บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

อาหารผสมเสร็จ (Complete diet หรือ Total mixed ration, TMR)

อาหารผสมเสร็จ หมายถึง อาหารผสมครบส่วนที่รวมทั้ง อาหารหยาบ อาหารข้น และอาหารเสริมแร่ธาตุและวิตามินเข้าด้วยกันในสัดส่วนที่เหมาะสมโดยมีโภชนะต่างๆครบตามความต้องการของโคนม (จินดา, 2541)

ความสำคัญของอาหารผสมเสร็จ

ในแง่การใช้ประโยชน์ของอาหารในกระเพาะหมัก อาหารโคนมที่ดีจะต้องมีโภชนะเป็นที่ต้องการของจุลินทรีย์และอัตราการปลดปล่อยของโภชนะเหล่านั้นจะต้องอยู่ในระดับที่เหมาะสม เพื่อก่อให้เกิดการใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การแยกใช้ระหว่างอาหารข้นและอาหารหยาบจะทำให้การใช้ประโยชน์ของโภชนะ (พลังงานและโปรตีน) ที่ปลดปล่อยออกมาไม่มีความต่อเนื่องและขาดความสมดุล เป็นผลให้การใช้ประโยชน์ของอาหารมีประสิทธิภาพต่ำลง รวมทั้งระบบนิเวศวิทยาในกระเพาะหมักไม่เหมาะสมต่อการดำเนินกิจกรรมของจุลินทรีย์ (ฉลองและคณะ, 2540) ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนมีความสำคัญต่อขบวนการย่อยอาหารของโค การควบคุมความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนให้คงที่ได้ จะสามารถเพิ่มการย่อยอาหารให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพกล่าวคือถ้าให้โคนมกินอาหารข้น ซึ่งปกติอาหารชนิดนี้จะมีพลังงานที่ย่อยได้สูง สภาพในกระเพาะหมักจะเป็นกรด ถ้าให้อาหารข้นในปริมาณที่มากโอกาสที่กระเพาะรูเมนจะเป็นกรดมากขึ้น ถ้าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนต่ำกว่า 5 โคจะมีประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลงและทำให้ไขมันนมลดต่ำลงและโคจะแสดงอาการป่วยและเมื่อโคกินหญ้าหรืออาหารหยาบความเป็นด่างในกระเพาะรูเมนจะสูงขึ้น เนื่องจากมีการเคี้ยวเอื้องทำให้มีการหมุนเวียนของน้ำลายซึ่งมีคุณสมบัติเป็นด่างไหลกลับเข้ากระเพาะรูเมนจะช่วยปรับสภาพในรูเมนให้ความเป็นด่างสูงขึ้น ดังนั้น อาหารผสมเสร็จจึงมีความสำคัญเนื่องจากสามารถควบคุมระดับความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนให้คงที่ได้ดีกว่าการให้อาหารแบบแยกกัน (นิรนาม, 2546)

ลักษณะของอาหารผสมเสร็จ

ปกติการย่อยอาหารจะเกิดขึ้นในกระเพาะรูเมนเป็นส่วนใหญ่ โดยกิจกรรมทางกายภาพของสัตว์และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระเพาะที่ทำหน้าที่เปลี่ยนอาหารเป็นกรดไขมัน ในสูตรอาหารผสมเสร็จจำเป็นต้องลดขนาดของอาหารหยาบลง เพื่อการผสมให้เข้ากันดีกับอาหารข้น ลดความฟ่ามของอาหาร ซึ่งจะช่วยเพิ่มปริมาณการกินได้และลดการเลือกกินอาหาร การลดขนาดของอาหารหยาบจะทำให้ลดการเคี้ยวเอื้อง การหมุนเวียนของน้ำลายน้อยลง ซึ่งมีผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (นิรนาม, 2546) ลักษณะของอาหารผสมเสร็จที่ดีควรมีลักษณะดังนี้ (สมชาย, 2538)

1. ควรประกอบไปด้วยอาหารหยาบและอาหารข้นในอัตราส่วนที่เหมาะสม (คำนวณจากน้ำหนักแห้ง) โดยขึ้นอยู่กับอายุและผลผลิตของโคที่จะเลี้ยง

2. คุณภาพของอาหารทั้ง 2 ชนิดจะต้องดี โดยเฉพาะอาหารหยาบ ควรเป็นอาหารหยาบคุณภาพดี เช่น หญ้าสด หญ้าหมักหรือหญ้าแห้ง การใช้อาหารหยาบคุณภาพต่ำ เช่น ฟางข้าว ซังข้าวโพด แกลบหรือหญ้าคุณภาพเลวจะทำให้การใช้ประโยชน์จากอาหารผสมเสร็จได้น้อย

3. ขนาดความยาวของอาหารหยาบที่ใช้ผสมควรมีขนาดพอเหมาะไม่สั้นจนเกินไปเพราะถ้ามีขนาดเล็กจนเกินไปอาหารจะผ่านกระเพาะรูเมนไปเร็วกว่าปกติ ซึ่งจะทำให้เวลาในการเคี้ยวเอื้องน้อยลง ปริมาณของน้ำลายจะไหลลงสู่กระเพาะรูเมนก็ลดลงตามไปด้วย

4. การกระจายตัวของอาหารหยาบและอาหารข้นควรสม่ำเสมอ ซึ่งจะสามารถทำได้โดยการใช้เครื่องจักรที่ผลิตขึ้นมาสำหรับงานนี้โดยเฉพาะเพื่อให้สามารถผสมอาหารที่มีลักษณะทางกายภาพต่างกันมาก 2 ชนิดให้กระจายตัวทั่ว

วัตถุดิบที่ใช้ผสมในอาหารผสมเสร็จ

ในการประกอบสูตรอาหารผสมเสร็จต้องใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพดี เช่นเดียวกับการประกอบสูตรอาหารข้น (นิรนาม, 2546)

แหล่งอาหารหยาบ

ใช้พืชอาหารสัตว์ได้ทุกชนิดและเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่เยื่อใยสูง อาหารหยาบที่ใช้ควรมีศักยภาพในด้านการย่อยได้และอัตราการย่อยได้สูง มีความสามารถทำให้อัตราการหมักสูง มีอัตราการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนสูงกว่าการผลิตกรดไขมันระเหยได้ (นิรนาม, 2546) นอกจากนี้ขนาดของอาหารหยาบจำเป็นจะต้องมีการลดขนาดลงเพื่อช่วยให้ปริมาณการกินได้ของน้ำหนักแห้งและลดการเลือกกินอาหาร แต่อย่างไรก็ตามการลดขนาดของอาหารหยาบจะทำให้โคลดเวลาในการเคี้ยวเอื้อง อัตราการไหลผ่านของอาหารหยาบออกจากกระเพาะหมักเร็วขึ้น ทำให้การย่อยได้ของอาหารต่ำลง (Grant et al., 1990) นอกจากนี้มีผลทำให้ไขมันในน้ำนมต่ำลงอีกด้วย (Woodford. et al., 1988) ขนาดของอาหารหยาบที่เหมาะสมในสูตรอาหารผสมเสร็จควรมีขนาด 1-2 เซนติเมตร (ปรารถนา, 2537)

แหล่งอาหารข้น

ประกอบด้วยแหล่งของโปรตีน เช่น กากถั่วเหลือง กากเมล็ดทานตะวัน กากงา กากเมล็ดฝ้าย ใบพืชโปรตีนสูง เช่น ใบกระถินแห้ง ใบมันสำปะหลัง แหล่งของอาหารพลังงาน เช่น มันเส้น ข้าวโพด รำ ข้าวฟ่าง (นิรนาม, 2546) แหล่งของแร่ธาตุอื่นๆ ได้แก่ กระดูก เปลือกหอย เกลือ ไดแคลเซียมฟอสเฟต วิตามินและแร่ธาตุปลีกย่อย เป็นต้น

ตาราง 1 คุณสมบัติของอาหารหยาบและอาหารข้น

คุณสมบัติของอาหารหยาบ	คุณสมบัติของอาหารข้น
1. มีสัมประสิทธิการย่อยได้สูง (65%)	1. มีความน่ากินสูง
2. สามารถปลดปล่อยแหล่งพลังงานที่เป็นแหล่งกลูโคสได้ในระดับที่สูงประมาณ 25% ของกรดไขมันระเหยได้	2. มีแหล่งของพลังงานที่ย่อยได้ง่ายและแหล่งของพลังงานที่ไหลผ่านในระดับที่เหมาะสม
3. มีโปรตีนที่ละลายในกระเพาะหมักได้ง่ายประมาณ 3 กรัมไนโตรเจนต่อ 1 กิโลกรัมของอินทรีย์วัตถุที่ย่อยได้	3. มีอัตราการไหลผ่านจากกระเพาะหมักของจุลินทรีย์โปรตีนสูง
4. สามารถเป็นแหล่งโปรตีนไหลผ่านจากกระเพาะหมักที่พอเหมาะ	4. มีแหล่งโปรตีนไหลผ่านที่สูง(35%ของโปรตีนทั้งหมด)
5. มีไขมันสูงในระดับ 4-8 %	

ที่มา : ฉลองและคณะ (2540)

ตาราง 2 ผลของขนาดความยาวของอาหารหยาบที่ใช้เลี้ยงและเหมาะสมต่อลักษณะการผลิตโคนม

ลักษณะของอาหารหยาบ	ค่าเฉลี่ยความยาว (ซม.)	นน.วัตถุแห้งที่กินได้(กก./ตัว)	ปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้(กก./ตัว)	ปริมาณไขมันนม(%)	ค่า pH[1]
หญ้าแห้งยาว	-	24.1	33.6	3.5	6.3
หญ้าแห้งตัด	0.78	25.2	34.5	3.5	6.4
หญ้าแห้งอัดเม็ด	0.17	23.7	35.9	2.9	5.6

[1]ค่า pH ในกระเพาะรูเมน

ที่มา : สมชาย (2540)

สัดส่วนของอาหารหยาบและอาหารข้น

สัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นในอาหารผสมเสร็จไม่ใช่สิ่งสำคัญแต่ระดับของ เยื่อใยคือ ผนังเซลล์ (neutral detergent fiber, NDF) และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด(acid-detergent fiber, ADF) จะมีความสำคัญมากกว่า อย่างไรก็ดีในทางปฏิบัติอาจจะต้องการทราบถึงสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นในอาหารผสมเสร็จ ซึ่งสัดส่วนของอาหารหยาบแต่ละชนิดที่ใช้ในอาหารผสมเสร็จ ควรคำนึงถึงระดับ ADF ที่ 21 เปอร์เซ็นต์และ NDF ที่ 30-35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งระดับที่แนะนำไว้โดย NRC (1988) ดังแสดงไว้ในตาราง 3

Owen (1981) สรุปว่ายังไม่มีการยืนยันพิสูจน์ข้อดีของการให้อาหารข้นแก่แม่โคในปริมาณต่างๆตามระยะการให้นม หรือการเปลี่ยนอัตราส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนตามระยะการให้นม แม้ว่าการเพิ่มอาหารข้นจะมีผลทำให้ได้นมเพิ่มขึ้น อัตราส่วนที่เหมาะสมของอาหารข้นต่ออาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนที่ใช้อาหารหยาบคุณภาพดีไม่ควรเกิน 60 : 40 แต่โคนมที่ให้นมสูงอาจใช้อัตราส่วน 50 : 50 ได้ ในกรณีที่อาหารหลักเป็นพืชหมักควรเสริมแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพดี เช่น กากถั่วเหลืองและปลาป่น เพราะวัตถุดิบเหล่านี้สามารถให้ undegradable protein (UDP) ตลอดจนทำให้ได้ microbial protein ในปริมาณที่เพียงพอแก่กระเพาะ abomasum และ ลำไส้เล็ก

อย่างไรก็ตาม การให้อาหารผสมครบส่วนที่มีอาหารข้นระดับเดียวเลี้ยงกลุ่มโคนมที่ให้ผลผลิตใกล้เคียงกันเปรียบเทียบกับการให้อาหารเป็นรายตัวตามปริมาณน้ำนม พบว่าการให้อาหารเป็นรายตัวไม่ได้ทำให้แม่โคให้ผลผลิตน้ำนมดีกว่าการให้อาหารที่มีอาหารข้นระดับเดียว ซึ่งจัดตามระดับผลผลิตหรือระยะการให้นม

อาหารผสมเสร็จจำเป็นที่ต้องมีการใช้อาหารร่วมกันระหว่างอาหารข้นและอาหารหยาบแต่สัดส่วนของอาหารทั้ง 2 ชนิดนั้นจะไม่แน่นอนตายตัว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและคุณภาพของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่นำมาผสมในสูตรอาหารดังตัวอย่างสูตรอาหารในตาราง 5 (ฉลองและคณะ, 2540)

ตาราง 3 สัดส่วนของอาหารหยาบที่ใช้ในอาหารผสมเสร็จ

ชนิดของอาหารหยาบ	สัดส่วนที่ใช้ (%)
หญ้าหมัก	30-35
ต้นข้าวโพดหมัก	35-50
ฟางข้าว	20-25
ซังข้าวโพด	20-25
ชานอ้อย	20-30
เปลือกและแกนสับปะรด	40-50
หญ้าสด	35-50

ที่มา : NRC (1988)

การจัดส่วนประกอบของอาหารผสมครบส่วนที่พอเหมาะ คือ

1. มีเมล็ดธัญพืชในระดับที่เหมาะสมเพื่อให้ระดับของ NFC (Non-fiber carbohydrate) อยู่ในช่วง 25-35 เปอร์เซ็นต์ (สมคิด, 2542)

2. มีระดับโปรตีนเหมาะสม ถ้าใช้โปรตีนที่มีคุณภาพดีโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารโคนมควรอยู่ในระดับ 13 เปอร์เซ็นต์ (Owen, 1981)

3. มีแหล่งอาหารโปรตีน กรณีที่ใช้พืชหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบควรเสริมแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพดี เช่น กากถั่วเหลืองและปลาป่น เพราะวัตถุดิบเหล่านี้สามารถให้ UDP ตลอดจนทำให้ได้โปรตีนจากจุลินทรีย์ที่เพียงพอแก่กระเพาะ abomasum และลำไส้เล็ก (Owen, 1981)

ความถี่ในการให้อาหาร

การให้อาหารบ่อยครั้งจะเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร Owen (1981) สรุปการศึกษาของนักวิจัยหลายท่าน ซึ่งศึกษากับแม่โคที่กำลังให้นมและสัตว์ชนิดอื่นๆ พบว่าการให้อาหารบ่อยครั้งจะเพิ่มการย่อยได้ของวัตถุแห้งและไนโตรเจน โดยเฉพาะเมื่อใช้อาหารที่มีคุณภาพต่ำ การให้อาหารบ่อยครั้งยังช่วยลดความแปรปรวนของปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acid, VFA) และแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนทำให้ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเท่านั้น นอกจากนี้ยังเพิ่มสัดส่วนของ propionic acid และจำนวนโปรโตซัวในกระเพาะรูเมนด้วย การให้หญ้าแห้งอัดเม็ดวันละ 4 ครั้งพบว่าทำให้นมมีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงกว่าการให้วันละ 2 ครั้ง เนื่องจากการให้อาหารบ่อยครั้งช่วยให้อัตราส่วนของ acetic : propionic มีแนวโน้มใกล้เคียงกับ 3 : 1 ซึ่งสามารถป้องกันการลดลงของไขมันนม การให้อาหารบ่อยครั้งมีผลให้ความเข้มข้นของแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนค่อนข้างสม่ำเสมอซึ่งเป็นผลดีทำให้ประสิทธิภาพการใช้ non-protein nitrogen (NPN) ดีขึ้น

สรุปได้ว่าโคที่ให้นมสูงควรจะให้อาหารผสมเสร็จกินตามใจชอบ ซึ่งจะทำให้กินอาหารได้เพิ่มขึ้น ไขมันนมไม่ลดต่ำลงและโคสามารถใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังป้องกันการเกิดภาวะที่กรดในร่างกายสูง (acidosis) ด้วย

Phillips และ Rind (2001) ได้ศึกษาถึงผลของความถี่ของการให้อาหารผสมเสร็จที่มีต่อผลผลิตของโคนม เป็นการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบความถี่ของการให้อาหาร โดยแบ่งเป็นการให้อาหารบ่อยครั้ง (4 ครั้งต่อวัน) กับการให้อาหารไม่บ่อยครั้ง (1 ครั้งต่อวัน) โดยในการทดลองนี้จะแบ่งโคนมออกเป็น 3 กลุ่มคือ 1). โคนมที่ให้อาหารบ่อยครั้งขังแยก 2). โคนมที่ให้อาหารไม่บ่อยครั้งขังแยก 3). ขังรวมกันระหว่างโคนมทั้ง 2 กลุ่ม ผลการศึกษาปรากฏว่า โคนมที่ได้รับอาหารแบบไม่บ่อยครั้งขังแยกมีการผลิตน้ำนมมากขึ้นแต่เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนในนมลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับโคนมที่ได้รับอาหารบ่อยครั้งและไม่บ่อยครั้งขังรวมกันซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตาราง 4)

ตาราง 4 ผลผลิตของโคนมที่ได้รับอาหารแบบบ่อยครั้ง (4 ครั้งต่อวัน) และแบบไม่บ่อยครั้ง (1 ครั้งต่อวัน)

	กลุ่มทดลอง		
	กลุ่มที่1	**กลุ่มที่2**	**กลุ่มที่3**
ผลผลิตน้ำนม, กก./วัน	24.5	25.7	24.4
ไขมัน, %	4.07	4.06	3.87
โปรตีน, %	2.95	2.87	2.97
ผลผลิตไขมัน, กรัม/วัน	989	1044	944
ผลผลิตโปรตีน, กรัม/วัน	724	738	726

ที่มา : Phillips และ Rind (2001)

ประโยชน์ของอาหารผสมเสร็จ

การให้กินอาหารแบบอาหารผสมเสร็จนี้เป็นการรวมทั้งอาหารหยาบและอาหารข้น อาหารเสริมแร่ธาตุและวิตามินเข้าด้วยกัน โดยคำนวณให้มีโภชนะต่างๆเพียงพอตามความต้องการของสัตว์ การให้อาหารแบบนี้จะเป็นวิธีที่ง่ายต่อการจัดการด้านเวลาและแรงงาน ซึ่งโคจะได้รับโภชนะครบถ้วนและมีสัดส่วนสม่ำเสมอตามความต้องการของโคและโคจะได้รับประโยชน์ดังนี้ (นิรนาม, 2546)

1. ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนมีสภาพเหมาะสมต่อสภาวะนิเวศของการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์
2. ทำให้กระเพาะหมักมีการย่อยได้ดีขึ้น
3. อาหารในกระเพาะหมักมีการย่อยได้ดีขึ้น
4. ทำให้การดูดซึมอาหารไปใช้ประโยชน์ในร่างกายดีขึ้น
5. ทำให้โคนมสามารถแสดงศักยภาพการให้ผลผลิตได้อย่างเต็มที่
6. ทำให้มั่นใจได้ว่าจะไม่เกิดการป่วยเป็นโรคกรดในกระเพาะหมักกับโคนม
7. จะช่วยประหยัดแรงงานเกี่ยวกับการจัดการอาหารหยาบและสะดวกในการจัดการให้อาหาร

ข้อควรพิจารณาในการใช้อาหารผสมเสร็จ

วิธีการให้อาหารโคนมที่มักจะปฏิบัติกันทั่วไป คือ ให้อาหารหยาบเต็มที่แก่แม่โค และให้อาหารข้นตามปริมาณของน้ำนม โดยให้อาหารข้นในช่วงรีดนมหรือแบ่งให้ในช่วงเวลาอื่นๆ อีกด้วยเพราะโคอาจจะกินไม่หมดในช่วงรีดนม การให้อาหารข้นโดยวางแยกให้สัตว์เลือกกินตามใจชอบโดยไม่จำกัดปริมาณ ปรากฏว่าไม่ทำให้ได้ผลผลิตดีขึ้นโดยเฉพาะเมื่อพิจารณาการให้นมตลอดช่วงการให้นม

ในรายงานของ Owen (1981) แสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงโคนมโดยใช้หญ้าแห้งและฟางเป็นอาหารหยาบและให้อาหารข้นซึ่งประกอบด้วยข้าวบาร์เลย์เป็นหลัก ผลปรากฏว่าเมื่อโคกินอาหารทั้งสองแบบเต็มที่ โคกินอาหารหยาบน้อยลงมาก ส่งผลให้น้ำนมที่รีดได้มีไขมันต่ำ ปริมาณการกินอาหารไม่แน่นอนและโคให้น้ำนมมากกว่ากลุ่มที่กินอาหารผสมเสร็จเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ข้อเสียที่เกิดขึ้นจากการให้แม่โคเลือกกินอาหารเต็มที่คือ แม่โคกินอาหารหยาบและอาหารข้นในสัดส่วนที่แตกต่างกันมาก ผลการศึกษาให้โคกินอาหารข้นเต็มที่ช่วงหลังคลอดลูกแล้ว 2 เดือน มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันนมลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการให้อาหารผสมเสร็จและการให้อาหารข้นตามความสามารถการให้นม นอกจากนี้ในช่วง 3 เดือนแรกหลังคลอด ถ้าโคได้รับอาหารข้นอย่างเต็มที่จะมีปัญหาด้านสุขภาพ การใช้อาหารข้นไม่มีประสิทธิภาพและให้นมลดลง สรุปได้ว่าการให้อาหารข้นแบบเต็มที่ไม่ว่าจะให้บางช่วงหรือตลอดช่วงการให้นมก่อให้เกิดประโยชน์น้อยและการปฏิบัติเช่นนั้นจะทำให้การใช้อาหารข้นไม่มีประสิทธิภาพ ไขมันนมลดลงและเกิดปัญหาสุขภาพ

Coppock et al. (1972) แนะนำว่าในการให้โคกินอาหารผสมครบส่วนควรให้กินเป็นกลุ่มเพราะส่งผลให้โคกินอาหารได้มากกว่าการให้อาหารเป็นรายตัว นอกจากนี้ยังส่งผลให้นมมีเปอร์เซ็นต์ไขมันและโปรตีนสูงขึ้นด้วย

ตาราง 5 ตัวอย่างสูตรอาหารผสมเสร็จที่มีซังข้าวโพดหรือฟางข้าวเป็นแหล่งของอาหารหยาบ

วัตถุดิบที่ใช้ (กก.)	**สูตรฟางข้าว**	**สูตรซังข้าวโพด**
ฟางข้าว	24.51	-
ซังข้าวโพด	-	25.30
มันเส้น	34.34	35.30
ปลายข้าว	17.14	14.08
ปลาป่น	5.92	5.92
กากถั่วเหลือง	2.17	3.00
กากเมล็ดทานตะวัน	9.70	9.68
กากน้ำตาล	3.92	3.91
ยูเรีย	1.57	1.52
ปูนขาว	0.23	0.27
เกลือ	0.46	0.45
รวม	100	100
องค์ประกอบทางเคมี(%)		
CP	16.00	16.00
ADF	19.76	15.50
NDF	30.05	34.49
Ca	0.60	0.65
P	0.49	0.44

ที่มา : ฉลองและคณะ (2540)

ฟางข้าว

อาหารคุณค่าต่ำ เช่น ฟางข้าว มีโภชนะอยู่ต่ำโดยมีโปรตีนอยู่เพียง 3-4 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น และยังประกอบไปด้วยคาร์โบไฮเดรตโครงสร้าง (structural carbohydrate) ในปริมาณสูงมาก เช่น ADF 49.2 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะส่วนที่จับตัวกันระหว่างลิกนินกับเซลลูโลส นอกจากนั้นปริมาณแร่ธาตุที่จำเป็นยังมีน้อยมาก เช่น ฟอสฟอรัส ซึ่งมีเพียง 0.10 เปอร์เซ็นต์ ถึงแม้ว่าแคลเซียมจะมีอยู่ในปริมาณมากแต่การนำไปใช้ประโยชน์อาจจะต่ำลง ทั้งนี้เพราะว่าแคลเซียมอาจจะอยู่ในรูปของเกลือออกซาเลท (oxalate) หรือซิลิเคท (silicate) นอกจากนี้ปริมาณของ ซิลิก้าในฟางข้าวนั้นจะมีปริมาณมากกว่าในฟางธัญพืชชนิดอื่นๆ ซิลิก้ามีส่วนทำให้การใช้ประโยชน์ของฟางข้าวลดต่ำลงได้ นอกจากนั้นแล้วปริมาณซิลิก้าในลำต้นมีน้อยกว่าใบ เมื่อเปรียบเทียบกับฟางข้าวธัญพืชชนิดอื่นๆ แล้ว ฟางข้าวประกอบด้วยซิลิก้าในปริมาณที่ค่อนข้างสูง (เมธา, 2531)

ตาราง 6 ส่วนประกอบเยื่อใยส่วนต่างๆ ของฟางต่างชนิด (% วัตถุแห้ง)

ชนิดของฟาง	เซลลูโลส (cellulose)	เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose)	ลิกนิน (lignin)	ซิลิก้า (silica)
ฟางข้าว	33	26	7	13
แกลบ	39	14	11	22
ฟางข้าวบาร์เลย์	44	27	7	3
ฟางข้างสาลี	39	36	10	6
ฟางข้าวโอ๊ต	41	16	11	3
ตอซังข้าวฟาง	31	30	11	3
ชานอ้อย	40	29	13	2

ที่มา : ดัดแปลงจาก เมธา (2531)

การใช้ประโยชน์จากอาหารหยาบที่มีคุณค่าโภชนะต่ำ

อาหารหยาบที่มีคุณค่าโภชนะต่ำนั้น ส่วนใหญ่จะเป็นพวกผลพลอยได้หรือเศษพืชจากการเกษตรและอุตสาหกรรมการเกษตร เช่น ฟางข้าว นอกจากนั้นยังรวมถึงหญ้าที่มีอายุมากเมื่อตัดทำหญ้าแห้ง เป็นต้น อย่างไรก็ตามจะพบว่าอาหารหยาบเหล่านี้มักจะถูกนำมาเลี้ยงโคในระยะที่ขาดแคลนหญ้าสีเขียว ซึ่งเมื่อนำมาใช้ประโยชน์แล้วจะให้โภชนะที่ไม่เพียงพอกับความต้องการของสัตว์โดยเฉพาะระดับของโปรตีน กรดอะมิโนที่จำเป็นและพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นการใช้ผลพลอยได้จากการเกษตรเหล่านี้เป็นอาหารสัตว์ อาจมีการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของอาหารหยาบหรือมีการเสริมอาหารข้นร่วมด้วย (เมธาและฉลอง, 2533)

การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของอาหารหยาบคุณภาพต่ำ

การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของฟางข้าวหรือหญ้าแห้งนั้นสามารถทำได้โดยการหมัก ยูเรีย การเตรียมฟางหรือหญ้าแห้งทำได้ง่ายกว่าการทำอาหารหยาบหมักมาก ซึ่งอาจจะทำเป็นบ่อเหมือนบ่ออาหารหยาบหมักหรืออาจจะกองบนดินก็ได้ โดยพื้นที่บริเวณที่จะทำควรปูผ้าพลาสติกเพื่อกันไม่ให้น้ำซึมลงไปในดิน นำฟางหรือหญ้าแห้งที่เตรียมไว้มากองโดยการเกลี่ยออกให้เรียบ ถ้าฟางหรือหญ้าแห้งมีลักษณะเป็นฟ่อนก็สามารถนำมาเรียงเป็นแถวได้ หลังจากนั้นนำยูเรียในอัตราส่วน ยูเรีย 6 กิโลกรัมต่อฟางหรือหญ้าแห้ง 100 กิโลกรัมละลายในน้ำ 100 ลิตรแล้วนำมาราดลงบนกองฟางหรือหญ้าแห้งที่เตรียมเอาไว้โดยพยายามให้ฟางหรือหญ้าแห้งทุกส่วนเปียกน้ำ เมื่อเสร็จชั้นหนึ่งก็นำฟางหรือหญ้าแห้งชุดใหม่มากองทับแล้วราดด้วยยูเรีย ทำอย่างนี้ไปเรื่อยจนได้ปริมาณตามที่ต้องการ หลังจากนั้นนำผ้าพลาสติกสีคำมาคลุมให้สนิทป้องกันไม่ให้ก๊าซแอมโมเนียที่เกิดขึ้นกระจายออกไป ทิ้งไว้ประมาณ 2 ถึง 3 สัปดาห์แล้วจึงนำไปเลี้ยงโคนมได้ (สมชาย, 2540)

ผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากการปรับปรุง

1. เป็นการเพิ่มการย่อยได้ของฟาง และเพิ่มอัตราการย่อยของฟาง
2. ทำให้สัตว์สามารถกินฟางได้เพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้สัตว์สามารถได้รับพลังงานสุทธิเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อร่างกายของสัตว์ได้
3. เป็นการเพิ่มเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบเนื่องจากการใช้แหล่งของไนโตรเจนในการปรับปรุง
4. ถ้าใช้กับสัตว์ที่ให้ผลผลิตสูง เช่น ในโคนมจะเป็นการช่วยลดสภาวะการเกิดแอซิโดซีส (acidosis) เพราะการกินฟางจะทำให้ระยะเวลาการเคี้ยวและการเคี้ยวเอื้องเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้มีการหลั่งน้ำลายเพิ่มขึ้น สามารถปรับสภาวะภายในกระเพาะหมักให้เป็นกลางมากขึ้น อาจมีผลทำให้การใช้ประโยชน์ของเยื่อใยในกระเพาะหมักดีขึ้นด้วย นอกจากนั้นยังทำให้ความเป็นกรด-ด่างของระบบทางเดินอาหารส่วนล่างสูงขึ้น ซึ่งจะอำนวยให้มีการย่อยและดูดซึมอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตดีขึ้น

เมธาและคณะ (2533) ได้ศึกษาถึงการเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนะของฟางข้าวจ้าวและฟางข้าวเหนียวเพื่อเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยใช้กลุ่มตัวอย่างฟางข้าวเหนียวจำนวน 3 พันธ์ คือ กข. 6, กข. 10 และ คำผาย และฟางข้าวจ้าว 3 พันธ์ คือ กข. 15, กข. 27 และ มะลิ 105 จากสถานีปรับปรุงพันธ์ข้าวชุมแพ จังหวัดขอนแก่น ทำการแยกส่วนของฟางข้าวออกเป็นส่วนของลำต้น กาบใบ ใบและก้านรวง ชั่งน้ำหนักและวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมีแต่ละส่วน (ตาราง 7) พบว่า น้ำหนักในแต่ละส่วนของฟางข้าวเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกัน แต่น้ำหนักของลำต้นและกาบใบของฟางข้าวจ้าวมีค่าใกล้เคียงกันที่สุดแต่สูงกว่าใบและก้านรวง และจากการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่า ฟางข้าวจ้าวและฟางข้าวเหนียวมีโปรตีน เท่ากับ 3.7 และ 3.8 เปอร์เซ็นต์ NDF เท่ากับ 72.7 และ 73.5 เปอร์เซ็นต์ ADF เท่ากับ 50.3 และ 50.3 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง 7 น้ำหนักและส่วนประกอบทางเคมีของฟางข้าวจ้าวและฟางข้าวเหนียว

พันธุ์	วัตถุแห้ง	เถ้า	โปรตีน	NDF	ADF	น้ำหนัก
	(%)	%วัตถุแห้ง				(กรัม)
ฟางข้าวเหนียว						
- กข.6	94.8	14.4	3.1	71.8	51.5	446.1
- กข.10	94.2	13.9	4.2	69.2	48.8	223.0
- คำผาย	94.3	11.8	4.0	79.4	50.6	420.0
- ค่าเฉลี่ย	94.4	13.4	3.8	73.5	50.3	363.0
ฟางข้าวจ้าว						
- กข.15	94.1	16.5	3.7	69.7	50.9	321.0
- กข.27	93.9	14.7	4.1	73.1	51.8	285.0
- มะลิ-105	93.9	16.0	3.4	75.4	48.3	280.0
- ค่าเฉลี่ย	94.0	15.7	3.7	72.7	50.3	295.3

ที่มา : เมธาและคณะ (2533)

Khampa and Wanapat (2003) ได้ศึกษาผลของการเสริมอาหารข้นที่มีส่วนประกอบของมันเส้นในระดับสูงต่อความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะในโคโดยที่ในการทดลองใช้โคนมเจาะกระเพาะรูเมนเพศผู้พันธุ์ผสมจำนวน 4 ตัวเป็นสัตว์ทดลองเพื่อศึกษาผลของปริมาณการเสริมอาหารข้นที่มีแหล่งพลังงานจากมันเส้นเป็นหลัก 4 ระดับ (4 กลุ่มทดลอง) คือ 0 1 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวต่อวัน และได้รับอาหารหยาบเป็นฟางหมักยูเรียอย่างเต็มที่ โดยใช้แผนการทดลองแบบ 4 x 4 ลาตินแสควร์ ผลการทดลอง (ตาราง 8) พบว่า ค่าการย่อยได้ของโปรตีนมีค่าเท่ากับ 44.6 77.7 72.0 และ 71.8 เปอร์เซ็นต์ ค่าการย่อยได้ของ NDF มีค่าเท่ากับ 57.8 54.2 39.9 และ 44.2 เปอร์เซ็นต์ และ ค่าการย่อยได้ของADF มีค่าเท่ากับ 50.6 48.6 36.7 และ 42.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ยดังกล่าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตาราง 8 ค่าการย่อยได้ของโภชนะของโคทดลองที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร

	ระดับของอาหารข้น (% น้ำหนักตัว)			
	0	1	2	3
ปริมาณการกินได้ (% น้ำหนักตัว)				
ฟางหมักยูเรีย	1.9^{a}	1.7^{ab}	1.2^{bc}	1.0^{c}
อาหารข้น	0^{a}	0.9^{b}	1.8^{c}	1.9^{c}
รวม	1.9^{a}	2.6^{b}	3.0^{b}	2.9^{b}
ค่าการย่อยได้ของโภชนะ (%)				
DM	51.4^{a}	64.6^{b}	66.3^{b}	68.7^{b}
OM	60.3^{a}	68.5^{b}	71.0^{b}	73.1^{b}
CP	44.6^{a}	77.7^{b}	72.0^{b}	71.8^{b}
NDF	57.8^{a}	54.2^{a}	39.9^{b}	44.2^{b}
ADF	50.6^{a}	48.6^{a}	36.7^{b}	42.3^{c}

ที่มา : Khampa and Wanapat (2003)

หมายเหตุ อักษรกำกับที่ต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ $p < 0.05$

วีระศักดิ์และเมธา (2526) ได้ศึกษาผลการใช้ฟางข้าวหมักด้วยยูเรียต่อน้ำหนัก สัมประสิทธิ์การย่อยได้และค่าโลหิตวิทยาของกระบือ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ 1). กระบือได้รับฟางข้าวอย่างเดียวเป็นอาหาร 2). กระบือได้รับฟางข้าวหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ และ 3). กระบือได้รับฟางข้าวหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลอง (ตาราง 9) พบว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของฟางข้าวและฟางข้าวหมักยูเรีย ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน ADF และ วัตถุแห้งของฟางหมักยูเรียจะสูงกว่าฟางข้าวธรรมดา

ตาราง 9 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของฟางข้าวและฟางข้าวหมักยูเรียในกระบือ

	ฟางข้าว	ฟางข้าวหมักยูเรีย	
		3 %	6%
วัตถุแห้ง	43.16	52.69	55.41
โปรตีน	19.22	22.63	25.31
ADF	43.10	51.20	55.36

ที่มา : วีระศักดิ์และเมธา (2526)

จินดาและคณะ (2528) เปรียบเทียบการใช้ฟางข้าว เปลือกสับปะรดและเปลือกสับปะรดผสมรำละเอียด 3 : 1 โดยน้ำหนักและอาหารมีโปรตีน 9.34 เปอร์เซ็นต์ในสภาพวัตถุแห้ง เป็นอาหารเสริมในฤดูแล้งใช้เลี้ยงโคนมพันธุ์ผสมเพศผู้ น้ำหนักเริ่มต้น 169 กิโลกรัมซึ่งเลี้ยงด้วยฟางข้าวเป็นอาหารหลักใช้เวลาทดลอง 142 วัน ผลปรากฏว่า การใช้อาหารเสริมทั้ง 3 ชนิด สามารถเพิ่มน้ำหนักโคได้ตลอดการทดลอง การเสริมด้วยเปลือกสับปะรดผสมรำละเอียด โคจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากที่สุดคือ 0.69 กิโลกรัมต่อตัวต่อวันและ วีระพล (2539) ศึกษาผลการใช้ฟางข้าวหมักยูเรียเปลือกสับปะรดและหญ้าขน เลี้ยงโคกำลังให้นมในฤดูแล้ง โดยให้อาหารอย่างเต็มที่และให้อาหารข้นตามปริมาณการให้น้ำนมในอัตราส่วนน้ำนมต่ออาหารข้น 2 : 1 จากการทดลอง 160 วัน พบว่ากลุ่มโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าขนและกลุ่มที่เลี้ยงด้วยเปลือกสับปะรดมีแนวโน้มให้ปริมาณน้ำนมและเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมสูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยฟางข้าวหมักยูเรียแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่กลุ่มที่เลี้ยงด้วยเปลือกสับปะรดมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนมสูงสุด กรุงและคณะ (2547) ศึกษาผลของสัดส่วนซังข้าวโพด : ฟางข้าว : อาหารข้น ในอาหารผสมเสร็จดังนี้ 40 : 0 : 60, 33 : 7 : 60, 27 : 13 : 60 และ 20 : 20 : 60 พบว่า ปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุ ลดลงตามปริมาณของสัดส่วนฟางข้าวแต่ไม่มีผลต่อปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม

อนุชาและคณะ (2537) ได้ศึกษาอัตราส่วนของฟางถั่วเหลืองกับฟางข้าวหมักยูเรียดังนี้ 30 : 70, 50 : 50 และ 70 : 30 พบว่าการใช้ฟางถั่วเหลืองในระดับที่สูงขึ้น คือ 50 และ 70 เปอร์เซ็นต์สามารถทำให้โภชนะต่างๆ คือ วัตถุแห้ง โปรตีน ไขมันและไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก มีการย่อยได้สูงขึ้นโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากกลุ่มฟางถั่วเหลือง 30 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 10)

ตาราง 10 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะในฟางหมักทั้ง 3 ชนิด

โภชนะ	ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (%)		
	30 : 70	50 : 50	70 : 30
วัตถุแห้ง	43.45[ก]	55.85[ข]	56.09[ข]
โปรตีน	5.38[ก]	46.08[ข]	37.15[ก]
ไขมัน	50.89[ก]	64.09[ข]	70.66[ข]
เยื่อใย	65.49	66.54	65.59
ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก	43.16[ก]	56.51[ข]	58.75[ข]

ที่มา : อนุชาและคณะ (2537)

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

ค่าความเป็นกรด – ด่างในกระเพาะรูเมน

ค่าความเป็นกรด-ด่างในรูเมนจะค่อนข้างเป็นกลางคือจะอยู่ในช่วง 5.8-7.0 โดยจะผันแปรตามปริมาณกรดที่เกิดขึ้นและปริมาณน้ำลายที่สัตว์ผลิตออกมา ปกติค่าความเป็นกรด-ด่างในรูเมนจะลดลงหลังกินอาหาร 2-6 ชั่วโมง ทั้งนี้แล้วแต่ชนิดของอาหารและอัตราเร็วในการกิน ถ้าอาหารมีแป้งหรือคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่ายอยู่สูงจะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่าอาหารที่มีเยื่อใยหรือคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยยากสูง ทั้งนี้เพราะสามารถผลิตกรดได้ในปริมาณที่เร็วและมากกว่า นอกจากนี้การที่สัตว์อดอาหารค่าความเป็นกรด-ด่างในรูเมนจะเพิ่มขึ้นจนอาจสูงเกิน 7 ซึ่งเป็นค่าความเป็นกรด-ด่างที่ใกล้เคียงกับในเลือด ทั้งนี้เพราะการผลิตกรดไขมันระเหยได้ลดลง (บุญล้อม, 2527)

ความสำคัญของค่าความเป็นกรด-ด่างในรูเมนต่อประชากรของจุลินทรีย์

ค่าความเป็นกรด-ด่างในรูเมนมีความสำคัญต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์และการเกิดกรดชนิดต่างๆ จะพบว่า จุลินทรีย์พวกที่ย่อยเยื่อใย (fiber digester หรือ cellulolytic flora) เจริญและทำงานได้ดีที่ค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 6.2-6.8 และจะลดประสิทธิภาพลงเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 6 เป็นผลให้การผลิต acetic acid ลดลง ส่วนจุลินทรีย์ที่ย่อยแป้ง (amylolytic flora) จะชอบค่าความเป็นกรด-ด่างที่เป็นกรดมากกว่าคือประมาณ 5.2-6.0 ทำให้มีสัดส่วนของ propionic acid เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ดีที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 6 ก็ยังมีผลเสียต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 5.5 นอกจากนี้ยังยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ที่ใช้แลคติกทำให้กรดแลคติกสะสมมากและถ้าค่าความเป็นกรด-ด่างยิ่งต่ำกว่านี้อีกเช่น 5.0 จุลินทรีย์ที่ย่อยแป้งจะทนอยู่ไม่ได้ การสร้าง propionic acid จะลดลงและสัตว์จะเกิดโรค acidosis ดังนั้นถ้าสามารถรักษาค่าความเป็นกรด-ด่างในรูเมนไว้ให้อยู่ในช่วง 5.8-6.5 ได้จะเป็นการดี (บุญล้อม, 2541)

ภาวะความเป็นกรดสูงในกระเพาะรูเมน (acidosis)

แอสิโดสิสหรือภาวะความเป็นกรดสูงในกระเพาะรูเมน เกิดขึ้นเมื่อมีการสะสมกรดแลคติกในปริมาณมาก เนื่องจากได้รับอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตละลายง่ายสูง (Elam, 1976) หรือมีเยื่อใยที่มีประสิทธิภาพต่ำ หรือทั้ง 2 อย่างร่วมกัน (Nocek, 1997) ทำให้แบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตกรดแลคติก (Lactic producing bacteria) มีจำนวนมากกว่ากลุ่มที่ใช้แลคติก (Lactic utilizing bacteria) ซึ่ง Nocek (1997) รายงานไว้ว่าเมื่อโคได้รับอาหารข้นปริมาณมากในแต่ละครั้ง จะทำให้การผลิตกรดไขมันระเหยง่ายเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในรูเมนลดลง ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดแลคติค เช่น *Streptococcus bovis* ที่สามารถเจริญและเพิ่มจำนวนได้ดีในสภาวะดังกล่าว ทำให้มีปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดต่ำลงอีกและเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างลดต่ำกว่า 5 จุลินทรีย์กลุ่มนี้ก็ไม่สามารถทนได้เช่นกัน แต่จุลินทรีย์กลุ่ม Lactobacillus ยังสามารถเจริญและผลิตกรดแลคติกได้ ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงเป็นวัฏจักร นอกจากนี้กรดแลคติกที่ถูกดูดซึมผ่านรูเมนเข้าสู่กระแสเลือดยังทำให้เกิดโรคทางเมตะบอลิซึม อื่น ๆ ได้อีก

อาการของโคที่เป็นแอสิโดสิสจะมีตั้งแต่เบื่ออาหารไปจนถึงขั้นเสียชีวิต โดยสามารถแบ่งประเภทแอสิโดสิสตามความรุนแรงได้ 2 แบบ คือ

1. แบบรุนแรงมาก (acute acidosis) เป็นแบบที่ไม่ค่อยพบบ่อย แต่สามารถทำให้โคเสียชีวิตได้ถ้าไม่ได้รับการรักษาอย่างทันท่วงที โดยอาการที่พบคือ โคหยุดกินอาหาร หายใจลำบาก อัตราการเต้นของหัวใจเร็วกว่าปกติ มีอาการทางประสาท ไม่สามารถลุกยืนได้ ท้องร่วงอย่างรุนแรงและตายในที่สุด

2. แบบไม่รุนแรงหรือแบบเรื้อรัง (sub acute or chronic acidosis) พบได้บ่อยกว่าแบบรุนแรง แต่การวินิจฉัยมักล่าช้า เนื่องจากการสังเกตอาการได้ไม่ชัดเจนหรือไม่สามารถวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาได้ อาการที่พบทั่วไปคือ ปริมาณการกินอาหารในฝูงลดลงหรือผันแปรในแต่ละวัน ส่งผลให้ผลผลิตลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าในฝูงโคที่เป็นแอสิโดสิส ชนิดนี้จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันนมต่ำกว่าปกติ โคแสดงอาการเจ็บขาและกีบ และอาจมีอาการท้องร่วง ความรุนแรงของ แอสิโดสิสประเภทนี้มักไม่ทำให้สัตว์ถึงขั้นเสียชีวิต แต่ก่อให้เกิดผลเสียต่อรายได้และประสิทธิภาพของฟาร์มอย่างมาก เนื่องจากผลผลิตที่ลดลง ค่ารักษาพยาบาลโค และการคัดทิ้งโคก่อนกำหนด Hall (1999) กล่าวว่าเมื่อผลผลิตของโคนมเพิ่มขึ้น ปัญหา SARA (Sub acute rumen acidosis) ก็เพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากความพยายามในการเพิ่มพลังงานในอาหารเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของโคในการเลี้ยงโคให้นมสูงโดยทั่วไป โดยเฉพาะโคในระยะหลังคลอดจนถึงระยะให้นมสูงสุด (peak) การให้อาหารข้นระดับสูงและอาหารหยาบระดับต่ำจึงเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงได้

พนัส (2538) ได้ศึกษาผลของอาหารผสมเสร็จอัดแท่งต่อการหมักย่อยในรูเมนและเลือดโคประกอบด้วย 1). หญ้าขนแห้งและอาหารข้น 2). ฟาง-กระถินอัดแท่งและอาหารข้น 3). อาหารผสมเสร็จอัดแท่ง ใช้โคเจาะกระเพาะรูเมน 3 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 310 กิโลกรัม ในแผนการทดลอง 3x3 ลาตินสแควร์ สุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวในรูเมนที่ 0 1 2 3 4 6 8 และ 12 ชั่วโมงหลังกินอาหาร ผลการศึกษาปรากฏว่า ค่า pH ในรูเมนและปริมาณของ กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริก มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) และพบว่าค่า pH ต่ำสุดอยู่ในช่วง 4 ชั่วโมงหลังกินอาหารและกรดไขมันระเหยได้มีปริมาณสูงสุด 3 ชั่วโมงหลังกินอาหารต่อมา พนัส (2539) ได้ศึกษาเพิ่มเติมถึงอิทธิพลของอาหารผสมเสร็จต่อการหมักย่อยในรูเมนและการเจริญเติบโตของลูกโคนมโฮลสไตน์-ฟรีเซี่ยน โดยในการทดลองใช้โคนมเพศผู้ลูกผสมเลือด 75 % จำนวน 21 ตัว แผนการทดลองแบบสุ่มตลอดประกอบด้วย 3 ทรีทเมนท์ๆ ละ 7 ตัว 1). ได้รับอาหารข้นแยกให้กับข้าวโพดแห้ง 2). อาหารข้นผสมกับต้นข้าวโพดแห้ง 3). อาหารข้นผสมกับต้นข้าวโพดหมัก ก่อนหย่านมลูกโคทั้ง 3 กลุ่มมีอัตราการเจริญเติบโต ปริมาณการกินได้และประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกัน และในระยะหลังหย่านมลูกโคมีอัตราการเจริญเติบโตและปริมาณการกินได้ไม่แตกต่างกันแต่ประสิทธิภาพการใช้อาหารมีความแตกต่างกัน ($P<0.05$) และในการศึกษาเกี่ยวกับค่า pH และกรดไขมันระเหยได้ปรากฏว่า ค่า pH ของลูกโคทั้ง 3 กลุ่มมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.36

6.66 และ 6.47 ตามลำดับซึ่งอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการทำงานของประชากรจุลินทรีย์ ปริมาณกรดไขมันระเหยได้รวม (C_2,C_3 และC_4) ของลูกโคทั้ง 3 กลุ่มเฉลี่ย 40.00 42.00 และ 46.33 มิลลิโมลต่อลิตรซึ่งมีแนวโน้มอยู่ในระดับปกติ

Bargo et al. (2002) ได้ศึกษาถึงการย่อยอาหารและการหมักย่อยของโคนมที่ให้ผลผลิตสูงด้วยวิธีการให้อาหารที่แตกต่างกัน 3 ระบบคือ อาหารผสม หญ้าและอาหารผสมเสร็จโดยใช้โคนมที่ผ่านการให้ลูกแล้วมีสุขภาพดีจำนวน 6 ตัวในการศึกษามีกลุ่มทดลอง 3 กลุ่มประกอบด้วย

1. หญ้าและอาหารข้น
2. หญ้าและอาหารผสมเสร็จ
3. อาหารผสมเสร็จ

ผลการศึกษาปรากฏว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียในรูเมนของกลุ่มทดลองที่2และ3 (10.2 mg/dL) ต่ำกว่ากลุ่มทดลองที่1 (19.9 mg/dL) ค่า pH ในรูเมนไม่ได้รับผลกระทบจากกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.87 ผลรวมของกรดไขมันระเหยง่าย(137.5mmol/L) ไม่ต่างกันหลังจากแยกออกเป็นสัดส่วนของแต่ละตัว (63.1 20.6 และ12.05mmol/L ของ acetate, propionateและbutyrate ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองได้แสดงไว้ในตาราง 11

ตาราง 11 ผลการศึกษาการย่อยอาหารและการหมักย่อยของโคนมผลผลิตสูงที่ได้รับอาหาร ที่แตกต่างกัน 3 ระบบ

	กลุ่มทดลอง		
	หญ้า+อาหารข้น	หญ้า+อาหาร TMR	อาหารTMR
pH	5.89	5.88	5.83
NH_3-N, mg/dL	19.96	10.75	9.74
Total VFA, mmol/L	140.92	130.05	141.56
VFA, mmol/L			
- Acetate	64.88	63.59	60.71
- Propionate	19.42	19.74	22.49
- Butyrate	11.56	12.19	12.37

ที่มา : Bargo et al. ,2002

Xu et al. (1994) ได้ศึกษาผลของบัฟเฟอร์ที่เติมลงในอาหารผสมเสร็จที่มีเมล็ดข้าวเป็นอาหารพื้นฐานที่มีต่อค่า pH ในกระเพาะรูเมนและกรดไขมันระเหยได้ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 การทดลองประกอบด้วยการทดลองที่ 1ใช้อาหารทดลองที่ประกอบด้วย หญ้าหมัก 40 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดฝ้าย 12 เปอร์เซ็นต์และอาหารข้น 40 เปอร์เซ็นต์ โดยมีทรีทเมนต์ดังนี้ 1) กลุ่มควบคุม (ไม่เติมบัฟเฟอร์) 2).เติมบัฟเฟอร์ Alkaten (43.4% Na_2CO_3 และ 34.4% $NaHCO_3$) 1.5 % ของวัตถุแห้ง 3). เติมบัฟเฟอร์ Rumen 8 (36.3% Na_2CO_3 และ 26.5% $NaHCO_3$) 1.5 % ของวัตถุแห้ง การทดลองที่ 2 ใช้อาหารทดลองดังนี้ ข้าวโพดและดอกทานตะวันหมัก 12 เปอร์เซ็นต์ กากเมล็ดฝ้าย 20 เปอร์เซ็นต์ และ อาหารข้น 60 เปอร์เซ็นต์ โดยแบ่งทรีทเมนต์เหมือนกับการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 3 ใช้อาหารทดลองเหมือนกับการทดลองที่ 2 และเพิ่มบัฟเฟอร์เป็น 2.2 % ของวัตถุแห้ง ผลการศึกษา ทั้ง 3 การทดลองโคที่ได้รับอาหารทดลองนั้นไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน (ตาราง 12)

ตาราง 12 ค่า pH ในรูเมนของโคนมที่ได้รับอาหารที่เติมบัฟเฟอร์

พารามิเตอร์	การทดลองที่1			การทดลองที่2			การทดลองที่3		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
ก่อนให้อาหาร									
- pH	6.84	6.90	6.87	6.33	6.66	6.43	6.44	6.03	6.42
หลังให้อาหาร (4 ชม.)									
- pH	6.18	6.30	6.37	6.10	6.12	5.90	5.69	5.97	6.16
หลังให้อาหาร (8 ชม.)									
- pH	5.95	6.16	6.12	5.80	5.66	5.66	5.99	5.79	5.96

ที่มา : Xu et al. (1994)

การย่อยอาหารที่ตำแหน่งต่างๆของระบบทางเดินอาหารในโค

การย่อยอาหาร (digestion) หมายถึง ขบวนการที่ทำให้อาหารมีขนาดเล็กลงจนพอดีที่ร่างกายจะสามารถดูดซึมได้ (absorb) และนำไปใช้ประโยชน์ได้ (utilize) การย่อยอาหารในโคโดยส่วนใหญ่เกิดขึ้นในทางเดินอาหาร โดยที่อาหารแต่ละชนิดมีการย่อยได้ในทางเดินอาหารแต่ละส่วนไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการย่อยได้ของทางเดินอาหารในแต่ละส่วนนั้น เช่น อาหารที่มีส่วนประกอบของเยื่อใยสูงไม่สามารถถูกย่อยได้ที่กระเพาะแท้ (abomasum) และลำไส้เล็ก แต่จะถูกย่อยสลายในกระเพาะหมัก (rumen) ไส้ติ่ง (caecum) และลำไส้ใหญ่ (colon) โดยอาศัยเอนไซม์จาก จุลินทรีย์

การย่อยอาหารในกระเพาะหมัก

อาหารแต่ละชนิดนั้นมีการย่อยได้ในทางเดินอาหารแต่ละส่วนไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับน้ำย่อยที่สัตว์ขับออกมา ชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์และธรรมชาติของอาหารนั้นๆ เช่น อาหารที่มีเยื่อใยสูงไม่สามารถย่อยได้ที่กระเพาะแท้และลำไส้เล็ก เพราะเอ็นไซม์จากตัวสัตว์ไม่สามารถย่อยเยื่อใยได้ แต่จะสามารถย่อยได้บ้างที่กระเพาะรูเมน ไส้ติ่ง และลำไส้ใหญ่โดยอาศัยเอ็นไซม์จากจุลินทรีย์เกิดผลผลิตคือ

1. กรดไขมันระเหยได้ (short chain fatty acid, SCFA หรือ volatile fatty acid, VFA)
2. โปรตีนจุลินทรีย์ (microbial protein)
3. ก๊าซมีเทน และ คาร์บอนไดออกไซด์

การย่อยคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน

คาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่ที่สัตว์เคี้ยวเอื้องกินเป็นพวกเซลลูโลส (Cellulose) และเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของพืชอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ ที่เอ็นไซม์จากตัวสัตว์ย่อยได้น้อยหรือย่อยไม่ได้เลย จึงต้องอาศัยเอ็นไซม์จากจุลินทรีย์เป็นตัวช่วยย่อย หรืออาศัยการหมักของจุลินทรีย์ ส่วนของคาร์โบไฮเดรตอื่นๆ เช่น แป้งและน้ำตาล ซึ่งเอ็นไซม์ของตัวสัตว์สามารถย่อยเองได้ เมื่อเข้ามาในกระเพาะรูเมนก็จะกลายเป็นอาหารให้จุลินทรีย์เช่นกัน การย่อยหรือการหมักคาร์โบไฮเดรตของจุลินทรีย์ในขั้นสุดท้าย ผลจากการหมักจะได้กรดอินทรีย์หลายตัว

ปนกันอยู่ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acid) ได้แก่ acetic acid propionic acid butyric acid และ valeric acid ซึ่ง valeric acid จะมีน้อยที่สุดในกระเพาะหมักและในระหว่างการหมักจะมีสารตัวกลาง (intermediate products) คือ succinic acid และ lactic acid เกิดขึ้นด้วย นอกจากนี้จะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซมีเทน (CH_4) เกิดขึ้น อย่างไรก็ตามสัดส่วนของการเกิดสารต่างๆดังกล่าวจะไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ได้รับ หากอาหารที่สัตว์ได้รับมีเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบอยู่สูง ผลการหมักของจุลินทรีย์จะทำให้เกิด acetic acid มากที่สุด แต่ถ้าอาหารมีเยื่อใยพวกเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสลดลง แต่มีอาหารข้นหรือมีแป้งและน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น การเกิด acetic acid จะลดลง แต่จะเกิด propionic acid เพิ่มขึ้น สำหรับการให้อาหารโคขุนระยะสุดท้าย จึงควรให้อาหารข้นในสัดส่วนที่สูงขึ้น เนื่องจากไขมันที่แทรกอยู่ตามกล้ามเนื้อผลิตมาจาก propionic acid แต่การเลี้ยงโคนมควรให้ความสนใจในการให้อาหารหยาบ หรืออาหารที่มีเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสสูงเพื่อให้เกิด acetic acid มาก เนื่องจากส่วนของไขมันที่ประกอบอยู่ในน้ำนมผลิตมาจาก acetic acid (พันทิพา, 2543)

ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ในกระเพาะรูเมนขึ้นอยู่กับอัตราเร็วในการผลิตและการดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมน ถ้าอัตราเร็วในการผลิตกรดไขมันระเหยได้มีมากก็จะมีกรดสะสมอยู่ในกระเพาะรูเมนมาก แต่อัตราการผลิตกรดไขมันระเหยได้จะผันแปรแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับชนิดของคาร์โบไฮเดรตที่มีอยู่ในอาหาร เช่น แป้งหรือเยื่อใย ที่จะมีผลทำให้อัตราส่วนของกรดไขมันระเหยได้ผันเปลี่ยนไปด้วย (เทอดชัย, 2548) และค่า pH ในกระเพาะรูเมนจะกลับกันกับปริมาณกรดไขมันระเหยได้ คือ ยิ่งกรดไขมันระเหยได้มีความเข้มข้นสูง ค่า pH ในกระเพาะรูเมนจะยิ่งต่ำลง (บุญล้อม, 2541)

การย่อยโปรตีนในกระเพาะรูเมน

การย่อยโปรตีนในกระเพาะรูเมนเกิดขึ้นโดยจุลินทรีย์จะช่วยย่อยสลายโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non protein nitrogen, NPN) ได้เป็นเปปไทด์ และกรดอะมิโน โดยกรดอะมิโนจะถูกย่อยสลายต่อได้ก๊าซแอมโมเนีย กรดอินทรีย์และคาร์บอนไดออกไซด์ โดยโปรตีนที่ย่อยสลายได้ง่าย (degraded protein) ในกระเพาะรูเมนจะถูกย่อยสลายให้ก๊าซแอมโมเนียมาก (Satter and Roffler, 1975) แอมโมเนียที่เกิดขึ้นส่วนหนึ่งจะถูกนำไปใช้สร้างเซลล์ของจุลินทรีย์ ในขณะเดียวกันบางส่วนจะถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมนเข้าสู่กระแสเลือดทันทีและถูกส่งต่อไปยังตับ ที่ตับจะเปลี่ยนก๊าซแอมโมเนียให้เป็นยูเรียซึ่งร่างกายจะขจัดออกทางไตในรูปของน้ำปัสสาวะ ยูเรียบางส่วนจะไปกับกระแสเลือดเข้าสู่ต่อมน้ำลายและถูกขับออกมาพร้อมกับน้ำลาย เมื่อมีการ

เคี้ยวเอื้องหรือนำอาหารเข้าปาก ซึ่งความเข้มข้นของยูเรียในน้ำลายต่ำกว่าในเลือด ยูเรียในน้ำลายจะติดกับอาหารเข้าสู่กระเพาะรูเมนและแตกตัวให้ก๊าซแอมโมเนียใหม่ ดังนั้นหากสัตว์ขับน้ำลายออกมามาก โอกาสเกิดก๊าซแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนก็มีมาก โดยทั่วไปสัตว์จะหลั่งน้ำลายมากเมื่อได้รับอาหารเยื่อใยที่มีขนาดใหญ่หรือยาวมาก (พันทิพา, 2543)

จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนจะสร้างโปรตีนเพื่อขยายจำนวนเซลล์ โดยใช้ไนโตรเจนที่เข้ามาในกระเพาะรูเมน ดังนั้นสารประกอบใดๆที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ จุลินทรีย์สามารถนำมาสังเคราะห์เป็นโปรตีนได้ โดยที่สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนและโปรตีนจะต้องแตกตัวอยู่ในรูปก๊าซแอมโมเนียเสียก่อน จุลินทรีย์จึงนำไปใช้ประโยชน์โดยสังเคราะห์เป็น กรดอะมิโนเพื่อสร้างเป็นเซลล์ของ จุลินทรีย์ได้ และเมื่ออาหารเคลื่อนที่ไปยังกระเพาะแท้ จุลินทรีย์ที่ปนไปกับอาหารจะถูกย่อยโดยน้ำย่อยของสัตว์จึงได้รับกรดอะมิโนจากเซลล์ของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายแล้ว กรดอะมิโนที่ได้จะมีทั้งกรดอะมิโนที่จำเป็นและไม่จำเป็น จะมีชนิดใดมากน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์และชนิดของวัตถุดิบอาหารที่สัตว์ได้รับ นอกจากนี้จุลินทรีย์จะช่วยสังเคราะห์ ไวตามินต่างๆ เช่น ไวตามินบีรวม และไวตามินเค เป็นต้น (เทอดชัย, 2548)

การวัดค่าการย่อยได้ของโภชนะ

บุญล้อม (2541) กล่าวว่า การที่จะทราบว่าอาหารมีองค์ประกอบอย่างไร หรือมีโภชนะมากน้อยเพียงใด สามารถวัดได้โดยการวิเคราะห์ทางเคมี แต่ส่วนของอาหารที่สัตว์ได้รับจริงจะทราบได้ก็ต่อเมื่อทราบปริมาณที่สูญเสียไปในระหว่างการย่อย การดูดซึมและการเมทาบอไลส์ในร่างกาย ส่วนที่สูญเสียเป็นอันดับแรกคือส่วนที่ไม่ย่อยและไม่ดูดซึม ต้องถูกขับออกทางมูล (faeces) เมื่อนำโภชนะในมูลมาหักออกจากโภชนะในอาหาร จะทราบปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ (digestible nutrient) ดังนั้นการย่อยได้จึงนับว่าเป็นการศึกษาขั้นที่สอง ถัดจากการวิเคราะห์ทางเคมี นิยมทำโดยเฉพาะกับวัตถุดิบชนิดใหม่ๆที่ยังไม่ทราบคุณค่าทางอาหาร

การย่อยได้จริงและการย่อยได้ปรากฏ

บุญล้อม (2541) กล่าวว่า อาหารหรือโภชนะที่กินเข้าไป (intake) นั้นส่วนที่ย่อยได้จะถูกดูดซึมส่วนที่ย่อยไม่ได้จะถูกขับออกมาทางมูล ดังนั้นเมื่อนำโภชนะในมูลมาหักออกจากโภชนะในอาหารและคิดเป็นร้อยละของโภชนะในอาหารนั้นจะเป็นค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ (digestibility coefficient) หรือเรียกว่าการย่อยได้ (digestibility)

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะชนิดอื่นๆ คำนวณโดยวิธีเดียวกัน ค่าที่ได้เรียกว่า การย่อยได้ปรากฏ (apparent digestibility coefficient) อย่างไรก็ตามถือว่าส่วนของโภชนะที่ไม่ถูกขับออกทางมูล เท่ากับส่วนที่ถูกดูดซึมได้นั้น นับว่ายังไม่ถูกต้องเพราะสิ่งที่ขับออกมาในมูลไม่ได้มาจากอาหาร (food origin) ทั้งหมด แต่มาจากส่วนของร่างกายด้วย (metabolic origin) ซึ่งได้แก่ น้ำย่อยหรือเซลล์ที่หลุดมาจากทางเดินอาหาร นอกจากนี้ยังอาจมีจุลินทรีย์ที่อยู่ในทางเดินอาหารติดมาด้วย ส่วนดังกล่าวเรียกว่า metabolic faecal substance หรือ endogenous faecal substance ดังนั้นจึงต้องนำส่วนนี้มาหักออกจากมูล จึงจะได้ส่วนที่ดูดซึมเข้าไปจริง สัมประสิทธิ์การย่อยได้ในกรณีนี้เรียกว่าค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้จริง (true digestibility coefficient) ค่าการย่อยได้ทั้ง 2 ประเภทสามารถคำนวณได้โดยใช้สูตร

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏของโภชนะ(\%)} = \frac{\text{(โภชนะที่กิน- โภชนะที่ขับออกทางมูล)}}{\text{โภชนะที่กิน}} \times 100$$

หรือ Apparent digestibility coefficient(%) = $\{(I - F)/I\} \times 100$

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้จริงของโภชนะ(\%)} = \frac{\text{โภชนะที่กิน -- (โภชนะที่ขับออก- ส่วนที่มาจากร่างกาย)}}{\text{โภชนะที่กิน}} \times 100$$

หรือ True digestibility coefficient(%) = $\{(I- (F - e))/I\} \times 100$

เมื่อ I = ปริมาณโภชนะที่กิน (intake)

F = ปริมาณโภชนะที่ถ่ายออกมากับมูล(faecal)

e = ปริมาณโภชนะที่ไม่ได้มาจากอาหาร(endogenous faecal substance)

สารบ่งชี้ (Marker)

เทิดชัย (2548) กล่าวว่า ในการศึกษาการย่อยได้ในแต่ละส่วนของทางเดินอาหาร จะต้องมีสารบ่งชี้ (marker) หรือ indicator ใส่ร่วมกับอาหารทดลองให้เคลื่อนที่ไปพร้อมกับอาหารทดลอง เพื่อให้แสดงถึงปริมาณอาหารที่เคลื่อนผ่านทางเดินอาหารในส่วนต่างๆกันตลอดจนปริมาณมูลที่ถ่ายออกมาทั้งหมด นอกจากนี้ในสัตว์ทดลองที่ไม่สามารถนำไปเลี้ยงในคอกทดลองได้ หรือสัตว์ทดลองที่ไม่จำเป็นจะต้องถูกเลี้ยงในกรงทดลองหรือคอกเสมอไป สามารถที่จะปล่อยเลี้ยงในแปลงหญ้าได้ หรือถ้าเลี้ยงในคอกทดลอง ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องเก็บตัวอย่างอาหารหรือมูลทั้งหมด โดยสามารถเก็บตัวอย่างมาเฉพาะบางส่วน ก็สามารถที่จะนำมาวิเคราะห์และประเมินค่าการย่อยได้ โดยใช้สารประกอบที่จะใช้เป็นตัวบ่งชี้ ซึ่งโดยทั่วไป คุณสมบัติของสารบ่งชี้มีดังนี้

1. ต้องไม่มีการย่อยหรือดูดซึมในระบบทางเดินอาหาร
2. ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเพื่อคุณหรือโทษ เมื่อเข้าไปอยู่ในระบบทางเดินอาหาร
3. ผ่านไปในระบบทางเดินอาหารในอัตราเร็วเดียวกับอาหาร
4. วิเคราะห์ทางเคมีได้ง่าย
5. มีการกระจายตัวได้อย่างทั่วถึงในอาหารที่ผสมและอาหารที่อยู่ในระบบทางเดินอาหาร

การหาการย่อยได้โดยอาศัยสารบ่งชี้

ในสภาพที่ขาดเครื่องมือที่เหมาะสมหรือในสภาพการทดลองบางชนิดที่ไม่สามารถวัดปริมาณที่กินหรือมูลที่ขับออกมาได้ เช่น กรณีที่เลี้ยงสัตว์เป็นฝูง หรือกรณีที่ปล่อยให้สัตว์ลงแทะเล็มหญ้าในทุ่ง จะสามารถหาการย่อยได้โดยอาศัยสารบ่งชี้ (indicator) ซึ่งมี 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. สารที่มีอยู่ในอาหารนั้นตามธรรมชาติ (natural indicator หรือ internal indicator) เช่น ลิกนิน สารสีในพืช (plant chromogen) หรือเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash , AIA ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ ซิลิก้า) และ indigestible acid detergent fiber เป็นต้น
2. สารที่เติมลงไป (external indicator) ที่นิยมมากได้แก่ chromic oxide (Cr_2O_3) เพราะเป็นสารที่ไม่ละลายและไม่ถูกย่อย อีกทั้งโครเมียม (Cr) ยังเป็นธาตุที่ไม่ค่อยมีในอาหารทั่วไป สำหรับสารชนิดอื่นที่เหมาะสมกับสัตว์กระเพาะเดี่ยว ได้แก่ titanium dioxide เป็นต้น

สารบ่งชี้ควรจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้ คือ จะต้องไม่ถูกละลาย ไม่ถูกดูดซึม (fully recoverable) สามารถไหลผ่านทางเดินอาหารอย่างสม่ำเสมอในอัตราเดียวกันกับอาหาร ไม่มีฤทธิ์เป็นยาและจะต้องวิเคราะห์ทางเคมีได้ง่าย (บุญล้อม, 2541)

การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในตัวสัตว์ (in vivo digestibility) โดยวิธีดั้งเดิม (conventional method)

หลักการโดยทั่วไปของการศึกษาโดยวิธีนี้คือ โคทดลองต้องมีอายุและขนาดน้ำหนักตัวใกล้เคียงกัน สุขภาพดี ไม่ตื่นตกใจง่าย ควรใช้โคทดลองมากกว่า 1 ตัว ทั้งนี้แม้ว่าจะเป็นสัตว์ชนิดเดียวกัน อายุและเพศเดียวกัน ก็อาจมีความสามารถในการย่อยอาหารที่แตกต่างกัน การมีจำนวนซ้ำมากจะทำให้ได้ค่าที่มีความถูกต้องมากขึ้น แต่อาจสิ้นเปลืองแรงงานและค่าใช้จ่ายมาก แต่อย่างไรก็ตามพบว่าควรใช้สัตว์ทดลองอย่างน้อย 4 ตัว (บุญล้อม,2541) วิธีการศึกษาการย่อยได้แบบนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ช่วงคือ

1. ระยะปรับตัว (preliminary period) เป็นระยะที่ให้สัตว์ทดลองและจุลินทรีย์ภายในกระเพาะหมักให้เข้ากับอาหารทดลอง และเพื่อขับอาหารเดิมที่สัตว์ได้รับออกจากทางเดินอาหารให้หมด สำหรับโครระยะนี้ควรใช้เวลาประมาณ 10 – 14 วัน

2. ระยะเก็บข้อมูล (collection period) เป็นระยะเวลาที่เก็บและบันทึกปริมาณอาหารที่สัตว์กินและมูลที่ขับออกมาโดยวิธีการสุ่ม และเก็บตัวอย่างที่สุ่มมา 5 – 10 เปอร์เซ็นต์ไว้เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี เพื่อนำไปคำนวณค่าการย่อยได้โดยทั่วไประยะนี้ใช้เวลาประมาณ 7 – 10 วัน หากจำกัดปริมาณอาหารที่ให้ (restrict feeding) และ 10 – 14 วัน หากมีการให้อาหารแบบเต็มที่ (ad lib) หลังจากขั้นตอนการเก็บตัวอย่างแล้ว นำตัวอย่างไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ปริมาณโภชนะที่มีในอาหารที่ศึกษาและในมูลที่โคขับออกมาเพื่อนำไปคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ (บุญล้อม, 2541)

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ (\%)} = \frac{\text{โภชนะที่กิน} - \text{โภชนะที่ขับออก}}{\text{โภชนะที่กิน}} \times 100$$

การศึกษาการย่อยได้ในตัวสัตว์ (in vivo) โดยวิธีการใช้สารบ่งชี้ (indicator method)

การหาค่าการย่อยได้แบบดั่งเดิมบางครั้งอาจทำให้ได้ข้อมูลที่คลาดเคลื่อนเนื่องจากต้องทราบปริมาณอาหารที่กินและมูลที่ขับออกมาทั้งหมด ซึ่งในระหว่างการทดลองการบันทึกปริมาณมูลที่ขับออกมาทั้งหมดนั้นเป็นเรื่องยาก วิธีการใช้สารบ่งชี้ (indicator or marker) ผสมกับอาหารที่ทำการศึกษาและใช้ปริมาณสารบ่งชี้ดังกล่าวเป็นตัวแปรในการคำนวณหาค่าการย่อยได้ ก็เป็นวิธีที่ช่วยแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ ซึ่งวิธีการหาค่าการย่อยได้โดยใช้สารบ่งชี้นั้นคล้ายคลึงกับการหาค่าการย่อยได้แบบดั่งเดิม ซึ่งสามารถคำนวณค่าการย่อยได้ของโภชนะโดยวิธีการใช้สารบ่งชี้ตามสมการที่เสนอโดย เทอดชัย (2540) ดังนี้

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ (\%)} = 100 - 100 \times \frac{\text{\% สารบ่งชี้ในอาหาร}}{\text{\% สารบ่งชี้ในมูล}} \times \frac{\text{\% โภชนะในมูล}}{\text{\% โภชนะในอาหาร}}$$

ปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยได้ของอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

เทอดชัย (2548) กล่าวว่า มีปัจจัยอยู่หลายประการที่สามารถทำให้อัตราการย่อยได้ของอาหารที่ให้กับสัตว์เคี้ยวเอื้องเปลี่ยนแปลงไป ได้แก่

1. ปริมาณอาหารที่สัตว์ได้รับ การเพิ่มปริมาณอาหารที่ให้กับสัตว์ทดลอง หรือปริมาณอาหารที่สัตว์กินได้เพิ่มสูงขึ้น จะทำให้การย่อยได้ของโภชนะที่เป็นแหล่งพลังงานลดน้อยลง แต่การย่อยได้ของโภชนะอื่นๆ เปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจนถ้าพิจารณากันในด้านของ Apparent digestibility แต่ถ้าพิจารณาในด้าน True digestibility แล้วพบว่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (Organic matter) จะลดลงเนื่องจากปริมาณอาหารที่มากขึ้น ทำให้อาหารเดินทางผ่านทางเดินอาหารเร็วขึ้น

2. ปริมาณเยื่อใยและ Lignin ที่มีอยู่ในอาหาร โดยทั่วไปแล้วเป็นที่ยอมรับว่าการย่อยได้จะลดลง ถ้าปริมาณเยื่อใยในอาหารเพิ่มขึ้นและเนื่องจากว่า ปริมาณเยื่อใยที่เพิ่มขึ้นนี้จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณ Lignin ที่เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่ง Lignin นี้จะเข้าไปจับตัวกับ Cellulose และ Hemicellulose ทำให้เอ็นไซม์ของจุลินทรีย์เข้าย่อย Cellulose และ Hemicllulose ได้น้อยลง ดังนั้นถ้าอาหารมี Lignin หรือเยื่อใยเพิ่มขึ้น การย่อยได้ก็จะลดลง เช่น การย่อยได้ของ Digestible energy ของหญ้าแห้ง Ryegrass ลดลงจาก 83 เปอร์เซ็นต์ ในการตัดครั้งแรกลงเหลือเพียง 63 เปอร์เซ็นต์ ใน

การตัดครั้งที่สี่ที่หญ้ามีอายุเพิ่มมากขึ้น เยื่อใยและ Lignin ก็เพิ่มขึ้นด้วย ทำให้กล่าวได้ว่าเยื่อใยและ Lignin เป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับการย่อยได้ของอาหารหยาบ

3. ความแตกต่างด้าน Species ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น วัวย่อยอาหารหยาบแห้งได้ดีกว่าแกะ แต่แกะย่อยอาหารข้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งไขมันได้ดีกว่าวัว สัตว์เคี้ยวเอื้องทั้งสองชนิดนี้มีความสามารถในการย่อยวัตถุแห้ง โปรตีนและ Digestible energy ไม่แตกต่างกัน

4. การขาดโภชนะบางอย่าง การขาดโภชนะชนิดใดชนิดหนึ่ง อาจมีผลทำให้การย่อยได้ของโภชนะบางอย่างลดน้อยลง เช่น การขาดโปรตีนจะทำให้ Digestible energy ลดน้อยลงทั้งนี้อาจจะเนื่องจากการขาดโปรตีนทำให้การทำงานของจุลินทรีย์มีประสิทธิภาพลดน้อยลงกว่าเดิม

5. ความน่ากินของอาหาร จะมีผลโดยตรงต่อปริมาณที่กินได้ ทำให้มีผลต่อเนื่องถึงอัตราการย่อยได้ด้วย

6. ความถี่ในการให้อาหาร การเพิ่มความถี่ของการให้อาหารที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้การย่อยได้ดีขึ้น และอาจทำให้ Heat loss ลดน้อยลง และ มีการสะสมไนโตรเจน (N- retention) ดีขึ้น

7. การเตรียมอาหารหรือการแปรรูปอาหาร วิธีการบางอย่างในการเตรียมและแปรรูปอาหาร เช่น การบด การอัดเม็ด การใช้ความร้อน จะมีผลทำให้การย่อยได้ที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น ความร้อนจะช่วยให้การย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรทดีขึ้น เป็นต้น

8. The associative effect of feedstuffs เป็นปรากฏการณ์ที่อาหารบางชนิด เมื่อนำมารวมกับอาหารชนิดอื่นในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องแล้ว จะทำให้การย่อยได้หรือคุณค่าทางอาหารเพิ่มสูงขึ้นจากเดิมที่เคยมีการย่อยได้ในระดับหนึ่งเมื่อใช้อาหารสัตว์ชนิดนั้นๆแต่เพียงอย่างเดียว เช่น ถ้าใช้ Alfalfa อย่างเดียวเลี้ยงสัตว์ จะมีการย่อยได้ของ Ash 23.4 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าใช้ Alfalfa ร่วมกับอาหารชนิดอื่นจะมีการย่อยได้ของ Ash เพิ่มขึ้นเป็น 40 เปอร์เซ็นต์

9. การปรับตัวให้เข้ากับอาหารที่เปลี่ยนใหม่ สัตว์เคี้ยวเอื้องมีข้อแตกต่างจากสัตว์กระเพาะเดี่ยวในด้านการปรับตัวให้เข้ากับอาหารชนิดใหม่ ได้แก่ การใช้เวลาในการปรับตัวนานกว่าเนื่องจากภายในกระเพาะส่วนหน้าของสัตว์เคี้ยวเอื้องมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่ ดังนั้น การเปลี่ยนอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง จึงต้องมีการให้เวลาช่วงหนึ่งสำหรับจุลินทรีย์ในการปรับตัวให้เคยชินกับอาหารชนิดใหม่ ในระยะแรกของการเปลี่ยนอาหาร อาจจะพบว่าการย่อยได้น้อยลงกว่าปกติ และเมื่อเวลาผ่านไป 2-3 สัปดาห์ การย่อยได้จะดีขึ้น เนื่องจากมีการปรับตัวของจุลินทรีย์

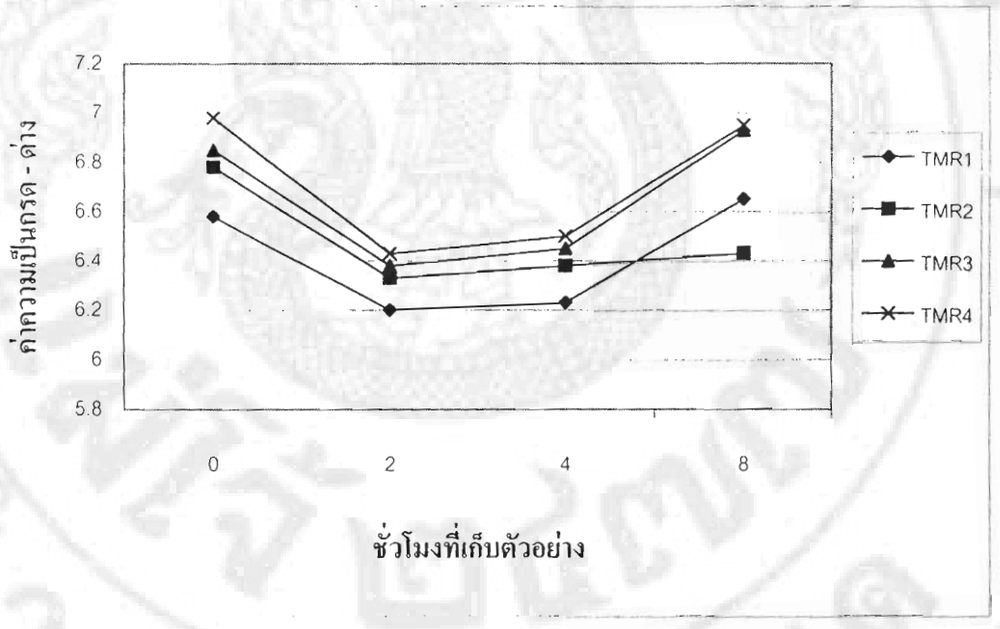
นอกจากปัจจัยต่างๆ นี้แล้ว ยังพบว่า การย่อยได้ยังมีความผันแปรไปได้อีก ถึงแม้ว่าจะทำการทดลองในสัตว์ตัวเดียวกันหรือฝ่าแฝดก็ตามซึ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดความผันแปรนั้น อาจจะอยู่ในปัจจัยดังกล่าวหรืออาจจะเกิดจากสภาพแวดล้อมและสภาพของสัตว์ในขณะนั้น เช่น การตั้งท้องหรือการให้นม เป็นต้น ค่าการย่อยได้โดยทั่วไปในอาหารชนิดต่างแสดงในตาราง 13

ตาราง 13 อัตราการย่อยได้ปกติของอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ ในโค

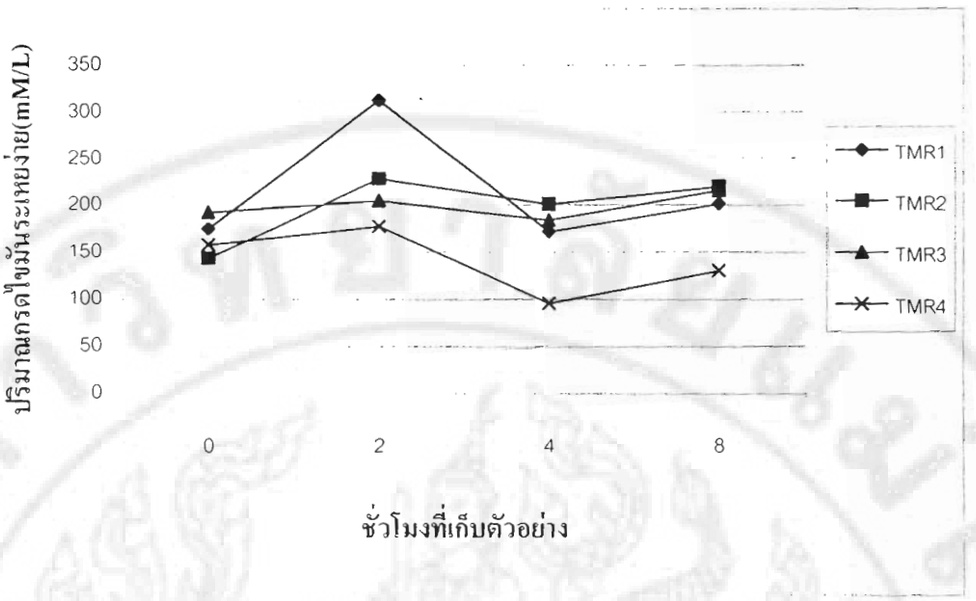
วัตถุดิบอาหาร	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ (%)					
	อินทรีย์วัตถุ	โปรตีน	เยื่อใย	ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก	ไขมัน	TDN
ฟางข้าว,ข้าวสาลี	53	14	58	49	42	32
หญ้าแห้ง :						
-ถั่วอัลฟัลฟา	56	61	39	69	36	50
-หญ้า	54	23	62	50	28	54
หญ้าหมัก :						
-ถั่วอัลฟัลฟา	60	67	52	61	60	14
-หญ้า	71	60	78	70	55	16
เมล็ดธัญพืช :						
-ข้าวบาร์เลย์	81	70	6	88	63	78
-ข้าวโพด	87	75	19	91	87	80
-ข้าวสาลี	88	78	33	92	72	81

ที่มา : ดัดแปลงจากเทอดชัย (2548)

ภูริพงษ์ (2549) ได้ศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารผสมเสร็จที่มีเปลือกสับปะรดและฟางข้าวเป็นอาหารหยาบ โดยมีอัตราส่วนของเปลือกสับปะรดและฟางข้าวดังนี้ 50 : 0, 45 : 5, 40 : 10 และ 35 :15 โดยใช้สารบ่งชี้คือ เถ้าที่ไม่ละลายในกรด พบว่า ค่าการย่อยได้ของโปรตีนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติแต่ค่าการย่อยได้ของ NDF และ ADF มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยอาหารผสมเสร็จที่ไม่มีฟางข้าวเป็นอาหารหยาบมีค่าสูงที่สุดและมีแนวโน้มว่าระดับของฟางข้าวที่สูงขึ้นมีผลทำให้ค่าการย่อยได้ลดลง นอกจากนี้ภูริพงษ์และคณะ (2549) ได้ศึกษาเพิ่มเติมถึงผลของอาหารผสมเสร็จที่มีเปลือกสับปะรดหมักระดับต่างๆที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันระเหยง่าย โดยใช้สัดส่วนของเปลือกสับปะรดหมักและฟางข้าวเหมือนกันกับการทดลองแรก พบว่า ค่าความเป็นกรด–ด่างในกระเพาะรูเมนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าระดับของฟางข้าวที่สูงขึ้นมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด–ด่างสูงขึ้น ในขณะที่ปริมาณของกรดไขมันระเหยง่ายที่เกิดจากการหมักในกระเพาะรูเมนในชั่วโมงที่ 2 มีปริมาณสูงที่สุด โดยกรดไขมันระเหยง่ายที่มีค่าสูงที่สุดคือ กรดอะซิติก กรดโปรปิโอนิคและกรดบิวทีริก (ภาพ1 และ ภาพ 2)



ภาพ 1 ค่าความเป็นกรด–ด่างในกระเพาะรูเมน
ที่มา : ดัดแปลงจากภูริพงษ์และคณะ (2549)



ภาพ 2 ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายในกระเพาะรูเมน

ที่มา : ภูริพงษ์และคณะ (2549)