บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

2.1 อาชีพเลี้ยงโคนมในประเทศไทย

อาชีพการเลี้ยงโคนมเป็นส่วนหนึ่งที่สร้างงาน และรายได้แก่เกษตรกรเป็นอย่างมาก เกษตรกรไทยไม่น้อยกว่า 23,374 ครัวเรือน หรือคิดเป็นจำนวนเกษตรกรไม่น้อยกว่า 1.3 ล้านคน ที่พึ่งพาเศรษฐกิจอยู่กับรายได้การเลี้ยงโคนม (พิบูลย์, 2546; สำนักพัฒนาการปศุสัตว์และถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมปศุสัตว์, 2547) นอกจากนั้นภาครัฐบาลได้มีการส่งเสริมให้มีการบริโภคนมนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530-2540 เป็นต้นมา ทำให้ปริมาณการบริโภคนมพร้อมดื่มมีปริมาณมากกว่าปริมาณการผลิตภายในประเทศ แนวทางที่จะพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตนอกจากการปรับปรุงพันธุ์ และสิ่งแวดล้อมแล้ว การจัดการด้านอาหารเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้โคนมสามารถให้ผลผลิตได้เต็มศักยภาพ

ผลผลิตน้ำนมในปี พ.ศ.2547 พบว่า ปริมาณการผลิตน้ำนมดิบทั้งหมดของประเทศไทย คือ 746,646 ตัน หรือเฉลี่ยวันละ 2,045 ตัน เพิ่มขึ้นมากกว่าปริมาณน้ำนมดิบที่ผลิตในปี พ.ศ. 2546 (ตารางที่ 2.1) คิดเป็นร้อยละ 2 เนื่องจากเกษตรกรไม่ประสบปัญหาโรคปากเท้าเปื่อยระบาดเหมือนเช่นปี พ.ศ. 2546 ประกอบกับเกษตรกรให้ความสำคัญด้านการจัดการฟาร์มมากขึ้น และได้มีการรับรองฟาร์มมาตรฐานโคนมมากขึ้นอีกด้วย โดยจำนวนฟาร์มโคนมที่รับรองมาตรฐานในช่วงปีงบประมาณ 2547 เป็น 783 ฟาร์ม เพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมา 200 ฟาร์ม ถึงแม้ว่าจำนวนฟาร์มโคนมมาตรฐานจะมีสัดส่วนเพียงร้อยละ 4 ของจำนวนฟาร์มโคนมทั้งหมดก็ตาม แต่เป็นสัญญาณว่าเกษตรกรเริ่มให้ความสำคัญกับฟาร์มมาตรฐาน อีกทั้งประกอบกับการปรับนโยบายของรัฐบาลที่เปลี่ยนเป็นการตั้งรุกมากขึ้น (สำนักพัฒนาการปศุสัตว์และถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมปศุสัตว์, 2547)

ด้านคุณภาพน้ำนมดิบ กรมปศุสัตว์ได้ดำเนินการทั้งการตรวจรับรองมาตรฐานฟาร์มโคนม การประเมินฟาร์มศูนย์รวบรวมนม เพื่อพัฒนาเข้าสู่ระบบ GMP (good manufacturing practice) ฟาร์มโคนมที่ผ่านมาการตรวจรับรองมาตรฐานจากกรมปศุสัตว์ตลอดปีงบประมาณ 2547 รวมฟาร์มมาตรฐานที่มีทั้งหมดในปัจจุบัน คือ 997 ฟาร์ม ทั้งนี้เพิ่มขึ้นจากปีงบประมาณ 2546 หรือเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 279 (สำนักพัฒนาการปศุสัตว์และถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมปศุสัตว์, 2547) เนื่องจากรัฐบาลกำหนดให้ปี พ.ศ. 2547 เป็นปีปลอดภัยทางด้านอาหาร มีการประชาสัมพันธ์ทำให้ผู้เกี่ยวข้องตระหนักถึงเรื่องน้ำนมดิบมากขึ้น

ตารางที่ 2.1 ผลผลิตน้ำนมดิบช่วงเดือนมกราคม-เดือนพฤศจิกายน พ.ศ 2543-2544

ศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบ	พ.ศ. 2546		พ.ศ. 2547		อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)
	ผลผลิตทั้งหมด (ตัน)	ผลผลิตเฉลี่ย (ตัน)	ผลผลิตทั้งหมด (ตัน)	ผลผลิตเฉลี่ย (ตัน)	
สหกรณ์โคนม	493,945.78	1,478.88	502,945.20	1,505.82	1.82
ศูนย์รับน้ำนมเอกชน	167,022.66	500.07	179,302.51	536.83	7.35
รวม	660,968.44	1,978.98	682,247.71	2,042.66	3.22

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก สำนักพัฒนาการปศุสัตว์และถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมปศุสัตว์ (2548)

2.2 สภาวะทางการตลาดน้ำนมภายในประเทศ

นมและผลิตภัณฑ์นมเป็นสินค้าเกษตร และอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับเกษตรกรไทย อีกทั้งยังเป็นที่ยอมรับกันว่าน้ำนมเป็นอาหารสุขภาพ ปัจจุบันมีผู้นิยมบริโภคนมพร้อมดื่มเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว (สุเทพ, 2546) ปริมาณน้ำนมดิบภายในประเทศทั้งหมดมีปริมาณ 746,646 ตัน เข้าสู่อุตสาหกรรมแปรรูปนม โดยเฉพาะนมพร้อมดื่มที่มีความต้องการใช้น้ำนมดิบมากที่สุด เนื่องจากโครงการอาหารเสริม (นม) โรงเรียนได้กำหนดเงื่อนไขในการซื้อขายนมพร้อมดื่มในโครงการต้องใช้น้ำนมดิบจากเกษตร ทางด้านราคารับซื้อน้ำนมดิบหน้าโรงงานยังคงเป็นกิโลกรัมละ 11.50 บาท และปรับเปลี่ยนตามคุณภาพน้ำนมดิบ ในปีงบประมาณ 2547 รัฐบาลจัดสรรงบประมาณโครงการอาหารเสริม (นม) โรงเรียน มูลค่า 6,853 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจากปีงบประมาณ 2546 อีก 33.52 ล้านบาท ตามจำนวนนักเรียนที่เพิ่มขึ้น ทำให้น้ำนมดิบของเกษตรกรมีตลาดนมโรงเรียนรองรับมากขึ้น พร้อมทั้งให้องค์กรส่วนท้องถิ่นจัดซื้อนมพาสเจอร์ไรซ์ในสัดส่วน 70 เปอร์เซ็นต์ และยูเอชที 30 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากผู้ประกอบการนมยูเอชทีช่วยรับซื้อน้ำนมดิบของเกษตรกรในช่วงปิดเทอม (สำนักพัฒนาการปศุสัตว์และถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมปศุสัตว์, 2547)

2.3 แนวโน้มการผลิตน้ำนมในปี พ.ศ. 2548

ปริมาณการผลิตน้ำนมดิบในปี พ.ศ. 2548 คาดว่าไม่เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2547 อาจปรับลดลงบ้าง ปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อปริมาณการผลิต คือ การบริหารจัดการน้ำนมทั้งระบบในปี พ.ศ. 2548 ที่มีปัญหาค่อนข้างแตกต่างจากปี พ.ศ. 2547 ทั้งในเรื่องข้อตกลงการซื้อขายน้ำนมดิบระหว่างเกษตรกรผู้ประกอบการ การจัดสรรโควตานมผงขาดมันเนย และการซื้อขายนมโรงเรียน ทั้งนี้เกษตรกรและผู้ประกอบการทั้งโรงงานนมพร้อมดื่ม (ยูเอชที และพาสเจอร์ไรซ์) และผู้ประกอบการแปรรูปนมชนิดอื่นต้องมีการปรับตัวเพื่อแข่งขันในตลาดที่มีแนวโน้มการแข่งขันสูงขึ้น โดยเกษตรกรควรเน้นในเรื่องของการปรับปรุงคุณภาพน้ำนมดิบ เพื่อสามารถแข่งขันกับนมผงซึ่ง

เป็นวัตถุดิบที่นำเข้าจากต่างประเทศ มีการลดการอุดหนุนของสหภาพยุโรป อีกทั้งยังสร้างทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภคผลิตภัณฑ์นมที่ผลิตจากนมโคสดแท้ ซึ่งเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้เกิดขึ้น (สำนักพัฒนาการปศุสัตว์และถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมปศุสัตว์, 2548)

นมและผลิตภัณฑ์นมเป็นสินค้าที่ได้รับผลกระทบจากการเปิดเขตการค้าเสรี ประเทศไทยมีขีดความสามารถในการแข่งขันกับประเทศนิวซีแลนด์ และออสเตรเลีย อย่างจำกัด อีกทั้งมีการนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศเข้ามาทดแทนการผลิตของเกษตรกรไทย โดยเฉพาะสินค้าประเภทนมผง (พิบูลย์, 2546) ซึ่งมีราคาถูกกว่าราคานมที่ผลิตภายในประเทศ จากการที่รัฐบาลได้อนุมัติให้นำเข้านมผงขาดมันเนยแบบเสรี ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมได้รับความเดือดร้อนจากมาตรการดังกล่าว ส่งผลต่อราคานมสดภายในประทศลดต่ำลง ยิ่งเมื่อมีการขยายโควตานำเข้ามากเพียงใดราคาของนำนมภายในประเทศก็จะยิ่งต่ำลงมากยิ่งขึ้น ประเทศไทยมีข้อผูกพันที่จะต้องเปิดตลาดนำเข้านมผงขาดมันเนยในปริมาณ 50,000 ตัน และเปิดตลาดน้ำนมดิบ 2,372.74 ตัน ตามข้อตกลง WTO (สารกิจ, 2546)

เมื่อมีการเปิดเขตการค้าเสรีจะส่งผลกระทบต่อโครงสร้างของตลาดนม และผลิตภัณฑ์นมของประเทศไทยทั้งในทางบวกและทางลบ หรืออาจเป็นความได้เปรียบที่เพิ่มขึ้นได้เช่นกัน (ชูรัส, 2546) อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันการที่รัฐบาลเปิดเขตการค้าเสรีที่ว่าด้วยสินค้าประเภทนม และผลิตภัณฑ์นมกับประเทศคู่ค้า ต้องมีการพิจารณาถึงวิธีการป้องกันราคาน้ำนมดิบภายในประเทศตกต่ำ เพื่อไม่ให้เกิดความเดือดร้อนแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมภายในประเทศ (กรมการค้าระหว่างประเทศ, 2548)

2.4 มาตรการรองรับการเปิดเขตการค้าเสรี

นอกจากผลกระทบจากการเปิดเขตการค้าเสรีแล้ว ยังมีข้อกำกัดด้านสุขอนามัยในการอุดหนุนการผลิตสินค้าเกษตรและการส่งออกของรัฐบาลของประเทศคู่ค้า สำหรับประเทศไทยมีส่วนเสียเปรียบสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น อียู ออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ ภาครัฐบาลควรมีการสนับสนุนเพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน ส่วนการช่วยเหลือเกษตรกรรายย่อยซึ่งนับว่ามีเป็นจำนวนมาก และมีขีดความสามารถในการแข่งขันต่ำ รัฐบาลควรจะดำเนินการตามแนวนโยบายเศรษฐกิจพอเพียงของพระราชดำริ (พิบูลย์, 2546) นอกจากนั้น รัฐบาลควรมีการสนับสนุนในด้านปัจจัยการผลิต เช่น พันธุ์โคนม สินเชื่อเงินทุน การบริการงานด้านสุขภาพโคนม และการสนับสนุนด้านอาหารอีกด้วย (พิบูลย์, 2545)

เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตค่าอาหาร จึงควรหาแหล่งอาหารหยาบจากแหล่งอื่นที่นอกเหนือจากพืชอาหารสัตว์ แต่มีศักยภาพเพียงพอที่จะนำมาใช้เลี้ยงโคนม เพื่อสามารถที่เสริมสร้างความสามารถในการเข่งขันเรื่องของการผลิตน้ำนมดิบของเกษตรกร (จันทร์จรัส, 2546) และงานวิจัยก็เป็นอีกส่วนหนึ่งที่จะช่วยสร้างองค์ความรู้เสริมสร้างความพร้อมของเกษตรกร และองค์กรของเกษตรกร ตลอดจนความรู้ที่ถูกต้องแก่สังคมและการเลี้ยงโคนมได้ ภาครัฐบาลมีบท

บาทที่สำคัญในการช่วยส่งเสริมวิธีการในการผลิตน้ำนมอย่างมีคุณภาพ และประสิทธิภาพสูงสุด โดยเฉพาะนักวิจัยทางด้านโคนมที่จะนำสู่การพัฒนาโคนมให้บรรลุเป้าหมาย เกษตรกรไทยสามารถที่จะแข่งขันกับตลาดโลกได้ และกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมไทยยืนหยัดอยู่รอดได้ในยุกต์การค้าโลกไร้พรมแดนอย่างภาคภูมิใจ

2.5 อาหารและการจัดการอาหารโคนมในประเทศไทย

อาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งในการเลี้ยงโคนม ซึ่งอาหารมีผลต่อกระบวนการผลิตน้ำนม และส่งผลต่อผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ เพราะต้นทุนการผลิตปศุสัตว์มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์เป็นต้นทุนค่าอาหาร (เมธา, 2533) อาหารโคนมหรือสัตว์เคี้ยวเอื้อง (ruminant) ทั่วไปประกอบด้วย 2 ส่วน คือ อาหารข้น (concentrate) และอาหารหยาบ (roughage)

1. อาหารข้น (concentrate) อาหารข้นถือเป็นอาหารพวกที่เป็นแหล่งของพลังงาน โปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุ ทั้งนี้เพื่อให้สัตว์ได้รับโภชนะที่เพียงพอต่อความต้องการสำหรับการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิต ซึ่งส่วนให้แล้วจะใช้วัตถุดิบที่มีโปรตีน และพลังงานสูงมารวมกันโดยมีสัดส่วนที่พอเหมาะ เพื่อให้ได้ระดับของโปรตีน พลังงาน รวมทั้งวิตามิน และแร่ธาตุ ตรงตามความต้องการของโคนม

2. อาหารหยาบ (roughage) หรืออาหารเยื่อใย (fiber) ที่ได้มาจากพืชอาหารสัตว์ (forage) หรือเศษเหลือทางการเกษตรหรือผลพลอยได้ (crop-residuce or dy produccts) มีความเข้มข้นทางโภชนะต่อหน่วยน้ำหนักต่ำ มีเยื่อใยสูง มีโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (total digestible nutrient, TDN) น้อยกว่า 50-60 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใยหยาบ (crude fiber, CF) มากกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ หรือมีเยื่อใยที่ไม่ละลายได้ในสารฟอกที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber, NDF) มากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ (Kearl, 1982) เป็นอาหารที่มีความจำเป็นต่อสัตว์เคี้ยวเอื้อง และสัตว์กินพืช (herbivores) ดังนั้น ปริมาณและคุณภาพของอาหารหยาบนับว่ามีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อประสิทธิภาพการผลิตโคนม

การจัดรูปแบบการให้อาหารนอกจากจะทำให้เกิดความสะดวกในการจัดการแล้ว ยังทำให้ โคนมสามารถแสดงศักยภาพในการผลิตสูงสุด อันจะนำไปสู่ผลตอบแทนที่ดีทั้งในระยะสั้นและระยะยาวของผู้เลี้ยงโคนม (ปิ่น และเมธา, 2546) ดังนั้น การจัดการด้านอาหารและการให้อาหารอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากจะช่วยให้โคนมสามารถให้ผลผลิตตามศักยภาพแล้วยังสามารถลดต้นทุนการผลิตได้อีกด้วย รูปแบบการให้อาหารสามารถแบ่งออกได้เป็นดังนี้ (เมธา และฉลอง, 2533; สมคิด, 2539)

1. การให้อาหารแบบนำ (lead feeding) ระบบนี้เป็นการให้อาหารข้นในปริมาณ 2-2.5 กิโลกรัมต่อวัน ก่อนคลอด และจะค่อยๆ เพิ่มให้ได้รับประมาณ 8 กิโลกรัมต่อวัน เมื่อคลอด ซึ่งนอกจากจะช่วยให้โคนมได้รับโภชนะที่เพียงพอต่อการให้นมในช่วงต้นของการให้นมแล้ว ยังทำให้โคนมมีการปรับตัวกับอาหารข้นช่วงก่อนคลอดอีกด้วย

2. การให้อาหารแบบท้ายทาย (challenge feeding) ระบบนี้เป็นการให้อาหารข้นแบบเพิ่มพิเศษให้แก่แม่โคนมที่อยู่ในช่วงการให้นม ซึ่งจะเริ่มประมาณ 2 สัปดาห์ก่อนคลอด โดยจะได้รับอาหารหยาบ 1-2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และจะให้อาหารข้นแบบเต็มที่ไปจนถึงช่วงการให้นมสูงสุด (peak) เพื่อให้โคนมให้ผลผลิตตามศักยภาพที่พันธุกรรมกำหนด เมื่อผ่านระยะสูงสุดของการให้นมแล้วการให้อาหารข้นจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักตัว และผลผลิตน้ำนม

3. การให้อาหารแบบกลุ่ม (group feeding) การให้อาหารแบบนี้จะเป็นระบบการให้อาหารโคนมที่มีฝูงขนาดใหญ่ การให้อาหารแบบนี้จะมีการเพิ่มประสิทธิภาพการให้อาหารไม่มากนัก แต่มีผลในแง่การประหยัดแรงงาน และสะดวกในการจัดการ โดยโคนมจะถูกแบ่งออกเป็นกลุ่ม คือ กลุ่มโคนมที่ให้ผลผลิตสูง กลุ่มโคนมที่ให้ผลผลิตปานกลาง กลุ่มโคนมที่ให้ผลผลิตต่ำ และกลุ่มโคนมแห้งนม

4. การให้อาหารผสมสำเร็จรูป (complete feed or total mixed ration, TMR) การให้อาหารระบบนี้เป็นการให้อาหารโคนมโดยการผสมอาหารหยาบ และอาหารข้นให้ตรงกับความต้องการโภชนะของโคนมในแต่ละช่วง ข้อดีของการให้อาหารแบบนี้ คือ ประหยัดแรงงาน สะดวกในการให้อาหาร และอาหารที่ให้มีความสม่ำเสมอ

2.6 ระบบนิเวศน์วิทยาภายในกระเพาะรูเมน

กระเพาะรูเมนจัดได้ว่าเป็นกระเพาะที่มีขนาดใหญ่มีความจุมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณของกระเพาะทั้งหมดของสัตว์ มีอุณหภูมิภายในระหว่าง 38-40 องศาเซลเซียส มีค่า pH อยู่ในช่วง 5.7-7.3 ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่สัตว์ได้รับ และช่วงที่ทำการวัดภายหลังการให้อาหาร สภาพภายในกระเพาะรูเมนจะมีสภาพไร้ออกซิเจน เป็นบริเวณที่มีปฏิกิริยาต่างๆ ภายในมีการเกิดกระบวนการหมัก (fermentation) โดยจุลินทรีย์ก่อให้เกิดแก๊สภายในกระเพาะรูเมนประกอบไปด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และเมทเธนในสัดส่วน 60:70 ต่อ 30:40 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการหมักอาหารคาร์โบไฮเดรตภายในกระเพาะรูเมน ได้แก่ กรดไขมันที่ระเหยได้ ซึ่งได้แก่ กรดอะซิติค กรดโพรพิโอนิค และกรดบิวทิริค มีสัดส่วนของกรดอะซิติคต่อกรดโพรพิโอนิคต่อบิวทิริค เท่ากับ 70 ต่อ 20 ต่อ 10 โมล ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของอาหาร ปริมาณการกินได้ ความถี่ของการให้อาหาร และการใช้สารเคมีในอาหาร ล้วนแต่จะมีผลกระทบต่อกระบวนหมักทั้งสิ้น โดยเฉพาะจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมนมีผลต่อกระบวนการหมักภายในกระเพาะรูเมนด้วย (Rezaeian, 1996)

เนื่องจากระบบการย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องแตกต่างจากสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง โดยเฉพาะการย่อยอาหารเยื่อใยที่สัตว์เคี้ยวเอื้องไม่สามารถย่อยได้จำเป็นต้องอาศัยน้ำย่อยจากสิ่งมีชีวิตอื่นๆ (ฉลอง, 2541; Orpin, 1989) จุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องมีการปล่อยน้ำย่อยออกมาทำการย่อยอาหารเยื่อใย เพื่อให้สัตว์ได้รับสารอาหาร และโภชนะอื่นๆ ที่

สามารถนำมาใช้ประโยชน์ต่อร่างกายได้ (เมธา, 2533; Preston and Leng, 1987) ประชากรจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมน ถูกควบคุมโดยความสมดุลของระบบนิเวศวิทยาภายในกระเพาะรูเมน อยู่ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน (Van Soest, 1982) จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ภายในกระเพาะรูเมนต้องการแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนแก๊สออกซิเจนมีจุลินทรีย์บางชนิดเท่านั้นที่ต้องการใช้ ซึ่งชนิดของจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ พบว่ามีจำนวนมากที่สุด คือ แบคทีเรีย รองลงมาคือ เชื้อรา และโปรโตซัว ตามลำดับ (Hungate, 1966; Lowe et al., 1987) จุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในกระเพาะรูเมนประกอบไปด้วย แบคทีเรีย (10^{10}-10^{12} cell/ml) โปรโตซัว (10^{6} cell/ml) และเชื้อราที่ไม่ใช้ออกซิเจน (10^{3}-10^{5} cell/ml) (Rezaeian, 1996)

ตารางที่ 2.2 อิทธิพลของระบบการย่อยอาหารที่มีผลต่อประกรจุลินทรีย์ (ตัว/มล.) กิจกรรมของเอนไซม์ CMCase และ xylanase ค่า pH และ ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนภายในกระเพาะรูเมน

	แยกประเภท	อาหารผสมสำเร็จรูป	SEM	Significance
จำนวนแบคทีเรียรวม ($x10^{10}$)	16.98	20.28	2.89	ns
จำนวนเชื้อรารวม ($x10^{4}$)	7.66	3.86	1.44	ns
จำนวนโปรโตซัว ($x10^{5}$)	3.99	5.17	0.25	**
CMCase	0.33	0.41	0.03	ns
Xylanase	2.28	3.86	0.22	**
pH	6.50	6.45	0.05	ns
กระไขมันระเหยได้รวม (mM)	81.7	79.4	2.90	ns
กรดอะซิติค (mM)	64.3	58.8	2.12	ns
กรดโพรพิโอนิค (mM)	17.2	19.7	0.69	ns
กรดบิวทิริค (mM)	11.5	9.8	0.38	*
กรดอะซิติค/กรดโพรพิโอนิค	3.8	3.1	0.11	**
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มก.%)	5.83	8.48	0.54	**

** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$),

ns = ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$)

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Li et al. (2003)

Li et al. (2003) ได้ทดลองผลของระบบการให้อาหารระหว่างการให้อาหารแบบแยกประเภทกับอาหารผสมสำเร็จรูป พบว่า การให้อาหารผสมสำเร็จรูปยังมีผลต่อระบบนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน คือ โปรโตซัวภายในกระเพาะรูเมนให้เพิ่มขึ้น และประชากรแบคทีเรีย

รวมทั้งกิจกรรมของเอนไซม์ cellulase (CMCase) และ Xylanase ของแบคทีเรียกลุ่มที่ย่อยเยื่อใย (cellulolytic bacteria) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การให้อาหารผสมสำเร็จรูปมีผลให้การย่อยได้ของโภชนะสูงกว่า โดยเฉพาะการย่อยได้เยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF ถึงแม้ว่าค่า pH ไม่แตกต่างกัน แต่ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนและกรดบิวทิริคเพิ่มขึ้น และสัดส่วนของกรดอะซิติคต่อกรดโพรพิโอนิคลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) (ตารางที่ 2.2)

2.7 อาหารผสมสำเร็จรูปสำหรับโคนม

สูตรอาหารผสมสำเร็จรูปเป็นอาหารที่มีการผสมระหว่างอาหารหยาบและอาหารข้นในสัดส่วนที่พอเหมาะโดยมีโภชนะต่าง ๆ ครบถ้วนตามความต้องการของโคนมในระยะนั้น ๆ จะอัดเม็ดหรือไม่อัดเม็ดก็ได้ การให้อาหารผสมสำเร็จรูปนี้สามารถรักษาระดับค่า pH ภายในกระเพาะรูเมนให้ค่อนข้างคงที่ และทำให้การทำงานของจุลินทรีย์มีประสิทธิภาพมากขึ้น (Brago et al., 2002) นอกจากนี้ยังสามารถป้องกันการเลือกกินอาหารของโคนม เนื่องจากโคนมกินอาหารหยาบและอาหารข้นในเวลาเดียวกัน ดังนั้น การให้อาหารผสมสำเร็จรูปจึงเป็นวิธีการให้อาหารที่มีประสิทธิภาพอีกวิธีหนึ่ง โดยมีการนำใช้ประโยชน์ของโภชนะโดยเฉพาะโปรตีน และพลังงานที่มีความต่อเนื่องเกิดความสมดุลของโภชนะที่จะนำไปใช้ประโยชน์โดยจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมน และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) ในโคนมที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปมีค่าต่ำกว่าการให้อาหารแบบแยกประเภทระหว่างอาหารหยาบและอาหารข้น (ฉลอง และคณะ, 2540; Brago et al., 2002)

ไพบูลย์ และคณะ (2539) ได้ศึกษาการให้อาหารแบบแยกประเภท (อาหารข้น และหญ้าสด) และการให้อาหารผสมสำเร็จรูป แบบอัดเม็ด โดยมีซังข้าวโพดเป็นแหล่งอาหารหยาบ พบว่า โคนมที่ได้รับอาหารแบบแยกประเภทมีปริมาณการกินได้วัตถุแห้งเพียง 2.61 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว ในขณะที่โคนมได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปมีปริมาณการกินได้วัตถุแห้งสูงถึง 3.74 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว สอดคล้องกับ ฉลอง และคณะ (2547) ที่รายงานว่า การให้อาหารผสมสำเร็จรูปทำให้ปริมาณการกินได้ทั้งหมดของโคนมมีค่าสูงกว่าการให้อาหารแบบแยกประเภท (อาหารข้น และฟางข้าว) โดยมีปริมาณการกินได้วัตถุแห้งประมาณ 3.46 และ 2.75 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว ตามลำดับ โดยไม่มีผลกระทบต่อสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ

Thurmon et al. (1964; อ้างโดย เทอดศักดิ์, 2541) ทำการศึกษาวิธีการให้อาหารแบบผสมสำเร็จรูปและแบบแยกประเภท พบว่า โคนมที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปที่มีอาหารหยาบ 30 เปอร์เซ็นต์ อย่างเต็มที่ ผลผลิตน้ำนมที่ได้สูงกว่าโคนมที่ได้รับอาหารหยาบและอาหารข้นแยกกันอย่างเต็มที่ สอดคล้องกับ Brago et al. (2002) ที่ได้ทำศึกษาเปรียบเทียบการให้อาหารผสมสำเร็จรูป อาหารผสมสำเร็จรูปเสริมหญ้าอาหารสัตว์ และอาหารข้นเสริมหญ้าพืชอาหารสัตว์ในโครีดนม พบว่า โคนมที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปให้ผลผลิตน้ำนมสูงสุด รองลงมาคือโคนมที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปเสริมหญ้าอาหารสัตว์ และอาหารข้นเสริมหญ้าอาหารสัตว์มี

ปริมาณน้ำนมต่ำที่สุด (38.1, 32.0 และ 28.5 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ) นอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มข้นของยูเรียในน้ำนม (milk urea nitrogen, MUN) ของโคนมที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปมีค่าต่ำกว่าโคนมที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปเสริมหญ้าอาหารสัตว์ และอาหารแบบแยกระหว่างอาหารข้นและหญ้าอาหารสัตว์ (10.6, 12.0 และ 14.9 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ)

2.8 สัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูป

มีการศึกษาวิจัยด้านอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องทั้งด้านอาหารหยาบและอาหารข้น เพื่อเป็นการเพิ่มผลผลิต และ/หรือลดต้นทุนการผลิต อาหารหลักที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง คืออาหารหยาบ (roughage) อาหารหยาบเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญและมีอิทธิพลต่อการผลิต ประสิทธิภาพการผลิต และสมรรถภาพทางการผลิตของฟาร์มโคนม การให้อาหารโคนมนอกจากโคนมจะได้รับโภชนะชนิดต่างๆ ครบตามความต้องการแล้ว โคนมจำเป็นต้องได้รับอาหารหยาบจำนวนหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารหยาบที่มีคุณสมบัติเป็นเยื่อใยที่มีประสิทธิภาพ (effective fiber) เพื่อกระตุ้นให้มีการเคี้ยวเอื้อง และการหลั่งน้ำลายเข้าสู่กระเพาะรูเมนให้มากขึ้น น้ำลายที่หลั่งออกมาในขณะบดเคี้ยวอาหารมีคุณสมบัติเป็นสารบัฟเฟอร์ (buffer) ช่วยปรับค่า pH ภายในกระเพาะ รูเมนให้มีความเหมาะสมต่อการเข้าย่อยสลายเยื่อใย ของจุลินทรีย์ในกลุ่มที่ย่อยสลายเซลลูโลส (cellulolytic microorganism) (Santini et al., 1983) การได้รับอาหารหยาบไม่เพียงพอจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง คือ กิจกรรมการบดเคี้ยว (chewing activity) การสำรอกอาหารออกมาเคี้ยวเอื้อง (rumination) การหลั่งน้ำลายออกมาขณะบดเคี้ยวอาหาร ความสามารถในการย่อยเยื่อใย ไขมันในน้ำนม และสัดส่วนของกรดอะซิติคต่อกรดโพรพิโอนิค มีแนวโน้มลดลง (Beauchemin and Rode, 1997) ทำให้เกิด metabolic disoder เช่น acidosis หรือ abomasol displacement (Clark and Amentano, 1993) เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาเหล่านี้ NRC (1988) ได้แนะนำไว้ว่าในอาหารโคนมควรมีระดับของ เยื่อใย NDF 25-28 เปอร์เซ็นต์ และ เยื่อใย ADF 19-21 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณเยื่อใยทั้งหมดที่โคนมได้รับประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ ควรเป็นเยื่อใยที่ได้จากแหล่งของพืชอาหารสัตว์

ระดับของเยื่อใย NDF ในอาหารมีความมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำนม และ 4 %FCM (4% fat corrected milk) แบบ quadratic และมีความสัมพันธ์เชิงลบแบบเส้นตรง (linear) กับปริมาณการกินได้วัตถุแห้ง (Briceno et al., 1987) การเพิ่มปริมาณของเยื่อใย NDF ในอาหารให้สูงขึ้นโคนมจะกินอาหารได้น้อยลง (Ruzi et al., 1995; Beauchmin et al., 1994; Beauchmin and Buchaman-smith, 1989; Beauchmin, 1991) เพราะการคำนวณสูตรอาหารให้มีระดับของเยื่อใย NDF สูงขึ้นเป็นการเพิ่มสัดส่วนของการใช้อาหารหยาบต่ออาหารข้นเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ปริมาณการกินได้วัตถุแห้งลดลง ดังนั้น โคนมจึงได้รับพลังงานสุทธิสำหรับนำไปใช้ในการผลิตน้ำนม (net energy for lactation, NE_L) น้อยลง ส่งผลให้ปริมาณน้ำนมลดลง (Ruzi et al., 1995; Beauchmin, 1991) ในทางตรงกันข้ามระดับของเยื่อใย NDF สูงขึ้น ทำให้โคใช้เวลา

(Beauchmin, 1991; Ruzi et al., 1995) ในทางตรงกันข้ามระดับของเยื่อใย NDF สูงขึ้น ทำให้โคใช้เวลาในการเคี้ยวเอื้อง และเปอร์เซ็นต์ของไขมันนมเพิ่มขึ้น (Beauchmin and Buchaman-smith, 1989; Beauchmin, 1991; Beauchmin et al., 1994) ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และค่า pH ภายในกระเพาะรูเมนมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อระดับของ NDF ในอาหารสูงขึ้น (Beauchmin, 1991) ระดับของเยื่อใยที่เหมาะสมในอาหารโคนมขึ้นอยู่กับระดับการให้ผลผลิตของโคนม และชนิดของอาหารหยาบเป็นสำคัญ

อาหารหยาบ ถือเป็นแหล่งพลังงานและเป็นอาหารที่มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง จำเป็นต้องได้รับอย่างเพียงพอทั้งด้านของปริมาณ และคุณภาพ Broster et al. (1981) แนะนำว่า ปัญหาของระบบย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องส่วนใหญ่มีสาเหตุจากการได้รับอาหารหยาบไม่เพียงพอ หรือกินอาหารในสัดส่วนที่ไม่สมดุล มีผลให้ระบบนิเวศน์ภายในระเพาะรูเมนสูญเสียไปแม้ว่าจะได้รับโภชนะตัวอื่นๆ ครบถ้วน ฉลอง (2541) แนะนำว่า สัตว์เคี้ยวเอื้องควรได้รับอาหารหยาบอย่างน้อย 15 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการกินได้ โดย McLeod et al. (1983) ได้ทำการศึกษาการให้อาหารหยาบร่วมกับอาหารข้นในอาหารโคนม พบว่า เมื่อลดสัดส่วนของอาหารหยาบลงทำให้ผลผลิตน้ำนม โปรตีนน้ำนม และน้ำตาลแลคโตสเพิ่มขึ้น Broster et al. (1981) แนะนำว่า สัดส่วนที่เหมาะสมของอาหารหยาบต่ออาหารข้นควรอยู่ที่ระดับ 30:70 ขณะที่ Owen (1978) แนะนำว่า ระดับที่เหมาะสมควรอยู่ที่ระดับ 50:50 สอดคล้องกับ ฉลอง และคณะ (2544) ทดลองใช้ซังข้าวโพดเป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหารโคสาวทดแทน พบว่าสามารถใช้ซังข้าวโพดที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปทำให้โคนมมีปริมาณการกินได้เพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ตาม สัดส่วนดังกล่าวยังไม่แน่นอน เนื่องจากขึ้นอยู่กับชนิดและคุณภาพของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่นำมาประกอบในสูตรอาหาร จากที่กล่าวมาการจัดสัดส่วนอาหารหยาบและอาหารข้นมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากจะก่อให้เกิดความสมดุลของกระบวนการหมักภายในกระเพาะรูเมน โดยอาหารหยาบเป็นแหล่งยึดเกาะของจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมน (ฉลอง, 2541) นอกจากนั้นยังทำให้การทำงานของกระเพาะรูเมนเป็นไปอย่างปกติ (Brabander et al., 1999)

2.9 ผลของขนาดของอาหารหยาบ (particle size) ต่อสมรรถนะการให้ผลผลิตของโคนม

นอกจากสัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแล้ว ระดับความต้องการเยื่อใย (NDF และ ADF) ของโคนม รวมทั้งคุณค่าทางโภชนะ (nutritive value) ที่มีผลต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนแล้ว พบว่า ลักษณะทางกายภาพ (physical structure) เช่น ขนาดของเยื่อใยในอาหารหยาบเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อสมรรถนะการให้ผลผลิตของโคนม และการนำใช้ในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูป

2.9.1 ขนาดของอาหารหยาบต่อปริมาณการกินได้

การแปรรูปอาหารหยาบเพื่อใช้ในการเลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว ซังข้าวโพด โดยการสับ (chopping) บด (grinding) หรือการอัดเม็ด (pelleting) ทำให้ปริมาณการกินได้ของสัตว์เพิ่มขึ้น (Mooney and Allen, 1993) ปรัชญา และเมธา (2533) ได้ทำการศึกษาขนาดของฟางข้าวที่มีแตกต่างกัน คือ 68, 34, 20 และ 11 เซนติเมตร ในกระบือปลัก พบว่า มีผลทำให้กระบือปลัก กินอาหารไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) สอดคล้องกับรายงานของ Mira et al. (1983) ที่รายงานว่า โครุ่นตอนสามารถกินฟางข้าวบาร์เลย์แบบยาวได้มากกว่าฟางข้าวที่สับเป็นท่อนผ่านตะแกรง 40 มิลลิเมตร (3.8 กับ 3.2 กิโลกรัมต่อวัน) เนื่องจากการบดอาหารละเอียดมากเกินไปทำให้อาหารเป็นฝุ่น ไม่มีความน่ากิน ในบางรายงาน การนำฟางข้าวมาสับหรือบดไป ทรีทต์ด้วยด่าง (Winugroho et al., 1983) ทำให้การย่อยได้สูงขึ้น นอกจากนั้น ปราโมทย์ และเมธา (2542) ได้รายงานว่า โคเนื้อลูกผสมที่ได้รับอาหารหยาบอัดเม็ดขนาด 1, 2 และ 3 เซนติเมตร มีปริมาณการกินได้สูงกว่ากลุ่มที่ไม่มีการแปรรูป ดังนั้นการอัดเม็ดทำให้การกินได้เพิ่มขึ้น

2.9.2 ขนาดของอาหารหยาบต่อความสามารถการย่อยได้โภชนะ

ขนาดของอาหารหยาบมีผลต่อการย่อยได้ของพืชอาหารสัตว์ ระยะเวลาในการเคี้ยว (chewing time) การเข้าย่อยของจุลินทรีย์ (microbial attachment) และระยะเวลาที่อยู่ในกระเพาะรูเมน (retention time) โดยการลดขนาดอาหารหยาบให้มีขนาดเล็กลง ทำให้อัตราการหมุนเวียน (rumen turnover rate) เพิ่มขึ้น โคนมจึงมีการกินได้เพิ่มขึ้น เนื่องจากอัตราการย่อยได้ และการผ่านของอาหารเร็วขึ้น (Bal et al., 2000) พื้นที่ผิว (surface area) ที่เพิ่มขึ้นส่งเสริมการย่อยได้ของจุลินทรีย์ แต่การเพิ่มขึ้นของ rumen turnover rate จะทำให้จุลินทรีย์มีเวลาเข้ายึดเกาะกับอาหารเพื่อย่อยสลายน้อยลง ส่งเสริมให้การย่อยได้โดยเฉพาะการย่อยได้ของเยื่อใยลดลง (Mooney and Allen, 1993) และสัดส่วนของกรดอะซิติคต่อโพรพิโอนิคในกระเพาะรูเมนลดลง ส่งผลให้ไขมันในน้ำนมลดลง (Grant et al., 1990) Allen (2000) ได้แนะนำว่า ขนาดของพืชอาหารสัตว์ควรสับขนาดที่ไม่สั้นกว่า 1 เซนติเมตร ไม่ก่อให้เกิดสภาวะเป็นกรดในกระเพาะรูเมน และไม่ส่งผลกระทบต่อประชากรจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมน ขนาดของหญ้าที่ลดลง พบว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเยื่อใย NDF ลดลง ขณะที่เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนเพิ่มขึ้นตามขนาดอาหารหยาบที่เล็กลง เนื่องจากจุลินทรีย์สามารถเข้าเกาะสลายได้มากขึ้น มีผลให้อัตราการย่อยสลายเร็วขึ้น อาหารมีความยาวสั้นลง ทำให้โคนมกินอาหารได้มากกว่าและมีสมรรถภาพดีกว่า

2.9.3 ขนาดของอาหารหยาบต่อการไหลผ่านของอาหาร

อัตราการไหลผ่านของอาหารขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของสัตว์ วิธีการให้อาหาร ขนาดและคุณภาพของอาหาร เป็นต้น Hart and Wanapat (1992) ศึกษาอัตราการไหลผ่านของอาหารในกระบือ พบว่า กระบือที่ได้รับฟางหมักยูเรียเป็นอาหารหยาบมีอัตราการไหลผ่านของของแข็งเร็วกว่ากระบือที่ได้รับสารละลายยูเรีย ทำให้ปริมาณการกินได้และการย่อยได้

เพิ่มขึ้น Bartocci et al. (1997) ศึกษาในโคและแกะ พบว่า อัตราการไหลผ่านของของแข็งออกจากกระเพาะรูเมน 2.99 และ 2.84 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมงสูงกว่ากระบือ (2.5 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง) แต่อัตราการไหลผ่านของของเหลวไม่ต่างกัน นอกจากนี้ การลดขนาดของอาหารหยาบทำให้อาหารผ่านออกจากกระเพาะรูเมนเร็วขึ้น วุฒิชัย (2541) ศึกษาผลของขนาดอาหารเยื่อใย 4 ขนาด คือ 0.5, 1.3-4 และ >15 เซนติเมตร ในโคนม พบว่า อาหารหยาบที่มีขนาดเล็ก (0.5 ซม.) มีอัตราการไหลผ่านของของแข็งเร็วกว่าอาหารหยาบที่มีขนาดใหญ่

2.9.4 ขนาดของอาหารหยาบต่อการเคี้ยวเอื้อง

เมธา (2538) รายงานว่า ลักษณะอาหารหยาบที่จะนำมาเลี้ยงโคนมนั้นต้องยังคงขนาดที่เหมาะสม คงความเป็น effective fiber และสามารถเกิดการสานตัวภายในกระเพาะรูเมนได้เป็นอย่างดี (matrix forming in the rumen) หากโคนมได้รับอาหารหยาบต่ออาหารข้นในปริมาณที่ต่ำ หรือได้รับอาหารหยาบที่มีขนาดไม่เหมาะสม และไม่มีความเป็น effective fiber ในการกระตุ้นการเคี้ยวเอื้อง จะส่งผลต่อสุขภาพของสัตว์ เนื่องจากมีการเคี้ยวเอื้องและการหลั่งน้ำลายลดลง จึงทำให้เกิดสภาวะความเป็นกรด (acidosis) ส่งผลกระทบต่อจำนวนประชากร จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน ทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึมของสัตว์ผิดปกติ (Mertens, 1995; Beauchemin et al., 1997; Yang et al., 2001) สอดคล้องกับ Lammers et al. (1995) ที่รายงานว่า โคนมที่ได้กินอาหารที่มีเยื่อใย NDF ในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการ แต่ได้รับอาหารหยาบที่มีขนาดเล็กเกินไปจะทำให้โคนมแสดงอาการคล้ายกับการเกิดความผิดปกติจากกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolic disorder) ฉะนั้น โคนมควรได้รับอาหารหยาบที่เพียงพอทั้งปริมาณ และขนาดที่เหมาะสม เพื่อกระตุ้นให้กระเพาะ รูเมนสามารถทำงานได้ตามปกติ

Grant et al. (1990); Mooney and Allen (1993); Beauchemin et al. (1998) ได้รายงานว่า การลดลงของขนาดอาหารหยาบทำให้กิจกรรมการเคี้ยวอาหารลดลง มีผลทำให้กระเพาะรูเมนมีความเป็นกรดมากขึ้น เนื่องจากปริมาณน้ำลายที่หลั่งออกมาลดลง โดยการลดขนาดอาหารจาก 13 มิลลิเมตรเป็น 6 มิลลิเมตร ทำให้กิจกรรมการเคี้ยวเอื้องลดลงเกือบ 30 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับที่ Poppi et al. (1980) พบว่า ขนาดของเยื่อใยเป็นสิ่งสำคัญเพราะควบคุมระยะเวลาที่อาหารอยู่ในกระเพาะรูเมน นอกจากนั้นลักษณะทางกายภาพของอาหารมีความสำคัญในการประเมินคุณค่าทางโภชนะ ผลกระทบต่อการกินอาหาร กิจกรรมการเคี้ยวเอื้อง ปริมาณการกินได้วัตถุแห้ง พลังงานในอาหาร กระบวนการหมักของกระเพาะรูเมน ประสิทธิภาพการย่อยอาหาร ผลผลิต และองค์ประกอบน้ำนม (Allen, 2000)

Mertens (1995) ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างการสับอาหารหยาบต่อกิจกรรมการเคี้ยวเอื้องว่า หากสับอาหารหยาบขนาด 40, 20, 5 และ 1 มิลลิเมตร จะลดกิจกรรมการเคี้ยวเอื้องลงเหลือ 80, 70, 50 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าที่ไม่ผ่านการสับ สอดคล้องกับ Soita et al. (2000) ที่ได้ศึกษาถึงสัดส่วนอาหารหยาบต่ำ

และสูง (45:55 และ 55:45) ในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูป กับขนาดความยาวของข้าวบาร์เลย์หมัก (4.88 และ 18.75 มม.) โดยมีระดับของเยื่อใย NDF เท่ากัน พบว่า กิจกรรมการเคี้ยวเอื้องต่อกิโลกรัมของปริมาณการกินพืชอาหารสัตว์หมัก ที่ยาวกว่าพืชอาหารสัตว์ โดยไม่มีผลกระทบต่อไขมันนม แต่การเคี้ยวเอื้องและการบดเคี้ยวลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าขนาดของพืชอาหารสัตว์หมักมีผลต่อกิจกรรมการเคี้ยวเอื้องและการบดเคี้ยวในอาหารที่มีเยื่อใย NDF เพียงพอ NRC (2001) แนะนำว่า ในอาหารโคนมควรมีระดับของเยื่อใย ADF ไม่ต่ำกว่า 19-21 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใย NDF ไม่น้อยกว่า 26-30 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการกินได้วัตถุแห้ง เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าจะมีการเคี้ยวเอื้อง การหลั่งน้ำลาย และรักษาระดับเปอร์เซ็นต์ไขมันและโปรตีนนมให้อยู่ในระดับปกติ และเพื่อลดปัญหาการนำไปสู่การเกิดเปอร์เซ็นต์ไขมันนมต่ำ (low milk fat) เกิดกรดในกระเพาะรูเมน (acidosis) โรคกีบ (laminitis) และปริมาณการกินได้ไม่สม่ำเสมอ (Grant, 2003) ดังนั้น จึงต้องคำนึกถึงปริมาณเยื่อใย (fiber concentration) ลักษณะทางกายภาพ (physical structure) และขนาดของเยื่อใย (particle size)

2.9.5 ขนาดของอาหารหยาบต่อต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน

อาหารที่โคนมกินเข้าไปในกระเพาะรูเมนถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ เพื่อให้ได้ผลผลิตสุดท้าย โดยเฉพาะ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และกรดไขมันที่ระเหยได้ (เมธา, 2533) การลดขนาดของอาหารหยาบทำให้กระบวนการหมักที่เกิดขึ้นในกระเพาะรูเมนเปลี่ยนแปลงไป โดยค่า pH ภายในกระเพาะรูเมนลดลง (Grant et al., 1990; Chalupa et al., 1970; Shaver et al., 1986) กรดโพรพิโอนิคเพิ่มขึ้น แต่ในทางตรงข้ามกรดอะซิติคจะมีความเข้มข้นลดลง (Chalupa et al., 1970; Santini et al., 1983) ซึ่ง Sudaweeks et al. (1979) พบว่า ข้าวโพดหมักที่มีความยาว 1.3 เซนติเมตร จะให้กรดไขมันที่ระเหยได้ (กรดอะซิติค กรดโพรพิโอนิค และกรดบิวทิริค) สูงสุด โคที่ได้รับฟางข้าวที่ทรีทด้วยด่างจะให้กรดไขมันที่ระเหยได้ และค่า pH เพิ่มขึ้น (Chee et al., 1983)

ในรายงานของ Rogers et al. (1985); Woodford et al. (1986) และ Fisher et al. (1994) พบว่ากระบวนการหมักที่เกิดขึ้นในกระเพาะรูเมนไม่แตกต่างกันเมื่อโคนมได้รับอาหารหยาบที่มีขนาดแตกต่างกัน การเพิ่มขึ้นของกรดโพรพิโอนิคจะกระตุ้นให้มีกลูโคส และฮอร์โมนอินซูลินในพลาสมาเพิ่มขึ้น และฮอร์โมนอินซูลินที่หลั่งออกมาทำให้อัตราการสังเคราะห์ไขมันในน้ำนมหรือเนื้อเยื่อไขมันเปลี่ยนแปลง เป็นผลให้การสังเคราะห์ในน้ำนมลดลง (Grant et al., 1990; rskov, 1994)

2.9.6 ขนาดของอาหารหยาบที่มีผลต่อการให้ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนม

การเปลี่ยนแปลงขนาดของอาหารหยาบไม่มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำนม และองค์ประกอบน้ำนม เว้นแต่เปอร์เซ็นต์ไขมันนม โดยอาหารหยาบที่มีขนาดเล็กทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันนมลดลง (Grant et al., 1990; Mooney and Allen, 1993; Beauchemin et al., 1998) เพื่อป้องกันการลดลงของไขมันนมไม่ต่ำกว่า 3.5 เปอร์เซ็นต์ Woodford et al. (1986) ได้แนะนำว่า

ขนาดอาหารหยาบควรมีขนาดความยาวตั้งแต่ 0.6 เซนติเมตร ขึ้นไป จึงจะช่วยให้ไขมันนมอยู่ในระดับปกติ (3.5%) ส่วน Shaver et al. (1988) ได้แนะนำที่ 0.8 เซนติเมตร ขณะที่ Grant et al. (1990) รายงานว่า การลดขนาดเยื่อใยลงเหลือ 0.3 เซนติเมตร ก็เพียงพอที่จะป้องกันการลดลงของไขมันนม และ Beauchemin et al. (1998) กล่าวว่า การลดขนาดของอาหารหยาบไม่มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนม ในสูตรอาหารที่มีระดับ NDF 36 เปอร์เซ็นต์ ขนาดของเยื่อใย 0.5 เซนติเมตร มีความเป็น effective fiber อย่างเพียงพอของเยื่อใยทำให้เกิดการสานตัวในกระเพาะรูเมนได้เป็นอย่างดี ซึ่งทำให้มีค่า pH ในกระเพาะรูเมนอยู่ในระดับที่เหมาะสมและค่อนข้างจะคงที่ (6.3-7.0) จะเอื้ออำนวยให้จุลินทรีย์ทำงานได้ดี (เมธา, 2538)

การประกอบสูตรอาหารผสมสำเร็จรูป จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องลดขนาดอาหารหยาบลง เพื่อลดความฟ่ามของอาหาร ทำให้การผสมกันระหว่างอาหารหยาบและอาหารข้นให้เป็นเนื้อเดียวกันดียิ่งขึ้น นอกจากนี้การสับอาหารหยาบยังเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสช่วยให้มีพื้นที่ยึดเกาะสำหรับจุลินทรีย์ ซึ่งจะช่วยให้เกิดการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์กับชิ้นอาหารมากขึ้น และเพิ่มอัตราการไหลผ่านของอาหาร (digesta) ออกจากกระเพาะรูเมนได้เร็วขึ้น ส่งผลให้ปริมาณการกินได้เพิ่มขึ้น แต่การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของอาหารหยาบให้มีขนาดเล็กลงส่งผลให้ประสิทธิภาพในการกระตุ้นการเคี้ยวเอื้องลดลง ดังนั้น การแปรรูปวัสดุอาหารสัตว์จึงควรพิจารณาถึงขนาดของอาหารหยาบที่เหมาะสม เนื่องจากการทำงานของกระเพาะรูเมนที่สมดุลส่งเสริมการทำงานของจุลินทรีย์ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้โคนมมีการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตดีขึ้นในที่สุด

2.10 แหล่งอาหารหยาบจากเยื่อใยที่ไม่ได้มาจากพืชอาหารสัตว์

อาหารหยาบโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท (เมธา, 2538) คือ แหล่งอาหารหยาบที่มาจากพืชอาหารสัตว์ (forage, forage crops) หมายถึง พืชตระกูลหญ้า (Gramineae) และพืชตระกูลถั่ว (Leguminoseae) ปลูกเพื่อวัตถุประสงค์หลักในการใช้ลำต้นและใบในสภาพสดหรือแห้ง เป็นอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยไม่เกิดอันตราย และแหล่งอาหารหยาบที่ไม่ได้มาจากพืชอาหารสัตว์ (non-forage source, NFFS) เป็นเศษเหลือทางการเกษตรได้จากการเก็บเกี่ยวพืชในฤดูกาลต่างๆ เช่น เปลือกถั่วเหลือง เมล็ดฝ้าย กากเบียร์แห้ง ซังข้าวโพด เปลือกถั่วลิสง เป็นต้น

แหล่งของเยื่อใยที่ไม่ได้มาจากพืชอาหารสัตว์ (non-forage fiber source, NFFS) ที่ใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบเป็นผลพลอยได้จากการเก็บเกี่ยวพืชในฤดูกาลต่างๆ โดยเฉพาะในช่วงเดือนมกราคม-เมษายน เป็นช่วงที่เกษตรกรมีการเก็บเกี่ยวผล จึงทำให้มีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว ยอดอ้อย เปลือกถั่วเหลือง เมล็ดฝ้าย กากเบียร์แห้ง ซังข้าวโพด เปลือกถั่วลิสง มันเฮย์ เป็นต้น มีจำนวนมาก และในแต่ละปีมีผลพลอยได้และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเหล่านี้ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์มากนัก (ตารางที่ 2.3) ทั้งที่ผลพลอยได้และวัสดุเหลือใช้ทางการ

เกษตรเหล่านี้ สามารถที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับโคนมได้ และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าจะมีการนำใช้กันมากขึ้น เพื่อลดปัญหาการขาดแคลนแหล่งอาหารหยาบในฤดูแล้ง

ตารางที่ 2.3 ประเมินการนำใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นแหล่งพลังงานในปี พ.ศ. 2544

ชนิดพืช	ผลผลิตน้ำนมต่อปี (10^6กก.)	วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	สัดส่วนของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อผลผลิตพืช	ปริมาณของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (10^6 กก)	ปริมาณของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่นำไปเป็นแหล่งพลังงาน (10^6 กก)
อ้อย	53,494	ชานอ้อย	0.291	15,567	12,344
		ใบ และลำต้น	0.302	16,155	0
ข้าว	24,172	แกลบ	0.230	5,560	2,819
		ฟางข้าว	0.447	10,805	0
ปาล์ม	3,256	เส้นใย	0.049	160	94
		กะลา	2.604	8,479	0
		ลำต้น	0.233	759	0
มะพร้าว	1,400	กาก	0.362	507	146
		กะลา	0.160	224	93
มันสำปะหลัง	19,064	ใบ และลำต้น	0.088	1,678	0
ข้าวโพด	4,286	ซังข้าวโพด	0.273	1,170	226
		ใบและลำต้น			
ถั่วลิสง	138	เปลือก	0.323	45	0
ฝ้าย	36	เปลือกเมล็ด	3.232	116	0
		ลำต้นและใบ			
ถั่วเหลือง	319	เปลือกเมล็ด	2.663	849	6
		ใบและลำต้น			
ข้าวฟ่าง	142	ใบและลำต้น	1.252	178	21

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2543)

แหล่งอาหาหยาบที่ไม่ได้มาจากพืชอาหารสัตว์ระหว่าง 20-80 เปอร์เซ็นต์ของพืชอาหารสัตว์ (Mertens, 1995; Varga et al., 1998) (ตารางที่ 2.4) ได้แก่ เปลือกถั่วเหลือง (soybean hulls) เมล็ดฝ้ายทั้งเมล็ด (whole linted cottonseed) wheat middlings (Firkins, 1997; Varga et al., 1998; Ipharraguerre and Clack, 2003) และซังข้าวโพด (corn cobs) (Kinser et al., 1987; Depies and Armentano, 1995) (ตารางที่ 2.4) ส่วนมากมีปริมาณเยื่อใยสูงกว่าแหล่งอาหารหยาบที่ได้มาจากพืชอาหารสัตว์ ส่วนค่าความเป็น effective fiber ของแหล่งอาหารหยาบที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์วัดจากกิจกรรมการเคี้ยวเอื้อง การหลั่งน้ำลาย รวมทั้งเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมเป็นตัวชี้วัด (Mertens, 1997) พบว่า มีค่าที่ต่ำกว่าแหล่งอาหารหยาบชนิดที่เป็นพืชอาหารสัตว์ แสดงว่าอาหารหยาบที่มีส่วนประกอบของเยื่อใย NDF สูงไม่จำเป็นต้องมีค่า effective fiber สูงด้วย ค่าความแปรปรวนของค่า effective fiber ของซังข้าวโพดอาจมีผลจากขนาดของซังข้าวโพด อย่างไรก็ตาม Depies and Amentano (1995) รายงานว่า ซังข้าวโพดมีค่า effective fiber 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับอัลฟัลฟ่าเฮย์

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบปริมาณเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (NDF) การย่อยได้และระดับพลังงานในพืชต่างชนิด

	เยื่อใย NDF (%)	เยื่อใย NDF ที่มีประสิทธิภาพ (% NDF)	อัตราการย่อยได้เยื่อใย (%/h)	NE_L (Mcal/kg)
ถั่วอัลฟัลฟ่าเฮย์	44	95	0.052-0.165	1.32
ข้าวโพดหมัก	45	95	0.029-0.082	1.69
ซังข้าวโพด	89	40-80	-	1.91
เปลือกข้าวโอ๊ต	90	80	0.035-0.043	1.98
เมล็ดฝ้ายทั้งเมล็ด	78	60	-	1.94
Wheat middlings	37	50	0.042-0.144	1.56
เปลือกถั่วเหลือง	67	20	0.011-0.077	1.94

ที่มา: Kung (2003)

2.11 การใช้เยื่อใยชนิดไม่ใช่พืชอาหารสัตว์ (non-forage fiber source, NFFS) เป็นอาหารสำหรับโคนม

Harvatine et al. (2002) ได้ทำการทดลองใช้ whole linted cottonseed (WCS) เป็นอาหารเยื่อใยทดแทนพืชอาหารสัตว์บางส่วนในการทดลองที่มีสูตรอาหารทั้งหมด 6 สูตร คือ อัลฟัลฟ่าหมัก (alfalfa silage), ground corn (21% FNDF), whole linted cottonseed (WCS) 5 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับ ground corn หรือ steam flake corn (18% FNDF), WCS 10 เปอร์เซ็นต์

ร่วมกับ ground corn หรือ steam flake corn (15% FNDF) และ WCS 5 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับ ground corn (12% FNDF) พบว่า กิจกรรมการเคี้ยวอาหารที่ทำการวัดในกลุ่มที่ใช้ WCS มีประสิทธิภาพสูงถึง 84 เปอร์เซ็นต์ (SE=36%) ซึ่งมีประสิทธิภาพเท่าๆ กับ FNDF ที่ได้มาจากอัลฟัลฟ่าหมัก แต่ว่าอัตราการไหลผ่านและการย่อยได้ลดลง การย่อยได้ของเยื่อใย NDF เมื่อมีการเพิ่ม WCS มีผลทำให้ความจุของกระเพาะรูเมนลดลง

Depies and Armentano (1995) ได้ทำการทดลองใช้ซังข้าวโพด หรือ wheat middlings ทดแทนอัลฟัลฟ่า (alfalfa) บางส่วนในอาหารโคนม โดยอาหารที่ใช้เลี้ยงเป็นหลักมีปริมาณของเยื่อใย NDF ที่ต่ำ คือ 26.8 กรัมในอาหาร โดยจะแบ่งออกเป็นเยื่อใย NDF จาก อัลฟัลฟ่า 14.7 กรัม ต่อ 100 กรัมอาหาร จากนั้นจะมีการเสริมแหล่งอาหารเยื่อใยอื่น คือ อัลฟัลฟ่า ซังข้าวโพด และ wheat middlings ในปริมาณ 27.4, 28.9 และ 27.9 เปอร์เซ็นต์ ของ NDF รวมในอาหาร ตามลำดับ พบว่า ปริมาณการกินได้ (24.9 กก./วัน) และผลผลิตน้ำนมไม่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่มทดลอง แต่แหล่งอาหารเยื่อใยจาก NFFS มีผลทำให้ไขมันนมเพิ่มสูงขึ้นจากกลุ่มควบคุม (3.1-3.4 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน) และยังลดเวลาในการเคี้ยวเอื้อง (423-390 นาที/วัน) จากกลุ่มที่มีการเสริมอัลฟัลฟ่า ในการตรวจสอบไขมันนม พบว่า ไขมันนมจะเพิ่มขึ้น 1.5 หน่วย เมื่อเพิ่มปริมาณการกิน NFFS 1 หน่วย ในส่วนของโปรตีนนม ในกลุ่มที่ได้รับ NFFS มีโปรตีนนมสูงกว่า (3.3 เปอร์เซ็นต์) ในกลุ่มที่ได้รับอัลฟัลฟ่า (3.2 เปอร์เซ็นต์) การทดแทนเยื่อใย NDF จากแหล่งเยื่อใยจาก NFFS สามารถทดแทนได้บางส่วน โดยไม่มีผลกระทบต่อกิจกรรมการกินและการเคี้ยวเอื้อง การให้ผลผลิตทั้งปริมาณและคุณภาพน้ำนม ส่วนการนำใช้แหล่งเยื่อใยจาก NFFS โดยเฉพาะซังข้าวโพดที่ใช้เป็นแหล่งเยื่อใยทั้งหมดในอาหารโคนม ไพบูลย์ และคณะ (2539) ได้ทำการทดลองใช้อาหารผสมสำเร็จรูปที่มีซังข้าวโพดเป็นแหล่งของเยื่อใยแก่โคนม พบว่า การให้อาหารผสมสำเร็จรูปนั้น เพิ่มปริมาณการกินได้และมีแนวโน้มในการเพิ่มผลผลิตน้ำนมเมื่อเทียบกับการให้อาหารหยาบและอาหารข้นแยกกันอย่างเช่นที่เลี้ยงกันทั่วไป สอดคล้องกับ ฉลอง และคณะ (2547) ที่ได้ทำการทดลองให้อาหารผสมสำเร็จรูปที่มีซังข้าวโพด เป็นแหล่งเยื่อใยทั้งหมดที่ระดับต่างๆ (30, 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์) พบว่า โคนมมีการตอบสนองในด้านปริมาณการกินได้ของอาหารที่เพิ่มขึ้น ผลผลิตน้ำนมและโปรตีนนมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการให้อาหารแบบแยกประเภท จากการศึกษาครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่า สามารถใช้แหล่งเยื่อใยจาก NFFS เป็นแหล่งเยื่อใยทั้งหมดได้ถึงระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารสำหรับโคนม

กรุง (2547) ได้ศึกษาการใช้ฟางข้าวที่มีความเป็น effective fiber สูง ทดแทนซังข้าวโพดในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูป พบว่า การใช้ฟางข้าวทดแทนซังข้าวโพดในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูป มีผลให้ปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของเซลลูโลสลดลง แต่ประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้นตามปริมาณการทดแทนฟางข้าว แสดงว่า การใช้แหล่งเยื่อใยชนิดไม่ใช่พืชอาหารสัตว์เป็นแหล่งอาหารหยาบในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูป ควรจะมีการเสริมแหล่งอาหารที่มีคุณสมบัติความเป็น effective fiber ที่สูงร่วมด้วย จึงจะให้ประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์ของอาหารเพิ่มขึ้น