บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

1. หญ้ารูซี่แห้ง และกระบวนการผลิตหญ้าแห้ง

1.1 ข้อมูลทั่วไปและองค์ประกอบทางเคมี

หญ้ารูซี่เป็นพืชอาหารสัตว์ที่นิยมปลูกในประเทศไทย มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Brachiaria ruziziensis* เป็นหญ้าที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนชื้นที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,000 มม.ขึ้นไป ชอบดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงและมีการระบายน้ำดีไม่ทนต่อสภาพน้ำขังเป็นระยะเวลายาวนาน (สายัณห์, 2540) มีลักษณะการเจริญเติบโตแบบกึ่งเลื้อยกึ่งตั้ง สูง 60 – 100 เซนติเมตร ลำต้นกลม แข็ง เรียวเล็ก ไม่มีขนที่ลำต้น มีรากแตกแขนงบริเวณโคนต้น (กรมปศุสัตว์, 2545) ตลอดจนทนต่อการเหยียบย่ำของสัตว์และเครื่องจักรกล หญ้ารูซี่ติดเมล็ดได้ดีจึงนิยมขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด หญ้าชนิดนี้จะมีคุณภาพสูงถ้าตัดในระยะไม่แก่นัก คืออายุประมาณ 45 - 60 วัน โดยจะมีโปรตีนมากกว่า 6% ยอดโภชนะย่อยได้มากกว่า 55% และมีเยื่อใยในระดับที่เหมาะสม (สมคิดและคณะ, 2542) โดยจะมีผลผลิตน้ำหนักแห้งอยู่ระหว่าง 900 – 3,000 กิโลกรัม/ไร่/ปี ฉายแสงและคณะ (2528) ได้ทำการศึกษาถึงระยะเวลาตัดที่มีต่อผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของหญ้ารูซี่ โดยทำการตัดที่อายุ 60, 90, 120 วัน และ 60 + 60 วัน (ตัดทุก 60 วัน 2ครั้ง) พบว่า ผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าที่ได้เท่ากับ 984, 1515, 2008 และ 1672 (956 + 716) กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ ในขณะที่ทิพาและคณะ (2534) รายงานว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้ารูซี่ที่ตัดทุก 40 วัน ในปีแรก (ทดสอบปุ๋ย N) เท่ากับ 2,636 กก./ไร่/ปี สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของหญ้ารูซี่แห้งในรายงานต่างๆแสดงไว้ในตาราง 2.1

ตาราง 2.1 องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละของวัตถุแห้ง) ของหญ้ารูซี่แห้ง จากรายงานต่างๆ

Table 2.1 Chemical composition (%DM) of ruzi hay from different sources

DM	CP	CF	Ash	EE	NFE	NDF	ADF	ADL	Reference
91.87	2.64	-	9.66	0.77	-	71.82	49.47	-	จินดาและคณะ (2539)
89.6	7.5	30.8	13.1	1.41	47.3	64.4	46.3	5.4	รำไพและคณะ (2546)
88.83	5.38	31.37	7.18	1.78	54.29	69.7	42.39	7.51	สมสุข (2544)
91.68	8.33	29.02	8.91	1.85	51.89	69.26	39.34	4.84	วีณาพร (2547)
88.23	4.47	33.93	4.96	1.30	55.33	74.44	43.78	5.52	ดุจดาว (2548)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 2.1 แสดงว่าหญ้าแห้งที่ผลิตได้ในประเทศไทยนั้นมีคุณค่าทางโภชนะอยู่ในระดับปานกลางถึงระดับต่ำ โดยจะสังเกตุเห็นได้จากระดับโปรตีนและเยื่อใย ทั้งนี้เนื่องมาจากสภาพการจัดการดูแลใส่ปุ๋ย โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจนที่มีผลต่อระดับโปรตีนในหญ้า นอกจากนี้อายุการตัดก็มีผลต่อค่าเหล่านี้เช่นกัน ฉายแสงและคณะ (2528 และ 2530) พบว่า หญ้ารูซี่ตัดที่ระยะ 45 วันจะมีโปรตีน 11.62 % และจะลดลงเมื่อตัดในระยะที่แก่ขึ้น โดยเฉพาะเมื่อตัดที่ระยะ 90-120 วัน จะมีโปรตีนเพียง 3.24 -7.45 (ตารางที่ 2.2) ในขณะเดียวกันหญ้าที่ตัดอายุมากขึ้นจะมีเยื่อใย NDF, ADF และ ADL เพิ่มขึ้นทำให้มีคุณค่าทางอาหารลดลง

ตาราง 2.2 องค์ประกอบทางเคมีคิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้งของหญ้ารูซี่ตัดที่อายุต่างๆกัน

Table 2.2 Chemical composition (%DM) of ruzi grass cut at different ages

Age (d)	DM	CP	EE	Ash	CF	NDF	ADF	ADL	Reference
45	17.38	11.62	3.61	10.1	28.75	65.67	37.69	3.85	ฉายแสงและคณะ (2530)
60	20.98	7.24	2.59	7.09	34.15	67.79	41.69	5.16	ฉายแสงและคณะ (2528)
90	25.40	4.75	1.59	8.12	36.57	-	-	-	ฉายแสงและคณะ (2528)
120	29.88	3.24	1.32	7.14	37.85	-	-	-	ฉายแสงและคณะ (2528)

อายุของหญ้ามีผลต่อค่าพลังงานด้วย โดยรำไพรและคณะ (2546) ได้ศึกษาในโคนมแห้ง พบว่า หญ้ารูซี่แห้งตัดที่อายุ 45 วันมี TDN 65.6% มีค่าพลังงาน DE และ ME เท่ากับ 2.3 และ 1.89 Mcal/kg ตามลำดับ แต่เมื่อตัดที่อายุแก่ขึ้นจะมีพลังงานลดลงดังรายงานของบุญล้อม (2548) ซึ่งศึกษาโดยวิธีการทำ Gas test พบว่า หญ้ารูซี่ตัดที่อายุ 45 วัน ซึ่งมี NEL เท่ากับ 1.20 Mcal/kg จะมีพลังงานลดลงเหลือ 1.17 Mcal/kg เมื่อตัดที่อายุ 60 วัน

1.2 หลักสำคัญของการทำพืชแห้ง

บุญล้อมและคณะ (2543) ได้ให้คำอธิบายว่าหลักสำคัญของการทำพืชแห้ง คือ

1. **ตัดเมื่อมีอายุที่เหมาะสม** เพราะจะทำให้ได้ผลผลิตและโภชนะต่อหน่วยพื้นที่สูงที่สุด โดยไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อแปลงพืช การตัดพืชในระยะที่แก่ แม้ว่าจะทำให้ได้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สูง และพืชมีความชื้นต่ำสะดวกในการทำแห้ง แต่พืชมักมีคุณค่าทางอาหารต่ำลงด้วย คือมีโปรตีนลดลง แต่มีเยื่อใยสูงขึ้นทำให้ย่อยได้ยากขึ้น สัตว์จะกินได้น้อยเพราะมีความน่ากินต่ำ พืชที่ตัดเมื่ออายุน้อยจะมีคุณค่าสูงกว่าพืชแก่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในประเทศตะวันตกแนะนำให้ตัดพืชเมื่อมีเยื่อใยร้อยละ 26 ของวัตถุแห้ง ในระยะนี้ก้านของหญ้าและถั่วต่างๆ ยังไม่แข็งมาก แต่ถ้าพืชแก่กว่านี้ นอกจากคุณค่าทางอาหารจะลดลงแล้ว ยังมีการหลุดล่วงของใบขณะตากแห้งมากขึ้นด้วย สำหรับหญ้าในประเทศไทยควรตัดเมื่ออายุประมาณ 45-60 วัน

สำหรับวิธีการตัด เนื่องจากพืชที่ตัดมาทำแห้งส่วนใหญ่มักเป็นพืชที่ตัดได้ปีละหลายครั้ง หรือเป็นพืชค้างปี ดังนั้นจึงควรตัดพืชในตำแหน่งที่เหมาะสม โดยทั่วไปแนะนำว่าควรตัดหญ้า และถั่วให้เหลือลำต้นสูงจากพื้นประมาณ 6-7 นิ้ว เพราะถ้าตัดสูงเกินไปจะทำให้ได้ผลผลิตน้อย แต่ถ้าตัดต่ำเกินไปจะทำให้ได้ส่วนของต้นที่แข็งและยังกระทบกระเทือนต่อต้นพืชมากเกินไป อาจทำให้ตายหรือไม่สามารถขยายพันธุ์ได้ ต้องปลูกใหม่ เป็นเหตุให้เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นในฤดูปลูกปีต่อไป

2. **ทำแห้งอย่างถูกวิธี** โดยทำให้น้ำลดลงจากที่มีอยู่ตามปกติในพืชสดคือร้อยละ 65-85 แล้วแต่ความแก่อ่อนของพืช เหลือเพียงไม่เกินร้อยละ 20 การถนอมพืชไว้โดยการทำแห้ง มักมีการสูญเสียโภชนะมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้ามีกระบวนการทำแห้งที่ไม่ดี เช่น ต้องใช้เวลาตากนาน แสดงให้เห็นว่า ยิ่งทำให้พืชแห้งเร็วเท่าใดก็จะยิ่งมีการสูญเสียน้อย แต่ถ้าพืชแห้งช้าจะมีการสูญเสียโภชนะทั้งในแง่ของวัตถุแห้ง โปรตีน การหลุดร่วงของใบและแคโรทีนเพิ่มขึ้นตามลำดับ

3. **เก็บรักษาอย่างถูกวิธี** เพราะสภาพการเก็บและระยะเวลาในการเก็บมีผลต่อคุณภาพของพืชแห้งมาก

1.3 กระบวนการทำให้แห้ง

สายัณห์ (2540) กล่าวถึงกระบวนการทำให้หญ้าแห้งซึ่งมีหลายวิธีดังนี้

1.โดยการผึ่งแดด เป็นการอาศัยพลังงานจากดวงอาทิตย์ ซึ่งจะเสียค่าใช้จ่ายน้อย เกษตรกรในประเทศไทยและต่างประเทศอาศัยแสงแดดช่วยให้หญ้าแห้งเป็นส่วนใหญ่ ความยาวนานของการผึ่งแดดขึ้นอยู่กับสภาพอากาศโดยเฉพาะอย่างยิ่งฝน ความชื้นในบรรยากาศ ลม และความแรงของแสงแดด

2.โดยการผึ่งในร่ม เนื่องจากอาจมีปัญหาของฝน เกษตรกรจึงต้องนำหญ้ามาผึ่งในที่ร่ม โดยวางหญ้าโปร่งๆ ให้ลมเป่าให้แห้ง หรืออาจเป่าลมร้อนเข้าช่วยก็ได้ จะได้หญ้าแห้งที่มีคุณภาพดีขึ้น

3. การใช้เครื่องอบ เป็นการใช้ลมร้อนผ่านท่อ แต่มีค่าใช้จ่ายสูงไม่เหมาะกับพืชที่มีคุณภาพต่ำ

4. การใช้อุณหภูมิต่ำ ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง ไม่เหมาะสำหรับทำหญ้าแห้ง แต่มักใช้ในการอบพืชเพื่อวิเคราะห์ทางเคมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.4 กระบวนการผลิตหญ้าแห้งโดยใช้เครื่องจักรกล

สายัณห์ (2540) กล่าวถึงการทำหญ้าแห้งในฟาร์มขนาดใหญ่ที่มีขั้นตอนดังนี้

1. การตัด (cutting) ควรตัดพืชในวันที่อากาศแห้ง ไม่มีเค้าของฝนเลยในระยะ 3-4 วันข้างหน้า เริ่มตัดหญ้าในตอนเช้าภายหลังน้ำค้างแห้งแล้ว หลังตัดควรตากหญ้าให้กระจายอยู่ชั่วระยะเวลาหนึ่งในบริเวณแถวที่ตัด (swath) เพื่อให้หญ้าโดนแสงแดดพอสมควร แต่ใบพืชยังไม่ทันเปราะ ความสูงของการตัดควรอยู่ระหว่าง 10-15 เซนติเมตร เพื่อให้หญ้าที่ตัดได้แห้งเร็วเพราะไม่ได้สัมผัสกับพื้นผิวดิน ทำให้อากาศถ่ายเทสะดวก ขณะเดียวกันจะได้มีสัดส่วนของลำต้นที่อยู่ชิดผิวดินติดมาน้อย ซึ่งส่วนนี้มีเยื่อใยสูง และมีคุณค่าทางอาหารต่ำกว่าส่วนบน ซึ่งมีปริมาณของใบมาก แม้ว่าเราจะสูญเสียผลผลิตในส่วนของตอซังไปบ้าง แต่ก็นับว่าได้ผลคุ้มค่า ประมาณกันว่า 75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำที่อยู่ในพืชจะสูญเสียไปในวันที่ตัดถ้าสภาพอากาศและการจัดการเหมาะสม นอกจากนี้การไว้ตอสูงยังมีข้อดีในด้านการฟื้นตัวของพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าการตัดพืชเพื่อทำหญ้าแห้งทำในระยะเข้าสู่ฤดูแล้ง

เครื่องมือที่นิยมใช้ตัดพืช ได้แก่ เครื่องตัดหญ้าแบบจานหมุน (disc mower) และแบบ sicklebar mower ในขณะเดียวกันบางเครื่องอาจจะมีเครื่องบีบคั้นให้ความชื้นในพืชลดลงบ้าง ซึ่งมี 2 ชนิด คือ แบบ crimper และแบบ crusher ซึ่งจะช่วยให้พืชที่มีต้นหนาหรือใบหนาได้ลดความชื้นลง พืชจะแห้งเร็วขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในหญ้าซูดานและหญ้าขนซึ่งมีลำต้นอวบความชื้นระเหยไปได้ยาก ในประเทศไทย ยังไม่มีรายงานการใช้เครื่องประเภทนี้

2. การคราดเป็นแถวผึ่งลม (windrow) ภายหลังจากการตัดและผึ่งแดดพอสมควร ซึ่งอาจใช้เวลา 1-2 วัน ใช้คราดกวาดหญ้า มารวมเป็นแถวยาวๆ เรียกว่า windrow ให้กองหญ้าสุมกันอย่างหลวมๆ และทิ้งไว้จนแห้งพอเก็บได้ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 2 วัน มีความชื้นไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ ก็พอที่จะเก็บได้ ในบางครั้งอาจจะต้องเกลี่ยกลับกองหญ้าเพื่อให้หญ้าแห้งได้ทั่วถึง ขนาดและความหนาแน่นของกองหญ้ามีความสำคัญมากและยังมีความสัมพันธ์กับสภาพลมฟ้าอากาศด้วย เพราะความชื้นในกองหญ้านอกจากมาจากพืชเองแล้ว ยังเกิดจากการออกซิเดชั่นของน้ำตาลในพืช ทำให้ได้น้ำ ซึ่งถ้ากองหญ้าแน่นความชื้นระเหยไม่ได้จะทำให้กองหญ้าเปียกแฉะได้

3. การอัดฟ่อน (baling) เมื่อพืชแห้งพอที่จะเก็บได้ให้ใช้เครื่องอัดฟ่อน (baler) อัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมยาวประมาณ 90 เซนติเมตร หรือแบบม้วนก็ได้ ถ้าหากการอัดฟ่อนทำก่อนที่พืชจะแห้งอาจจะต้องทิ้งฟ่อนหญ้าไว้ในแปลงก่อน แต่ไม่ควรทิ้งไว้นานเกินไปเพราะอาจมีโอกาสถูกฝนได้ง่าย

4. การขนย้ายและการเก็บ อาจใช้เครื่องมือกลหรือแรงงานคนก็ได้ ควรวางโดยเอาไม้รองเป็นตารางเพื่อให้อากาศระบายความชื้นออกบ้าง และต้องระวังไม่วางชิดจนเกินไป นอกจากนั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ควรทำแนวป้องกันไฟรอบๆ กองฟ่อนหญ้าแห้ง หากเฉยเมยอาจเสี่ยงต่อไฟไหม้ เพราะหญ้าเป็นเชื้อไฟอย่างดี

1.5 ผลของการเก็บรักษาหญ้าแห้งที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนะ

ระยะเวลาการเก็บรักษาหญ้าแห้งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางโภชนะ ทั้งนี้เพราะการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บางชนิด โดยเฉพาะเชื้อราที่อาศัยอยู่ที่ผิวของหญ้าแห้ง ซึ่งจะเจริญเติบโตได้ดีเมื่อหญ้ากระทบกับอากาศชื้น การสังเกตคุณสมบัติทางกายภาพของหญ้าแห้งที่เก็บไว้เป็นเวลานานพบว่า สีมีการเปลี่ยนแปลงซีดลง และหญ้าแห้งมีกลิ่นอับไม่หอมเหมือนเมื่อเก็บใหม่ๆ รายงานของศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ (ไม่ระบุปี) พบว่า เมื่อเก็บหญ้ารูซี่ที่อัดฟ่อนแล้วที่มีความชื้นต่ำกว่า 10% ไว้ในโรงหญ้าแห้งที่ปิดมิดชิดและมีหลังคากันฝนเป็นเวลาต่างๆกัน จะมีการเปลี่ยนแปลงของสีเมื่อเก็บเกิน 6 เดือน และมีกลิ่นอับเมื่อเก็บนาน 12 เดือน การเก็บไว้ข้ามปี มีผลทำให้หญ้าแห้งมีความน่ากินลดลง การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมีของหญ้าแห้งที่เก็บไว้เป็นระยะเวลาต่างๆกัน แสดงในตาราง 2.3

ตาราง 2.3 ส่วนประกอบทางเคมีของหญ้ารูซี่แห้งอายุ 50 วันที่เก็บไว้ในโรงเป็นเวลาต่างๆกัน

Table 2.3 Chemical composition of 50 day cut ruzi hay stored in barn for different times

Storage time (month)	CP	NFC	NDF	TDN
1	7.4	17.2	66.8	59.1
6	8.3	11.7	69.3	53.7
18	6.7	9.1	72.1	51.8
R^2	0.40	0.82	0.96	0.77
a	7.95	16.24	66.92	58.03
b	-0.058	-0.429	0.297	-0.380

ที่มา:ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ (2548)

จากตาราง 2.3 จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนเมื่อเก็บหญ้าแห้งไว้นานขึ้นมีไม่มากนัก โดยมีค่าลดลงเพียง 0.058 หน่วยต่อเดือน และสมการทำนายมีความแม่นยำน้อย (R^2 = 0.40) แต่ NFC มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมากคือ ลดลง 0.429 หน่วยต่อเดือน และสมการทำนายมี R^2 = 0.82 แสดงว่า ส่วนของ แป้ง น้ำตาล จะถูกทำลายจากการเก็บมากกว่าส่วนประกอบอื่นๆ การลดลงของ NFC มีผลทำให้ NDF ของหญ้าแห้งที่เก็บไว้นานมีค่าเพิ่มขึ้น 0.297 หน่วยต่อเดือน โดยสมการทำนายมีความแม่นยำสูง (R^2 = 0.96) การลดลงของแป้งและน้ำตาล ส่งผลให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พลังงาน TDN ในหญ้าแห้งลดลง 0.380 หน่วยต่อเดือน โดยสมการทำนายมีความแม่นยำ 77% ซึ่งสมการทำนายเหล่านี้สามารถใช้คำนวณการลดของโภชนะได้ (ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ 2548)

2. บทบาทของพืชแห้งต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการหมักในกระเพาะรูเมน

พืชแห้ง (hay) มีประโยชน์ในการช่วยปรับสภาพภายในกระเพาะรูเมนให้เหมาะสมกับการทำงานของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโคนมที่ให้ผลผลิตสูงซึ่งต้องการโภชนะมาก ทำให้ต้องเสริมอาหารข้นมาก จึงเกิดการผลิตกรดไขมันระเหยได้มาก ซึ่งมีผลทำให้ pH ในกระเพาะรูเมนลดต่ำเกินไป การให้หญ้าแห้งจะช่วยกระตุ้นให้โคมีการเคี้ยวเอื้องมากขึ้น ทำให้มีการหลั่งน้ำลายลงสู่กระเพาะมากขึ้น และเนื่องจากน้ำลายโคมีคุณสมบัติเป็นบัฟเฟอร์และมีสภาพค่อนข้างเป็นด่างคือ มี pH ประมาณ 8.3 จึงช่วยปรับ pH ในกระเพาะที่ลดต่ำจากการย่อยอาหารข้นได้ดี ซึ่ง Ishler (1996) ได้แสดงให้เห็นว่าหญ้าแห้งช่วยเพิ่มการหลั่งของน้ำลายของโคได้มากกว่าหญ้าสด หรือหญ้าหมัก หรืออาหารหยาบอัดเม็ด (pellet) หลายเท่า แม้ว่าโคจะกินได้ในปริมาณที่ต่ำกว่าก็ตาม ดังแสดงในตาราง 2.4

ตาราง 2.4 ผลของชนิดอาหารต่ออัตราการกินและปริมาณการหลั่งน้ำลาย

Table 2.4 Effect of feed forms on eating rate and saliva production

Feed	Eating rate (pounds of feed/min)	Saliva production (teaspoons/pound of feed)
Pelleted	0.79	1.0
Fresh grass	0.62	1.5
Silage	0.55	2.0
Dried grass	0.18	5.0
Hay	0.15	6.0

From : Ishler (1996)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. การใช้หญ้ารูซี่แห้งเพื่อป้องกันสภาพเป็นกรดสูงในกระเพาะรูเมน

จากการที่หญ้ารูซี่แห้งมีบทบาทในการกระตุ้นการเคี้ยวเอื้องและหลั่งน้ำลายในโค จึงมีผู้ศึกษาวิจัยในแง่ของการใช้ป้องกันสภาพความเป็นกรดสูงในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับอาหารข้นระดับสูงและทำให้โคที่ให้น้ำนม สามารถให้ผลผลิตดีตามรายงานวิจัย เช่น

สันติ (2546) ศึกษาการใช้หญ้ารูซี่แห้งเสริมร่วมกับ $NaHCO_3$ แก่โครีดนมลูกผสมขาวดำที่ได้รับหญ้าหมักเป็นอาหารหยาบหลัก และได้รับอาหารข้นในระดับสูง(วันละ 13 กิโลกรัมเท่ากันทุกกลุ่ม) โดยคิดเป็นอัตราส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้น 30: 70 พบว่า กลุ่มที่ได้รับหญ้าแห้งเสริมวันละ 3 กิโลกรัมร่วมกับ $NaHCO_3$ วันละ 0.2 กิโลกรัม โดยโคได้รับหญ้ารูซี่หมักวันละ 11 กิโลกรัมนั้น สามารถให้น้ำนม (4%FCM) 18.37 กิโลกรัม/วัน ซึ่งมีแนวโน้มดีกว่าโคที่ได้รับหญ้าหมักวันละ 19 กิโลกรัมร่วมกับหญ้าแห้งวันละ 1 กิโลกรัมไม่ว่าจะเสริมหรือไม่เสริม $NaHCO_3$ ก็ตาม เพราะโค 2 กลุ่มหลังนี้สามารถให้น้ำนม (4%FCM)ได้วันละ 17.79 - 18.25 กิโลกรัมเท่านั้น อีกทั้งโคที่ได้รับหญ้าแห้งเสริมวันละ 3 กิโลกรัมยังมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าอีก 2 กลุ่มด้วย

วีณาพร (2547) ศึกษาการใช้หญ้ารูซี่แห้งเป็นแหล่งอาหารหยาบหลักในโครีดนมลูกผสมขาวดำ โดยให้ร่วมกับอาหารข้นในระดับสูง เปรียบเทียบกับการเลี้ยงด้วยหญ้ารูซี่หมักเสริมด้วยสารบัฟเฟอร์ หรือหญ้ารูซี่หมักเสริมด้วยหญ้าแห้งวันละ 1 กิโลกรัมและสารบัฟเฟอร์โดยให้ทุกกลุ่มได้รับอาหารข้นเท่ากันวันละ 12.9 - 13.0 กิโลกรัมพบว่าโคที่ได้รับหญ้ารูซี่แห้งอย่างเดียวร่วมกับอาหารข้นมีแนวโน้มการให้น้ำนม (4%FCM) มากกว่ากลุ่มอื่น(วันละ 21.44 กิโลกรัมเทียบกับ 19.97 และ 20.3 กิโลกรัมตามลำดับ) โดยโคเลี้ยงด้วยหญ้ารูซี่แห้งมีส่วนประกอบน้ำนมที่ดี และมีแนวโน้มให้โปรตีน และแลกโตสในน้ำนมสูงกว่ากลุ่มอื่น ตลอดจนมีต้นทุนการผลิตน้ำนมต่ำกว่ากลุ่มอื่น นอกจากนั้นโคที่เลี้ยงด้วยหญ้ารูซี่แห้งเป็นอาหารหยาบหลักยังถ่ายมูลที่มีคะแนนความคงตัว (fecal consistency score) ดีกว่า และมีวัตถุแห้งสูงกว่าทุกกลุ่มอีกด้วย ซึ่งค่าดังกล่าวนี้เมื่อพิจารณาร่วมกับลักษณะอื่นๆที่ทำการศึกษา ชี้ให้เห็นว่าการให้หญ้ารูซี่แห้งเป็นอาหารหยาบหลักช่วยป้องกัน acidosis ซึ่งมักพบในโคที่ให้นมมากได้

4. คุณค่าทางอาหารของฟางข้าว

4.1 องค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลาย

ฟางข้าวเป็นผลพลอยได้จากการปลูกข้าวซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีการเพาะปลูกทั่วทุกพื้นที่ของประเทศ โดยในปีเพาะปลูก 2545/46 ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้าวนาปี 57.263 ล้านไร่ และมีผลผลิต 19.997 ล้านตันข้าวเปลือก ผลผลิตข้าวเฉลี่ย 349.0 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนข้าวนาปรังคาดว่ามีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 8.553 ล้านไร่ ได้ผลผลิตประมาณ 5.948 ล้านตันข้าวเปลือก ผลผลิตข้าวนาปรังเฉลี่ย 695.43 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร อ้างโดยธำรงศักดิ์, 2547) จากรายงานต่างๆที่แสดงในตาราง 2.5 จะเห็นได้ว่าฟางข้าวมีคุณค่าทางอาหารต่ำ มีโปรตีนร้อยละ 2.4 – 4.6 มีเยื่อใยในรูปของ NDF ร้อยละ 64-73

ตาราง 2.5 องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละของวัตถุแห้ง) ของฟางข้าว จากรายงานต่างๆ

Table 2.5 Chemical composition (%DM) of rice straw from different reports

DM	CP	CF	Ash	EE	NFE	NDF	ADF	ADL	Reference
96.7	4.6	-	18.4	2.3	-	64.4	34.1	3.5	เสาวลักษณ์ (2542)
89.02	3.34	-	14.07	2.20	-	72.15	45.23	3.90	คำรัส (2545)
91.8	2.79	32.5	12.94	1.24	-	71.6	40.9	5.20	วิศิษฐิพรและคณะ(2544)
97.62	2.44	33.10	14.99	0.07	48.77	73.34	45.95	2.88	ทวีศักดิ์และคณะ(2546)
89.3	3.9	-	-	1.0	-	72.9	44.4	-	อิทธิพล (2547)

เมื่อเทียบกับอาหารหยาบชนิดต่างๆดังแสดงในตาราง 2.6 พบว่าฟางข้าวและหญ้ารูซี่แห้งอายุ 65 วันมีส่วนประกอบทางเคมีไม่แตกต่างกันมากนัก แต่แตกต่างค่อนข้างมากจากอาหารหยาบคุณภาพดีเช่น ข้าวโพดหมัก

ตาราง 2.6 ส่วนประกอบทางเคมีของฟางข้าวเปรียบเทียบกับอาหารหยาบชนิดต่างๆ(ร้อยละของวัตถุแห้ง)

Table 2.6 Chemical composition of rice straw compared to other conventional roughages (%DM)

Feed	CP	Ash	NDF	ADF	ADL	IVOMD	TDN	Source
Rice straw	4.6	18.4	64.4	34.1	3.5	59.6	49.9	เสาวลักษณ์(2542)
Ruzi grass hay (cut at 65 day)	4.5	4.9	74.4	43.8	5.5	-	52.8	ดุจดาว (2548)
Corn silage	7.9	5.4	52.9	28.9	3.0	65.2	65.2	นฤมล (2544)

การที่ฟางข้าวมีเถ้าค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับหญ้ารูซี่และข้าวโพดหมัก (18.4 vs 4.9 vs 5.4%) เนื่องมาจากฟางข้าวมีซิลิก้าค่อนข้างสูงถึง 6.3 – 13.2% (Doyle et al., 1988) โดยส่วนใหญ่พบในส่วนของก้านใบและใบ ซึ่งส่งผลให้ความน่ากินลดลง โดยเฉพาะในแกะทำให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สัตว์ได้รับสารอาหารต่ำ ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้ารูซี่แห้งอายุ 65 วันที่มีส่วนประกอบทางเคมีอื่นๆใกล้เคียงกันมาก แต่มีซิลิก้าน้อยกว่า หญ้ารูซี่แห้งจึงมีความน่ากินมากกว่า

เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดหมัก จะเห็นว่าฟางข้าวมีเยื่อใย NDF ADF และADL สูงกว่าซึ่งเมื่อรวมกับการมีเถ้าสูง จึงทำให้มีการย่อยได้ของอินทรียวัตถุต่ำกว่า เป็นเหตุให้มีค่าพลังงานในรูปยอดโภชนะย่อยได้ต่ำกว่าข้าวโพดหมักค่อนข้างมาก ซึ่งผลนี้สอดคล้องกับการย่อยสลายของฟางข้าวเปรียบเทียบกับข้าวโพดหมักวัดโดยวิธีถุงไนลอนโดยเสาวลักษณ์ (2542) และนฤมล (2544) ตามลำดับ (ตาราง 2.7)

ตาราง 2.7 การย่อยสลายของวัตถุแห้งของฟางข้าว เปรียบเทียบกับข้าวโพดหมักวัดโดยวิธีถุงไนลอน

Table 2.7 Degradation of rice straw and corn silage incubated *in sacco*

Feed	L	A	B	A + B	Outflow rate (fraction/h)		
	(hr)	←	(%)	→	0.02	0.05	0.08
Rice straw[1/]	3.9	17.2	46.5	63.7	43.4	31.9	26.7
Corn silage[2/]	1.1	29.8	52.3	82.2	52.7	41.9	37.9

ที่มา [1/]เสาวลักษณ์ (2542) [2/]นฤมล (2544)

จากตาราง 2.7 แสดงให้เห็นความแตกต่างที่ชัดเจนระหว่างข้าวโพดหมัก ซึ่งเป็นอาหารหยาบคุณภาพดี กับฟางข้าวซึ่งเป็นอาหารหยาบคุณภาพต่ำ โดยฟางข้าวใช้เวลาในการเข้าย่อยของจุลินทรีย์ (L) สูงกว่าข้าวโพดหมักถึง 3.5 เท่า มีส่วนที่ละลายได้ (A) ต่ำกว่า 1.7 เท่า และมีส่วนที่ถูกย่อยได้ทั้งหมด (A+B) ต่ำกว่า 1.3 เท่า ซึ่งเมื่อคิดเป็นค่าประสิทธิภาพการย่อยสลาย (effective degradability) ที่อัตราการไหลผ่านต่างๆจะเห็นว่าฟางข้าวมีค่าต่ำกว่าข้าวโพด 1.2 – 1.4 เท่า ดังนั้นฟางข้าวจึงไม่เหมาะสมกับการนำไปเลี้ยงโคนมที่ให้ผลผลิตสูงที่ต้องการอัตราการย่อยสลายเพื่อให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้น แต่อาจนำไปเลี้ยงโคในระยะกลางหรือระยะปลายของการให้ผลผลิต ได้โดยต้องมีการเสริมแหล่งโปรตีน และพลังงานด้วย เพื่อให้ได้อาหารหยาบผสมที่มีการย่อยสลายดีขึ้น

4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณค่าทางโภชนะของฟางข้าว

ข้าวที่ปลูกในประเทศไทยมีความแตกต่างทั้งด้านผลผลิต ความสูงของลำต้น ปริมาณฟางหลังการเก็บเกี่ยว และส่วนประกอบทางโภชนะ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของข้าว พันธุ์ข้าวเหนียว vs ข้าวจ้าว ฤดูกาลที่เพาะปลูก และการเขตกรรม การดูแล ใส่ปุ๋ย และกำจัดวัชพืชรวมทั้งกรรมวิธีใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเก็บเกี่ยวด้วย ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะปัจจัยด้านพันธุ์ข้าว ฤดูกาลที่ผลิตวิธีการเก็บเกี่ยว และส่วนประกอบของลำต้นที่เก็บเกี่ยวจากท้องนาซึ่งแยกเอาเมล็ดออกแล้วเหลือเป็นฟางข้าว

4.2.1 ผลจากพันธุ์และฤดูกาลที่ปลูก

พันธุ์ข้าวมีผลต่อส่วนประกอบของฟาง เนื่องจากแต่ละพันธุ์จะมีความสูงของลำต้น ขนาดของลำต้น สัดส่วนของลำต้น กาบใบและใบแตกต่างกัน รวมทั้งมีความแตกต่างระหว่างข้าวเหนียว (glutinous) และข้าวข้าว (non-glutinous) อีกด้วย ซึ่ง Cheva-Isarakul และ Cheva-Isarakul (1985) ได้ศึกษาส่วนประกอบทางโภชนะของข้าวเหนียวและข้าวจ้าวได้ผลดังตาราง 2.8

ตาราง 2.8 ส่วนประกอบทางเคมี (% ของวัตถุแห้ง) การย่อยได้และค่าพลังงานของฟางข้าวจ้าว และข้าวเหนียวที่ ปลูกในฤดูต่างกัน

Table 2.8 Chemical composition (%DM), IVOMD and energy content of glutinous and non-glutinous rice straw produced in different seasons

Item	Glutinous		Non-glutinous	
	Wet season	Dry season	Wet season	Dry season
OM %	83.7	81.1	83.0	81.0
CP %	3.6	5.1	3.4	4.4
NDF %	73.7	75.3	73.1	73.8
ADF %	53.2	55.6	52.9	53.0
ADL %	4.9	4.9	4.8	4.4
IVOMD %	46.3	48.8	46.9	49.5
DE MJ/Kg DM	7.4	7.5	7.8	7.6
ME MJ/Kg DM	5.7	6.0	6.0	6.0

ที่มา : Cheva-Isarakul and Cheva-Isarakul (1985)

จากตาราง 2.8 จะเห็นว่าอินทรียวัตถุของฟางข้าวเหนียวและข้าวจ้าว ไม่แตกต่างกันโดยมีค่าระหว่าง 81.0 – 83.71% แต่ฟางข้าวจ้าวมีแนวโน้มคุณค่าทางอาหารมากกว่าฟางข้าวเหนียว โดยมีลิกนินน้อยกว่า และมีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy, ME) ค่อนข้างมากกว่า ส่วนฤดูกาลปลูกนั้นทั้งข้าวจ้าวและข้าวเหนียวที่ปลูกนอกฤดูกาล(dry season) จะมีโปรตีนสูงมากกว่า เมื่อปลูกในฤดูฝน ซึ่งอาจเนื่องมาจากมีการใส่ปุ๋ยมากกว่า อย่างไรก็ดีพบว่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุของฟางที่มาจากข้าวปลูกในฤดูฝนจะมีแนวโน้มดีกว่าฟางจากช่วงที่ปลูกในฤดูแล้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.2 ผลจากองค์ประกอบลำต้นและใบ และผลจากวิธีการเก็บเกี่ยว

ส่วนของลำต้น (stem) กาบใบ (leaf sheath) และใบ (leaf blade) ของฟางข้าวมีส่วนประกอบทางเคมีต่างกัน โดยลำต้นมีซิลิก้าต่ำกว่าแต่มีลิคนินสูงกว่า จึงมีการย่อยได้ของอินทรียวัตถุที่วัดในห้องปฏิบัติการ (IVOMD) ต่ำกว่าใบและกาบใบ(ตาราง 2.9) ดังนั้นวิธีการเกี่ยวข้าวหรือนวดข้าวที่มีผลทำให้ส่วนของใบ และกาบใบถูกแยกออกจากลำต้นไปย่อมจะมีผลทำให้คุณค่าทางอาหารของฟางข้าวลดลง ดังเช่นฟางที่ใช้คนเกี่ยวต่ำ จะได้ลำต้นติดมามาก หรือฟางที่ใช้เครื่องนวดที่มีส่วนของใบและยอดที่ถูกปั่นและเป่าแยกส่วนออกไป ก็จะมีผลทำให้มีส่วนประกอบแตกต่างจากการนวดโดยใช้คนหรือแรงงานสัตว์ รวมทั้งฟางที่ได้มาจากเครื่องเกี่ยวและนวดข้าวซึ่งมักตัดในระดับสูงมากกว่า 30 เซนติเมตร จากผิวดิน ก็ย่อมมีผลต่อส่วนประกอบทางเคมีด้วย

ตาราง 2.9 องค์ประกอบทางเคมีและการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (% ของน้ำหนักแห้ง) ของส่วนต่างๆ ของฟางข้าวพันธุ์ RS_2

Table 2.9 Chemical composition and organic matter digestion of different parts of rice straw (RS_2)

	stems	leaf sheaths	leaf blades
OM	87.4	82.9	84.2
NDF	84.4	83.3	78.1
Lignin	4.9	3.4	2.9
Silica	6.3	11.1	10.4
CP	2.2	2.3	3.0
IVOMD	37.0	44.4	61.0

Adapted from Doyle (1988)

5. การใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบสำหรับโคนม

จากการที่ฟางข้าวมีข้อจำกัดด้านพลังงาน โปรตีน และการย่อยได้ การเลี้ยงโคด้วยฟางข้าวจึงทำให้โคมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตน้อยกว่าอาหารหยาบส่วนใหญ่ การทดลองของ Promma et al. (1985a) ศึกษาการใช้ฟางข้าวที่มีโปรตีน 3.1% มี TDN 40.2% เลี้ยงโครุ่นลูกผสมขาวดำ โดยให้กินแบบเต็มที่เปรียบเทียบกับหญ้าแห้งซึ่งมีโปรตีน 5.4% และ TDN 43% โดยเสริมด้วยอาหารข้นที่มีโปรตีน 14.8 % และ TDN 65% วันละ 1.5 กิโลกรัม พบว่าโคที่กินฟางข้าวมีการเจริญเติบโตวันละ 79 กรัมในขณะที่โคกินหญ้าแห้งเจริญเติบโตวันละ 433 กรัม การใช้ฟางข้าวเป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อาหารหยาบจึงให้โภชนะไม่พอเพียงกับความต้องการของโค จำเป็นต้องมีการเสริมแหล่งโปรตีนและพลังงาน หรือปรับปรุงคุณภาพฟางข้าวด้วยวิธีเคมีก่อนนำไปใช้เลี้ยงสัตว์

การทดลองของ Cheva-Isarakul and Potikanond (1985) ได้ให้โครุ่นลูกผสมขาวดำ กินฟางข้าวแบบเต็มที่ เสริมด้วยใบกระถินวันละ 0.5 กิโลกรัม เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับฟางหมักด้วยยูเรียเป็นอาหารหยาบโดยโคทั้ง 2 กลุ่มได้รับอาหารข้นเสริมวันละ 1 กิโลกรัมเท่ากันพบว่าโคทั้ง 2 กลุ่ม กินอาหารได้ใกล้เคียงกัน(2.5 vs 2.4% ของน้ำหนักตัว) แต่โคกลุ่มแรกมีแนวโน้มการเจริญเติบโตที่ดีกว่า (480 vs 420 กรัม/วัน) และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารดีกว่าด้วย(6.5 vs 6.9 กิโลกรัมอาหาร ต่อน้ำหนักเพิ่ม 1 กิโลกรัม) จึงทำให้มีต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัวต่ำกว่ากลุ่มที่ 2

ในการนำไปเลี้ยงโครีดนมลูกผสมขาว-ดำ Promma et al. (1985b) ได้ทดลองใช้ฟางข้าวเสริมด้วยใบกระถินแห้งวันละ 1.5 กิโลกรัมต่อตัว เปรียบเทียบกับการเลี้ยงด้วยฟางหมักยูเรียโดยโคทั้ง 2 กลุ่มได้รับอาหารข้นเสริมในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อน้ำนม 2.1 – 2.2 กิโลกรัมเท่ากันพบว่าโคทั้ง 2 กลุ่มสามารถให้นมได้ใกล้เคียงกันเฉลี่ยวันละ 8.5 – 8.8 กิโลกรัม โดยมีส่วนประกอบน้ำนมและการเพิ่มน้ำหนักตัว รวมทั้งอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนมใกล้เคียงกัน

นอกจากนี้ Cheva-Isarakul and Kanchanapruthipong (1986) ได้ทดลองใช้กากน้ำตาลและยูเรียเสริมให้แก่ฟางข้าวในอัตรา 7.5 และ 1.5% ของน้ำหนักฟางตามลำดับ โดยนำสารเสริมดังกล่าวมาละลายในน้ำแล้วสเปรย์ราดบนฟางข้าวและคลุกให้เข้ากัน นำไปเลี้ยงโคนมรุ่นลูกผสมขาว-ดำ เปรียบเทียบกับการให้ฟางหมักยูเรียโดยโคทั้ง 2 กลุ่มได้รับอาหารข้นที่มีโปรตีน 12.9% ในอัตรา 1% ของน้ำหนักตัวเหมือนกัน พบว่าโคทั้ง 2 กลุ่มกินอาหารได้ใกล้เคียงกัน(2.5 – 2.6% ของน้ำหนักตัว) มีอัตราการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน(วันละ 650 – 670 กรัม) และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารไม่แตกต่างกัน (6.8 – 6.9 กิโลกรัมอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่ม 1 กิโลกรัม) แต่โคที่กินฟางข้าวราดกากน้ำตาลและยูเรียมีต้นทุนการสร้างน้ำหนักน้อยกว่า

จากการทดลองดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่าการเสริมฟางข้าวด้วยใบกระถินหรือแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่สลายตัวได้ง่าย เช่น กากน้ำตาล ร่วมกับสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน เช่น ยูเรีย สามารถทำให้โคนมรุ่นลูกผสมขาว-ดำ มีผลผลิตใกล้เคียงกับการเลี้ยงด้วยฟางหมักยูเรีย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6. การปรับปรุงคุณภาพอาหารหยาบโดยการเสริมด้วยแหล่งพลังงาน และโปรตีนสำหรับโคนม

6.1 ส่วนประกอบของอาหารหยาบผสม

นอกจากการปรับปรุงคุณภาพฟางโดยการทำปฏิกิริยากับยูเรีย(ฟางหมัก) หรือเสริมด้วยสารละลายกากน้ำตาล-ยูเรีย หรือเสริมด้วยใบกระถินดังได้กล่าวมาแล้ว ยังมีผู้ศึกษาถึงการปรับปรุงคุณภาพหญ้ารูซี่แห้ง โดยเสริมแหล่งของพลังงานและโปรตีนเพื่อผลิตอาหารหยาบคุณภาพดีด้วย เช่น

ดุจดาว (2548) ได้ทดลองผลิตอาหารหยาบผสมเพื่อใช้ทดแทนข้าวโพดหมักและเพื่อป้องกันปัญหาการเกิด acidosis ในโคที่ให้น้ำนมมาก โดยใช้หญ้ารูซี่แห้งเป็นแหล่งเยื่อใยหลักเสริมด้วยแหล่งพลังงานคือ กากน้ำตาล และข้าวโพดบด แหล่งโปรตีนคือ กากถั่วเหลือง รำละเอียด หรือใบกระถินแห้ง โดยคำนวณให้มีส่วนประกอบด้านพลังงานและโปรตีนใกล้เคียงข้าวโพดหมักมากที่สุด โดยข้าวโพดหมักมี TDN 67.1%, CP 8.0%, ME และ NEL 2.54 และ 1.55 Mcal/kg ตามลำดับ ส่วนประกอบของอาหารหยาบผสม และคุณค่าทางโภชนะแสดงในตาราง 2.10

ตาราง 2.10 ส่วนประกอบวัตถุดิบและส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารหยาบผสม

Table 2.10 Composition of the mixed roughage and its nutrient content

Composition (FMB)	form 1	form 2	Nutrient composition (DMB)	form 1	form 2
Ruzi hay	5.0	5.0	TDN (%)	70.0	66.0
Ground corn	2.0	2.0	ME (Mcal/kg)	2.67	2.49
Molasses	1.5	1.5	NEL (Mcal/kg)	1.64	1.50
Soybean meal	0.2	-	CP (%)	7.36	7.69
Rice bran	1.3	-	ADF (%)	24.88	26.02
Leucaena leaves	-	1.5			

Adapted from Duddao (2548)

6.2 การให้ผลผลิตของโคนมที่ได้รับอาหารหยาบผสม

เมื่อนำไปเลี้ยงโครีดนม โดยให้อาหารข้นโปรตีน 20% เสริมในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อการให้นม 2.2 กิโลกรัม พบว่า โครีดนมลูกผสมขาวดำกินอาหารหยาบผสมคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวได้ ใกล้เคียงกับเมื่อเลี้ยงด้วยข้าวโพดหมัก (3.23 เทียบกับ3.02% น้ำหนักตัว) และโคสามารถให้นมปรับไขมัน 4% ได้ใกล้เคียงกัน คือมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 16.63 – 16.64 กิโลกรัม/ตัว/วัน นอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบของน้ำนมใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจากอาหารหยาบผสมมีราคาถูกกว่าจึงทำให้ต้นทุนการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลิตน้ำนม 4% FCM มีค่าน้อยกว่า ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า อาหารหยาบผสมที่ผลิตจากหญ้ารูซี่แห้งผสมแหล่งพลังงานและโปรตีน มีศักยภาพในการใช้เลี้ยงโคนมดีเทียบเท่ากับข้าวโพดหมัก

อย่างไรก็ดีดุจดาว (2548) พบว่า อาหารหยาบผสมที่ใช้ใบกระถินแห้งทำให้โคให้น้ำนมปรับไขมัน 4% น้อยกว่าเมื่อใช้ กากถั่วเหลือง และรำละเอียดเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารหยาบนั้น(20.2 เทียบกับ 20.9 กิโลกรัม) ดังนั้นแหล่งของโปรตีนเสริมจึงมีความสำคัญ ทั้งนี้เพราะกากถั่วเหลือง และรำละเอียดมีโปรตีนที่สลายตัวในกระเพาะรูเมนได้ดีกว่าและเร็วกว่าโปรตีนจากใบกระถินแห้ง ทำให้ได้แกนคาร์บอน กรดอะมิโน และ เพปไทด์ เพียงพอต่อการสร้างโปรตีน แต่เนื่องจากใบกระถินแห้งมีราคาถูกกว่าจึงทำให้ต้นทุนการผลิต ต่ำกว่า อีกทั้งใบกระถินแห้งยังเป็นแหล่งที่ดีของวิตามิน เช่น วิตามินเอ เบต้าเคโรทีน และวิตามินอีด้วย

นอกจากนี้ ดุจดาว (2548) ยังพบว่า ผลผลิตของโคนมที่ให้อาหารหยาบผสมที่ใช้หญ้ารูซี่แห้งอายุ 65 วัน ค่อนข้างสูงกว่าเมื่อใช้หญ้ารูซี่แห้งที่อายุ 45 วัน เนื่องจากหญ้าที่แก่กว่าประกอบด้วยเยื่อใยสูงกว่าจึงกระตุ้นให้มีการเคี้ยวเอื้อง และหลั่งน้ำลาย เป็นผลให้กระเพาะรูเมนมีสภาพกรด-ด่างในที่เหมาะสมต่อจุลินทรีย์ดีกว่าหญ้าอายุ 45 วันและโคกลุ่มนี้มีแนวโน้มให้ไขมันมากกว่า อีกทั้งยังมีต้นทุนการผลิตน้ำนมที่ต่ำกว่าด้วย

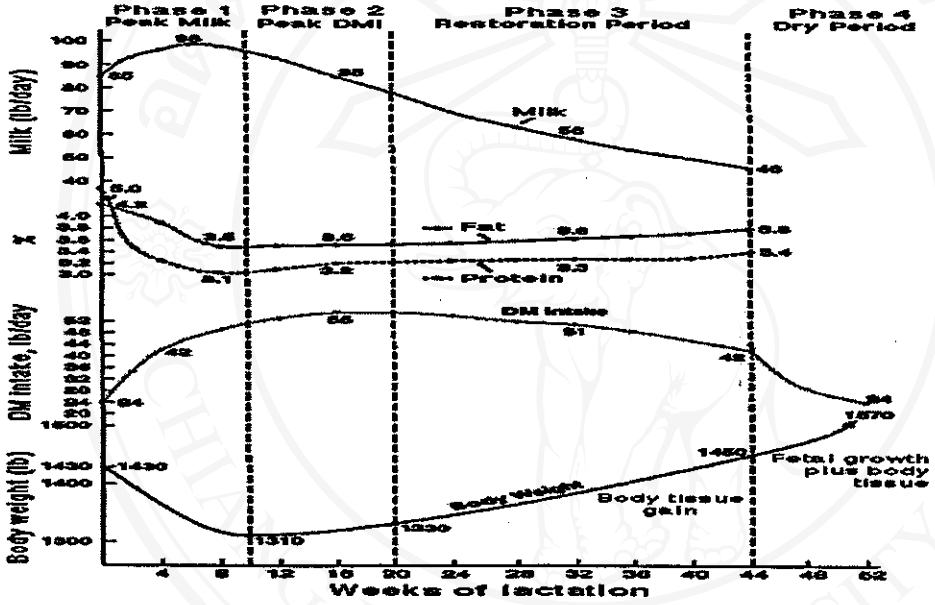
สำหรับการทดลองของจิรวรรณ (2549) ได้ปรับปรุงคุณภาพหญ้ารูซี่โดยใช้ใบมันสำปะหลังแห้ง และใบมันสำปะหลังหมัก เป็นแหล่งโปรตีนทดแทน กากถั่วเหลืองและรำละเอียดเป็นบางส่วน และใช้เลี้ยงโครีดนมในระยะกลางถึงระยะปลาย ร่วมกับอาหารข้นตามปกติพบว่า เมื่อใช้ใบมันสำปะหลังแห้ง 1 กิโลกรัม หรือใบมันสำปะหลังหมัก 3.5 กิโลกรัม ทดแทนรำละเอียด และกากถั่วเหลืองบางส่วน โคแสดงแนวโน้มให้นมไขมัน 4% ลดลง เนื่องจากน้ำนมมีเปอร์เซ็นต์ไขมันลดลง ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากสารเทนนินในใบมันที่คาดว่าส่งผลให้การย่อยได้ของเยื่อใยในอาหารหยาบผสมดังกล่าวมีค่าลดลง ดังนั้นแหล่งของโปรตีนเสริมที่สามารถให้ substrate ในการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ที่ดี และพอเพียง รวมทั้งไม่มีสารยับยั้งการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะจึงมีความสำคัญต่อการสร้างโปรตีนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน

จากการที่งานทดลองดังกล่าวสามารถปรับปรุงคุณภาพของหญ้ารูซี่ได้โดยการเสริมแหล่งโภชนะ และหลักการดังกล่าวน่าจะนำมาประยุกต์ใช้กับฟางข้าว ซึ่งนิยมใช้ในอาหารโคนม โดยเฉพาะในฤดูแล้งได้ แต่อาจต้องใช้เลี้ยงโคที่ให้นมในระดับปานกลางจนถึงต่ำ เนื่องจากฟางข้าวมีความฟ่าม และตกค้างในกระเพาะรูเมนนานกว่าหญ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

7. อาหารหยาบผสมสำหรับโครีดนมในระยะกลางถึงระยะปลาย

เนื่องจากโครีดนมในระยะกลาง (มากกว่า 4 เดือน) และระยะปลาย (มากกว่า 6 เดือน) สามารถกินอาหารได้มากขึ้นและสามารถเพิ่มน้ำหนักตัวได้ดีขึ้น (Babcock, no date) ดังแสดงในภาพ 2.3 ดังนั้นจึงสามารถใช้อาหารหยาบที่มีคุณภาพปานกลาง (มีพลังงานโปรตีนลดลง และมีเยื่อใยเพิ่มขึ้น) ได้ดี



ภาพ 2.1 แนวโน้มการให้ผลผลิตน้ำนม, ปริมาณอาหารที่กิน, การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว และส่วนประกอบน้ำนมระหว่างการให้นม

Table 2.1 Trends in milk production, dry matter intake, body weight change and milk composition during lactation (Babcock, no date)

อาหารหยาบผสมสำหรับโคในระยะนี้ควรเป็นหญ้าแห้งคุณภาพปานกลาง หรือฟางข้าวก็ได้ โดยปริมาณอาหารที่ให้เมื่อใช้โปรแกรม KCF 2000t ของมนชัยและคณะ (2543) ประมาณสำหรับโครีดนมน้ำหนัก 500 กิโลกรัม ให้นมครั้งที่ 3 ขึ้นไปโดยให้นมวันละ 12 กิโลกรัม นมมีไขมัน 4% และให้มีน้ำหนักเพิ่มวันละ 250 กรัม พบว่าควรใช้หญ้าแห้ง ฟางข้าว และอาหารข้นตามปริมาณที่แสดงในตาราง 2.11

ตาราง 2.11 ปริมาณอาหารจากการคำนวณสำหรับโคให้นมในระยะกลางถึงปลาย

Table 2.11 Calculated feed intake and nutritive content of mid-late lactating cows

	Milk yield (kg/d)					
	15		12		10	
	form a	form b	form a	form b	form a	form b
Hay	5	-	5	-	5	-
Rice straw	-	5	-	5	-	5
Concentrate	9.3	9.5	8.1	8.3	7.3	7.5
TDN of conc. (%)	71.03	75.1	69.6	74.3	68.5	73.6
CP of conc. (%)	16.91	17.8	16.1	17.1	15.4	16.5

จากตาราง 2.11 แสดงว่า เมื่อต้องการให้อาหารหยาบวันละ 5 กิโลกรัม ถ้าใช้ฟางข้าวจะต้องใช้อาหารข้นมากกว่าและอาหารข้นต้องมีความเข้มข้นของโภชนะมากกว่าเมื่อใช้หญ้าแห้ง เพราะฟางข้าวมีโปรตีนและ TDN น้อยกว่าหญ้าแห้ง เมื่อนำข้อมูลมาเฉลี่ยได้ผลว่า โคที่ให้นมเฉลี่ยวันละ 12.5 กิโลกรัม ควรได้รับอาหารข้นที่มีโปรตีนเฉลี่ย 16.6% และมี TDN เฉลี่ย 72% วันละ 8.3 กิโลกรัม

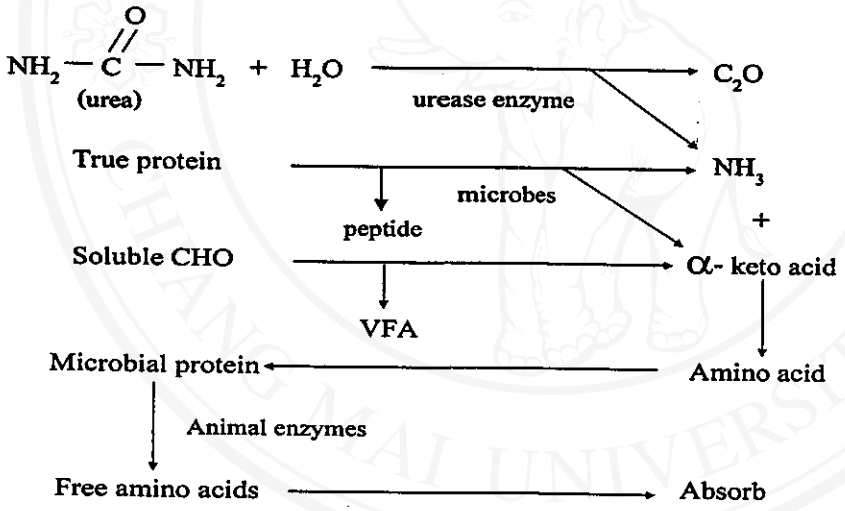
ถ้าโคให้น้ำนม 12.5 กิโลกรัม และให้ได้รับอาหารข้นที่มีโปรตีน 16% และ TDN 68% ซึ่งใกล้เคียงกับอาหารข้นสำหรับโคให้นมปานกลางที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ผลจากการคำนวณ โดยใช้โปรแกรม KCF 2000t ได้ข้อแนะนำว่าต้องให้อาหารหยาบที่มีโปรตีน 8.89% และมี TDN 59% วันละ 7.6 กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งเมื่อนำไปประกอบสูตรเป็นอาหารหยาบผสมแล้ว ต้องใช้หญ้าแห้ง ข้าวโพดบด กากน้ำตาล รำละเอียด และกากถั่วเหลืองเท่ากับ 63.0, 10.7, 7.0, 14.0 และ 5.3 กิโลกรัมตามลำดับนำมาผสมกัน หรือใช้ฟางข้าว ข้าวโพดบด กากน้ำตาล รำละเอียด และกากถั่วเหลืองเท่ากับ 60.0, 12.0, 7.0, 13.0 และ 8.0 กิโลกรัมตามลำดับ

8. บทบาทของสาร NPN ต่อการสังเคราะห์โปรตีน และการใช้ประโยชน์ของอาหารหยาบ

สารประกอบของ NPN ที่นิยมใช้กันแพร่หลายในสัตว์กระเพาะรวมคือ ยูเรีย เนื่องจากยูเรียหาง่ายเพราะใช้เป็นปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับการปลูกพืชและมีราคาไม่แพง แต่ยูเรียมีข้อจำกัดในการใช้เป็นอาหารโคนม เนื่องจากมีความเป็นพิษเมื่อใช้ในปริมาณสูง โดยบุญล้อม (2546) แนะนำว่าปริมาณยูเรียที่โคนมได้รับไม่ควรเกินวันละ 30 กรัมต่อน้ำหนักตัว 100 กิโลกรัม ซึ่งเมื่อคำนวณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับโคนมลูกผสมขาวดำที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 450 กิโลกรัม พบว่าไม่ควรได้รับยูเรียเกินวันละ 135 กรัม ดังนั้นเมื่อต้องการให้อาหารข้นเสริมวันละ 5, 7, 10 และ 12 กิโลกรัม ปริมาณยูเรียในอาหารข้นเหล่านี้จึงไม่ควรเกิน 2.7, 1.9, 1.35 และ 1.1% ตามลำดับ เมธาและฉลอง (2533) แนะนำว่าโคที่ให้นมสูงเกินวันละ 20 กิโลกรัม ไม่ควรใช้ยูเรียผสมในอาหารข้นเกินกว่า 0.75% และสำหรับโคที่ให้น้ำนมต่ำลงมาไม่ควรใช้ผสมเกิน 1.5% เมื่อยูเรียเข้าสู่กระเพาะรูเมน จะถูกจุลินทรีย์เปลี่ยนให้เป็นแอมโมเนียโดยอาศัยเอนไซม์ยูรีเอส และคาร์บอนไดออกไซด์ ดังภาพ 2.2 ดังนั้นเมื่อใช้ยูเรียในปริมาณสูง จะทำให้ความเข้มข้นของทั้งยูเรียและแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนสูงไปด้วย ซึ่งถ้าจุลินทรีย์ใช้ประโยชน์ไม่ทันก็จะถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะเข้าสู่กระแสเลือด ทำให้ระดับแอมโมเนียในเลือดสูงขึ้น ก่อให้เกิดผลเสียต่อเนื้อเยื่อต่างๆในร่างกาย และตับต้องใช้พลังงานมากขึ้นในการเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นยูเรีย



ภาพ 2.2 การย่อยสลายของยูเรีย โปรตีนแท้ และคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน (ดัดแปลงจากบุญล้อม, 2546)

Table 2.2 Degadation of urea, true protein and carbohydrate in the rumen (adapted from Boonlom, 2546)

จากภาพ 2.2 จะเห็นได้ว่า คาร์โบไฮเดรตที่สลายตัวง่ายในกระเพาะรูเมนมีบทบาทสำคัญต่อการใช้แอมโมเนียในกระเพาะรูเมนด้วย แหล่งของคาร์โบไฮเดรตสลายตัวง่ายที่นิยมใช้กันคือ ข้าวโพดบด มันเส้น และกากน้ำตาล จุลินทรีย์จะเปลี่ยนแป้งและน้ำตาลให้เป็นกรดไขมันระเหยได้ volatile fatty acid และ α- keto acid ซึ่งจะใช้เป็นแหล่งพลังงานและเป็นแกนคาร์บอน (carbon skeleton) ซึ่งเมื่อรวมกับแอมโมเนียที่เกิดจากการสลายตัวของโปรตีนและสารประกอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไนโตรเจนแล้วจะกลายเป็นกรดอะมิโนของตัวจุลินทรีย์ Maynard et al. (1981) กล่าวว่าจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนบางกลุ่มใช้แอมโมเนียอย่างเดียวในการสร้างโปรตีน บางกลุ่มสามารถใช้ทั้งแอมโมเนียและกรดอะมิโน นอกจากนั้นยังมีบางกลุ่มสามารถสร้างจาก peptideได้ จะเห็นได้ว่าการสร้างโปรตีนอย่างมีประสิทธิภาพในกระเพาะรูเมนนั้นต้องอาศัยทั้งคาร์โบไฮเดรตที่สลายตัวง่าย แอมโมเนีย กรดอะมิโนและ เพปไทด์ ในเวลาเดียวกัน โดยเฉพาะการสร้างกรดอะมิโนที่มีโครงสร้างโมเลกุลลักษณะเชิงซ้อนนั้น จำเป็นต้องใช้แกนคาร์บอนที่เกิดจากการสลายโปรตีนในธรรมชาติที่สามารถให้ α- keto acid ที่มีโครงสร้างคล้ายกรดอะมิโนชนิดนั้นๆมาเป็นตัวรับกลุ่ม -NH_2 ดังนั้นการให้โภชนะแก่จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนอย่างครบถ้วน จะช่วยเพิ่มจุลินทรีย์ในรูเมนได้อย่างรวดเร็ว ทำให้สามารถย่อยเยื่อใย สร้างโปรตีน วิตามิน และอื่นๆได้เร็วขึ้นทำให้โคกินอาหารได้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Odai et al. (no date) ที่ใช้หญ้ารูซี่แห้งซึ่งมีโปรตีน 3.2% เสริมด้วยกากถั่วเหลือง 7, 14 และ 22 ส่วน ต่อหญ้าแห้ง 93, 86 และ 78 ส่วน ตามลำดับ เพื่อให้ได้อาหารหยาบผสมที่มีโปรตีน 6.4, 9.7 และ 13.1% และใช้เลี้ยงโคแห้งนมลูกผสมขาวดำ เปรียบเทียบกับการใช้หญ้ารูซี่แห้งเพียงอย่างเดียวพบว่า การย่อยได้ของเยื่อใย NDF ADF และค่าพลังงาน TDN มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณกากถั่วเหลืองที่ใช้ผสม

9. วัตถุดิบและระดับที่เหมาะสมกับการทำอาหารข้นเพื่อเสริมให้โครีดนมที่กินอาหารหยาบผสม

ส่วนประกอบอาหารข้นที่ใช้เสริมให้กับโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารหยาบผสม ขึ้นอยู่กับระยะการให้นม โดยโคที่ให้นมในระยะต้น ต้องการอาหารที่มีคุณภาพดีมีโปรตีนสูง ย่อยง่าย และมียูเรียผสมในปริมาณต่ำ เพราะต้องใช้อาหารข้นเสริมในอัตราสูง ดุจดาว (2548) ศึกษาการใช้อาหารข้นที่มีโปรตีน 20% ที่ประกอบสูตร โดยมีรำละเอียด มันเส้น กากเรปสีด กากถั่วเหลือง กากถั่วเหลืองทรีทด้วยฟอร์มาลดีไฮด์ กากถั่วลิสง กากมะพร้าว กากทานตะวัน กากน้ำตาล ยูเรีย แร่ธาตุ โซเดียมไบคาร์บอเนต และแมกนีเซี่ยมอ๊อกไซด์ในปริมาณ 15, 30.5, 6.0, 7.0, 4.6, 7.0, 6.0, 7.0, 1.0, 3.6, 1.5 และ 0.8% ตามลำดับ เปรียบเทียบกับอาหารข้นโปรตีน 20% ที่จำหน่ายในท้องตลาด โดยอาหารข้นทั้ง 2 สูตรอยู่ในรูปอัดเม็ดเช่นเดียวกัน นำมาเลี้ยงโครีดนมลูกผสมขาวดำ ที่ใช้อาหารผสมทำจากหญ้ารูซี่แห้ง ผสมกากน้ำตาล ข้าวโพดบด รำละเอียดและกากถั่วเหลือง โดยเสริมอาหารข้นในอัตรา 2.2 ต่อ 1 (น้ำนม/อาหารข้น) พบว่าปริมาณอาหารที่กินคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวของโคทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน โคให้ผลผลิตน้ำนมทั้งที่ไม่ปรับและปรับไขมัน 4%ไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้น้ำนมยังมีส่วนประกอบทางเคมีไม่แตกต่างกันด้วย ในส่วนขององค์ประกอบอาหารข้นนั้นพบว่า การใช้วัตถุดิบที่มีผลในทางลบต่อความน่ากิน และการให้ผลผลิตของโคนมใน

ระดับที่ไม่เกินกำหนด ไม่มีผลในทางลบต่อการกินและการให้ผลผลิต วัตถุดิบเหล่านี้ได้แก่ กากเรปสีดที่มักมีรสขม หรือมีสาร glucoside กากปาล์มที่มีกะลาปาล์มปะปนมา กากถั่วเหลืองทรีทด้วยฟอร์มาลดีไฮด์ที่มักมีกลิ่นฉุน และอาจเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน และยูเรียที่มีรสเฝื่อนและเป็นพิษ การใช้วัตถุดิบเหล่านี้ในระดับที่เหมาะสมจึงปลอดภัย แม้จะใช้กับโคที่ให้นมมากก็ตาม อนึ่งวัตถุดิบ เช่น กากปาล์มที่มักพบกะลาขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตรปะปนอยู่ ซึ่งก็ไม่ทำให้เกิดผลในทางลบต่อการกินอาหารและการให้ผลผลิต จึงสามารถใส่ในสูตรอาหารเพื่อลดต้นทุนการผลิตได้ รวมทั้งกากถั่วลิสงที่อาจมีอะฟลาท็อกซินนั้น ถ้าใช้ผสมในสูตรอาหารข้นในปริมาณไม่เกิน 5% ก็ไม่มีผลทางลบกับโคนมเช่นกัน สำหรับแหล่งโปรตีนไหลผ่านเช่น กากถั่วเหลืองทรีทด้วยฟอร์มาลดีไฮด์นั้น อาจไม่มีความจำเป็นต้องใช้ในสูตรเพราะไม่ทำให้ผลผลิตนมหรือโปรตีนในน้ำนมเพิ่มขึ้น ส่วนยูเรียนั้น การใส่เพิ่มจาก 1% เป็น 1.5% ไม่พบผลในทางลบต่อโคที่ให้นมประมาณ 17 – 18 กิโลกรัม ซึ่งกินอาหารข้นเฉลี่ยวันละ 7.5 – 8.0 กิโลกรัม

10. การวัดค่าพลังงานในอาหารเพื่อใช้ในการจัดสัดส่วนอาหาร

ในการจัดสัดส่วนอาหารให้พอเพียงกับความต้องการของโคนม นอกจากจะใช้ข้อมูลของตัวโคนมซึ่งรวมถึงการให้ผลผลิตแล้ว ส่วนประกอบทางโภชนะที่สำคัญและจำเป็นต้องใช้ในการคำนวณคือ ค่าพลังงานในอาหาร ซึ่งนิยมใช้กันหลายรูปแบบ พลังงานในอาหารโดยรวมได้แก่ Gross energy (GE) หรือ Intake energy (IE) ซึ่งสัตว์ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด เพราะมีการสูญเสียไปในมูล ปัสสาวะ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และความร้อน (heat increment, HI) ทำให้พลังงานที่เหลือจากการหักส่วนต่างๆ ออกไปเรียกว่า พลังงานย่อยได้ พลังงานใช้ประโยชน์ และพลังงานสุทธิ ตามลำดับ ระบบพลังงานที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปมี 4 ระบบ (บุญล้อมและสมคิด, 2539) แต่ละระบบมีข้อดีข้อเสีย ซึ่งพอสรุปได้โดยสังเขปดังนี้ คือ

ก. ยอดโภชนะย่อยได้ (TDN) มีข้อดีในแง่ที่สามารถวัดได้ง่าย อยู่ในวิสัยที่สถาบันต่างๆ พอจะทำได้ เพราะต้องการทราบเพียงปริมาณโภชนะย่อยได้ ซึ่งหาโดยการศึกษาการย่อยได้ (digestion trial) TDN เป็นระบบพลังงานที่คุ้นเคยกันดี มีข้อมูลมาก สามารถเปรียบเทียบกันได้ง่าย แต่มีข้อเสียหลายประการ ที่สำคัญคือมีอคติ (bias) กล่าวคือ TDN ประเมินพลังงานของอาหารหยาบคุณภาพต่ำได้สูงกว่าความเป็นจริง ทำให้ 1 กก. TDN ของฟางมีค่า NE น้อยกว่า 1 กก. TDN ของหญ้าแห้ง หรือข้าวโพด จากจุดบกพร่องหลายๆประการของ TDN ทำให้หลายประเทศหันไปใช้ระบบ ME และ NE มากขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข. พลังงานย่อยได้ (DE) คล้ายคลึงกับ TDN คือมีข้อดีในแง่ที่วัดได้ง่าย อยู่ในวิสัยที่สามารถจะทำได้ เพราะต้องการทราบเพียงปริมาณพลังงานที่ขับออกในมูลเพื่อหักลบกับปริมาณพลังงานที่สัตว์กินเข้าไปเท่านั้น ค่านี้สามารถหาได้โดยทำ digestion trial และวิเคราะห์พลังงานในอาหารและในมูลด้วยเครื่อง bomb calorimeter จุดอ่อนของ DE คล้ายคลึงกับ TDN คือยังใช้ประเมินค่าพลังงานที่สัตว์จะนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงได้ไม่ดีนัก เพราะไม่ได้คำนึงถึงปริมาณพลังงานที่สูญเสียไปในขั้นตอนอื่น

ค. พลังงานใช้ประโยชน์ (ME) เป็นระบบพลังงานที่ค่อนข้างดี สามารถประเมินพลังงานในอาหารได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง และมีอคติน้อยลง เพราะได้คำนึงถึงพลังงานที่สูญเสียไปทั้งในมูลปัสสาวะ และแก๊สที่เกิดจากการหมักอาหารในกระเพาะส่วนหน้า ค่า ME นี้อยู่ในวิสัยที่พอจะวัดได้ถ้ามีเครื่อง respiration mask หรือ respiration calorimeter ประเทศอังกฤษนิยมใช้ระบบนี้ และมีการพัฒนาขึ้นตามลำดับ แต่ของประเทศไทยยังมีการวัดโดยวิธีดังกล่าวน้อยมาก

ง. พลังงานสุทธิ (NE) เป็นระบบพลังงานที่ดีที่สุด เพราะบอกให้ทราบถึงปริมาณพลังงานที่สัตว์สามารถนำไปใช้ได้จริง เนื่องจากหักค่าพลังงานที่สูญเสียไปทุกขั้นตอนออกแล้ว รวมทั้งสูญเสียไปในรูปของความร้อนที่เกิดจากการเมแทบอไลซ์อาหารหรือเรียกว่า heat increment (HI) ด้วย ค่า NE เป็นค่าที่ยุติธรรม ไม่มีอคติต่ออาหารประเภทใดประเภทหนึ่ง เพราะ 1 Mcal NE ในข้าวโพด ก็ให้ค่าพลังงานที่สัตว์จะนำไปใช้ประโยชน์ในร่างกายได้เท่ากับ 1 Mcal NE ในฟางข้าว แต่ NE มีข้อจำกัดคือวัดได้ยาก ต้องอาศัยเครื่องมือที่ซับซ้อน เพราะต้องให้สัตว์เข้าไปอยู่ใน respiration calorimeter จึงจะสามารถวัดค่า HI ได้ หรือมิฉะนั้นก็ต้องใช้เทคนิคอื่นที่ค่อนข้างซับซ้อนเช่นกัน ด้วยเหตุนี้ค่า NE ในอาหารส่วนใหญ่จึงไม่ได้วัดโดยตรง แต่อาศัยสมการคำนวณ

เนื่องจากการวัดพลังงาน ME และ NE โดยตรงต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาแพงซึ่งหน่วยงานวิจัยส่วนใหญ่ไม่มีใช้ ดังนั้นจึงต้องหาวิธีอ้อมได้แก่วัดค่าการย่อยได้ในตัวสัตว์ (*in vivo* digestibility)เพื่อคำนวณพลังงานในรูปโภชนะย่อยได้ทั้งหมด (TDN) พลังงานย่อยได้ (DE) แล้วอาศัยสมการ regression ที่ผ่านการพิสูจน์และได้รับการยอมรับแล้วประเมินค่าพลังงาน ME และ NE ต่อไป นอกจากนี้ยังอาจหาค่าพลังงานได้จากวิธีวัดปริมาณแก๊ส(*in vitro* gas production ของ Menke and Steingass (1988)

10.1 การวัดค่าพลังงานจากค่าการย่อยได้โดยทดลองกับตัวสัตว์โดยตรง (*in vivo* digestibility)

การที่จะทราบว่าอาหารสัตว์มีองค์ประกอบทางเคมีหรือโภชนะมากน้อยเพียงใดสามารถวัดได้โดยการวิเคราะห์ทางเคมี ในส่วนของอาหารที่สัตว์สามารถนำไปใช้ได้จริงจะทราบได้จากการวัดปริมาณที่หายไปในระหว่างการย่อย การดูดซึมและการเมแทบอลิซึมใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ร่างกาย ส่วนที่ไม่ถูกย่อยและไม่ถูกดูดซึมจะถูกขับออกในมูล เมื่อนำโภชนะในมูลมาหักออกจากโภชนะในอาหารจะทราบปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ (digestible nutrient) ดังนั้นการหาการย่อยได้จึงนับว่าเป็นการศึกษาขั้นที่สอง ต่อจากการวิเคราะห์ทางเคมี ซึ่งนิยมทำโดยเฉพาะกับวัตถุดิบชนิดใหม่ๆ ที่ยังไม่ทราบคุณค่าทางอาหาร

การหาค่าการย่อยได้โดยทดลองกับตัวสัตว์โดยตรงแบบวิธีปกติ (conventional method) แบ่งการทดลองเป็น 2 ช่วงคือ

1.ระยะก่อนการทดลอง (preliminary period) เป็นช่วงที่ให้สัตว์และจุลินทรีย์ภายในกระเพาะหมักได้ปรับตัวให้เข้ากับอาหารที่ศึกษาและเพื่อให้อาหารทดลองเข้าไปแทนที่อาหารเดิมในทางเดินอาหาร สำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องถ้าเป็นอาหารปกติใช้เวลา 7-10 วัน แต่ถ้าเป็นอาหารแปลกใหม่อาจจะต้องใช้เวลา 14-21 วัน

2.ระยะทดลองจริง (collection period) เป็นช่วงเวลาสำหรับเก็บและบันทึกปริมาณอาหารที่สัตว์กิน และมูลที่ขับออกมา โดยทั่วไปใช้เวลาประมาณ 7 วัน หากจำกัดปริมาณอาหารที่ให้ และ10-14 วันถ้าให้อาหารแบบเต็มที่ ทำการสุ่มตัวอย่างอาหารและมูล เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีแล้วนำค่าต่างๆไปคำนวณหาการย่อยได้จากสูตร

$$\% \text{ Digestion coefficient} = \frac{(\text{Nutrient intake} - \text{Nutrient excreted}) \times 100}{\text{Nutrient intake}}$$

ค่าที่ได้เรียกว่าการย่อยได้ปรากฏโดยถือว่าส่วนของโภชนะที่ไม่ถูกขับออกเท่ากับส่วนที่ถูกดูดซึมซึ่งตามความเป็นจริงนับว่ายังไม่ถูกต้อง เพราะสิ่งที่ถูกขับออกในมูลไม่ได้มาจากอาหารทั้งหมด แต่มาจากส่วนของร่างกายด้วย เช่น น้ำย่อยหรือเซลล์ที่หลุดลอกจากทางเดินอาหาร นอกจากนี้ยังอาจมีจุลินทรีย์ที่อยู่ในทางเดินอาหารติดมาด้วย ส่วนนี้เรียกว่า metabolic fecal substance ดังนั้นจึงต้องนำส่วนนี้มาหักออกจากมูลจึงจะได้ส่วนที่ดูดซึมเข้าไปจริง สัมประสิทธิ์การย่อยได้กรณีนี้เรียกว่าการย่อยได้จริง (บุญล้อม, 2541) อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติมักนิยมวัดการย่อยได้ปรากฏ

10.2 การวัดค่าพลังงานโดยวิธีวัดปริมาณแก๊ส (*In vitro* Gas Production Technique) ของ Menke and Steingass (1988)

วิธีวัดปริมาณแก๊ส มีหลักการ คือ เมื่อนำตัวอย่างอาหารมาบ่มหมักกับน้ำรูเมนและสารละลายบัฟเฟอร์จะมีแก๊สเกิดขึ้น ซึ่งสามารถนำไปคำนวณเพื่อใช้ทำนายคุณค่าทางอาหารได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แก๊สส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้น คือคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และมีเทน (CH_4) ที่เกิดจากการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรต ไปเป็นกรดไขมันสายสั้น (short chain fatty acid, SCFA) ได้แก่ acetate, propionate และ butyrate (Beuvink and Spoelstra, 1992) ส่วนของโปรตีน และไขมัน เมื่อถูกหมักจะได้ปริมาณแก๊สน้อยกว่าคาร์โบไฮเดรต (Menke and Steingass, 1988) นอกจากนี้ยังมีแก๊สที่ไม่ได้เกิดจากกระบวนการหมักโดยตรง แต่เกิดจากการที่กรดไขมันสายสั้น (SCFA) เปลี่ยนเป็น bicarbonate buffer จึงมีการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ในปริมาณ 50% ของ SCFA ที่ถูกทำปฏิกิริยา (Blümmel and Orskov, 1993)

วิธีวัดปริมาณแก๊สเพื่อทำนายคุณค่าทางอาหารนี้คิดค้นโดย Menke *et al.* (1979) จึงเรียกว่า Menke method หรือเรียกตามเมืองที่ศึกษาว่า Hohenheim gas test (Getachew *et al.*, 1998) หลังจากนั้นได้พัฒนารูปแบบของสมการทำนาย โดย Menke and Steingass (1988) ได้นำค่าแก๊สที่ได้ปรับด้วยค่า blank (แก๊สที่เกิดจากสารละลายรูเมนบัฟเฟอร์) และค่า factor (ค่าที่คำนวณจากตัวอย่างอาหารข้นและอาหารหยาบมาตรฐาน) แล้วมาคำนวณร่วมกับองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ โปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย และไนโตรเจนฟรีเอกแทรกซ์ (nitrogen free extract, NFE) มาสร้างสมการเพื่อทำนายค่า OMD, ME และ NEL โดยเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลองกับตัวสัตว์โดยตรง จำนวน 400 ค่าที่ได้รวบรวมจากการศึกษาหาการย่อยได้ในแกะ (digestibility trial) 700 การทดลอง และการทดลองวัดค่าพลังงานโดยใช้วิธีวัดการหายใจ (respiration trial) ทั้งในแกะและโค จากนั้นคัดเลือกสมการโดยพิจารณาจากค่า t-test, r^2 (coefficient of determination) และ RSD (residual standard deviation) ได้สมการรีเกรสชั่นที่เหมาะสมสำหรับอาหารแต่ละประเภท คือ อาหารผสม (compounds) อาหารผสมและวัตถุดิบอาหารข้น (compounds and component) วัตถุดิบอาหารแห้ง (dry roughages) อาหารหยาบ (roughages feeds) อาหารผสมและอาหารหยาบ (compounds and roughages feeds) จำนวนรวม 8 สมการ ดังนั้นวิธีการนี้จึงได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลาย

10.3 การเปรียบเทียบค่าพลังงานจากการวัดในตัวสัตว์และการวัดโดยวิธีวัดปริมาณแก๊ส

ได้มีการศึกษาการวัดพลังงาน ME และ NEL ในอาหารหยาบชนิดเดียวกัน และเปรียบเทียบระหว่าง 2 วิธีคือการวัดในตัวสัตว์และการวัดปริมาณแก๊สโดย เสาวลักษณ์ (2542), ไกรสิทธ์ (2543), อิทธิพล (2544), สมสุข (2544), นฤมล (2544), วรรณา (2545) และดำรัส (2545) โดยนำค่า TDN ที่หาจากวิธี *in vivo* มาเปลี่ยนให้เป็น NEL รวมทั้งการเปลี่ยน TDN ให้เป็น DE แล้วเปลี่ยนเป็น ME โดยอาศัยสมการของ NRC (1988) และเทียบกับค่าจากวิธีวัดปริมาณแก๊สดังตาราง 2.12

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ซึ่งการเปลี่ยนค่าดังกล่าวอาศัยสมการดังนี้

$$DE\ (Mcal/kg) = 0.04409 \times TDN\ (\%)$$

$$ME\ (Mcal/kg) = -0.45 + 1.01\ DE$$

$$NEL\ (Mcal/kg) = 0.0245 \times TDN\ (\%) - 0.12$$

ตาราง 2.12 การเปรียบเทียบค่าพลังงาน ME และ NEL ระหว่างการวัดในตัวสัตว์กับการวัดปริมาณแก๊ส

Table 2.12 Comparison of ME and NEL contents of feed measured by *in vivo* and gas production

Feed	ME		NEL		Reference
	in vivo	Gas test	*in vivo*	Gas test	
Rice straw	1.77	1.45	1.10	0.84	เสาวลักษณ์ (2542)
Sugarcane stalk	2.51	2.41	1.51	1.46	ไกรสิทธ์ (2543)
Soybean hay	2.50	2.66	1.49	1.58	อิทธิพล (2544)
Ruzi grass silage	2.12	1.92	1.29	1.10	สมสุข (2544)
Corn silage	2.45	2.22	1.48	1.28	นฤมล (2544)
Leucaena silage	2.44	2.53	1.48	1.55	วรรณา (2545)
Urea treated rice straw	1.98	1.91	1.22	1.10	ดำรัส (2545)

จากการเปรียบเทียบค่าพลังงานที่หาโดย 2 วิธี ดังตาราง 2.12 จะเห็นว่า ค่าพลังงานในรูป ME และ NEL ของอาหารหยาบส่วนใหญ่ เมื่อวัดในตัวสัตว์จะมีค่าสูงกว่าเมื่อวัดโดยวิธีวัดปริมาณแก๊ส เฉลี่ย 11.01% สำหรับ ME และ 11.56% สำหรับ NEL แต่พบว่าในพืชตระกูลถั่วซึ่งมีโปรตีนสูงเช่น ต้นถั่วเหลืองแห้งซึ่งมีโปรตีน 17.47% และใบกระถินหมักซึ่งมีโปรตีน 22.2% ให้ค่า ME จากการวัดโดยวิธีวัดปริมาณแก๊สสูงกว่าการวัดในตัวสัตว์ โดยมีค่าเฉลี่ยสูงกว่า 10.5% ทั้ง ME และ NEL ดังนั้นการใช้ผลจากการหาพลังงานทั้ง 2 วิธีเพื่อนำไปจัดสัดส่วนอาหารจึงต้องใช้แฟคเตอร์เพื่อปรับด้วย โดยเฉพาะเมื่อใช้ค่าจากการหาโดยวิธีวัดปริมาณแก๊ส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved