บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

หญ้ารูซี่และวิธีการจัดการเพื่อให้ได้ผลผลิตและคุณค่าทางอาหารสูง

หญ้ารูซี่เป็นหญ้าที่มีอายุหลายปี ลักษณะการเจริญเติบโตคล้ายหญ้าขนแต่ใบเล็กกว่า ขึ้นได้ดีในเขตร้อนชื้นที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,000 มิลลิเมตรขึ้นไป สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินหลายชนิดที่มีความอุดมสมบูรณ์และมีการระบายน้ำดี (สายัณห์, 2540) หญ้ารูซี่ขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ดและให้ผลผลิตพอใช้ สามารถติดเมล็ดได้ดีและขยายพันธุ์ได้ง่าย ตลอดจนทนต่อการเหยียบย่ำของสัตว์และเครื่องจักรกล หญ้ารูซี่มีโปรตีนประมาณ 10% เยื่อใย 23% มีการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงถึง 71%ที่อายุการตัด 45-60 วัน (กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์, 2536)

จุรีรัตน์และคณะ (2528) ได้ทำการศึกษาอัตราปุ๋ย (0, 32, 64 และ 138 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี) และวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (ทุก 40 วันและ 80 วัน) ที่มีต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของหญ้ารูซี่ พบว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้ารูซี่ที่ตัดทุก ๆ 40 วันในช่วงฤดูฝนเพิ่มขึ้นสูงสุดที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 64 กิโลกรัมต่อไร่ โดยในปีแรกและปีที่สองให้ผลผลิต 3,451 และ 2,587 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ และพบว่าการแบ่งใส่ปุ๋ยบ่อยครั้งทำให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนและปริมาณไนโตรเจนมีมากกว่าเมื่อแบ่งใส่น้อยครั้ง

ฉายแสงและคณะ (2528) ได้ทำการศึกษาผลของระยะเวลาตัดที่มีต่อผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของหญ้ารูซี่ โดยทำการตัดหญ้าที่อายุ 60, 90, 120 วัน และ 60+60 วันคือทำการตัดทุก 60 วัน 2 ครั้ง ผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าที่ได้เท่ากับ 984, 1,515, 2,008 และ 1,672 (956+716) กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 2.1 ในส่วนของส่วนประกอบทางเคมีพบว่าหญ้าที่มีอายุมากขึ้นจะมีระดับโปรตีนต่ำลงและมีเยื่อใยสูงขึ้น เมื่อพิจารณาดูทั้งผลผลิตและคุณค่าทางอาหารประกอบกันแล้ว จะเห็นว่าการตัดหญ้าที่อายุมาก เช่นที่อายุ 120 วันนั้น แม้จะให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูง แต่หญ้าจะมีคุณค่าทางอาหารต่ำ ดังนั้นจึงควรตัดหญ้าที่อายุ 60 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.1 ผลผลิต น้ำหนักแห้งและส่วนประกอบทางเคมีของหญ้ารูซี่ที่ระยะตัดต่างกัน

Table 2.1 Dry weight production and chemical composition of ruzi grass at different cutting interval.

ระยะเวลาตัด (วัน)	ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (กก./ไร่)	DM (%)	CP	CF	EE	Ash	NFE
			← ร้อยละของวัตถุแห้ง →				
60	984	20.15	7.49	34.05	3.2	9.45	45.81
90	1,515	25.40	4.75	36.57	1.54	8.12	49.02
120	2,008	29.88	3.24	37.85	1.32	7.14	50.45
60+60	1,672						
- ตัดครั้งแรก	956	20.51	7.24	33.74	3.59	9.54	45.89
- ตัดครั้งที่ 2	716	26.42	4.35	33.54	1.72	8.36	52.03

ที่มา : ดัดแปลงจากฉายแสงและคณะ (2528)

การผลิตพืชหมัก ลักษณะของพืชหมักคุณภาพดี และข้อดีและข้อด้อยของการทำพืชหมัก

การเก็บรักษาพืชอาหารสัตว์มีหลายวิธี โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเก็บไว้ใช้ในช่วงที่ขาดแคลนพืชสด เช่นในช่วงฤดูแล้ง วิธีที่นิยมปฏิบัติกันมีอยู่ 2 วิธี คือ

1. การทำแห้ง โดยตากหรืออบพืชเพื่อไล่ความชื้นออกไปให้เหลือประมาณ 15% หรือน้อยกว่า ซึ่งไม่เหมาะสมกับสภาพของประเทศในเขตร้อนชื้น เนื่องจากการทำต้องการช่วงเวลาที่ปลอดฝน เช่นช่วงต้นฤดูแล้ง ซึ่งมีพืชอาหารสัตว์อยู่น้อย

2. การหมัก ซึ่งเป็นการถนอมพืชไว้ในลักษณะที่อวบน้ำภายใต้สภาพอับอากาศ (anaerobic condition) ในทางปฏิบัติ สภาพอับอากาศในหลุมหมักทำให้เกิดขึ้นได้โดยการหั่นซิ้นส่วนของพืชที่จะนำมาหมักให้มีขนาดเล็ก ขณะบรรจุพืชลงในหลุมหมักต้องอัดให้แน่น ปิดหลุมให้สนิทอย่าให้มีอากาศเข้าได้ ออกซิเจนที่เหลืออยู่ในหลุมจะหมดไปในไม่ช้าโดยการหายใจของเซลล์พืช หากมีอากาศผ่านเข้าไปในหลุมจะก่อให้เกิดผลเสียต่อพืชหมัก เพราะจะไปส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ประเภทที่ใช้ออกซิเจน (aerobic microbes) ซึ่งเป็นผลให้พืชที่หมักเกิดการเน่าเสีย และอาจสร้างสารที่เป็นพิษต่อสัตว์ สภาพอับอากาศจะเอื้ออำนวยต่อการขยายจำนวนของแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกเป็นอย่างดี ทำให้เกิดกรดแลคติกเพิ่มขึ้น เป็นผลให้ pH ของพืชหมักลดต่ำลงถึงระดับหนึ่ง (pH 3.5-4.5) ซึ่งสามารถหยุดยั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของพืชหมักอีกต่อไป สภาพเช่นนี้ทำให้พืชหมักสามารถเก็บรักษาได้นาน ตราบเท่าที่ยังอยู่ในสภาพอับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อากาศ (บุญเสริม, 2539) พืชหมักที่มีคุณภาพดีต้องมีส่วนประกอบหลายอย่างซึ่งเป็นตัวกำหนดคุณภาพและความน่ากินของพืชหมัก ซึ่ง Mahanna (1993) ได้เสนอลักษณะของพืชหมักที่มีคุณภาพดี ดังแสดงในตาราง 2.2

ตาราง 2.2 คุณสมบัติของพืชหมักคุณภาพดี

Table 2.2 Goals for stable silage.

(1) pH 4.0-4.5
- upper range for legume silages
- lower range grass, corn and cereal silages
- higher range for wilted vs. direct-cut silages
(2) Fermentation acids (% dry matter (DM) basis)
a) Lactic Acid
6-8% - wet silages [>65% moisture]
3-4% - wilted silage [<55% moisture]
1-3% - high moisture grains
b) Acetic Acid
<2% - forage silages
<0.1% - high moisture grains
c) Butyric Acid <0.1%
d) Propionic Acid 0-1%
(3) Water soluble carbohydrates (6-carbon reducing sugars, DM basis)
1-4% - high moisture grains, upper level if cob included
4-6% - legumes and grasses
6-8% - corn silage
(4) Protein parameters
a) Ammonia nitrogen (NH3-N, % of Total nitrogen)
<5% corn & cereals, <10-15% grass/legumes
b) Heat damage (bound or unavailable protein)
1.) If the ratio of bound protein (BP)/crude protein (CP) is <12%, fermentation proceeded normally. Use CP values to balance rations.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.2 (ต่อ)

Table 2.2 (Continue)

2.) If the ratio of BP/CP is >15%, considerable heat damage has occurred. Use Available CP values to balance ration.
(5) Silage temperature
- No greater than 15-20 ^{o}F above ambient temperature at ensiling.
(6) Microbial analysis (colony forming units/gram of silage, as fed basis)
a) Total aerobes: <100,000 (10^5) cfu/gram of silage
Example: Bacillus species
b) Molds: <100,000 (10^5) cfu/gram of silage
Example: Species of Fusarium, Gibberella, Aspergillus and Penicillium species
c) Yeast: <100,000 (10^5) cfu/gram of silage
Example: Acid-metabolizing species Candida and Hansenula are more concern than fermentative species like Saccharomyces and Torulopsis

ที่มา: Mahanna (1993)

จะเห็นว่าพืชหมักคุณภาพดีควรมีค่า pH อยู่ในช่วงประมาณ 4-4.5 โดยพืชที่มีความเหมาะสมในการหมักได้แก่ข้าวโพด ธัญพืชหรือหญ้า ส่วนพืชตระกูลถั่วนั้นจะทำให้ได้ pH หลังการหมักค่อนข้างสูง สำหรับกรดไขมันระเหยง่ายที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมัก โดยเฉพาะแลคติก ซึ่งเป็นกรดที่ต้องการนั้น จะเห็นว่าการหมักพืชที่มีความชื้นเกิน 65% ทำให้เกิดกรดแลคติกมากถึง 6-8% ในขณะที่มีกรดอะซิติกและกรดบิวทีริกปริมาณน้อย ในส่วนของตัวชี้วัดอื่น เช่น คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้นั้น หญ้าหมักที่ดีควรเหลืออยู่เพียง 4-6% และเกิดการสลายโปรตีนในพืชให้เป็นแอมโมเนียเพียง 10-15% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ตลอดจนพบจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน รา และยีสต์ ซึ่งเป็นกลุ่มที่ทำให้เกิดพืชหมักคุณภาพต่ำในปริมาณน้อย

ข้อดีและข้อด้อยของการทำพืชหมัก

การหมักพืชมีทั้งข้อดีและข้อด้อยกว่าการใช้พืชสดเลี้ยงสัตว์ หรือการเก็บถนอมพืชไว้ในรูปแห้ง ทั้งในแง่ของการปฏิบัติ และค่าใช้จ่ายในการลงทุน ตลอดจนต้นทุนการผลิต ซึ่ง บุญล้อมและคณะ (2542) และพรชัยและบุญฤา (2540) ได้รวบรวมไว้ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้อดีของการทำพืชหมัก

การทำพืชหมักมีข้อดีหลายประการโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับพืชแห้ง ข้อดีดังกล่าวได้แก่

1. การทำพืชหมักไม่จำเป็นต้องพึ่งพาดินฟ้าอากาศมากนัก ดังนั้นจึงสามารถทำได้ทุกเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูฝนที่พืชมีการเจริญเติบโตดี
2. สามารถตัดพืชและขนออกจากแปลงได้อย่างรวดเร็ว ทำให้สามารถใช้แปลงเพื่อปลูกพืชรุ่นใหม่หรือปล่อยให้พืชเจริญเติบโตหลังการตัดได้เร็วขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตชลประทาน ทำให้สามารถเก็บเกี่ยวพืชได้ปีละหลายครั้ง
3. พืชหมักเป็นอาหารที่มีความน่ากินสูง มีการสูญเสียโภชนะทั้งในแง่ของโปรตีน วิตามิน และแคโรทีนน้อย เนื่องจากมีการร่วงหล่นของใบและการถูกแดดเลียสีน้อย นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติเป็นยาระบายอย่างอ่อนด้วย
4. สามารถใช้ประโยชน์จากส่วนต่าง ๆ ของต้นพืชได้มีประสิทธิภาพมากกว่า เพราะในการทำพืชหมักมักต้องมีการหั่นพืช เช่น ข้าวโพด และข้าวฟ่าง ให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ทำให้สัตว์มีโอกาสเลือกกินน้อย มีส่วนที่เหลือทิ้งน้อย
5. พืชหมักช่วยลดความเป็นฝุ่นในอาหาร ทำให้อาหารมีความน่ากินขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าทำการผสมอาหารแบบที่ใช้อาหารข้นและอาหารหยาบแห้งที่สับหรืออัดเม็ดมาผสมรวมกัน ซึ่งอาหารดังกล่าวมีฝุ่นมาก การใช้พืชหมักผสมในสูตรอาหารจะช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้
6. การทำพืชหมักสามารถใช้เครื่องจักรเข้าช่วยได้ทุกขั้นตอน จึงประหยัดแรงคนและทำได้ปริมาณมากในเวลาอันรวดเร็ว
7. สามารถเก็บรักษาพืชไว้ได้เป็นเวลานานโดยไม่สูญเสียคุณค่าทางอาหารหรือสูญเสียเพียงเล็กน้อยหลังจากกระบวนการหมักสิ้นสุดแล้ว นานตราบเท่าที่การหมักยังอยู่ในสภาพดี ไม่มีอากาศเข้าไปในหลุมหมัก
8. พืชหมักช่วยลดปริมาณสารพิษที่มีอยู่ในพืช เช่น ไนเทรต หรือกรดไฮโดรไซยานิก (HCN) ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสัตว์ลงได้บ้าง
9. การเลี้ยงสัตว์ด้วยพืชหมักมีข้อดีกว่าการเลี้ยงแบบปล่อยแปลงในแง่ที่

   ก. ไม่ต้องเสียค่าทำรั้ว

   ข. ได้ปริมาณอาหารต่อหน่วยพื้นที่มากกว่าและอาหารมีคุณภาพสม่ำเสมอกว่า เพราะสามารถตัดในช่วงที่พืชมีอายุพอเหมาะได้ทั้งหมด สัตว์มีโอกาสเลือกกินน้อย จึงเกิดการสูญเสียน้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค. ไม่มีปัญหาหรือมีปัญหาน้อยเรื่องสัตว์เกิดอาการท้องอืด (bloat)

ง. ไม่เกิดการสูญเสียเนื่องจากการเหยียบย่ำของสัตว์ในแปลงพืช

10. ลดปัญหาเรื่องวัชพืชที่ติดมาและทำลายเมล็ดวัชพืชที่ติดมาด้วย
11. ลดปัญหาเกี่ยวกับไฟในขณะเก็บรักษา
12. มีต้นทุนต่อกิโลกรัมในการทำต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับการทำหญ้าแห้ง

ข้อด้อยของการทำพืชหมัก

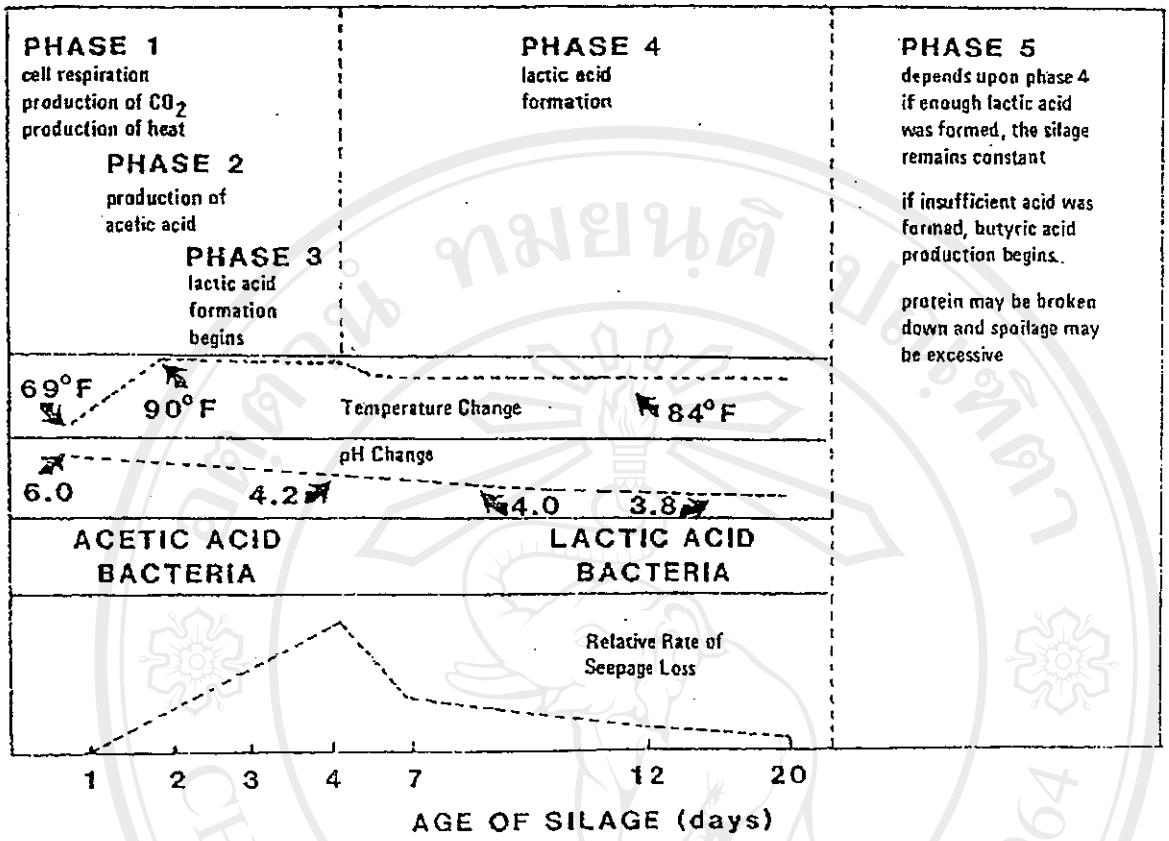
แม้ว่าการทำพืชหมักจะมีข้อดีหลายประการ แต่ก็มีข้อด้อยอยู่บ้าง ได้แก่

1. ต้องมีความรู้และเข้าใจในหลักการทำที่ถูกต้องจึงจะได้พืชหมักที่มีคุณภาพดี
2. ต้องใช้ไซโลคือถังหมักหรือหลุมหมักหรืออุปกรณ์อื่นในการบรรจุพืชให้แน่นและมีสภาพไร้ออกซิเจน ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น
3. พืชที่ได้มีวิตามินดีน้อยกว่าการทำแห้งด้วยการตากแดด
4. ต้องเสียเนื้อที่ในการเก็บมาก เพราะพืชหมักมีลักษณะอวบน้ำ
5. ต้องเสียแรงงานและค่าใช้จ่ายในการขนย้ายพืชมาเลี้ยงสัตว์มากกว่าพืชแห้ง 2-3 เท่า เพราะพืชหมักมีน้ำอยู่ด้วยร้อยละ 60-70 ทำให้ไม่สามารถขนส่งไปไกลและผลิตในเชิงการค้าได้ยาก
6. ถ้าต้องใช้สารช่วยการหมักจะทำให้เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น
7. ได้ปริมาณสารอินทรีย์ที่จะกลับคืนลงสู่ดินน้อยกว่า เพราะโภชนะอินทรีย์บางส่วนถูกเปลี่ยนสภาพไปในระหว่างกระบวนการหมักเกิดเป็นกรดขึ้น
8. หลังจากเปิดหลุมต้องรีบใช้ให้หมด ในกรณีที่ใช้ไม่หมดควรมีการปิดหลุมให้มิดชิดอีกครั้ง
9. ในกรณีที่พืชอาหารสัตว์ที่นำมาทำมีความชื้นสูงอาจทำให้มีของเหลวไหลออกจากหลุม (effluent) มาก ซึ่งเป็นพิษต่อสภาพแวดล้อม

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างการหมัก

Harris (1993) ได้เสนอแผนภาพการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักดังแสดงในภาพ 2.1 โดยแบ่งกระบวนการหมักออกเป็น 5 ระยะ (บุญเสริม, 2539; Harris, 1993; Mahanna, 1993) ระยะที่ 1,2 และ 3 เกิดขึ้นภายใน 3-5 วันแรกของการทำพืชหมัก การเปลี่ยนแปลงทั้ง 3 ระยะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเกือบจะพร้อมกัน และมีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพของพืชหมัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 2.1 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักพืช

Figure 2.1 Diagram of silage fermentation. (Harris, 1993)

ระยะที่ 1 เป็นระยะที่พืชเพิ่งจะถูกนำมาบรรจุลงในหลุม เซลล์ของพืชยังคงมีการหายใจอยู่ ออกซิเจนที่มีอยู่ในหลุมจะถูกนำมาใช้ การหายใจทำให้น้ำตาลถูกออกซิไดซ์เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และความร้อน

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 674\ Kcal$$

ความร้อนที่เกิดขึ้นนี้ทำให้อุณหภูมิในการหมักสูงขึ้น ยิ่งมีออกซิเจนในหลุมมาก การหายใจยิ่งเกิดขึ้นได้มาก และมีความร้อนเกิดขึ้นสูงตามไปด้วย ซึ่งมีผลทำให้พืชที่หมักกลายเป็นสีน้ำตาลหรือสีดำ ถ้าอุณหภูมิในการหมักสูงเกิน 55 องศาเซลเซียส อาจมีผลทำให้โปรตีนของพืชเปลี่ยนแปลง ถูกย่อยได้ยากเมื่อสัตว์นำไปใช้

คาร์บอนได้ออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการหายใจของเซลล์พืชมีส่วนในการส่งเสริมให้เกิดสภาพอับอากาศ ซึ่งเป็นผลดีต่อการหมัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โปรตีนในพืชเกิดการเปลี่ยนแปลงได้เช่นกันในระยะนี้ โดยประมาณ 16 เปอร์เซนต์ของโปรตีนจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโน ซึ่งกรดอะมิโนสามารถแตกตัวต่อไปได้ 2 รูปแบบคือ

1) Decarboxylation

2) Deamination

ในการเกิด decarboxylation ของกรดอะมิโน tryptophan, phenylalanine และ histidine จะให้ amine ต่างๆตามลำดับคือ tryptamine, phenylethylamine และ histamine ซึ่ง amine เหล่านี้สามารถก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อสัตว์ได้เมื่อซึมเข้าเลือด

ระยะที่ 2 การหายใจของเซลล์พืชยังคงมีบ้าง และจะหยุดลงในเวลาต่อมา จุลินทรีย์ที่ติดมากับพืชจะเป็นตัวทำให้เกิดการหมักขึ้น ได้กรดอะซิติกโดยเฉพาะอย่างยิ่งจากการทำงานของ Coli-bacteria ซึ่งทำงานได้ดีในสภาพที่มีความชื้นสูงและมีอากาศอยู่บ้าง แบคทีเรียพวกนี้พบได้ทั่วไปในพืชที่มีสีเขียว โดยเฉพาะหญ้าที่ตัดมาจากแปลง เมื่อกระบวนการหมักดำเนินต่อไปและเกิดความเป็นกรดเพิ่มขึ้น Coli-bacteria จะลดจำนวนลง อุณหภูมิการหมักที่ส่งเสริมการเกิดกรดอะซิติกจะอยู่ระหว่าง 27-35 องศาเซลเซียส

ระยะที่ 3 ออกซิเจนที่หลงเหลืออยู่จะถูกเซลล์พืชใช้ในการหายใจจนหมด หลุมหมักจึงมีสภาพอับอากาศยิ่งขึ้น และมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นตามลำดับ สภาพเช่นนี้เอื้ออำนวยให้จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดกรดแลคติกขยายจำนวน ผลิตกรดแลคติกซึ่งเป็นกรดที่ต้องการให้เกิดขึ้น ทำให้สภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลดลง

ระยะที่ 4 หลังจากการหมักผ่านมา 3-5 วัน การเกิดกรดแลคติกจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ การหมักที่สมบูรณ์จะใช้เวลาประมาณ 15-20 วัน หากสภาพการหมักเป็นไปอย่างเหมาะสม ระยะที่ 4 นี้จะเป็นช่วงที่บอกได้ว่าการหมักจะประสพผลสำเร็จหรือไม่ กรดที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ควรเป็นกรดแลคติก ปริมาณกรดที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะลด pH ให้ต่ำลงจนจุลินทรีย์ทั้งหลายหยุดกิจกรรมและไม่สามารถมีชีวิตอยู่ต่อไปได้

ระยะที่ 5 เมื่อจุลินทรีย์หยุดกิจกรรม พืชหมักจะคงสภาพไม่มีการเปลี่ยนแปลง สามารถเก็บไว้ได้นานหลายปีในสภาพอับอากาศ แต่ถ้าสภาพการหมักไม่เหมาะสม กิจกรรมของจุลินทรีย์จะเกิดขึ้นต่อไป ทำให้พืชหมักสลายตัว เป็นเหตุให้คุณค่าทางอาหารลดลงและอาจเน่าเสียได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนี้ Mahanna (1993) ได้นำเสนอระยะที่ 6 คือระยะที่นำพืชหมักออกมาใช้เลี้ยงสัตว์ ระยะนี้มีความสำคัญเช่นกัน เนื่องจากงานวิจัยหลายงานแสดงให้เห็นว่าการสูญเสียของวัตถุแห้งเกือบ 50% เกิดขึ้นในช่วงนี้ ซึ่งเรียกกันว่า "การสูญเสียเนื่องจากการหมักช่วงที่ 2" โดยเกิดขึ้นบริเวณผิวหน้าของพืชหมักที่เก็บอยู่ในไซโลหรือเมื่อนำออกมาใช้เลี้ยงสัตว์ โดยทั่วไปพบว่าหญ้าหรือหญ้าผสมถั่วหมักจะมีความคงสภาพในขณะเปิดหลุมหมักมากกว่าข้าวโพดหรือเมล็ดธัญพืชหมัก สาเหตุที่ทำให้พืชหมักที่เปิดใช้มีคุณภาพลดลง ได้แก่

1. มีจำนวนยีสต์, รา และแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนมาก
2. มีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้เหลืออยู่สูงหลังจากถูกใช้ไปแล้วโดย Lactic acid bacteria ในช่วงแรกของการหมัก
3. พืชหมักอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น อยู่กลางแจ้งที่ฝนหรือน้ำสามารถซึมเข้าไปในหลุมหมักได้
4. มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์จากดิน

ดังนั้นในระยะดังกล่าวนี้จึงควรมีการจัดการที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการหมักช่วงที่ 2 ซึ่งอาจทำได้โดยการปิดหลุมหมักให้มิดชิดหลังจากนำพืชออกมาใช้ในแต่ละครั้ง หรืออาจเสริมสารเพื่อป้องกันการหมักระยะที่ 2 เช่น กรดโพรพิโอนิก เป็นต้น

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำพืชหมักคุณภาพดี

Kung (1999) ได้เสนอการจัดการต่าง ๆ ในการทำพืชหมักให้ได้คุณภาพดี ดังแสดงในตาราง 2.3 ซึ่งกล่าวถึงรายละเอียดของชนิดพืช ขนาดของชิ้น การตัดและบรรจุหลุม การลดความชื้น การใช้เครื่องจักรกลอย่างเหมาะสม และระยะการหมัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.3 การจัดการเพื่อให้ได้พืชหมักคุณภาพดี

Table 2.3 Some good silage management practices.

Silage practice	Reasoning
Harvest crop at correct maturity and DM - Corn silage: 1/2 to 2/3 milk line; 35% DM - Alfalfa: <1/10 bloom; bunk or bag silo – 35 to 45% DM, conventional upright 35 to 50% DM, oxygen limiting silo – 45 to 60% DM - Grasses: boot; bunk or bag silo – 35 to 45% DM - Small grains: boot to dough; 30 to 40% DM	- Optimizes nutritive value (protein, fiber, energy, etc.) - In some cases optimize DM content - Ensures good packing, elimination of excess oxygen - Minimizes seepage losses - Prevents clostridial (butyric acid) fermentation
Chop material to correct length: about 3/8 to 1/2 inch	- Promotes good packing and elimination of oxygen - Promotes cud chewing by cow
Harvest, fill, and seal quickly	- Quick elimination of oxygen reduces DM losses from respiration and prevents growth of undesirable aerobic organisms - Sealing minimizes exposure to air - Pack to proper density to eliminate air
Wilt and chop during dry weather	- Prevents extensive DM losses from rained on forage - Promotes rapid drying
Check that all equipment is in good working order	- Sharpen knives - Be sure that silos are free from leaks - In upright silos, a good distributor helps to distribute and pack silage
Allow silage to ferment for at least 14 to 21 days	- Properly ensiled silage will minimize production losses during silage change over

ที่มา : Kung (1999)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การผลิตพืชหมักให้ได้คุณภาพดีนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลาย ๆ อย่าง ทั้งจากพืชที่นำมาหมักเอง และจากกรรมวิธีการหมักพืช ซึ่งอาจสรุปปัจจัยหลักที่มีความเกี่ยวข้องได้ดังนี้

1. ชนิดของพืชที่นำมาหมัก พืชที่จะนำมาหมักนั้นจะต้องมีคุณสมบัติหรือส่วนประกอบที่เหมาะสม เช่นลักษณะทางกายภาพต้องไม่แข็งจนเกินไป สามารถตัดและนำมาบรรจุในหลุมหมักได้ง่าย มีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่ายในระดับที่เพียงพอต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในการสร้างกรดอินทรีย์ มีค่า buffering capacity ต่ำ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการลดลงของ pH ของพืชหมัก

2. อายุของพืชที่จะนำมาหมัก นอกเหนือจากการพิจารณาถึงผลผลิต คุณค่าทางอาหารและส่วนประกอบทางเคมีที่เหมาะสมสำหรับสภาพการหมัก ความชื้นหรือวัตถุแห้งของพืชที่จะนำมาหมักก็มีความสำคัญเช่นกัน ถ้านำพืชที่มีความชื้นสูงมาหมัก จะทำให้เกิดปัญหาคือมีของเหลวไหลออกจากพืชหมัก (effluent) สูง Kuntzel (1991 อ้างโดย Jones and Jones, 1995) ได้แสดงปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากพืชหมักชนิดต่าง ๆ เมื่อพืชมีวัตถุแห้งต่างกัน ดังแสดงในตาราง 2.4 ส่วนพืชที่มีความชื้นต่ำ จะทำให้อัดแน่นได้ยาก มีอากาศหลงเหลืออยู่มาก ทำให้เกิดความร้อนสูง และยังทำให้กระบวนการหมักล่าช้าออกไป เกิดการสูญเสียคุณค่าทางอาหารของพืชหมัก Mahanna (1993) ได้เสนอแนะอายุ, ความชื้น และขนาดชิ้นพืชที่เหมาะสมสำหรับพืชชนิดต่าง ๆ ที่จะนำมาหมักภายในหลุมหมัก (silo) ชนิดต่าง ๆ ดังแสดงในตาราง 2.5

ตาราง 2.4 ปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากพืชหมักชนิดต่าง ๆ

Table 2.4 Amounts of effluent produced from different crops

Crop	Dry matter content (g/kg)	Effluent produced (l/t)
Sugarbeet leaves	120-180	500-200
Forage maize	250-300	100-0
Grass or grass clover (fresh)	170-220	290-180
Grass or grass clover (wilted)	>280	0

ที่มา : Kuntzel (1991; อ้างโดย Jones and Jones, 1995)

3. ขนาดชิ้นพืชที่เหมาะสมในการหมัก ขนาดชิ้นพืชมีความสำคัญต่อการอัดพืชให้แน่นเพื่อให้มีอากาศหลงเหลืออยู่น้อยที่สุดและยังมีความสำคัญต่อการเคี้ยวเอื้องของสัตว์อีกด้วย ถ้าขนาดชิ้นพืชเล็กเกินไป จะทำให้สัตว์ลดการเคี้ยวเอื้องลง ซึ่งมีผลต่อสภาพภายในรูเมน คือทำให้ pH ลดต่ำเกินไป ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อสัตว์ จากการแนะนำของ Mahanna (1993) ข้าวโพดและข้าวฟ่างควรมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขนาดตัด (Length of cut) 3/8 – 1/2 นิ้ว ส่วนธัญญพืชชนิดอื่น หรือหญ้าหรือถั่วอัลฟัลฟ่าและถั่วโคลเวอร์ ควรใช้ขนาดตัด 1/4 - 3/8 นิ้ว เป็นต้น

ตาราง 2.5 อายุ และความชื้นที่แนะนำให้ตัดเพื่อนำพืชมาหมัก

Table 2.5 Harvest maturity and moisture recommendations

Crop	Maturity	Silo Type			Length of cut (inches)
		Bunker	Stave	Sealed	
		.....% moisture.....			
Corn silage	Milk line 1/2 - 2/3 down kernel	67-72	63-68	50-60	3/8 -1/2
Alfalfa	mid-bud to 1/10 bloom wilt to...	65-70	60-65	50-60	1/4 -3/8
Cereal silage	Milk-soft dough, wilt to.....	67-72	63-68	50-60	1/4 -3/8
Grasses	Stems first head out, wilt to....	67-72	63-68	50-60	1/4 -3/8
Clover	¼ – 1/2 bloom, wilt to....	67-72	63-68	50-60	1/4 -3/8
Forage sorghum	Medium-hard grain or leaves begin to loose color	70-75	63-70	50-60	3/8 -1/2
Sorghum- Sudan-grass	3 – 4 ft high	70-75	65-70	50-60	3/8 -1/2
Whole plant grain sorghum	medium hard dough grain	67-72	63-68	50-60	3/8 -1/2
Ground ear corn	Full dent	34-40	32-38	28-34	.....
Cracked shelled corn	Full dent	26-32	26-32	.....	.....
Whole shelled corn	Full dent	.....	.....	22-28	.....
Rolled ground sorghum grain	medium-hard dough	26-32	26-32	.....	.....
Whole sorghum grain	medium-hard dough	.....	.....	22-26	.....

ที่มา: Mahanna (1993)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. กรรมวิธีในการทำพืชหมัก การบรรจุพืชหมักลงในหลุมควรทำให้เร็วที่สุดหลังจากทำการเก็บเกี่ยวและตัดพืชให้มีขนาดที่เหมาะสมแล้ว และทำการอัดพืชให้แน่นเพื่อไล่อากาศออกให้มากที่สุด ปิดหลุมให้มิดชิดและแน่นหนา เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศหรือน้ำซึมผ่านเข้าไปในหลุมหมักได้

ถ้าหากปัจจัยดังกล่าวเหล่านี้ไม่สามารถควบคุมหรือจัดการได้ จะทำให้เกิดปัญหาขึ้นกับพืชหมักคือได้พืชหมักที่มีคุณภาพต่ำ ซึ่ง Mahanna (1993) ได้สรุปปัญหาและสาเหตุต่างๆไว้ในตาราง 2.6

ตาราง 2.6 ปัญหาที่มักพบในการทำพืชหมัก

Table 2.6 Diagnosis of common silage problems

Specific symptoms	Possible cause(s)
Hot silage >120 ^{o} F	Heat is generated by oxidative reactions occurring with extended respiration or the growth of yeast/mold/bacterial populations. Caused by slow filling, structure air leaks, slow feedout, low moisture, overly mature crop, long chop length, poor distribution or compaction.
Caramelized, dark brown kernels in corn silage. Dark color haylage with cooked or tobacco smell.	Signs of excessive heat damage.Caused by entrapment of excess oxygen in silage mass. Also by low moisture content, long chop or poor compaction.
Moldy silage	Molds grow in the presence of oxygen and adequate substrate. Caused by ensiling "stressed" crops with high yeast/mold loads, slow filling, slow feedout, long chop, low moisture and poor compaction.
Rancid milk odor	Generally caused by clostridial fermentation with the production of butyric acid. Caused by high moisture content, low plant sugar and inadequate lactic acid bacteria (LAB) for proper fermentation.
Vinegar odor	Fermentation dominated by bacteria which ferment sugars to acetic acid (vinegar). Promoted by wet silage, inadequate LAB, low crop sugars.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.6 (ต่อ)

Table 2.6 (Continued)

Specific symptoms	Possible cause(s)
Alcohol odor	Fermentation dominated by yeast which ferment sugars to alcohol. Yeasts can also metabolize lactic acid, thus raising silage pH and allowing conditions more suitable for other spoilage organisms to grow. Problematic in dry, poorly compacted silages that are slowly feedout.
Frozen silage	Caused by high moisture content, extended respiration, or bruised crop cells. More problematic in tower silos.
Poor aerobic stability (bunklife)	Caused by slow feedout, high yeast or mold populations, especially on "stressed" crops, low moisture, poor compaction, low sugars in crops ensiled at advanced maturities.
Seepage/run-off	Caused by too high crop moisture, dull chopper knives causing torn cells and overpacking causing bruised cells.
Poor intake	Caused by many factors: clostridial fermentation, high ammonia-N content, overly wet or dry silage, high fiber (mature crop), contamination with molds, toxic weeds or nitrates.

ที่มา: Mahanna (1993)

สารเสริมในพืชหมัก

กระบวนการหมักในหลุมหมักเป็นกระบวนการที่ควบคุมได้ยากเนื่องจากมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการ ซึ่งทำให้การเก็บรักษาโภชนะในพืชหมักเกิดได้ไม่เต็มที่ จึงได้มีการใช้สารเสริมในการปรับปรุงกระบวนการหมักเพื่อให้พลังงานและวัตถุแห้งคงอยู่มากขึ้น ส่งผลให้สมรรถภาพในการให้ผลผลิตของสัตว์ที่ได้รับพืชหมักดังกล่าวดีขึ้น (Kung, 1999) ซึ่ง McDonald *et al.* (1991) ได้จำแนกชนิดของสารเสริมในพืชหมักออกเป็น 5 ชนิดใหญ่ๆ ดังแสดงในตาราง 2.7 ซึ่งได้แก่

1. สารเร่งการหมัก (fermentation stimulants) เป็นสารที่เติมลงไปเพื่อให้กระบวนการหมักเกิดได้ดีและเร็วขึ้น ได้แก่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.1 แบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตกรดแลคติก (Lactic acid bacteria : LAB) เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าการผลิตพืชหมักที่ดีจะต้องส่งเสริมให้มีการผลิตกรดแลคติกเพื่อยับยั้งการทำงานของแบคทีเรียชนิดอื่นที่ไม่ต้องการ เช่น Clostridia ดังนั้นจึงได้มีการเสริม LAB ลงไป

1.2 แหล่งของคาร์โบไฮเดรต เป็นสารที่เสริมลงไปเพื่อเป็นอาหารแก่จุลินทรีย์เพื่อช่วยให้การหมักเกิดเร็วขึ้น ที่ใช้กันโดยทั่วไปได้แก่ กากน้ำตาล (molasses)

1.3 เอนไซม์ที่ก่อให้เกิดคาร์โบไฮเดรต ส่วนใหญ่จะเป็นเอนไซม์ที่ย่อยผนังเซลล์ ซึ่งจะช่วยเพิ่มแหล่งอาหารให้กับจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มการย่อยได้ของพืชหมักอีกด้วย

2. สารยับยั้งการหมัก (fermentation inhibitors) เป็นสารที่เติมลงไปเพื่อยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ โดยสารนี้จะทำหน้าที่ถนอมพืชไว้แทนกรดที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น ทำให้ลดการสูญเสียโภชนะ โดยเฉพาะวัตถุแห้งและโปรตีนในพืชหมัก สารที่ใช้กัน ได้แก่ กรดฟอร์มิกและฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นต้น

3. สารยับยั้งการเน่าเสียเมื่อสัมผัสอากาศ (aerobic deterioration inhibitors) การเน่าเสียของพืชหมักเมื่อสัมผัสอากาศหรือเมื่อเปิดหลุมหมักเพื่อนำพืชหมักไปใช้เลี้ยงสัตว์ ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากยีสต์, รา และแบคทีเรีย สารเสริมที่ใช้ยับยั้งการเจริญของเชื้อต่างๆเหล่านี้ได้แก่ กรดโพรพิโอนิก และแก๊สแอมโมเนีย เป็นต้น

4. สารเพิ่มโภชนะ (nutrient) พืชที่นำมาหมักหลายชนิดมีโภชนะบางตัวต่ำ เช่น ข้าวโพดจะมีโปรตีนต่ำ ดังนั้นจึงควรเสริมโภชนะลงไป ซึ่งได้แก่ รำข้าว, ยูเรีย หรือแร่ธาตุ เป็นต้น

5. สารดูดความชื้น (absorbents) พืชบางชนิดมีความชื้นสูง เช่น หญ้าที่ตัดมาโดยไม่ได้ผึ่งก่อน เมื่อนำมาหมักจะทำให้เกิดน้ำไหลออกมาสูง ทำให้สูญเสียโภชนะและเป็นผลเสียต่อสภาพแวดล้อม การใช้สารดูดความชื้น เช่น ฟางข้าว หรือรำ จะช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.7 การจำแนกชนิดสารเสริมในพืชหมัก

Table 2.7 Classification of silage additives.

Fermentation stimulants		Fermentation Inhibitors		Aerobic deterioration inhibitors	Nutrients	Absorbents
Bacterial cultures	Carbohydrate sources	Acids	Others			
Lactic acid bacteria	Glucose	Mineral acids	Formaldehyde	Lactic acid bacteria	Urea	Barley Straw
	Sucrose	Formic acid	Paraformaldehyde	Propionic acid	Ammonia	Sugar beet pulp
	Molasses	Acetic acid	Glutaraldehyde	Caproic acid	Biuret	Polymers
	Cereals	Lactic acid	Sodium nitrite	Sorbic acid	Minerals	Bentonite
	Whey	Benzoic acid	Sulphur dioxide	Pimaricin		
	Beet pulp	Acrylic acid	Sodium metabisulphite	Ammonia		
	Citrus pulp	Glycollic acid	Ammonium bisulphate			
	Potatoes	Sulphamic acid	Sodium chloride			
	Cell wall degrading enzymes	Citric acid	Antibiotics			
		Sorbic acid	Carbon dioxide			
			Hexamethylenetetramine			
			Bronopol			
			Sodium hydroxide			

Most substances listed under carbohydrate sources can also be listed under nutrients.

ที่มา: Mcdonal *et al.* (1991)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การใช้สารยับยั้งการหมัก

สารยับยั้งการหมักใช้เพื่อยับยั้งหรือชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ และยังใช้ในการป้องกันการย่อยสลายของโปรตีนจากเอนไซม์ของพืชเอง (Mahanna, 1993) ปกติสารเหล่านี้มักจะใช้ในกรณีที่พืชที่นำมาหมักมีคุณสมบัติไม่เหมาะสม เช่น มีความชื้นสูง มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายง่ายต่ำ หรือมีค่า buffering capacity สูง สารยับยั้งการหมักที่นิยมใช้กันได้แก่ กรดฟอร์มิก ฟอร์มัลดีไฮด์ และกรดฟอร์มิกผสมฟอร์มัลดีไฮด์

Hinks and Henderson (1977) เปรียบเทียบการใช้สารเสริม 3 ชนิดในหญ้าหมักคือ กรดฟอร์มิก กรดฟอร์มิกผสมฟอร์มาลิน และกรดฟอร์มิกผสมฟอร์มาลินกับกรดโพรพิโอนิก ในอัตรา 16.3, 12.1 และ 5.8 กรัมต่อน้ำหนักแห้งของหญ้า 1 กิโลกรัม ตามลำดับ พบว่าการเสริมกรดฟอร์มิกทำให้ปริมาณการกินได้ของหญ้าหมัก, น้ำหนักตัวที่เพิ่มต่อวันและไนโตรเจนที่กักเก็บในร่างกาย (Nitrogen retention) เพิ่มขึ้น ส่วนการผสมฟอร์มัลดีไฮด์นั้น พบว่าหญ้าหมักมีระดับแอมโมเนียไนโตรเจนที่ต่ำและระดับโปรตีนสูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นผลจากการที่ฟอร์มัลดีไฮด์ช่วยป้องกันการสลายของโปรตีนในหญ้าหมัก

Haigh and Parker (1985) รวบรวมข้อมูลจาก 33 การทดลองในอังกฤษ ที่เปรียบเทียบผลของสารเสริมและการตากหญ้าก่อนหมัก พบว่าการเสริมกรดฟอร์มิกอย่างเดียวในอัตรา 3.5 กิโลกรัมต่อหญ้าสด 1 ตันหรือกรดฟอร์มิกผสมฟอร์มาลินในอัตรา 5.2 กิโลกรัมต่อหญ้าสด 1 ตัน ช่วยยับยั้งกระบวนการหมัก ทำให้ได้หญ้าหมักที่มีคุณภาพดี คือมีแอมโมเนียไนโตรเจนและกรดบิวทีริกต่ำและมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่ายสูง เมื่อนำไปเลี้ยงสัตว์จะทำให้สัตว์มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ไม่เสริม

Rooke *et al.* (1988) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการเสริมแบคทีเรียและกรดฟอร์มิกในหญ้าในอัตรา 3 ลิตรต่อหญ้าสด 1 ตัน พบว่าการเสริมแบคทีเรียและกรดฟอร์มิกนั้นส่งผลให้ได้หญ้าหมักที่มีคุณภาพดี การเสริมกรดฟอร์มิกจะช่วยยับยั้งกระบวนการหมัก ทำให้ได้หญ้าหมักที่มีปริมาณกรดไขมันระเหยได้และแอมโมเนียไนโตรเจนต่ำ และมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่ายสูง เมื่อนำไปทดลองเลี้ยงแกะ พบว่าปริมาณการกินหญ้าหมักของสัตว์ทดลองและไนโตรเจนที่กักเก็บในร่างกายสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริม ส่วนแบคทีเรียจะช่วยเร่งกระบวนการหมักให้เกิดกรดแลคติก

Mayne (1993) ได้ทดลองเสริมกรดฟอร์มิก (85%) ในหญ้าที่ตัดครั้งแรกและครั้งที่ 2 ในอัตรา 2.53 และ 2.58 ลิตรต่อหญ้าสด 1 ตัน พบว่าหญ้าหมักที่ได้มีคุณภาพดี สามารถคงสภาพได้ดีหลังจากเปิดใช้ และเมื่อนำไปเลี้ยงโคนม ทำให้เปอร์เซนต์ไขมันและโปรตีนในนมเพิ่มขึ้นเล็กน้อยด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Haigh *et al.* (1996) รวบรวมข้อมูลจาก 22 การทดลองในอังกฤษ ที่เปรียบเทียบผลของสารเสริมชนิดต่างๆที่ใช้ในการทำหญ้าหมักฟ่อนใหญ่ (big-bale grass silage) พบว่าการเสริมกรดฟอร์มิกที่ระดับ 4.1 ลิตรต่อหญ้าสด 1 ตัน ช่วยปรับปรุงคุณภาพของหญ้าหมักให้ดีขึ้นและทำให้สัตว์กินหญ้าหมักได้เพิ่มขึ้น

McDonald *et al.* (1988) ได้ทดลองเสริมกรดฟอร์มิกผสมฟอร์มาลิน (1:3 โดยน้ำหนัก) ในอัตรา 10 กรัมต่อพืชสด 1 กิโลกรัม พบว่าช่วยให้พืชหมักมีคุณภาพดีและสามารถคงระดับของโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่ละลายง่ายได้ดี

อาหารผสมครบส่วน

อาหารผสมครบส่วน (total mixed ration ; TMR หรือ complete ration ; CR) คืออาหารผสมที่ผลิตขึ้นจากการนำเอาอาหารหยาบและอาหารข้น รวมทั้งวิตามิน แร่ธาตุ สารเสริมต่างๆมาผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยต้องมีการคำนวณสัดส่วนของอาหารทั้งหมดให้ได้ตามความต้องการของโค โดยพิจารณาตามอายุ, น้ำหนักตัวและผลผลิต คือปริมาณน้ำนม หรือน้ำหนักตัวเพิ่มในกรณีของโคเนื้อด้วย (Nocek, 1990; Muller, 1990) การพัฒนาระบบการให้อาหารผสมครบส่วนนี้ก็เพื่อใช้แทนที่ระบบการให้อาหารแบบเดิมที่เกษตรกรให้อาหารข้นกับอาหารหยาบแยกกัน ซึ่งปกติมักจะมีอาหารหยาบให้กินตลอดทั้งวันแบบไม่จำกัด และให้อาหารข้น 2 ครั้ง คือ เช้าและเย็น ขณะรีดนม โดยให้ในสัดส่วนอาหารข้น 1 กิโลกรัมต่อปริมาณน้ำนม 2 กิโลกรัม การให้อาหารแบบนี้ถ้ามีการให้อาหารข้นในปริมาณมากอาจจะทำให้เกิดความเป็นกรดจัดในกระเพาะรูเมนได้ (acidosis) เนื่องจากในอาหารข้นมีส่วนที่เป็นคาร์โบไฮเดรตอยู่สูง เกิดการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนได้อย่างรวดเร็ว ทำให้มีการผลิตกรดแลคติกและโพรพิโอนิกในอัตราที่สูง ทำให้ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในกระเพาะรูเมนลดลงอย่างรวดเร็ว เป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ในรูเมน โดยเฉพาะแบคทีเรียกลุ่มที่ย่อยสลายเยื่อใย และในช่วงที่สัตว์กินอาหารข้นนี้ การหลั่งน้ำลายจะมีน้อยเพราะมีการเคี้ยวเอื้องน้อย ทำให้ไม่มีสารบัฟเฟอร์ในน้ำลายไปลดฤทธิ์ของกรดที่เกิดจากการหมักอาหารข้นในรูเมน (Grant, 1990) ถ้ามีกรดเกิดขึ้นมากจนค่าความเป็นกรด-ด่างลดต่ำกว่า 5 จะทำให้โคมีประสิทธิภาพในการใช้อาหารลดลงและโคจะแสดงอาการป่วย ดังนั้นการให้อาหารหยาบและอาหารข้นพร้อมๆกันในรูปของอาหารผสมครบส่วนจึงเป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้ เพราะอาหารข้นจะถูกกินเข้าไปอย่างช้าๆตลอดทั้งวัน ในขณะเดียวกันโคก็ได้รับอาหารหยาบเพียงพอที่จะทำให้มีการเคี้ยวเอื้องตามปกติ อาหารผสมครบส่วนที่นิยมทำโดยทั่วไปในประเทศที่พัฒนาแล้วมักใช้พืชหมักเป็นอาหารฐาน ทั้งนี้เพราะสามารถเก็บสะสมได้คราวละมาก ๆ ทำให้คุณภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สม่ำเสมอ สามารถเก็บรักษาและเปิดออกมาใช้สะดวก ตลอดจนใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่หาได้ง่ายทั่วไป อีกทั้งยังสามารถใช้ผสมกับอาหารข้นให้เข้ากันได้สะดวกด้วย

ลักษณะของอาหารผสมครบส่วน

เนื่องจากอาหารผสมครบส่วนเป็นการนำเอาอาหารหยาบและอาหารข้นมารวมกันโดยคำนวณให้มีโภชนะเหมาะสมกับความต้องการของโค ดังนั้นอาหารหยาบที่นำมาใช้ต้องมีคุณภาพดีและมีการจัดการที่เหมาะสม เพื่อให้ผสมเข้ากันได้ดีกับอาหารข้น เช่นการสับให้เป็นชิ้นเล็กๆ โดยอาหารผสมครบส่วนที่ดีจะต้องมีลักษณะต่าง ๆ ซึ่ง ฉลองและคณะ (2540) รายงานไว้ดังนี้

1. ประกอบด้วยอาหารหยาบและอาหารข้นในสัดส่วนที่เหมาะสม เพื่อให้สัตว์ได้รับโภชนะตามความต้องการในการให้ผลผลิต โดยคำนวณจากน้ำหนักแห้ง ซึ่งพิจารณาจากอายุ, น้ำหนักตัว, ปริมาณน้ำนมและช่วงของการให้นม
2. อาหารทั้ง 2 ชนิดที่นำมาใช้ผสมจะต้องมีคุณภาพดี ควรมีระดับโปรตีนไหลผ่านประมาณ 30-35% ของโปรตีนทั้งหมดในอาหาร มีระดับคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย (non-fiber carbohydrate : NFC) ไม่เกิน 35% และควรมีระดับเยื่อใย ADF ประมาณ 20-25% หรือ NDF ประมาณ 30-35%
3. ขนาดความยาวของอาหารหยาบที่ใช้ผสมพอเหมาะไม่สั้นหรือยาวเกินไป ขนาดที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 3-5 ซ.ม.
4. การกระจายตัวของอาหารหยาบและอาหารข้นควรสม่ำเสมอ
5. สภาพของอาหารต้องใหม่ มีกลิ่นหอม น่ากิน และไม่มีมอดหรือรา

ข้อดีของอาหารผสมครบส่วน

Linn (1995) ได้กล่าวถึงข้อดีของอาหารผสมครบส่วนเมื่อเทียบกับการให้อาหารแต่ละชนิดแยกกันดังนี้

1. ทำให้โคไม่สามารถเลือกกินอาหารได้
2. สามารถวัดปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง (dry matter intake : DMI) ของโคได้แม่นยำ
3. โดยภาพรวมจะสามารถควบคุมชนิดอาหารที่ให้โคกินได้ดีกว่า ทำให้ต้นทุนด้านอาหารถูกกว่า
4. สามารถใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์หลากหลายชนิด แม้กระทั่งอาหารที่มีความน่ากินต่ำเนื่องจากวัตถุดิบชนิดอื่นๆจะช่วยกลบเกลื่อนความไม่น่ากินได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนี้การให้อาหารผสมครบส่วนยังเป็นวิธีที่ง่ายต่อการจัดการ ประหยัดเวลาและแรงงานและทำให้โคได้รับโภชนะครบถ้วนตามความต้องการอีกด้วย โดยภาพรวมแล้วการใช้อาหารผสมครบส่วนให้ผลดีต่อโคนม ซึ่ง ฉลองและคณะ (2540) และ Muller (1990) ได้รวบรวมไว้ คือ

1. ทำให้ระดับความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนอยู่ในระดับที่เหมาะสม
2. ทำให้กระเพาะรูเมนของโคใช้อาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น
3. ลดปัญหาความเจ็บป่วยของโคได้
4. ทำให้จำนวนจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีโปรตีนจากจุลินทรีย์ (microbial protein) ที่โคสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เพิ่มขึ้น

การจัดการอาหารผสมครบส่วน

ประสิทธิภาพของการให้อาหารผสมครบส่วนจะดีมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับการจัดการที่ถูกต้อง ซึ่งขึ้นอยู่กับหลายๆปัจจัยที่สำคัญ ซึ่ง Linn (1995) และ Lammers *et al.* (No date) ได้รายงานไว้ ดังนี้

1. ทำการวิเคราะห์วัตถุแห้งของอาหารหยาบ และเก็บข้อมูลการกินได้ของสัตว์อย่างสม่ำเสมอ เพราะการรู้ปริมาณวัตถุแห้งที่โคกินได้จะทำให้ทราบว่าโคได้รับโภชนะครบตามความต้องการหรือไม่ ซึ่งจะส่งผลถึงการให้ผลผลิตที่สูงสุดของโค โภชนะที่มีในอาหารโดยเฉพาะพลังงานและโปรตีน มีความสำคัญมากต่อผลผลิตน้ำนมและการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวโคในช่วงที่ให้นม การไม่ทราบข้อมูลการกินได้ของโค จะทำให้การคำนวณสูตรอาหารไม่ถูกต้อง อาจทำให้โคได้รับโภชนะขาดหรือเกินได้ ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อโค ค่าวัตถุแห้งของวัตถุดิบที่ใช้ในอาหารผสมครบส่วนก็มีความสำคัญมากเช่นกัน ดังนั้นจึงควรมีการตรวจค่าวัตถุแห้งของอาหารอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้โคได้รับโภชนะตรงตามความต้องการและให้ผลผลิตได้อย่างเต็มที่ ยกตัวอย่างเช่น วัตถุดิบอาหารที่มีค่าวัตถุแห้งต่ำกว่า 75% เมื่อนำมาผสมในสูตรอาหารควรทำการตรวจค่าวัตถุแห้งสัปดาห์ละครั้ง มิฉะนั้นอาจทำให้สูตรอาหารที่ให้โคไม่สมดุลได้ ตาราง 2.8 แสดงให้เห็นว่าเมื่อค่าวัตถุแห้งของข้าวโพดหมักในอาหารผสมครบส่วนเปลี่ยนจาก 35 เป็น 45% ปริมาณวัตถุแห้งและองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหาร ตลอดจนปริมาณโภชนะที่สัตว์ได้รับเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร จะเห็นได้ว่าปริมาณพลังงานสุทธิสำหรับการให้นม (NEL) ที่โคได้รับลดลง คือ จาก 35.4 เหลือ 35.0 Mcal/วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.8 ผลของข้าวโพดหมักที่มีค่าวัตถุแห้งเปลี่ยนแปลงไปต่อปริมาณโภชนะในสูตรอาหาร

Table 2.8 Effect of changing corn silage DM on ration nutrient content

	Corn silage DM	
	35%	45%
Feed amount, kg/day as fed		
Corn silage	9.1	9.1
Hay	2.7	2.7
Corn	6.1	6.1
Wheat bran	1.8	1.8
Soyhulls	2.9	2.9
Cottonseed	0.9	0.9
Brewers' grains	11.3	11.3
Soybean meal	2.3	2.3
Mineral/vitamin	0.4	0.4
Nutrient analysis – 100% DM		
DM, %	55.8	58.2
CP, %	16.4	16.1
NEL/kg	1.70	1.68
ADF, %	22.0	22.3
NDF, %	37.7	38.3
Nutrient intake (kg/day) at 20.91 kg DM intake per day		
CP	3.4	3.4
NEL, Mcal	35.4	35.0
ADF	4.6	4.7
NDF	7.9	8.0

ที่มา: Linn (1995)

2. มีการจัดการให้อาหารที่ดี เพื่อให้สัตว์สามารถกินอาหารคิดเป็นวัตถุแห้งได้มากที่สุด โดยอาหารที่ให้จะต้องสดใหม่ มีความน่ากิน และมีโภชนะสมดุล ซึ่งขึ้นอยู่กับความถูกต้องในการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คำนวณสูตรอาหาร รวมทั้งความแม่นยำในการชั่งส่วนประกอบวัตถุดิบและประสิทธิภาพในการผสมอาหารให้เข้ากันได้ดี ซึ่งควรพิจารณาประเด็นต่างๆในการจัดการดังนี้

1. ต้องให้อาหารกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในรางอาหาร และสังเกตการกินอาหารของโคว่ามีการเลือกกินอาหารได้หรือไม่
2. ควรมีพื้นที่ว่างของรางอาหารสำหรับโคแต่ละตัว 18 นิ้วขึ้นไป
3. ควรมีอาหารและน้ำให้โคกินตลอดเวลา
4. ควรมีอาหารเหลือในรางประมาณ 5% ของอาหารที่ให้ในแต่ละวัน และทำการเก็บออกจากรางทุกวัน
5. มีการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารมาประเมินคุณค่าอย่างสม่ำเสมอ และต้องคำนวณสูตรอาหารใหม่ทุกครั้งเมื่อพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมีของอาหารเกิดขึ้น เช่น ความชื้น เป็นต้น

3. มีการจัดกลุ่มโคตามระดับผลผลิต การตัดสินใจแบ่งกลุ่มโคนั้นมีความจำเป็นในฟาร์มที่เลี้ยงโคฝูงใหญ่ เพราะจะทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารของโคในฟาร์มดีขึ้น รวมทั้งทำให้ต้นทุนค่าอาหารลดลงด้วย เนื่องจากโคที่มีอายุ ระยะการให้นม และสภาพร่างกายแตกต่างกัน จะมีความต้องการโภชนะต่างกัน การจัดแบ่งกลุ่มโคและให้อาหารผสมครบส่วนที่เหมาะสมแก่โคแต่ละกลุ่มจะทำให้ไม่เกิดปัญหาโคได้รับโภชนะไม่เพียงพอหรือได้รับโภชนะเกินความต้องการ ซึ่งมักเกิดขึ้นในระบบที่ไม่มีการจัดกลุ่มโคและให้อาหารผสมครบส่วนเพียงสูตรเดียว โดยทั่วไปอาจแบ่งกลุ่มโคได้ 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1) โคที่กำลังให้นม ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มย่อยคือ กลุ่มที่ให้ผลผลิตสูง ปานกลาง และต่ำ
2) โคพักรีด หรือโคนมแห้ง (dry cow)
3) โคสาว

การผสมอาหารผสมครบส่วน

สูตรอาหารผสมครบส่วนที่มีความเหมาะสมและเพียงพอสำหรับการให้ผลผลิตของโคนั้นอาจคำนวณตามมาตรฐานของ NRC (1988) ที่ได้แนะนำไว้ แต่ปัญหาต่างๆ เช่นปริมาณการกินอาหารลดลง ผลผลิตและส่วนประกอบน้ำนมลดลง และปัญหาสุขภาพยังอาจเกิดขึ้นได้เมื่อโคได้รับอาหารสูตรดังกล่าว ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการผสมอาหารไม่ดี ทำให้สูตรอาหารผสมครบส่วนที่โคได้รับแตกต่างจากสูตรที่ได้คำนวณไว้ ดังนั้นจึงมีการพัฒนากรรมวิธีและอุปกรณ์เสริมเพื่อให้อาหารที่โคได้รับนั้นเหมือนหรือใกล้เคียงกับที่ได้คำนวนไว้มากที่สุด โดยมีปัจจัยต่าง ๆ ที่ควร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คำนึงถึง ได้แก่ การเลือกชนิดของเครื่องผสม ลำดับการใส่วัตถุดิบและระยะเวลาในการผสม เพื่อช่วยให้อาหารผสมครบส่วนมีคุณภาพสม่ำเสมอ

เครื่องผสมอาหารผสมครบส่วน

เครื่องผสมอาหารผสมครบส่วนนั้นโดยทั่วไปมีความเหมาะกับฟาร์มโคนมขนาดใหญ่ที่มีโครีดนม 100 ตัวขึ้นไป เนื่องจากมีราคาแพง ไม่คุ้มกับการลงทุนในฟาร์มขนาดเล็ก ประกอบกับการใช้อาหารผสมครบส่วนมักใช้พืชหมักเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งในฟาร์มขนาดใหญ่มีการสำรองพืชหมักไว้เป็นจำนวนมากอยู่แล้ว

เครื่องผสมที่ผลิตขายในเชิงธุรกิจมีหลายชนิดที่ผู้เลี้ยงโคนมสามารถเลือกซื้อมาใช้ได้ตามความเหมาะสมของแต่ละฟาร์ม โดยปกติจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือเครื่องผสมแนวตั้ง (vertical) และเครื่องผสมแนวนอน (horizontal) ซึ่งในแต่ละชนิดนี้ยังแบ่งออกได้อีกหลายประเภท เช่น auger mixer, reel mixer และ tumble mixer ดังแสดงในภาพ 2.2 ปกติเครื่องผสมแต่ละชนิดจะผสมอาหารได้ดีถ้าปฏิบัติตามที่บริษัทผู้ผลิตได้ระบุไว้ Rippel *et al.* (1998 อ้างโดย Stokes และ Bethard, no date) ได้ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผสม 2 ชนิดคือเครื่องผสมแนวนอนและเครื่องผสมแนวตั้ง ชนิดละ 10 เครื่อง ดังแสดงในตาราง 2.9 พบว่าการกระจายตัวของชิ้นอาหารในอาหารผสมครบส่วนระหว่างเครื่องผสมทั้ง 2 ชนิดไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการจัดการให้ถูกต้องตามข้อกำหนดในการใช้เครื่องผสมแต่ละชนิดจึงมีความสำคัญมากกว่าชนิดของเครื่อง

ตาราง 2.9 ผลของชนิดเครื่องผสมอาหารต่อการกระจายตัวของชิ้นอาหารที่ระยะเวลาผสมปกติ
(% ค้างบนแผ่นกรอง ; น้ำหนักสด)

Table 2.9 Effects of mixer type on particle size distribution with normal mixing time (% screen retention[1] ; as-fed basis)

Mixer type	>.75 inches	.75 - .31 inches	<.31 inches
Horizontal	20.1	37.7	41.1
Vertical	20.1	36.0	43.9

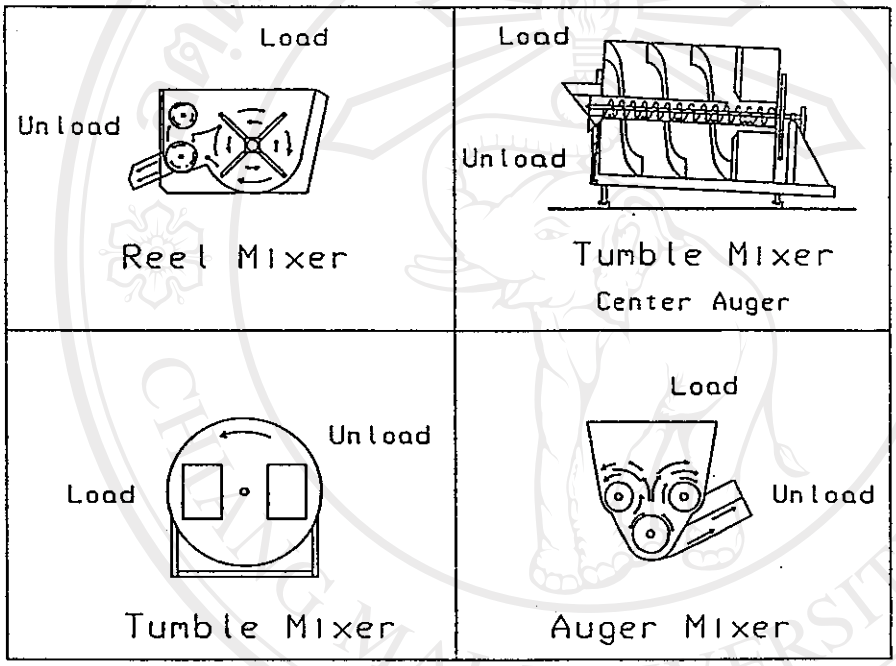
[1]Particle size distribution as determined by the Penn State Size Separator.

ที่มา: Rippel *et al.* (1998 อ้างโดย Stokes และ Bethard, no date)

นอกจากนี้เครื่องผสมอาหารยังแบ่งได้ 2 ประเภท คือ ประเภทเคลื่อนที่ได้ (mobile mixer) และประเภทเคลื่อนที่ไม่ได้ (stationary mixer) การพิจารณาในการเลือกนั้นขึ้นกับลักษณะการวางผังของแต่ละฟาร์ม กล่าวคือเครื่องผสมที่อยู่กับที่ควรอยู่ใกล้กับบริเวณที่เก็บวัตถุดิบ เพื่อความ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สะดวกในการขนส่งมาผสมและส่งอาหารที่ผสมเสร็จแล้วไปยังรางอาหารโค ส่วนเครื่องผสมประเภทเคลื่อนที่ได้นั้นปกติจะประกอบไว้กับรถแทรกเตอร์ที่สามารถขับเคลื่อนได้ ทำให้สามารถจ่ายอาหารแก่โคได้ในหลายพื้นที่แม้จะห่างไกลกัน นอกจากนี้โรงเก็บวัตถุดิบชนิดต่างๆก็ไม่จำเป็นต้องอยู่ใกล้กัน การเสริมหญ้าแห้งในสูตรอาหารก็เป็นส่วนหนึ่งในการพิจารณาเลือกเครื่องผสมอาหารด้วย เนื่องจากปริมาณของหญ้าแห้งหรือพืชแห้งเส้นยาวที่สามารถใส่ในเครื่องผสมแต่ละชนิดนั้นแตกต่างกัน และมักจะใช้ได้ในปริมาณจำกัด โดยปกติแล้วเครื่องผสมทั่วไปไม่สามารถผสมอาหารที่ใช้พืชแห้งเส้นยาวได้ ต้องสับให้เป็นชิ้นเล็กๆก่อน



ภาพ 2.2 ชนิดของเครื่องผสมอาหารผสมครบส่วน

Figure 2.2 Type of T.M.R. Mixers. (Kammel and Leverich, 1990)

ขนาดของเครื่องผสมอาหารนิยมแสดงในรูปปริมาตร ซึ่งแบ่งเป็น ขนาดเต็มที่ (struck capacity) กับขนาดผสม (mixing capacity) โดยขนาดเต็มที่นั้นหมายถึงขนาดเมื่อเติมวัตถุดิบอาหารจนเต็มเครื่องผสม ส่วนขนาดผสมนั้นคือขนาดเมื่อเติมวัตถุดิบไม่เต็มเครื่องผสม ปกติจะไม่เกิน 70% ของขนาดเต็มที่ เพื่อให้อาหารผสมเข้ากันได้ดี และไม่มีอาหารตกหล่นในขณะผสม ปัจจัยต่างๆที่ควรนำมาพิจารณาในการเลือกขนาดของเครื่องผสมอาหารผสมครบส่วนคือจำนวนครั้งในการให้อาหารต่อวัน ขนาดฝูงโคที่ให้ ปริมาณการกินได้ของโค การเปลี่ยนแปลงขนาดฝูงในรอบปี และการขยายฟาร์มในอนาคต Buckmaster (1998) แนะนำว่าควรนำโคทุกกลุ่มมา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประกอบการพิจารณาเลือกขนาดของเครื่องผสมที่จะใช้ โดยต้องใช้ข้อมูลปริมาณการกินได้ เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของอาหาร และขนาดฝูงที่จะให้อาหารมาประกอบการพิจารณาด้วย นอกจากนี้ยังควรเลือกเครื่องผสมอาหารที่มีความแม่นยำ ไม่ว่าจะผสมอาหารในปริมาณมากหรือน้อย ซึ่งการผสมอาหารผสมครบส่วนในปริมาณน้อยนั้นปกติจะใช้สำหรับสัตว์ป่วย หรือสัตว์ที่กำลังจะเปลี่ยนจากโคประเภทหนึ่งเป็นอีกประเภทหนึ่ง (transition cows) เช่น โคนมแห้งเป็นโครีด ค่าที่แนะนำโดยบริษัทคืออาหาร 5 คิวบิกฟุตต่อโค 1 ตัวต่อวัน (ถ้าไม่มีการเสริมหญ้าแห้ง) หรือ 7 คิวบิกฟุต/ตัว/วัน (เมื่อเสริมหญ้าแห้ง 10% โดยน้ำหนัก)

ลำดับของการใส่วัตถุดิบอาหารที่มีผลต่อความสม่ำเสมอขององค์ประกอบอาหารผสมครบส่วน

คุณสมบัติที่แตกต่างกันระหว่างวัตถุดิบอาหารที่ใช้มีผลต่อคุณภาพการผสม เช่น ขนาดชิ้น รูปร่างของชิ้น ความหนาแน่นของชิ้น และการยึดหรือพันติดกัน ความเหมาะสมในการผสมอาหารผสมครบส่วนนั้นอาจมีความแตกต่างกัน ขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบอาหารที่ใช้และความแตกต่างระหว่างขนาดชิ้นของอาหารข้นและพืชอาหารหยาบ ซึ่งมีค่าความหนาแน่นต่างกัน ทำให้ได้อาหารผสมครบส่วนที่ไม่สม่ำเสมอ ในงานทดลองของ Kammel *et al.*, (1995 อ้างโดย Stokes และ Bethard, no date) พบว่า หญ้าหมักความชื้นต่ำ (haylage) แม้ว่าในสภาพแห้งจะมีความหนาแน่นเท่ากับข้าวโพดหมักก็ตาม แต่ในสภาพสดมีความหนาแน่นต่ำกว่า (ตาราง 2.10) การนำวัตถุดิบที่มีความหนาแน่นต่างกันมาผสมกันอาจมีผลต่อความสม่ำเสมอของอาหาร เนื่องจากการผสมกระทำในสภาพสด ดังนั้นจึงต้องอาศัยเทคนิค เช่น ลำดับในการใส่วัตถุดิบเข้าช่วย เป็นต้น

ตาราง 2.10 ความหนาแน่นของวัตถุดิบอาหาร

Table 2.10 Bulk density (lb/ft^3) of feedstuffs.

	Haylage	Corn silage	High moisture ear corn	Soybean meal	TMR (calculated)
As-fed	11	14	32	40	19
Dry matter	5	5	24	36	10

ที่มา : Kammel *et al.* (1995 อ้างโดย Stokes และ Bethard, no date)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยปกติแล้ววัตถุที่มีขนาดชิ้นใหญ่และเบามักจะลอยตัวขึ้น ในขณะที่วัตถุที่หนักหรือมีความหนาแน่นมากกว่าจะหล่นลงตามแรงโน้มถ่วงของโลก ข้อแนะนำที่ปฏิบัติกันในการใส่วัตถุดิบอาหารนั้นมักจะใส่วัตถุดิบที่มีขนาดชิ้นใหญ่ (พืชอาหารหยาบ) ก่อนแล้วจึงใส่วัตถุดิบที่หนักและชิ้นเล็กกว่า (แร่ธาตุ) เป็นลำดับสุดท้าย อย่างไรก็ตามในการใช้วัตถุดิบหลายชนิด ซึ่งมีขนาด, รูปร่าง และความหนาแน่นต่างกันนั้น ลำดับของการใส่ต้องมีการลองผิดลองถูกเพื่อให้ได้อาหารผสมครบส่วนที่สม่ำเสมอ Rippel *et al.*, (1997) แสดงผลของลำดับวัตถุดิบต่อการกระจายตัวของอาหารผสมครบส่วน ดังแสดงในตาราง 2.11 ซึ่งพบว่าในการทดลองนี้การกระจายตัวของอาหารบนแผ่นกรองแต่ละขนาดที่มีลำดับการใส่ต่าง ๆ กัน ไม่ค่อยแตกต่างกันมากนัก ยกเว้นในกลุ่มที่ 3 ที่มีการใส่ chopped alfalfa hay ตามด้วยอาหารข้น และ wheatlage เป็นลำดับสุดท้าย ซึ่งพบว่ามีอาหารขนาดชิ้นใหญ่ (>.75") น้อยกว่า และขนาดชิ้นเล็ก (<.31") มากกว่ากลุ่มอื่น อาจทำให้โคได้รับสัดส่วนของอาหารผิดไป โดยมีแนวโน้มว่าจะได้รับสัดส่วนของอาหารหยาบน้อยลง ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลเสียต่อระบบย่อยอาหารในกระเพาะรูเมนได้

ตาราง 2.11 ผลของลำดับการใส่วัตถุดิบอาหารที่มีต่อลักษณะการกระจายตัวของอาหารผสมครบส่วน

Table 2.11 Effect of ingredient loading sequence on as-fed particle size distribution by screen retention and CV.

	>.75"		.75-.31"		<.31"	
Order[a]	Percentage	CV	Percentage	CV	Percentage	CV
W-A-C	28.7[b]	17.4	35.3	7.7	35.8[c]	13.7
A-W-C	29.1[b]	19.6	32.9	12.4	37.9[bc]	12.4
A-C-W	22.8[c]	22.0	36.2	9.4	40.9[b]	5.9
W-C-A	29.7[b]	9.3	33.6	10.8	36.5[c]	9.4

[1]Particle size distribution as determined by the Penn State Particle Size Separator.

[a]W = wheatlage; A = chopped alfalfa hay; C = concentrate

[b,c]Mean in the same column with no common superscript differ significantly (p<.10)

ที่มา : Rippel *et al.*, (1997)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระยะเวลาในการผสมที่มีผลต่อขนาดชิ้นของอาหารผสมครบส่วน

ระยะเวลาในการผสมที่ไม่เพียงพอจะทำให้ได้อาหารผสมครบส่วนที่ไม่มีความสม่ำเสมอ ซึ่งควรมีการทดสอบก่อนการผสมจริง โดยปกติแล้วเครื่องผสมอาหารผสมครบส่วนมจะมีคำแนะนำมาจากบริษัทอยู่แล้ว ระยะเวลาในการผสมโดยปกติทั่วไปคือ 3-6 นาที (Rippel *et al.*, 1997) ในการผสมที่มีหญ้าแห้งชิ้นยาวเป็นส่วนประกอบของอาหารควรมีการเดินเครื่องผสมก่อนที่จะใส่วัตถุดิบอื่นๆ เพื่อให้ขนาดชิ้นของหญ้าแห้งเล็กลง หรือเพิ่มระยะเวลาผสมขึ้นอีก แต่ควรระมัดระวังการผสมที่มากเกินไป (overmixing) ซึ่งจะทำให้เกิดการแยกชั้นของอาหารและทำให้ขนาดชิ้นอาหารหยาบเล็กลงจนไม่สามารถกระตุ้นการทำงานของรูเมนได้ ส่งผลให้การเคี้ยวเอื้องลดลง ไม่มีน้ำลายมากพอในการทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน (Grant *et al.*, 1990) ดังนั้นจึงได้มีผู้คิดประดิษฐ์เครื่องมือสำหรับประเมินขนาดชิ้นของอาหารขึ้น เช่น เครื่อง Nasco Forage Particle Separator ที่ออกแบบโดย Pennsylvania State University สำหรับแยกขนาดชิ้นของอาหารออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ขนาดชิ้นใหญ่กว่า 0.75 นิ้ว, ระหว่าง 0.31 ถึง 0.75 นิ้ว และเล็กกว่า 0.31 นิ้ว โดยมีคำแนะนำสัดส่วนคงเหลือบนตะแกรงของอาหารแต่ละชนิดในแต่ละกลุ่ม ดังแสดงในตาราง 2.12 (Heinrichs, 1996)

ตาราง 2.12 ขนาดชิ้นของอาหารหยาบและอาหารผสมครบส่วนที่ควรเหลืออยู่บนตะแกรงร่อนชั้นต่าง ๆ เมื่อแยกด้วยเครื่องแยกชิ้นอาหารหยาบของมหาวิทยาลัย Pensilvania state

Table 2.12 Recommended forage and total mixed ration particle sizes for the Nasco/Penn State Forage Particle Separator.

Sieve	Corn silage	Haylage	TMR
Upper sieve[1] (>.75")	2-4% if not sole forage 10-15% if chopped/rolled	10-15% in sealed silo 15-25% bunker silo, wetter mixture	6-10% or more 3-6% focus on TNDF and FNDF
Middle sieve[1] (.75-.31")	40-50%	30-40%	30-50%
Bottom pan[1] (<.31")	40-50%	40-50%	40-60%

[1]Portion remaining on the screen.

ที่มา: Heinrichs (1996).

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในงานทดลองของ Rippel *et al.* (1997) ที่ทำการศึกษาระยะเวลาในการผสมอาหารโดยใช้เครื่องของฟาร์มโคนม 20 รายในรัฐเท็กซัส โดยแบ่งเป็นเครื่องผสมแนวตั้ง 10 ราย และเครื่องผสมแนวนอน 10 ราย ทำการผสมในระยะเวลาที่ปฏิบัติเป็นประจำของแต่ละฟาร์ม และใช้เวลาผสมเพิ่มอีก 15 นาที ได้ผลดังตาราง 2.13 ซึ่งพบว่าการเพิ่มระยะเวลาในการผสมทำให้ขนาดชิ้นของพืชหมักและพืชแห้งลดลง ส่วนปัญหาการผสมอาหารไม่ดี (undermixing) มักพบได้น้อยกว่าโดยเกิดเนื่องจากการผสมอาหารที่เกินความจุของเครื่อง ดังนั้นการผสมอาหารให้ได้ผลดีที่สุด จึงควรเติมวัตถุดิบอาหารเพียง 70-80% ของความจุ โดยพิจารณาประสิทธิภาพในการผสมหลังจากนำอาหารที่ผสมแล้วไปให้โคกิน

ตาราง 2.13 ผลของระยะเวลาในการผสมต่อการกระจายตัวของขนาดชิ้นอาหาร

Table 2.13 Effects of mixing time on particle size distribution.

Ration base	Mixing time	% Screen 1	% Screen 2	% Screen 3
Silage	Normal	17.8[a]	48.0	34.0[b]
	+15 min	12.9[b]	46.0	41.0[a]
Hay	Normal	30.7[c]	31.4[b]	37.3[d]
	+15 min	18.7[d]	34.5[a]	46.7[c]

[a,b] Means in the same column with different superscripts differ (p<.05).

[c,d] Means in the same column with different superscripts differ (p<.001).

ที่มา: Rippel *et al.* (1997).

การเสริมหญ้าแห้งหรือพืชแห้ง

วัตถุดิบอาหารส่วนใหญ่สามารถผสมในสูตรอาหารผสมครบส่วนได้ง่าย ยกเว้นหญ้าแห้งหรือพืชแห้ง เช่นฟาง ปกติหญ้าแห้งนั้นใส่ในอาหารผสมครบส่วนเพื่อเป็นแหล่งของเยื่อใยที่มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นการเคี้ยวเอื้อง (effective fiber) ปัญหาที่พบจากการเสริมหญ้าแห้งที่ไม่ได้สับ (long hay) หรือหญ้าแห้งที่ไม่มีคุณภาพในสูตรอาหารผสมครบส่วน คือการเลือกกินของโค โดยโคจะเลือกกินเฉพาะอาหารข้นและวัตถุดิบที่เป็นชิ้นเล็กๆ Martin (1999; อ้างโดย Shaver, 2000) พบว่ามีการเลือกกินของโคเกิดขึ้นทั้งในฟาร์มของมหาวิทยาลัยและในฟาร์มโคนมทั่วไป โดยทำการประเมินขนาดชิ้นของอาหารผสมครบส่วนก่อนให้และหลังจากให้โคกิน 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง พบว่าสัดส่วนของชิ้นอาหารที่พบชั้นบนสุดของเครื่อง Nasco Forage Particle Separator เท่ากับ 9.3%, 13.7%, 21.5%, 27.5% และ 58.7% ตามลำดับ การที่โคสามารถเลือก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กินอาหารได้ โดยเฉพาะส่วนของอาหารข้น จะทำให้เกิดกรดสูงในกระเพาะ ส่งผลให้โคเจ็บกีบ ไขมันนมลด ปริมาณการกินได้แปรปรวนหรือลดลง กระเพาะแท้เคลื่อน (displace abomasum) หรือปัญหาอื่นๆ แม้ว่าในสูตรอาหารที่คำนวณหรือในส่วนประกอบของอาหารผสมครบส่วนจะมีเยื่อใยที่มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นการเคี้ยวเอื้องเพียงพอก็ตาม การแก้ปัญหาทำได้โดยสับหญ้าแห้งหรือพืชแห้งให้มีขนาดเล็กลงก่อน (Linn, 1998) ส่วนในกรณีที่อาหารผสมครบส่วนแห้งเกินไป การผสมหญ้าแห้งหรือพืชแห้งที่สับแล้ว โคยังสามารถเลือกกินอาหารได้อีก การแก้ปัญหาทำได้โดยเสริมกากน้ำตาลหรือน้ำเพื่อให้อาหารเข้ากันได้มากขึ้น

การวัดความสม่ำเสมอของสูตรอาหาร

หลักสำคัญของการให้อาหารโคนมคือ อาหารที่โคกินต้องเหมือนหรือใกล้เคียงกับที่ได้คำนวณไว้มากที่สุด เนื่องจากอาหารผสมครบส่วนเป็นการผสมทั้งอาหารหยาบและอาหารข้นเข้าด้วยกัน ดังนั้นการผสมให้มีความสม่ำเสมอจึงยากกว่าการผสมสูตรอาหารข้นโดยทั่วไป ขนาดชิ้นและการกระจายตัวของอาหารหยาบนั้นควรนำมาพิจารณาร่วมกันในการประเมินความสม่ำเสมอของอาหารผสมครบส่วน การทดสอบความสม่ำเสมอของอาหารมีหลายวิธี เช่น การวิเคราะห์โภชนะที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร ได้แก่ โปรตีน และ NDF เป็นต้น ข้อจำกัดของวิธีนี้คือ ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงและใช้เวลานาน วิธีใช้ marker เช่น เหล็ก ใส่ลงในเครื่องขณะทำการผสมอาหาร แล้วสุ่มมาวิเคราะห์ปริมาณการกระจาย นับว่าเป็นวิธีที่ทำได้สะดวก แต่วิธีนี้มีข้อจำกัดในสูตรที่ใช้วัตถุดิบความชื้นสูง หรือมีน้ำหนักมาก นอกจากนี้ยังมีวิธีวัดปริมาณอิออนในอาหาร เช่น คลอไรด์ ซึ่งมีผู้ผลิตชุดทดสอบทางการค้าชื่อว่า Quantab® วิธีนี้ใช้เวลาไม่มาก (10-15 นาที) อุปกรณ์ในการทดสอบไม่ยุ่งยาก และไม่แพง แต่มีข้อจำกัดการใช้ในอาหารที่มีความเป็นกรด เช่น พืชหมัก (Rippel *et al.*, 1997; Stokes, 1997)

การให้อาหารผสมครบส่วน

ต้องมีการทำความสะอาดรางอาหารก่อนให้อาหารใหม่ทุกวัน และควรประเมินคุณภาพและปริมาณของอาหารเหลือทุกครั้ง โดยอาหารเหลือควรมีลักษณะและส่วนประกอบเช่นเดียวกับอาหารที่ให้เพื่อให้แน่ใจว่าโคไม่มีโอกาสเลือกกินอาหาร ปริมาณอาหารเหลือควรมี 2-5% ของอาหารที่ให้ในแต่ละวัน เพื่อแสดงว่าโคได้รับอาหารอย่างเพียงพอ การให้อาหารผสมครบส่วนนั้นปกติสามารถให้ได้ 1 ครั้ง/วัน แต่เพื่อให้ได้สมรรถภาพที่ดีกว่าควรให้อาหารผสมครบส่วน 2 ครั้งต่อวัน ในโรงเรือนที่มีรางอาหารแบนราบ (flat mangers) ขณะที่โคกินอาหารมักจะดันอาหารออกห่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัว ดังนั้นจึงควรกวาดอาหารกลับเข้ารางให้โคอย่างน้อย 4 ครั้ง/วัน การกวาดกลับนี้จะช่วยกระตุ้นให้โคกินอาหารบ่อยขึ้น

การใช้อาหารผสมครบส่วนเลี้ยงโคนม

ปัจจุบันมีการศึกษาการใช้อาหารผสมครบส่วนในการเลี้ยงโคนมมากขึ้น ทั้งในการเปรียบเทียบกับวิธีการให้แบบเดิมคือให้อาหารข้นแยกกับอาหารหยาบ การเพิ่มสัดส่วนของอาหารข้นให้มากขึ้นตามระดับผลผลิตของโคนมที่มีการปรับปรุงให้สูงขึ้น หรือศึกษาขนาดชิ้นของอาหารหยาบที่มีผลต่อประสิทธิภาพและองค์ประกอบของน้ำนม เป็นต้น

Yrjänen *et al.* (2003) เปรียบเทียบการให้อาหารผสมครบส่วนกับการให้อาหารหยาบและอาหารข้นแยกกัน โดยแบ่งให้ 4 เวลา พบว่าไม่มีความแตกต่างของปริมาณน้ำนม (24.7 vs 25 ก.ก./วัน) ปริมาณการกินได้ (17.2 vs 17.5 ก.ก./วัน) น้ำหนัก (586 vs 573 ก.ก.) และคะแนนสภาพร่างกาย (3.1 vs 3.0) ซึ่งอาจเนื่องมาจากการเพิ่มความถี่ในการให้อาหารมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการให้อาหารผสมครบส่วน

Mccoy *et al.* (1966) ได้ทำการทดลองให้อาหารโคนมเป็นรายตัวด้วยอาหารผสมครบส่วนเปรียบเทียบกับการให้อาหารหยาบและอาหารข้นแยกกัน โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มแรกให้อาหารหยาบอย่างเต็มที่กับอาหารข้นในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อน้ำนมที่ปรับไขมัน 4%แล้ว 2.5 กิโลกรัม กลุ่มที่ 2 ให้อาหารหยาบและอาหารข้นอย่างเต็มที่ และกลุ่มที่ 3 ให้อาหารผสมครบส่วนอย่างเต็มที่ พบว่าปริมาณน้ำนมที่ปรับไขมันแล้วเท่ากับ 17.11, 16.61 และ 18.36 กก./วัน ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการให้อาหารผสมครบส่วนทำให้โคให้นมสูงกว่าการให้อาหารแบบแยกกัน

Nocek *et al.* (1986) ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบการให้อาหารผสมครบส่วนกับการให้อาหารหยาบและอาหารข้นแยกกัน โดยให้อาหารเป็นรายตัวและควบคุมปริมาณอาหารข้นที่ให้ด้วยคอมพิวเตอร์ พร้อมทั้งศึกษาผลการเปลี่ยนระบบการให้อาหารอย่างกระทันหันจากระบบหนึ่งไปเป็นอีกระบบหนึ่ง พบว่าผลผลิตน้ำนมที่ได้จากทั้ง 2 ระบบไม่แตกต่างกัน แต่ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนโภชนะที่กินให้เป็นน้ำนมที่ปรับไขมัน 4% แล้ว นั้นพบว่าการให้อาหารทั้ง 2 ชนิดแยกกันมีประสิทธิภาพดีกว่าให้อาหารผสมครบส่วน ซึ่งอาจเป็นเพราะอาหารผสมครบส่วนไม่ได้มีการปรับสูตรในช่วงทดลอง ส่วนอาหารข้นที่ให้ในระบบแยกกันจะมีการปรับตลอดช่วงทดลอง ส่วนการเปลี่ยนระบบการให้อาหารอย่างกระทันหันนั้นไม่มีผลต่อผลผลิตและส่วนประกอบของน้ำนม รวมทั้งน้ำหนักที่เพิ่มด้วย

Davenport *et al.* (1983) ได้ทำการทดลองให้อาหารผสมครบส่วนเทียบกับการให้อาหารข้นและอาหารหยาบแยกกัน โดยให้อาหารผสมครบส่วนอย่างเต็มที่แก่โคที่เลี้ยงรวมกันเป็นกลุ่ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ใหญ่ (ระบบ A) และให้อาหารหยาบเต็มที่ แต่ให้อาหารข้นเป็นรายตัว ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้ 3.25 กิโลกรัม (ระบบ B) พบว่าระบบ A ได้ปริมาณน้ำนม, เปอร์เซนต์ไขมันนมและปริมาณน้ำนมที่ปรับไขมัน 4%แล้ว 6475, 3.8% และ 6270 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนระบบ B ได้ 6899, 3.69% และ 6566 กิโลกรัม การที่ผลผลิตน้ำนมในระบบ A ต่ำกว่า แต่มีเปอร์เซนต์ไขมันนมสูงกว่าระบบ B เนื่องมาจากอาหารผสมครบส่วนที่ใช้เป็นอาหารผสมสูตรเดียวแต่ใช้ในฝูงใหญ่ ซึ่งโคแต่ละตัวให้ผลผลิตต่างกัน ดังนั้นจึงทำให้ผลผลิตที่ได้ไม่สูงนักเพราะโคบางตัวอาจได้รับโภชนะไม่เพียงพอหรือเกินความต้องการ

Bargo *et al.* (2002) เปรียบเทียบการให้อาหาร 3 แบบคือ ให้อาหารข้นแยกกับอาหารหยาบ โดยปล่อยโคลงกินหญ้าสดในแปลง (PC) เทียบกับการให้อาหารผสมครบส่วนเสริมการปล่อยแปลง (pTMR) และการให้อาหารผสมครบส่วนทั้งหมด (TMR) พบว่าการให้ TMR ทำให้ได้ผลผลิตน้ำนม (38.1 vs 32.0 และ 28.5 ก.ก./วัน) อัตราการเพิ่มน้ำหนัก (76 vs 40 และ 20 ก.ก.) และคะแนนสภาพร่างกาย (3.05 vs 2.9 และ 2.6) ซึ่งดีกว่าแบบ pTMR และ PC ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากโคกลุ่มที่ปล่อยแปลงต้องใช้พลังงานในการเดินมากกว่า ประกอบกับหญ้าสดมีพลังงานต่ำกว่าข้าวโพดหมักและ alfalfa haylage ในกลุ่ม pTMR และ TMR ด้วย จึงทำให้โคได้รับพลังงานน้อยกว่า

Robinson and McQueen (1997) และ Friggens *et al.* (1998) พบว่าการเพิ่มสัดส่วนของอาหารข้นในอาหารผสมครบส่วนช่วยกระตุ้นให้โคกินอาหารคิดเป็นวัตถุแห้งเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ในการศึกษาของ Istasse *et al.* (1986) ยังพบว่าการเพิ่มสัดส่วนของอาหารข้นจาก 40% เป็น 60 และ 65% ทำให้ปริมาณน้ำนมเพิ่มขึ้น 1.3 และ 2.4 ก.ก./วัน ตามลำดับ เช่นเดียวกับ Gordon *et al.* (1995) ที่พบว่าการเพิ่มสัดส่วนอาหารข้นเป็น 64% ทำให้ปริมาณน้ำนมเพิ่มขึ้น 3 ก.ก./วัน แต่การเพิ่มสัดส่วนของอาหารข้นในสูตรอาจส่งผลให้โคเกิดภาวะเป็นกรดสูงในกระเพาะรูเมนได้ Maekawa *et al.* (2002) พบว่าการให้อาหารข้นในปริมาณมากแยกกับอาหารหยาบจะทำให้เกิดผลเสียเนื่องจากแอสิโดสิสเพิ่มขึ้น เนื่องจากค่า pH ที่ผันแปรมากและต่ำกว่าปกติ

ภาวะความเป็นกรดสูงในกระเพาะรูเมน (acidosis)

แอสิโดสิสหรือภาวะความเป็นกรดสูงในกระเพาะรูเมน เกิดขึ้นเมื่อมีการสะสมกรดแลคติกในปริมาณมาก เนื่องจากได้รับอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตละลายง่ายสูง (Elam, 1976) หรือมีเยื่อใยที่มีประสิทธิภาพต่ำ หรือทั้ง 2 อย่างร่วมกัน (Nocek, 1997) ทำให้แบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตกรดแลคติก (Lactic producing bacteria) มีจำนวนมากกว่ากลุ่มที่ใช้แลคติก (Lactic utilizing bacteria) ซึ่ง Nocek (1997) ได้นำเสนอลำดับเหตุการณ์ในการเกิดแอสิโดสิส ดังภาพ 2.3 คือเมื่อโคได้รับอาหาร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

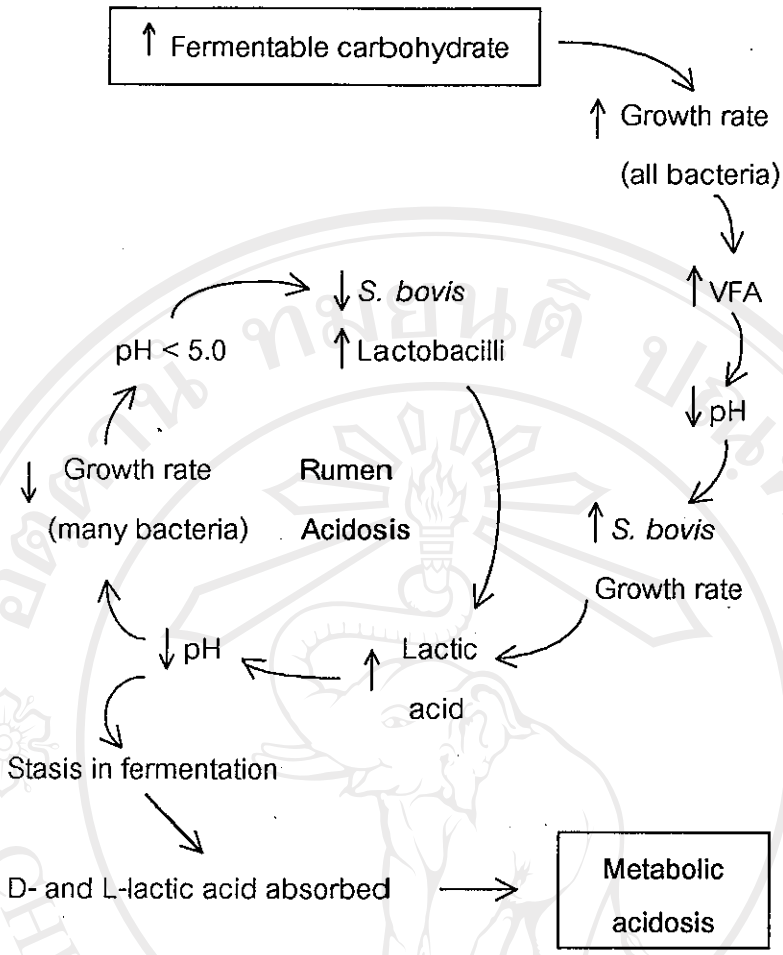
ข้นปริมาณมากในแต่ละครั้ง จะทำให้การผลิตกรดไขมันระเหยง่ายเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ pH ในรูเมนลดลง ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดแลคติค เช่น *Streptococcus bovis* ที่สามารถเจริญและเพิ่มจำนวนได้ดีในสภาวะดังกล่าว ทำให้มีปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่า pH ลดต่ำลงอีกและเมื่อ pH ลดต่ำกว่า 5 จุลินทรีย์กลุ่มนี้ก็ไม่สามารถทนได้เช่นกัน แต่จุลินทรีย์กลุ่ม Lactobacillus ยังสามารถเจริญและผลิตกรดแลคติกได้ ทำให้ค่า pH ลดลงเป็นวัฏจักร นอกจากนี้กรดแลคติกที่ถูกดูดซึมผ่านรูเมนเข้าสู่กระแสเลือดยังทำให้เกิดโรคทางเมตะบอลิสมอื่น ๆ ได้อีก

อาการของโคที่เป็นแอสิโดสิสจะมีตั้งแต่เบื่ออาหารไปจนถึงขั้นเสียชีวิต โดยสามารถแบ่งประเภทแอสิโดสิสตามความรุนแรงได้ 2 แบบ คือ

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

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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 2.3 ลำดับเหตุการณ์ที่ทำให้เกิดแอสิโดสิสแบบรุนแรง

Figure 2.3 Sequence of events associated with the induction of acute ruminal lactic acidosis. (Nocek, 1997)

เมื่อเกิดแอสิโดสิสจะทำให้ความดันภายในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้น และเกิดการอักเสบของผนังรูเมน (ruminitis) ส่งผลให้โคหยุดกินอาหาร (Carter and Grovum, 1990) ผลผลิตลดลง Prentice *et al.*, (2000) ได้ทำการทดลองให้อาหารเพื่อปรับสภาพให้ pH ในกระเพาะรูเมนลดลงอยู่ที่ระดับ 5.5 และ 6.0 เพื่อดูผลต่อการกินได้ และอัตราการเจริญเติบโตในโคเพศผู้ พบว่าที่ระดับ pH 5.5 ทำให้ค่าเฉลี่ยของ pH ในรูเมนเท่ากับ 5.78 เทียบกับ 5.99 ในกลุ่มที่ตั้งเป้าหมายไว้ 6.0 และมีจำนวนชั่วโมงที่ pH น้อยกว่า 5.5, ปริมาณการกินได้ และอัตราการเพิ่มน้ำหนัก น้อยกว่า (1.68 vs 0.74 ชั่วโมง, 20.4 vs 29.1 ปอนด์/วัน และ –1.37 vs 2.92 ปอนด์/วัน)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

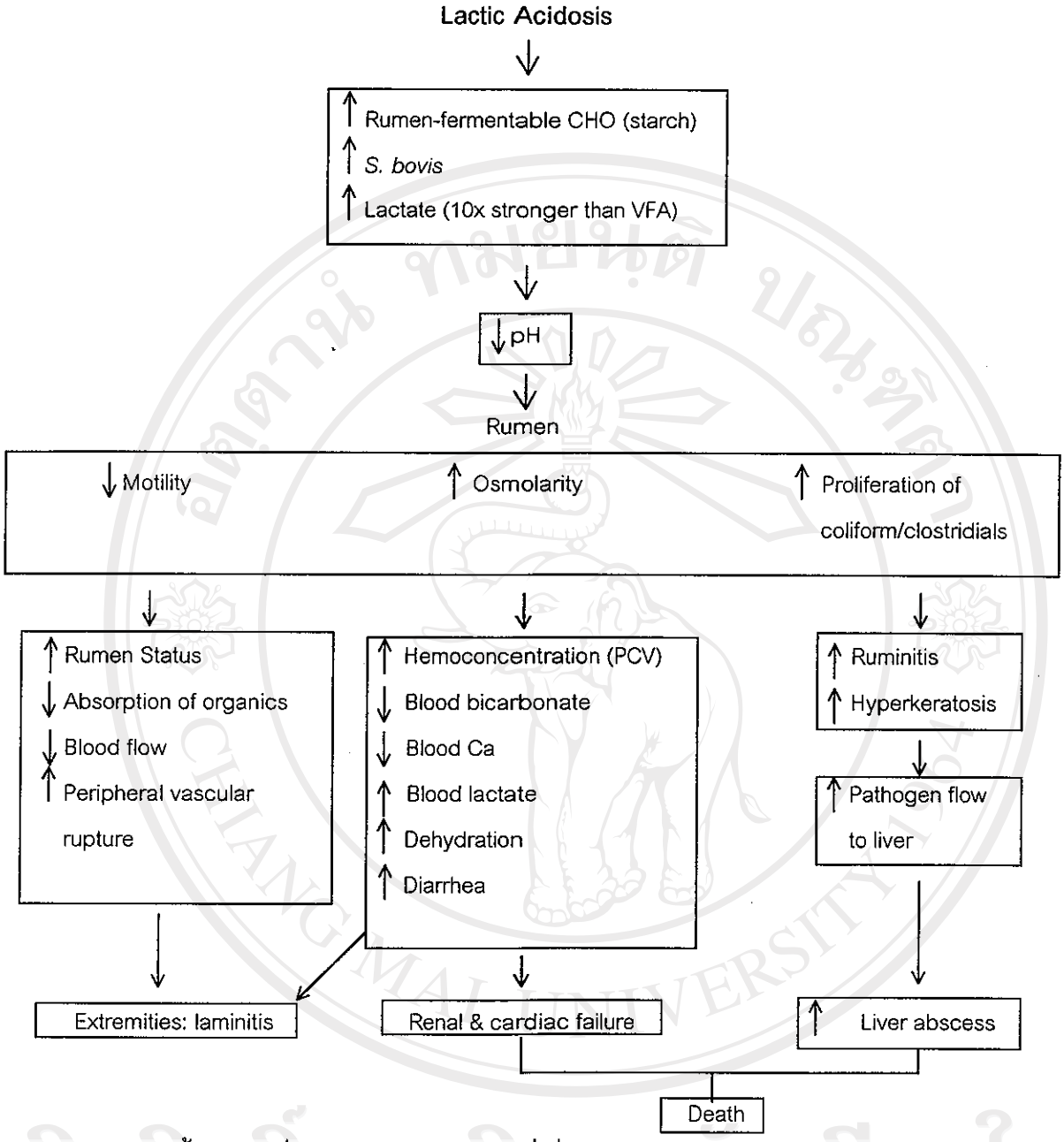
ความผิดปกติอื่น ๆ ที่มีสาเหตุจากปัญหาแอสิโดสิส

ปัญหาแอสิโดสิสนอกจากจะทำให้เกิดการอักเสบของกระเพาะรูเมนแล้ว ยังสามารถก่อให้เกิดโรคในระบบอื่น ๆ ได้อีก เนื่องจากกรดที่ถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมนเข้าสู่กระแสเลือด สารพิษหรือเชื้อที่ก่อให้เกิดโรค ซึ่งจะทำให้เกิดความผิดปกติอื่น ๆ ตามมา เช่น กีบอักเสบ ฝีในตับ หัวใจและไตล้มเหลว ซึ่งทำให้โคตายในที่สุด ดังภาพ 2.4 (Nocek, 1997)

กีบอักเสบ (Laminitis)

กีบอักเสบ มีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์ว่า pododermatitis aseptic diffusa เป็นอาการอักเสบที่ไม่ได้เกิดจากการติดเชื้อในส่วนของเนื้อเยื่อชั้นในของกีบโค (Nocek, 1997) แต่เกิดจากสารพิษในเลือดที่หมุนเวียนไปยังกีบ เช่น histamine และ endotoxin ที่ผลิตจากแบคทีเรีย Maclean (1970) พบว่าโคที่ได้รับอาหารข้นสูงจนก่อให้เกิดอาการกีบอักเสบไม่ว่าจะเป็นแบบรุนแรงหรือเรื้อรังก็ตาม มีระดับของ histamine สูงขึ้น ปกติแล้ว histamine พบได้ในเนื้อเยื่อทั่วไปและในเลือด โดยมีคุณสมบัติในการกระตุ้นการบีบและคลายตัวของเส้นเลือด และสามารถถูกเมแทบอไลซ์โดยตับ ผนังลำไส้ และแบคทีเรียในทางเดินอาหารให้อยู่ในรูปที่ไม่สามารถทำงานได้ (inactive) แต่ในกรณีที่มีปริมาณ histamine สูงกว่าปกติอันเนื่องมาจากเนื้อเยื่อ corium ของกีบหรือโปรตีนอื่น ๆ ถูกทำลาย เช่น เมื่อเกิดเต้านมอักเสบ และมดลูกอักเสบ เป็นต้น ปริมาณ histamine และ endotoxin ที่เพิ่มขึ้นนี้จะกระตุ้นให้เกิดการบีบและคลายตัวของเส้นเลือดเพิ่มขึ้น ส่งผลให้แรงดันเลือดเพิ่มขึ้นและเกิดการอุดตันของเส้นเลือดฝอยบริเวณกีบ ทำให้เส้นเลือดฝอยแตก เกิดเป็นจุดเลือดออกบริเวณเนื้อเยื่อภายในกีบ ทำให้เกิดอาการกีบอักเสบชนิดต่าง ๆ ในโคต่อไป เช่น sole ulcer, double sole, tissues and abscesses of the white line, toe ulcers and toe necrosis เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 2.4 ลำดับขั้นการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่เชื่อมโยงแอสิโดสิสกับอาการกีบอักเสบ

Figure 2.4 Progression of physiological events that link acidosis with laminitis.
CHO = Carbohydrate. (Nocek, 1997)

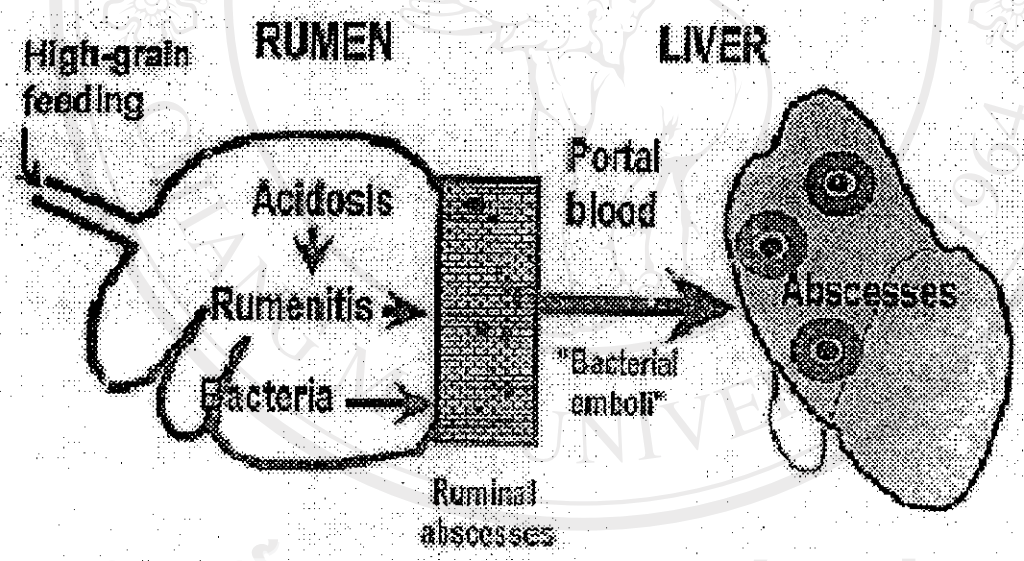
อาการกีบอักเสบก่อให้เกิดความสูญเสียสำหรับผู้เลี้ยงโคนมอย่างมาก เนื่องจากความเจ็บปวดทำให้โคไม่อยากยืนหรือเดิน ส่งผลให้ปริมาณการกินอาหารและปริมาณน้ำนมลดลง Kossaibati and Esslemont (1993) กล่าวว่ากีบอักเสบส่งผลเสียต่อเศรษฐกิจมากกว่าโรคที่เกิดจากการติด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เชื้อ (infectious disease) เนื่องจากมีผลเสียต่อระบบสืบพันธุ์ และท้ายที่สุดทำให้อัตราการคัดทิ้งสูงเกินเป้าหมายที่กำหนดไว้ (Sprecher *et al.*, 1997)

ฝีที่ตับ (Liver abscess)

การเกิดฝีที่ตับและแอสิโดสิสมีความเกี่ยวข้องกัน เนื่องจากภาวะแอสิโดสิสจะทำให้ผนังกระเพาะรูเมนอักเสบเปราะบาง ส่งผลให้จุลินทรีย์สามารถเจริญและเคลื่อนผ่านผนังกระเพาะรูเมนเข้าสู่ระบบหมุนเวียนโลหิตได้ ซึ่งสามารถก่อให้เกิดฝีที่ตับต่อไป ดังภาพ 2.5 จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่ก่อให้เกิดฝีที่ตับคือแบคทีเรียที่ชื่อว่า *Fusobacterium necrophorum* เนื่องจากพบในบริเวณที่เกิดฝีมากที่สุด เชื้อนี้พบได้ทั่วไปในกระเพาะรูเมนและมูลของโคทั้งที่มีสุขภาพดีและที่เป็นโรค จากการทดลอง ของ Jensen *et al.* (1954; อ้างโดย Brent, 1976) ที่ได้ทำการฉีดเชื้อ *Fusobacterium necrophorum* เข้าสู่เส้นเลือดดำของโคทดลอง พบว่าสามารถทำให้เกิดฝีที่ตับ



ภาพ 2.5 การเกิดฝีที่ตับในโคที่ได้รับอาหารข้นปริมาณมาก

Figure 2.5 Pathogenesis of liver abscesses in cattle fed a high-grain diet. (Nagaraja, 1998)

จากภาพ 2.4 ทำให้เห็นกลไกของกรดแลคติก ที่คั่งค้างในกระเพาะรูเมนต่อการเกิดปัญหาแอสิโดสิสอย่างชัดเจน ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ง่ายในโคที่ได้รับอาหารข้นปริมาณมาก หรือได้รับเยื่อใยไม่เพียงพอ อย่างไรก็ดีกลไกดังกล่าวนี้ถ้าพิจารณาถึงการให้อาหารตามปกติซึ่งใช้หญ้าสด หญ้าแห้ง หรือฟางข้าวเป็นอาหารฐานโดยทั่วไปแล้ว จะเห็นได้ว่าการเกิดการคั่งค้างของกรดแลคติกใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กระเพาะรูเมนมาจากอาหารข้นเป็นหลัก แต่ในกรณีที่ใช้อาหารหยาบหมักนั้นจะมีกรดแลคติกเพิ่มขึ้นจากส่วนของพืชหมักด้วย เช่น สมสุข (2544) รายงานว่าหญ้ารูซี่หมักร่วมกับกากน้ำตาลมีกรดแลคติกสูงถึง 5.18% ซึ่งเป็นปริมาณที่ค่อนข้างมาก ตรงกับ Slyter (1976) กล่าวว่าสภาพความเป็นกรดของพืชหมักคุณภาพดีมีส่วนส่งเสริมให้เกิดปัญหาแอสิโดสิสได้ นอกจากนี้การหมักพืชโดยทั่วไปมักพบสารอื่น ๆ โดยเฉพาะ histamine ด้วย ซึ่งในกรณีของหญ้าหมักมีสูงกว่าข้าวโพดหมักหรือพืชที่ไม่ได้หมัก จึงอาจทำให้การกินอาหารของโคคิดเป็นวัตถุแห้งต่ำ ดังนั้นความเสี่ยงต่อภาวะแอสิโดสิสในการใช้อาหารผสมครบส่วนที่มีหญ้ารูซี่หมักเป็นอาหารฐานจึงมีความเป็นไปได้สูงมาก การใช้อาหารหยาบเสริมเพื่อกระตุ้นการหลั่งน้ำลาย หรือใช้สารเคมีที่ช่วยปรับสภาพความเป็นกรดจึงเป็นสิ่งจำเป็น

การแก้ปัญหาแอสิโดสิส

เนื่องจากปัญหาแอสิโดสิสมีสาเหตุมาจากการจัดการทางด้านอาหาร ดังนั้นการแก้ปัญหาจึงควรกระทำที่ต้นเหตุ โดยจัดอาหารให้มีความเหมาะสม ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อการจัดการและการผสมอาหารผสมครบส่วน ส่วนในกรณีที่โคเกิดอาการแอสิโดสิสชนิดรุนแรงขึ้น ควรทำการรักษา Oklahoma State University เสนอวิธีการรักษาโดยมีวิธีการ คือนำโซเดียมไบคาร์บอเนต 500 กรัม แมกนีเซียมออกไซด์ 20 กรัม ถ่าน (charcoal) 40 กรัม และฟอร์มาลิน 12% 850 มิลลิลิตรมาผสมกันในน้ำ 2 ลิตร แล้วกรอกเข้าปากโค ในอัตรา 100 มล./น้ำหนัก 100 ปอนด์ (Stock and Britton, 1996) ส่วนในกรณีที่พบว่าโคในฝูงเป็นแอสิโดสิสชนิดไม่รุนแรงควรแก้ไขด้านอาหารโดยเร็ว หรือใช้สารเคมีคือโซเดียมไบคาร์เนตเสริมลงในอาหารในอัตรา 1-1.5 % เพื่อลดสภาพความเป็นกรดที่เกิดขึ้น ซึ่งมีหลายรายงานพบว่าช่วยแก้ปัญหาได้ Kalscheur *et al.* (1997) ทดลองเสริม $NaHCO_3$ 1.5% และ MgO 0.5% ในอาหารโคนมที่มีสัดส่วนของอาหารข้นสูง (75%) พบว่าสามารถป้องกันการลดลงของเปอร์เซนต์ไขมันในน้ำนมได้ Montano *et al.* (1999) พบว่าการเสริมโซเดียมไบคาร์บอเนต 1% ช่วยลดปริมาณกรดแลคติกในกระเพาะรูเมนของโคโฮลสไตน์เพศผู้ ได้ Kilmer *et al.* (1980) ทดลองเสริมโซเดียมไบคาร์บอเนตในอาหารโคหลังคลอดและ/หรือก่อนคลอด พบว่าปริมาณน้ำนมในกลุ่มที่เสริมโซเดียมไบคาร์บอเนตทั้งก่อนและหลังคลอด และกลุ่มที่เสริมเฉพาะหลังคลอดมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริม Xu *et al.* (1994) ทดลองเสริมสารบัฟเฟอร์ 2 ชนิด คือ Rumen 8® (36.3% Na_2CO_3 และ 26.5% $NaHCO_3$) และ Alkaten® (43.4% Na_2CO_3 และ 34.4% $NaHCO_3$) ชนิดละ 2 ระดับ คือ 1.5 และ 2.2% ในอาหารโครีดนมที่ประกอบด้วยข้าวโพดหมักผสมทานตะวันหมัก 12%, เมล็ดฝ้าย 20% และอาหารข้น 68% เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม(ไม่เสริม) พบว่าบัฟเฟอร์ทั้ง 2 ชนิดและ 2 ระดับช่วยแก้ปัญหาการลดลงของเปอร์เซนต์ไขมันใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นมได้ ทำให้ปริมาณนมที่ปรับไขมัน 3.5% สูงกว่ากลุ่มควบคุม นอกจากการเสริมสารเคมีแล้วการใช้แหล่งอาหารหยาบที่สามารถกระตุ้นให้เกิดการหลั่งน้ำลาย เช่น หญ้าแห้ง ก็สามารถช่วยลดสภาพความเป็นกรดในกระเพาะได้เช่นกัน Woodford and Murphy (1988) พบว่าการลดขนาดของอาหารหยาบลง ซึ่งมีผลทำให้การเคี้ยวเอื้องน้อยลง จะทำให้ผลผลิตน้ำนมและเปอร์เซ็นต์ไขมันนมลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (31.8 vs 33.7 ก.ก./วัน และ 2.6 vs 3.1%) Keunen *et al.* (2002) ทำการเหนี่ยวนำให้โครีดนมเกิดภาวะแอสิโดสิสแบบไม่รุนแรง (subacute ruminal acidosis: SARA) เพื่อศึกษาความชอบในการเลือกกินอาหาร 2 ชนิดคือถั่วอัลฟาฟ่าแห้งเส้นยาวกับถั่วอัลฟาฟ่าอัดเม็ด พบว่าโคเลือกกินถั่วอัลฟาฟ่าแห้งเส้นยาวมากกว่า แสดงให้เห็นว่าเมื่อโคอยู่ในภาวะ SARA โคจะพยายามเลือกกินอาหารที่มีขนาดยาวเพื่อบรรเทาสภาพความเป็นกรดสูงในกระเพาะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved