 1990. Factors affecting the utilization of poor quality forage by ruminants particularly under tropical conditions. **Nutrition Research Reviews.** 3: 277-303.

Madsen, A. 1983. Metabolism in liver cells, pp. 53-73. In P.M. Riis, ed. **Dynamic Biochemistry of Animal Production.** Elserviers Science. Publ. Co., Inc., New York.

McCerllough, M.E. 1975. New Trends in ensiling forages. **World Anim.** Rev. No. 15.

McDonald., 1981. **The Biochemistry of Silage.** John Wiley and Sons, Chicherter.

_____, N. Henderson and S. Herson. 1991. **The Biochemistry of Silage.** Chalconbe Publ., England.

Minson. 1990. **Forage in Ruminant Nutrition.** Academic Press, San Diego, CA.

Moore, K.J., Lemenager, R.P., Lechtenberg, V.L., Hendrix, K.S. and Risk J. E. 1986. Digestion and Utilization of Ammoniated Grass-Legume Silage**. J Anim Sci.** 62: 235-243.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Moreira, J.R. 2007. **Water use and impacts due ethanol production in Brazil**. Available Source: http://www.iwmi.cgiar.org/EWMA/files/papers/Jose_Moreira.pdf.htm, 12 June 2007.

Moss, R. 1992. **Livestock Health and Welfare.** Longman scientific and technical, UK.

Mowat, D.N., J.E. Core, J.G. Buchanan-Smith and G.K. Macleod. 1976. Nitrogen additives to corn silage fed to growing calves. **Can. J. Animal. Sci.** 56: 285-292.

Muck, R.E. 1991. Silage fermentation, pp.177-204. *In* J.G. Zeikus and E.A. Johnson, eds. **Mixed Cultures in Biotechnology.** McGrawHill, Inc., New York.

National Research Council (NRC). 2001**. Nutrient Requirements of Goat: Angola, Dairy and Meat Goat in Temperate and Tropical countries.** National Academy Press, Washington, D.C.

O'Doherty, J.V. and T.F. Crosby. 1998. Blood metabolite concentrations in late pregnant ewes as indication of nutritional status. **Animal. Sci.** 66: 675-683.

Saenger, R.P. Lemenager and K.S. Hendrix. 1982. Anhydrous ammonia treatment of corn stove and its effects on Digestibility, Intake and Performance of beef cattle. **J. Anim Sci.** 54: 419-425.

SAS. 1999. **SAS/STAT User' 5 Guide: Statistic.** SAS Institute Inc. North Carolina.

Schiere, J.B. and M.N.M. Ibrahim. 1989. **Feeding of Urea-ammonia Treated Rice Straw: A Compilation of Miscellaneous Reports Produced by the Straw Utilization Project (Sri Lanka).** Pudoc, Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wegeningen. 125 p.

Schmidt, G.H. and Van Vleck, L.D. 1974. **Principles of Dairy Science**. W.H. Freeman and Co., San Francisco.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Schroeder, J.W. 2004. **Quality Forage–Silage Fermentation and Preservation.** NDSU Extension Service Circular AS-1254. Available Source: http://www.ag.ndsu.edu/pubs/ansci/dairy/as1254w.htm, April 28, 2006.

Singh, A.S., D.T. Pal, B.C. Mandal, P. Singh and N.N. Pathaak. 2002. Studies on changes in some of blood constituents of adult cross-bred cattle fed different levels of extracted rice bran. **J. Nutri.** 1(2): 95-98.

Squires, E.T. 2003. **Applied Animal Endocrinology.** CABI Pub., Wallingford.

Suksombat, W. 1996. The effect four different roughage-mixed on dairy cow performance in late lactation. **Suranaree J. Tec.** 3(3): 139-145.

Suksombat, W. 1998. Effect of feeding fresh forage and 3 roughage-mixed ration on dairy cow performance in early lactation during rainy season. **Suranaree J. Tec.** 5(2): 80-87.

Tiffany, T.O., J.M. Jansen, C.A. Burtis, J.B. Overton and C.D. Scott. 1972. Enzymatic kinetic rate and end point analyses of substrate by the use of a GeMSAEC fast analyser. **Clinical Chemistry.** 18: 829-840.

Van Soest, P.J. 1982. **Nutritional Ecology of the Ruminant.** O & B book, Corvallis, Oregon, USA.

Wessels, S., L. Axelsson, E. Bech Hansen, L. De Vuyst, S. Laulund, L. Lahteenmaki, S. Lindgren, B. Mollet, S. Salminenm and A.V. Wright. 2004. The lactic acid bacteria, the food chain, and their regulation. **Trends Food Sci. and Tech**. 15: 498-505.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 การประเมินคุณภาพลักษณะทางกายภาพของพืชหมัก

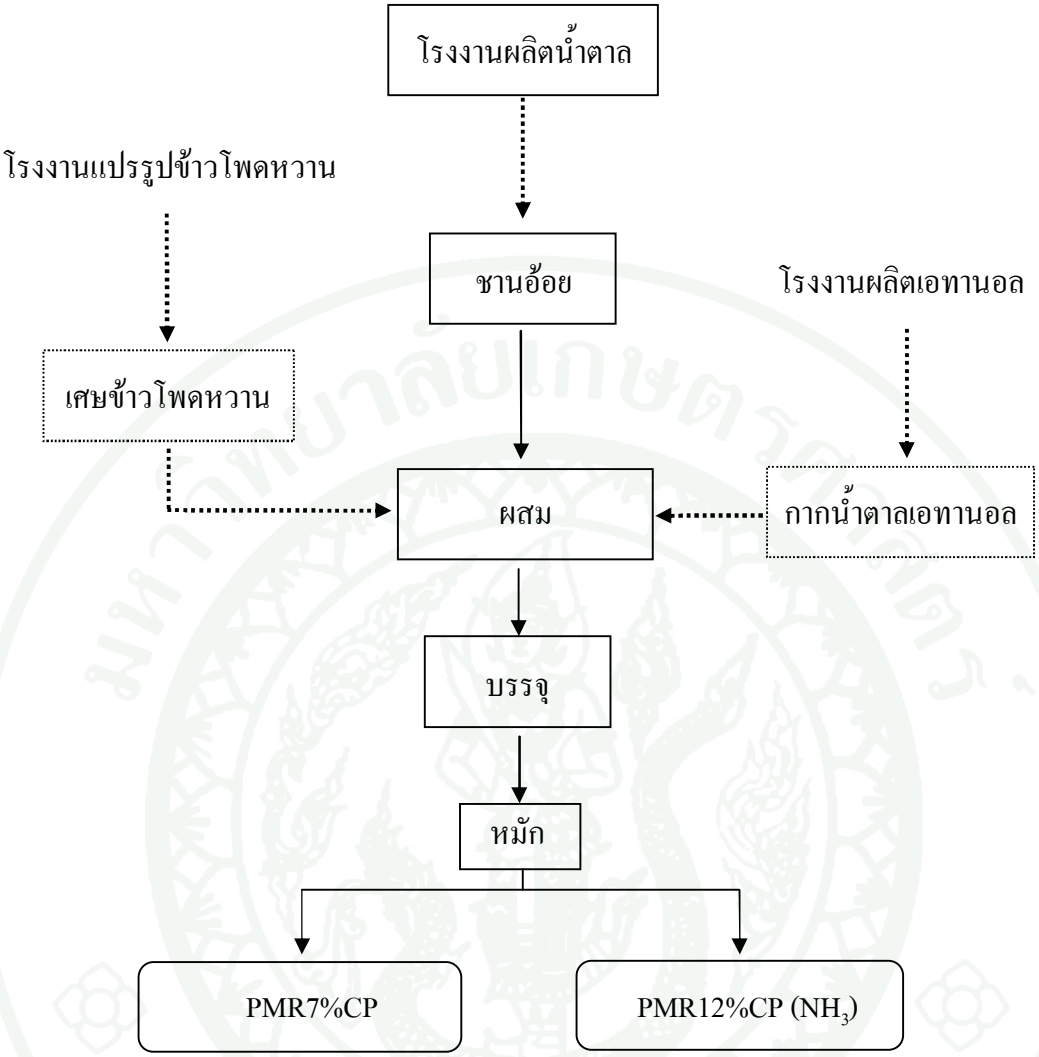
ลักษณะที่ศึกษา	ลักษณะทางกายภาพ
1. กลิ่น	- หอมคล้ายกลิ่นผลไม้ดอง หรือน้ำส้มสายชู (12 คะแนน)
	- ไม่หอม มีกลิ่นฉุนเล็กน้อย (8 คะแนน)
	- มีกลิ่นฉุนมาก และเหม็นเล็กน้อย (4 คะแนน)
	- เหม็นเน่า หรือมีกลิ่นรา (0 คะแนน)
2. เนื้อพืชหมัก	- แน่น มีส่วนใบและลำต้นที่ยังคงสภาพเดิม และไม่มีสิ่งเจือปน (4 คะแนน)
	- แน่น ส่วนใบและลำต้นเปื่อยยุ่ยเล็กน้อย ลื่นเป็นเมือก (2 คะแนน)
	- แน่น ส่วนใบและลำต้นเปื่อยยุ่ยมาก มีสิ่งเจือปน (1 คะแนน)
	- และเป็นเมือก สกปรกมาก (0 คะแนน)
3. สี	- เหลืองอมเขียวหรือสีกากี (3 คะแนน)
	- เขียวอมเหลืองหรือเขียวเข้ม (2 คะแนน)
	- น้ำตาลทอง (1 คะแนน)
	- น้ำตาลเข้มหรือดำ (0 คะแนน)
4. pH	- 3.5 – 4.2 (6 คะแนน)
	- 4.4 – 4.7 (4 คะแนน)
	- 4.7 – 5.1 (2 คะแนน)
	- > 5.1 (0 คะแนน)

ที่มา: วารุณี และคณะ (2547)

1. กระบวนการผลิต PMR

PMR ผลิตจากเครื่องจักรที่ทันสมัย ภายใต้การดูแลของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งกระบวนการผลิตมีลักษณะเช่นเดียวอาหารหยาบหมักทั่วไป โดยนำเศษข้าวโพดหวาน ชานอ้อย และกากน้ำตาลเอทานอล มาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันในอัตราส่วนที่เหมาะสมบรรจุใส่ถุงพลาสติกสีขาวขุ่นขนาด 20 กิโลกรัม หมักไว้ในที่ร่มในสภาพที่ไร้อากาศ 21 วัน เพื่อรอให้เกิดกระบวนการหมัก PMR ที่ผลิตขึ้นนี้แบ่งออกเป็น 2 สูตรด้วยกัน ดังแสดงในภาพผนวกที่ 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ 1 กระบวนการผลิต PMR ทั้ง 2 สูตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ลักษณะทางกายภาพของวัตถุดิบที่ใช้ผลิต PMR

ภาพผนวกที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของชานอ้อย

ภาพผนวกที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของเศษข้าวโพดหวาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของกากน้ำตาลเอทานอล

ภาพผนวกที่ 5 ถังที่ใช้บรรจุแอมโมเนียเหลว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ 6 เครื่องควบคุมการผลิต PMR

ภาพผนวกที่ 7 การลำเลียงชานอ้อย และเศษข้าวโพดหวานเข้าสู่ถังผสม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ 8 PMR ที่ผสมเรียบร้อย และจะถูกอัดด้วยเครื่องอัดไฮโดรริก เพื่อไล่อากาศ

ภาพผนวกที่ 9 การบรรจุ PMR ใส่ภาชนะหมัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ 10 PMR ที่ผลิตได้ ขนาดบรรจุ 20 กิโลกรัม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ ว่าทีร้อยตรีณัฐพล สุวรรณสิน

เกิดวันที่ 24 ตุลาคม 2526

สถานที่เกิด อำเภอสอยดาว จังหวัดจันทบุรี

ประวัติการศึกษา วท.บ. (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตปทุมธานี (พ.ศ. 2549)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์