บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

2.1 สถานการณ์การผลิตถั่วเหลือง

2.1.1 สถานการณ์การผลิตถั่วเหลืองของโลก

ถั่วเหลืองมีการปลูกกระจายไปทั่วโลก มีรายงานการปลูกใน 26 ประเทศ จาก 6 ทวีป สำหรับเนื้อที่ปลูกถั่วเหลืองของประเทศผู้ผลิตต่างๆ ในโลก พบว่าในปีการเพาะปลูก 2548 มีเนื้อที่เท่ากับ 571.1 ล้านไร่ มีผลผลิตถั่วเหลืองเท่ากับ 209.5 ล้านตัน ประเทศที่เป็นผู้นำในการผลิตถั่วเหลืองของโลก คือ สหรัฐอเมริกา ผลิตได้ 82.8 ล้านตัน รองลงมาคือ ประเทศบราซิล และอาร์เจนตินา (50.2 และ 38.3 ตามลำดับ) (ตารางที่ 2.1) สำหรับประเทศไทยผลิตถั่วเหลืองเป็นอันดับที่ 19 ของโลก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2549)

สำหรับประเทศผู้ส่งออกเมล็ดถั่วเหลืองรายใหญ่ของโลก คือ สหรัฐอเมริกา บราซิล และอาร์เจนตินา ซึ่งมีปริมาณการส่งออกเมล็ดถั่วเหลืองเท่ากับ 24.1, 19.8 และ 6.7 ล้านตัน ตามลำดับ โดยมีปริมาณการส่งออกรวมกันคิดเป็นร้อยละ 90.7 ของปริมาณการส่งออกเมล็ดถั่วเหลืองทั้งหมดของโลก สำหรับประเทศผู้นำเข้าเมล็ดถั่วเหลืองที่สำคัญของโลก คือ ประเทศจีน สหภาพยุโรป ญี่ปุ่น เม็กซิโก ไต้หวัน รวมทั้งประเทศไทย โดยเฉพาะจีนและสหภาพยุโรป มีปริมาณการนำเข้าเมล็ดถั่วเหลือง 16.9 และ 14.6 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 31.2 และ 26.9 ของโลก ตามลำดับ (อนุสรณ์, 2549) จากความต้องการถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นของโลก ทำให้แนวโน้มการผลิตถั่วเหลืองของโลกเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ซึ่งในระยะหลังนั้นการเพิ่มขึ้นของผลผลิตถั่วเหลืองเป็นผลจากการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองให้มีผลผลิตต่อไร่สูงขึ้น กรมการค้าภายในกระทรวงพาณิชย์ (2549) คาดการณ์ผลผลิตถั่วเหลืองของโลกในปี พ.ศ. 2549 และ พ.ศ. 2550 เท่ากับ 218.6 และ 221.8 ล้านตัน ตามลำดับ เท่ากับว่ามีเปลือกฝักถั่วเหลืองทั่วโลกประมาณ 75.9 และ 77.0 ล้านตัน ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าในปีการเพาะปลูก 2548 (72.7 ล้านตัน) (ตารางที่ 2.1) และประเทศไทยในปีการเพาะปลูก 2549 และ 2550 น่าจะมีปริมาณผลผลิตถั่วเหลืองเท่ากับ 223,000 และ 232,000 ตัน ตามลำดับ (กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์, 2549) ดังนั้นมีเปลือกฝักถั่วเหลืองทั้งประเทศ เท่ากับ 77,430.6 และ 80,555.6 ตัน ตามลำดับ

ตารางที่ 2.1 แสดงพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ และปริมาณเปลือกฝักถั่วเหลืองของประเทศผู้ผลิตที่สำคัญในปี พ.ศ. 2548

ประเทศ	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (1,000 ไร่)	ผลผลิต (1,000 ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)	เปลือกฝักถั่วเหลือง[1]	
				1,000 ตัน	ต่อไร่
รวมทั้งโลก	571,091	209,507	367	72,745.5	127.4
สหรัฐอเมริกา	180,264	82,820	459	28,756.9	159.4
บราซิล	143,096	50,195	351	17,428.8	121.9
อาร์เจนตินา	87,731	38,300	437	13,298.6	151.7
อินเดีย	43,750	6,000	137	2083.3	47.6
อินโดนีเซีย	3,819	797	209	276.7	72.6
รัสเซีย	4,313	740	172	256.9	59.7
ไทย	927	221	238	73.3	82.6
อื่น ๆ	22,916	5,351	234	1858.0	81.3

ที่มา: ดัดแปลงจาก สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2549)

[1] ประมาณจากข้อมูลของ Gupta et al. (1973) เมล็ด:ต้น:เปลือกฝักถั่วเหลือง 49:34 :17 หรือเมล็ด:เปลือกฝักถั่วเหลือง 2.88:1

2.1.2 สถานการณ์การผลิตถั่วเหลืองในประเทศไทย

การปลูกถั่วเหลืองในประเทศไทย ได้กระจายไปเกือบทุกภาคของประเทศ ยกเว้นภาคใต้แหล่งผลิตที่สำคัญของไทยอยู่ในภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดที่มีเนื้อที่เพาะปลูกถั่วเหลืองเกิน 50,000 ไร่ ได้แก่ เชียงใหม่ สุโขทัย แพร่ กำแพงเพชร ตาก อุตรดิตถ์ แม่ฮ่องสอน พิษณุโลก ขอนแก่น เลย และสระแก้ว โดยรวมแล้วภาคเหนือปลูกถั่วเหลืองมากที่สุดถึงร้อยละ 70 ของพื้นที่ ที่ปลูกถั่วเหลืองทั้งประเทศ (อนุสรณ์, 2549)

สำหรับพื้นที่เพาะปลูกถั่วเหลืองรวมทั้งประเทศ ในปีการเพาะปลูก 2548 มีพื้นที่ปลูกเท่ากับ 951,065 ไร่ มีผลผลิตรวมทั้งประเทศเท่ากับ 220,965 ตัน ดังนั้น มีเปลือกฝักถั่วเหลืองรวมทั้งประเทศเท่ากับ 76,723.9 ตัน โดยพบว่า ภาคเหนือมีเนื้อที่เพาะปลูก ผลผลิตเมล็ด (ตัน) และเปลือกฝักถั่วเหลือง (ตัน) สูงกว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง แต่เมื่อพิจารณาถึงผลผลิตต่อไร่ และเปลือกฝักถั่วเหลืองต่อไร่ พบว่า ภาคกลางมีผลผลิตเมล็ด และเปลือกฝักถั่วเหลืองต่อไร่ สูงกว่าภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามลำดับ (ตารางที่ 2.2) อาจเนื่องจากภาคกลางส่วนใหญ่ปลูกเป็นพืชเดี่ยวในช่วงเดือนกรกฎาคม และทำการเก็บเกี่ยวในช่วงหมดฝน จึงทำให้เมล็ดถั่วเหลืองมีผลผลิตต่อไร่ที่สูงและมีคุณภาพดีกว่า

สำหรับผลผลิตถั่วเหลืองต่อไร่ของไทยในปีการเพาะปลูก 2548 เท่ากับ 238 กิโลกรัมต่อไร่ ต่ำกว่าผลผลิตเฉลี่ยของโลก ซึ่งเท่ากับ 367 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 2.1) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศเพื่อนบ้านในเอเชีย คือ ประเทศอินเดีย และอินโดนีเซีย มีผลผลิตต่อไร่เท่ากับ 137 และ 209 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งผลผลิตของประเทศไทยยังสูงกว่ามาก ทั้งนี้เป็นผลจากประเทศไทยมีการวิจัย และพัฒนาอย่างต่อเนื่อง อนุสรณ์ (2549) ได้ประมาณพื้นที่เพาะปลูก ถั่วเหลืองของไทยในปี พ.ศ. 2548/2549 อยู่ที่ 1.0 ล้านไร่ และได้ผลผลิตรวมทั้งหมดประมาณ 0.25 ล้านตัน โดยมีผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 240 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้นในปีการเพาะปลูก 2548/2549 มีเปลือกฝักถั่วเหลืองทั้งประเทศเท่ากับ 0.1 ล้านตัน และมีผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 83.3 กิโลกรัมต่อไร่

ตารางที่ 2.2 แสดงเนื้อที่เพาะปลูก ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ และปริมาณเปลือกฝักถั่วเหลือง เป็นรายภาคในปีการเพาะปลูก 2548

ภาค	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)	เปลือกฝักถั่วเหลือง[1]	
				ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตไร่ (กก.)
เหนือ	642,820	151,883	243	52,737.20	84.4
ตะวันออกเฉียงเหนือ	230,703	46,770	208	16,239.60	72.2
กลาง	77,542	22,312	295	7,747.22	102.4
รวมทั้งประเทศ	951,065	220,965	238	76,723.96	82.6

ที่มา: ดัดแปลงจาก สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2549)

[1] ประมาณจากข้อมูลของ Gupta et al. (1973) เมล็ด:ต้น:เปลือกฝักถั่วเหลือง 49:34:17 หรือเมล็ด:เปลือกฝักถั่วเหลือง 2.88:1

2.2 แหล่งผลิตถั่วเหลืองที่สำคัญแยกตามฤดูการผลิต (ประยูร, 2532)

แหล่งเพาะปลูกถั่วเหลืองที่สำคัญของประเทศไทย ส่วนใหญ่อยู่ทางภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สามารถแยกตามฤดูกาลในการผลิตได้ดังนี้

2.2.1 ถั่วเหลืองต้นฤดูฝน เริ่มปลูกตั้งแต่เดือนพฤษภาคม-มิถุนายน และทำการเก็บเกี่ยวในเดือนสิงหาคม-กันยายน แหล่งปลูกที่สำคัญคือ สุโขทัย กำแพงเพชร ตาก อุตรดิตถ์ และพิษณุโลก เป็นต้น พันธุ์ที่นิยมปลูกมี สจ. 1, 4 และ 5, นครสวรรค์ 1, สุโขทัย 1 และพันธุ์ผักปุ้ง เป็นต้น โดยพบว่าการปลูกถั่วเหลืองของเกษตรกรในช่วงดังกล่าวมีพื้นที่ปลูกประมาณ 29 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่ใช้ปลูกตลอดปี ผลผลิตถั่วเหลืองคิดเป็น 28 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตทั้งปี ซึ่งผลผลิตถั่วเหลืองที่ได้จากการปลูกถั่วเหลืองในช่วงต้นฤดูฝนมักมีคุณภาพที่ต่ำ เพราะมีความชื้นสูง ดังนั้น ถั่วเหลืองส่วนใหญ่จึงเข้าสู่โรงงานสกัดน้ำมัน

2.2.2 **ถั่วเหลืองปลายฤดูฝน** เริ่มปลูกปลายเดือนกรกฎาคม-ต้นเดือนสิงหาคม และเริ่มเก็บเกี่ยวประมาณเดือนพฤศจิกายน แหล่งปลูกที่สำคัญ คือ ภาคเหนือตอนล่างและภาคกลางตอนบน เช่น เพชรบูรณ์ อุทัยธานี สระบุรี และปราจีนบุรี เป็นต้น พันธุ์ที่นิยมปลูก คือ สจ. 4 และ 5 มีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 22.5 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองทั้งปี ผลผลิตคิดเป็นร้อยละ 20 ของผลผลิตทั้งปี ถั่วเหลืองที่ผลิตได้ในช่วงนี้มีคุณภาพดี เพราะเก็บเกี่ยวในช่วงที่หมดฝน และผลผลิตที่ได้จะใช้เป็นเมล็ดพันธุ์สำหรับการปลูกถั่วเหลืองในฤดูแล้งของเกษตรกร

2.2.3 **ถั่วเหลืองฤดูแล้ง** ส่วนใหญ่ปลูกในพื้นที่เขตชลประทาน โดยส่วนมากปลูกในพื้นที่นาหลังจากการเก็บเกี่ยวข้าว ระยะเวลาที่เหมาะสมในการปลูกถั่วเหลือง คือ ประมาณวันที่ 15 ธันวาคม ถึงวันที่ 15 มกราคม ของปีถัดไป และเริ่มเก็บเกี่ยวในช่วงปลายเดือนมีนาคม-เดือนพฤษภาคม แหล่งปลูกที่สำคัญ คือ เชียงใหม่ ลำปาง เชียงราย แม่ฮ่องสอน แพร่ พิษณุโลก และอุตรดิตถ์ ส่วนภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบที่ เลย นครราชสีมา ชัยภูมิ ศรีสะเกษ และขอนแก่น เป็นต้น และถั่วเหลืองที่ผลิตได้มีคุณภาพดี เหมาะสำหรับนำไปใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ และบริโภคในรูปของเต้าหู้ เต้าเจี้ยว ซีอิ้ว และน้ำนมถั่วเหลือง พื้นที่ปลูกถั่วเหลืองมีประมาณ 52 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตทั้งปี

2.3 พันธุ์ถั่วเหลืองที่ปลูกในประเทศ (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

พันธุ์ถั่วเหลืองที่นิยมปลูกในประเทศไทย แบ่งตามอายุเก็บเกี่ยวได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

2.3.1 **พันธุ์อายสั้น** มีอายุเก็บเกี่ยว 75-85 วัน พบว่า ลำต้นไม่ทอดยอด ความสูง 30-50 เซนติเมตร ใบกว้างมีขนสีน้ำตาลที่ลำต้น ใบและฝัก ส่วนดอกมีสีม่วง เปลือกหุ้มเมล็ดมีสีเหลือง ขั้วเมล็ดมีสีน้ำตาล มี 2 พันธุ์ คือ นครสวรรค์ 1 และเชียงใหม่ 2

2.3.2 **พันธุ์อายุปานกลาง** อายุเก็บเกี่ยว 86-112 วัน ส่วนใหญ่ลำต้นไม่ทอดยอด ความสูง 60-80 เซนติเมตร ใบกว้าง มีขนสีน้ำตาลที่ลำต้น ใบและฝัก ส่วนดอกมีสีม่วง ฝักมีสีน้ำตาลถึงน้ำตาลเข้ม เปลือกหุ้มเมล็ดมีสีเหลือง ขั้วเมล็ดมีสีน้ำตาลถึงน้ำตาลดำ เช่น พันธุ์เชียงใหม่ 3, 4 และ 60, สจ. 4 และ 5, สุโขทัย 1, 2 และ 3, และพันธุ์ มข. 35

2.3.3 **พันธุ์อายุค่อนข้างยาว** มีอายุเก็บเกี่ยว 115-120 วัน เช่น พันธุ์จักรพันธ์ 1

2.4 การเก็บเกี่ยวและการนวด

โดยปกติถั่วเหลืองเริ่มแก่เมื่ออายุ 85 ถึง 90 วัน แต่ถ้าปลูกในฤดูหนาว ถั่วเหลืองจะแก่ช้ากว่านี้ สังเกตดูเมื่อใบด้านล่างของต้นเริ่มร่วง และฝักด้านล่างของต้นเริ่มเปลี่ยนเป็นสีฟาง ก็สามารถเก็บเกี่ยวตัดต้นถั่วเหลืองได้ โดยใช้มือหรือเคียวตัดที่โคนต้น แล้วนำมากองไว้ในไร่หรือเก็บไว้ในที่ร่ม จนกว่าถึงเวลานวด (กรมวิชาการเกษตร, 2523)

การนวดถั่วเหลืองทำได้หลายวิธี เช่น การฟาดทั้งฟ่อนโดยทุบด้วยไม้ ใช้รถแทร็กเตอร์ทับ หรือใช้เครื่องนวดโดยปรับรอบของลูกนวดให้อยู่ระหว่าง 300-500 รอบต่อนาที ซึ่งทำให้เมล็ด

แตกเสียหายน้อยและสะอาด หลังจากนวดแล้วควรนำไปตากบนลานคอนกรีตหรือบนผ้าพลาสติก ประมาณ 5-7 แดด เมล็ดจะแห้งสนิท ความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานประมาณ 10-12 เปอร์เซ็นต์ หากเป็นช่วงฤดูฝนควรผึ่งเมล็ดถั่วเหลืองไว้ในที่ร่ม แล้วเกลี่ยเมล็ดถั่วเหลือง เพื่อผึ่งให้ถูกลมอย่างสม่ำเสมอ จนแน่ใจว่าเมล็ดถั่วเหลืองแห้งสนิทแล้ว จึงทำความสะอาดเมล็ดถั่วเหลือง เช่น เอาเศษฝัก เศษใบ ออก เป็นต้น โดยการร่อนหรือคัด หรือหยิบออก แล้วนำไปเก็บไว้ในกระสอบ อนึ่งในกรณีที่ต้องการเก็บเกี่ยวเมล็ดถั่วเหลืองเป็นเมล็ดพันธุ์ไม่ควรเก็บไว้นาน เพราะจะทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำลง การเก็บรักษาควรทำให้เมล็ดถั่วเหลืองมีความชื้นต่ำ และเก็บในที่ ๆ มีอุณหภูมิต่ำด้วย (ประยูร, 2532)

การปลูกถั่วเหลืองเพื่อเก็บเกี่ยวเมล็ด นอกจากได้เมล็ดไว้ใช้เป็นอาหารแล้ว ยังได้ฟางถั่วเหลืองเป็นผลพลอยได้ คือส่วนที่เหลือจากการสีเอาเมล็ดออกเรียกว่า ฟางถั่วเหลือง ซึ่งประกอบด้วย เปลือกฝักถั่วเหลือง และลำต้น ส่วนใบแทบจะไม่เหลือติดอยู่เลย เพราะร่วงไปตั้งแต่การเก็บเกี่ยว เนื่องจากส่วนของลำต้นมีความแข็ง ดังนั้น เกษตรกรมักนำเฉพาะส่วนที่เป็นเปลือกฝักมาใช้เลี้ยงสัตว์ แต่เดิมฟางถั่วเหลืองมักถูกปล่อยทิ้งไว้ให้เน่าเปื่อยเป็นปุ๋ย หรืออาจใช้เพาะเห็ดถั่วเหลือง แต่ในปัจจุบันมีการนำเปลือกฝักถั่วเหลืองมาใช้เลี้ยงโคนมกันอย่างแพร่หลาย (อิทธิพล, 2544)

2.5 การปลูกถั่วเหลืองเป็นพืชอาหารสัตว์

2.5.1 การใช้ในรูปต้นถั่วเหลืองแห้ง (soybean hay, SBH)

สำหรับประเทศที่มีการปลูกถั่วเหลืองอย่างแพร่หลาย มีการปลูกถั่วเหลืองเพื่อใช้เป็นพืชอาหารสัตว์เช่นกัน ดังเช่นในประเทศสหรัฐอเมริกา Morrison (1956) กล่าวว่า ถั่วเหลืองขึ้นได้ดีในทุกพื้นที่ที่สามารถปลูกข้าวโพดได้ เป็นพืชทนแล้งและปรับตัวเข้ากับดินได้หลายชนิด และเจริญได้ดีในดินที่เป็นกรด โดย Gupta et al. (1973) รายงานว่า ต้นถั่วเหลืองแห้งมีผลผลิตเฉลี่ย 2.3-4.4 ตัน/เฮกแตร์ (361-707 กิโลกรัมต่อไร่) ถ้าอยู่ในสภาพพื้นดินที่เหมาะสมจะให้ผลผลิตสูงกว่า 2 ตันต่อเอเคอร์ (800 กิโลกรัมต่อไร่) อย่างไรก็ตาม การใช้ต้นถั่วเหลืองแห้งเลี้ยงสัตว์มีการสูญเสียประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ (Morrison, 1956) เนื่องจากลำต้นมีขนาดใหญ่และแห้ง สอดคล้องกับรายงานของ Baxter et al. (1982) พบว่า ต้นถั่วเหลืองแห้งอัดฟ่อนมีโปรตีน 15.1 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 35.9 เปอร์เซ็นต์ และลิกนิน 9.4 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปเลี้ยงโคนมในลักษณะอัดเป็นฟ่อน โคสามารถกินได้เพียง 47.4 เปอร์เซ็นต์ของอาหาร เนื่องจากต้นถั่วเหลืองมีลำต้นแข็ง รวมทั้งความแน่นที่เกิดจากการอัดฟ่อน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้การทำต้นถั่วเหลืองแห้งเพื่อเก็บรักษาไว้เลี้ยงสัตว์จึงไม่ค่อยเป็นที่นิยมนัก ถึงแม้ว่าต้นถั่วเหลืองแห้งมีคุณภาพสูงใกล้เคียงกับพืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่วอื่น ๆ

2.5.2 การใช้ในรูปต้นถั่วเหลืองหมัก (silage)

เนื่องจากมีข้อเสียในการใช้ต้นถั่วเหลืองแห้งเลี้ยงสัตว์ ดังนั้น มีการนำต้นถั่วเหลืองมาใช้ในรูปพืชหมักโดย Gohl (1981) รายงานว่า การใช้ต้นถั่วเหลืองในรูปพืชหมักไม่เป็นที่นิยม เพราะต้นถั่วเหลืองหมักมีรสขม แต่ถ้าหมักร่วมกับข้าวโพดจะได้พืชหมักคุณภาพดี

นอกจากนี้ Morrison (1956) กล่าวว่า การทำต้นถั่วเหลืองหมัก มักปฏิบัติกันมากในพื้นที่ที่มีฝนตกชุก โดยปกติต้นถั่วเหลืองไม่นิยมปลูกเป็นพืชเดี่ยวสำหรับทำพืชหมัก เพราะให้ผลผลิตต่ำกว่าการปลูกร่วมกับพืชชนิดอื่นมาก เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง เป็นต้น ต้นถั่วเหลืองนิยมหมักร่วมกับต้นข้าวโพด หรือต้นข้าวฟ่าง ในอัตรา 1 ตันต่อ 2-4 ตัน ทำให้ได้พืชหมักที่มีคุณภาพดี และให้โปรตีนสูงกว่า มีความน่ากินมากกว่าพืชหมักที่ใช้ต้นถั่วเหลืองหมักเพียงอย่างเดียว

2.5.3 การใช้ในรูปต้นถั่วเหลืองสด

ส่วนใหญ่ทำการปลูกถั่วเหลืองเป็นแปลงเพื่อให้สัตว์ลงแทะเล็ม แปลงถั่วเหลืองที่ปล่อยสัตว์เข้าแทะเล็ม จะมีอายุการใช้ประโยชน์ได้สั้นกว่าแปลงพืชอาหารสัตว์ชนิดอื่น เช่น ถั่วเรพ (rape), อัลฟัลฟ่า (alfalfa) หรือโคลเวอร์ (clover) ที่ปล่อยให้สัตว์เข้าแทะเล็มเช่นเดียวกัน (Morrison, 1956)

2.6 การใช้วัสดุเศษเหลือจากการปลูกถั่วเหลือง

วัสดุเศษเหลือจากการปลูกถั่วเหลือง ประมาณ 30-35 เปอร์เซ็นต์ เป็นส่วนของเปลือกฝัก ก้าน และลำต้น สำหรับปริมาณเปลือกฝักถั่วเหลืองจากไร่นาในแต่ละปี สามารถประเมินได้โดยอาศัยข้อมูลผลผลิตเมล็ดและสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของ เมล็ด:ต้น:เปลือกฝักถั่วเหลือง เท่ากับ 49:34:17 ตามลำดับ (Gupta et al., 1973) หรือ เมล็ด:เปลือกฝักถั่วเหลือง เท่ากับ 2.88:1 ดังนั้น ในปีการเพาะปลูก 2548 มีเปลือกฝักถั่วเหลืองทั่วโลกเท่ากับ 72,745,500 ตัน สำหรับในประเทศไทยมีเปลือกฝักถั่วเหลืองมากถึง 73,270 ตัน (ตารางที่ 2.1) และในปีการเพาะปลูก 2550 ทั่วโลกน่าจะมีเปลือกฝักถั่วเหลือง 77,040,000 ตัน และในประเทศไทยน่าจะมีเปลือกฝักถั่วเหลืองมากถึง 80,555.56 ตัน นอกจากนี้ บุญล้อมและเจริญ (2529) รายงานว่า เปลือกฝักถั่วเหลืองมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าส่วนของลำต้น โดยมีส่วนประกอบของโภชนะคิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้ง ดังนี้ โปรตีนหยาบ 6.6, ไขมัน 1.3 และเยื่อใยหยาบ 36.1 ตามลำดับ (ตารางที่ 2.3) เมื่อนำไปเลี้ยงแกะทดลอง พบว่าสัตว์กินเปลือกฝักถั่วเหลืองได้สูงถึงร้อยละ 3.8 ของน้ำหนักตัว มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 114 กรัมต่อวัน

อิทธิพล (2544) ศึกษาในโคนมลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ เพศเมียจำนวน 4 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 473 กิโลกรัม และแกะลูกผสมเมอริโนเพศผู้จำนวน 6 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 30 กิโลกรัม เมื่อให้สัตว์ทดลองได้รับเปลือกฝักถั่วเหลืองและอาหารข้น ในสัดส่วน 80:20, 65:35 และ 50:50 พบว่า โคและแกะทดลองมีการย่อยได้ของโภชนะลดลง แกะมีปริมาณการกินได้ 3.0 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เมื่อเทียบกับโคทดลองกินวัตถุแห้งได้ 1.0 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว นอกจากนี้

เปลือกฝักถั่วเหลืองมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและพลังงานที่ทำนายจากสมการถดถอย (regression) คือ มีการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (dry matter digestibility, DMD) 53.0 เปอร์เซ็นต์, ค่าโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (total digestion nutrients, TDN) 47.9 เปอร์เซ็นต์ และค่าพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (net energy for lactation, NE_L) 1.1 Mcal/kgDM สำหรับการศึกษาการย่อยได้ของเปลือกฝักถั่วเหลืองโดยใช้วิธี nylon bag method และ in vitro gas production technique นั้น สำหรับ nylon bag method พบว่า เปลือกฝักถั่วเหลืองมีค่า A, B และ C เท่ากับ 15.6, 44.6 เปอร์เซ็นต์ และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง และการศึกษาโดยวิธี in vitro gas production technique พบว่า ค่าปริมาณแก๊สที่ 24 ชั่วโมงเท่ากับ 18.3 มิลลิลิตร เมื่อนำแก๊สที่เกิดขึ้นไปคำนวณโดยใช้สมการ Hohenheim ได้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy, ME) และ NE_L เท่ากับ 1.4 และ 0.7 Mcal/kgDM ตามลำดับ

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกฝักถั่วเหลืองและฟางถั่วเหลือง

วัตถุดิบ	DM	OM	CP	EE	CF	NDF	ADF	NFE	Ash	ADL	เอกสารอ้างอิง
	(%)	(% DM basis)									
เปลือกฝักถั่วเหลือง											
	90.3	90.9	6.6	1.3	-	52.4	39.6	-	9.1	7.2	บุญล้อมและเจริญ (2529)
	89.2	92.6	4.7	2.9	-	63.9	46.9	-	7.4	10.5	อิทธิพล (2524)
ฟางถั่วเหลือง											
	88.9	94.9	3.9	1.2	41.2	-	-	37.5	5.1	-	Morrison (1956)
	91.5	-	5.4	-	-	79.9	59.1	-	-	19.8	Gupta et al. (1978)
	87.7	93.5	5.1	3.3	41.5	65.0	50.4	31.4	6.4	-	สมปองและคณะ (2537)
	89.7	92.6	5.7	-	-	75.0	54.2	-	7.4	12.9	Soofi et al. (1982)

หมายเหตุ: DM = dry matter, OM = organic matter, CP = crude protein, NDF = neutral detergent fiber, ADF = acid detergent fiber, NFE = nitrogen free extract, ADL = acid detergent lignin

2.7 ฟางข้าว

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากประชากรบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก อีกทั้งส่งออกไปขายต่างประเทศเป็นสินค้าอันดับหนึ่งของสินค้าเกษตรมาตลอด เพราะประเทศไทยใช้เนื้อที่ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ถือครองทางการเกษตรในการปลูกข้าว ดังจะเห็นได้ว่า ในปีการเพาะปลูก 2548 ได้ใช้พื้นที่ในการปลูกข้าวถึง 63,906,000 ไร่ ได้ผลผลิตประมาณ 30,290,000 ตัน (ตารางที่ 2.4) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2549) หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวแล้ว มีเศษเหลือในแปลงนา คือ ตอซัง ส่วนของฟางข้าวเป็นเศษเหลือจากการนวดข้าว ทั้งฟางข้าวและตอซังสามารถใช้เป็นอาหารโค-กระบือได้ โดยปล่อยให้สัตว์ลงไปแทะเล็มตอซังในแปลงนา ส่วนฟางข้าวมักเก็บสะสมไว้เพื่อใช้เป็นอาหารโค-กระบือ ในฤดูกาลที่ขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ สำหรับสัดส่วนของ ข้าว:ฟางข้าว ในต่างประเทศ คือ 1:1 (Devendra, 1982) สำหรับในประเทศไทย ใช้สัดส่วน ข้าว:ฟางข้าว 1:1.4 (Wanapat, 1985) แต่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย Hart and Wanapat (1985) แนะนำให้ใช้สัดส่วน 1:0.4 สำหรับสัดส่วนของผลผลิต ข้าว:ฟางข้าว และสัดส่วนของ ข้าว:ฟางข้าวรวมตอซัง ใช้สัดส่วน 1:1.7 ของน้ำหนักแห้ง ดังนั้น ประเทศไทยมีฟางข้าวเหลืออยู่ประมาณ 12,116,000 ตัน หรือประมาณ 12.1 ล้านตัน และมีฟางรวมตอซังเท่ากับ 51.5 ล้านตัน ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงผลผลิตข้าวและฟางข้าวของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2546-2548

รายการ	ผลผลิต (1,000 ตัน)		
	2546	2547	2548
ข้าว	29,474	28,538	30,290
ฟางข้าว[1]	11789.6	11,415.2	12,116
ฟางข้าวรวมตอซัง[1]	50,105.8	48,514.6	51,493

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2549)

[1] Hart and Wanapat (1985) ใช้สัดส่วนข้าว:ฟางข้าว 1:0.4 และข้าว:ฟางข้าวรวมตอซัง 1:1.7

2.8 คุณค่าทางโภชนะของฟางข้าว

ฟางข้าวจัดว่าเป็นอาหารหยาบที่มีบทบาทสำคัญในการเลี้ยงโคนมอย่างแพร่หลายในประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้งที่ขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ แต่เนื่องจากฟางข้าวมีคุณค่าทางโภชนะที่ต่ำ พบว่ามีโปรตีนเพียง 2-4 เปอร์เซ็นต์ และมีสัดส่วนขององค์ประกอบภายในเซลล์ที่สามารถย่อยได้ง่าย เช่น โปรตีนที่ละลายได้ (soluble protein), น้ำตาล (sugar), แป้ง (starch), ไขมัน (lipid) และแร่ธาตุ (mineral) รวมกันเพียง 20-40 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น แต่มีสัดส่วนของผนังเซลล์ที่ประกอบด้วย เซลลูโลส, เฮไมเซลลูโลส, ลิกนิน และเถ้า ซึ่งเป็นส่วนที่ย่อยได้ยากมีอยู่

สูงประมาณ 60-80 เปอร์เซ็นต์ (เสาวลักษณ์, 2542) ซึ่งลิกนินมีสาร phenolic acid ทำหน้าที่ในการยังยั้งการทำงานของเอนไซม์จากจุลินทรีย์ รวมทั้งในฟางข้าวมีการนำแคลเซียมไปใช้ประโยชน์ได้ต่ำ เพราะว่าแคลเซียมอาจอยู่ในรูปของเกลือซาเลทหรือซิลิเคท และปริมาณซิลิก้าในฟางข้าวจะมากกว่าในฟางธัญพืชชนิดอื่น (Jackson, 1977) จึงทำให้ฟางข้าวมีการย่อยได้ต่ำ และสัตว์กินฟางได้ในปริมาณน้อย ได้สารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายต่ำ สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าวแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าว (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง)

DM	OM	CP	NDF	ADF	ADL	EE	Ash	เอกสารอ้างอิง
89.2	82.7	4.0	77.5	52.4	5.24	-	-	Cheva-Isarkul (1991)
86.0	-	2.29	40.2	-	-	1.8	-	Potikanond et al. (1988)
94.9	81.7	4.11	75.9	56.7	5.1	1.9	-	Cheva-Isarakul and Potikanond (1986)
86.0	82.6	2.30	85.6	63.1	5.2	1.8	-	Cheva-Isarakul and Potikanond (1984)
90.5	80.9	4.30	78.6	59.5	3.3	1.4	-	บุญเสริม และบุญล้อม (2529)
-	-	-	80.3	55.8	3.12	-	14.3	Jelan and Kabul (1988)
95.7	-	3.3	77.6	54.3	4.5	-	16.8	Wanapat and Kongpiroon (1988)
-	-	4.2	-	-	-	0.9	15.2	Chantalakhana (1985)
-	81.7	4.0	73.8	53.4	4.7	-	-	Wanapat (1985)
91.7	-	3.0	-	-	-	-	-	สมคิด (2538)
90.0	-	3.1	-	-	-	2.2	16.4	Promma et al. (1985)
93.3	-	2.23	76.4	55.3	4.7	-	-	Tinnimit (1988)
92.1	81.9	2.3	78.1	51.8	3.3	1.0	8.1	กรุง (2547)[1]
92.1	89.5	3.4	80.0	53.0	-	1.0	10.5	อัจฉรา (2549)[2]

ที่มา: ดัดแปลงจาก ดำรัส (2545)

[1] กรุง (2547)

[2] อัจฉรา (2549)

จากตารางที่ 2.5 พบว่าฟางข้าวประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตประเภทเยื่อใยค่อนข้างสูง คือ มีเยื่อใย ADF 49.2 เปอร์เซ็นต์ และมีเยื่อใย ADL 3.9 เปอร์เซ็นต์ (เมธาและคณะ, 2525) ส่วนแร่ธาตุที่จำเป็นในฟางข้าวมีอยู่ในปริมาณค่อนข้างต่ำ คือ มีฟอสฟอรัสอยู่ประมาณ 0.01-0.16 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 0.4-0.6 เปอร์เซ็นต์ (Jackson, 1977; Wanapat et al., 1983) แต่ฟางข้าวมีเถ้า (ash) ค่อนข้างสูงประมาณ 18.9 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมีซิลิก้าอยู่สูง โดยเฉลี่ยฟางข้าวมีเถ้ามากเป็น 3 เท่าของฟางจากธัญพืชชนิดอื่นๆ (Theander and Adam, 1984) อย่างไรก็ตาม ในฟางของธัญพืชทุกชนิดมีลักษณะที่เหมือนกัน คือ มีไนโตรเจนอยู่ต่ำ และมีส่วนของผนังเซลล์ที่ละลายได้น้อย ฟางข้าวไม่มีสารพิษ ยกเว้นฟางข้าวที่มีราขึ้น (Preston and Leng, 1984)

อย่างไรก็ตาม ดำรัส (2545) รายงานว่า องค์ประกอบทางเคมี และคุณค่าทางโภชนะของฟางข้าวขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิด หรือพันธุ์ข้าว ส่วนต่างๆ ของฟางข้าว ฤดูกาล การใส่ปุ๋ย การปนเปื้อนของวัสดุอื่นๆ เช่น ดินหรือการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลง และการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยว เป็นต้น

2.9 ปริมาณการกินฟางและการย่อยได้ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

สำหรับปริมาณการกินฟางอย่างเดียวของโคมีค่าเท่ากับ 1.8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (Jackson, 1977) สอดคล้องกับ เมธา (2528) ได้รวบรวมผลการทดลองต่างๆ ในประเทศแถบเอเชีย พบว่าปริมาณฟางข้าวที่โคสามารถกินได้มีค่าตั้งแต่ 1.2-2.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และมีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ระหว่าง 37-44 เปอร์เซ็นต์ เมื่อให้โดยไม่มีการสับ ถ้าสับการย่อยได้เพิ่มขึ้นถึง 51 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง สอดคล้องกับ Cheva-Isarakul and Cheva-Isarakul (1984) เมื่อทดสอบในแกะ พบว่าแกะสามารถกินฟางได้ 2.2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และมีค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของฟางข้าว ดังนี้ คือ มีวัตถุแห้ง, อินทรียวัตถุ, เยื่อใย NDF, ADF และ ADL เท่ากับ 45.9, 55.8, 52.3, 48.0 และ 20.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อนุชาและพิสุทธิ์ (2526) รายงานสนับสนุนว่า โคที่เลี้ยงด้วยฟางข้าวอย่างเดียวมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าโคที่เลี้ยงด้วยอาหารอื่น ถึงแม้ให้ฟางข้าวในปริมาณเต็มที่ ก็ไม่สามารถให้คุณค่าทางโภชนาการเพียงพอแก่ความต้องการของโคสำหรับใช้ในการดำรงชีพ และน้ำหนักตัวของโคลดลงวันละ 34 กรัม เมื่อกินฟางข้าวอย่างเดียว (Wanapat et al., 1984)

ฟางข้าวมีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งในสัตว์เคี้ยวเอื้องประมาณ 35-55 เปอร์เซ็นต์ โดยปกติแล้วโคและกระบือสามารถกินฟางข้าวได้ 1.2-2.7 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว แต่แกะและแพะสามารถกินฟางข้าวได้เพียง 1.0-2.7 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ซึ่งเมื่อคิดเป็นค่า metabolic live weigth ($LW^{0.75}$) พบว่าสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดใหญ่สามารถกินฟางข้าวได้ 46-105 g/kg$LW^{0.75}$ ในขณะที่สัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กสามารถกินฟางข้าวได้ 25-60 g/kg$LW^{0.75}$ แสดงว่าสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดใหญ่สามารถกินฟางข้าวได้มากกว่า (Doyle et al., 1986)

2.10 ความสำคัญและชนิดของอาหารโคนม

อาหารนับว่าเป็นปัจจัยสำคัญยิ่งต่อประสิทธิภาพการผลิตโคนม ทั้งด้านปริมาณ และคุณภาพน้ำนม ตลอดจนประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ ทั้งในระยะสั้นและระยะยาวของอายุขัยของโค ซึ่งมีผลกระทบต่อผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่ได้รับ (เมธา, 2539) ดังนั้น ความสำคัญในการจัดการด้านอาหารสัตว์ ตั้งแต่แรกเกิดจนถึงระยะให้ผลผลิตมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งสำหรับโคนม สำหรับอาหารโคนม โดยทั่วไปประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของอาหารหยาบ (roughage) และส่วนของอาหารข้น (concentrate) พบว่าโคนมจำเป็นต้องได้รับอาหารหยาบและอาหารข้นอย่างถูกต้องทั้งในด้านปริมาณ สัดส่วน และมีคุณค่าทางโภชนะอย่างเพียงพอต่อความต้องการของ

ร่างกาย เพื่อใช้ในการดำรงชีพ และการให้ผลผลิต (เมธาและฉลอง, 2533; เมธา, 2538; ฉลอง, 2541)

2.10.1 อาหารข้นหรืออาหารข้นผสม

เป็นอาหารที่มีเยื่อใยหยาบ (crude fiber, CF) น้อยกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ หรือมีเยื่อใย NDF ต่ำกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร อาจกล่าวได้ว่า อาหารข้นเป็นอาหารที่ย่อยได้สูง มีเยื่อใยเป็นส่วนประกอบที่ต่ำ และอาหารข้นแบ่งออกเป็น อาหารข้นพลังงานสูงแต่มีโปรตีนต่ำ เช่น ข้าวโพด มันเส้น ปลายข้าว เป็นต้น กับอาหารข้นพลังงานสูงและมีโปรตีนสูง เช่น กากเมล็ดฝ้าย กากถั่วเหลือง กากมะพร้าว เป็นต้น อย่างไรก็ตาม อาหารข้นเป็นอาหารเสริมที่เป็นแหล่งของพลังงาน โปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุ เพื่อให้สัตว์ได้รับโภชนะอย่างเพียงพอต่อความต้องการ สำหรับใช้ในการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิต ส่วนใหญ่แล้วจะใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีพลังงานและโปรตีนสูงมาประกอบรวมกัน โดยจัดสัดส่วนให้พอเหมาะ เพื่อให้ระดับของโปรตีน พลังงาน รวมทั้งวิตามิน และแร่ธาตุ เพียงพอต่อความต้องการของโคนม (ฉลอง, 2541)

2.10.2 อาหารหยาบหรืออาหารเยื่อใย (roughage and fiber)

เป็นอาหารที่ประกอบด้วยเยื่อใยหยาบ มากกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ หรือมีเยื่อใย NDF มากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร ซึ่งอาหารหยาบมีการย่อยได้ต่ำ (Kearl, 1982) ถือว่าเป็นอาหารที่ให้พลังงานเป็นหลัก โคนมต้องได้รับอาหารหยาบอย่างน้อย 15 ส่วนใน 100 ส่วน (ฉลอง, 2548) อย่างไรก็ตาม อาหารหยาบที่ให้ในโคที่กำลังรีดนม ไม่ควรต่ำกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว หรือควรมีเยื่อใยหยาบ 17.3 เปอร์เซ็นต์ (NRC, 1988) นอกจากนี้ Devendra and Wanapat (1986) กล่าวว่า อาหารหยาบในเขตร้อนมีเยื่อใยสูงกว่าในเขตหนาว ดังนั้น การใช้อาหารหยาบเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ ก็พอเพียงต่อกระบวนการย่อยอาหาร และการผลิตไขมันในน้ำนม ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับชนิด และคุณภาพของอาหารหยาบด้วย สำหรับอาหารหยาบถือได้ว่าเป็นอาหารที่สัตว์เคี้ยวเอื้องขาดไม่ได้ และเป็นอาหารที่มีราคาถูก ได้มาจากหญ้าหรือพืชอาหารสัตว์ เศษเหลือหรือผลพลอยได้ทางการเกษตร (ฉลอง, 2541)

2.10.2.1 สัดส่วนของการให้อาหารหยาบและอาหารข้น

ฉลองและคณะ (2540) รายงานว่า สัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้น ไม่มีความแน่นอน ขึ้นอยู่กับชนิด คุณภาพของวัตถุดิบอาหารสัตว์ และระยะที่ให้ผลผลิต พบว่า สัดส่วนของอาหารข้น 60-70 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร สามารถเพิ่มผลผลิตน้ำนม และปริมาณการกินได้ของโคที่ให้นมในช่วงแรกได้ อย่างไรก็ตาม การให้อาหารข้นที่สูงเกินไป มีผลทำให้ระดับไขมันในน้ำนมลดลง (McLeod et al., 1983) โดยปกติมีการให้อาหารข้นต่อผลผลิตน้ำนมในสัดส่วน 1:2 ซึ่งสัดส่วนนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นอยู่กับช่วงการให้น้ำนม และชนิดของอาหารหยาบที่ให้ด้วย สอดคล้องกับ วิโรจน์ (2546) รายงานว่า สัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นในโคที่ให้น้ำนมระยะต้น ระยะกลาง และระยะปลาย อยู่ในระดับ 40:60, 50:50 และ 60:40 ตามลำดับ สำหรับการให้อาหารแบบแยกให้ และถ้ามีความจำเป็นต้องให้อาหารข้นใน

ปริมาณที่สูง ควรให้อาหารข้นเสริมในแต่ละคาบไม่เกิน 3 กิโลกรัม เพื่อป้องกันการเกิดกรดในกระเพาะรูเมน การหยุดกินอาหาร และเปอร์เซ็นต์ไขมันนมที่ลดลง

2.11 ความสำคัญของอาหารหยาบในอาหารโคนม

อาหารหยาบมีความแตกต่างจากโภชนะตัวอื่น ๆ เช่น โปรตีน ไขมัน และแร่ธาตุ เป็นต้น เนื่องจากโภชนะเหล่านี้ต้องการเพียงเล็กน้อยในแต่ละวัน เพื่อให้น้ำหนักตัว และปริมาณน้ำนมอยู่ในระดับที่ปกติ (Shaver, 2006) สำหรับอาหารหยาบ ถึงแม้ต้องการในปริมาณที่ต่ำ แต่ก็ขาดไม่ได้ เนื่องจากอาหารหยาบมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะรูเมน และไขมันในน้ำนมอยู่ในระดับปกติ นอกจากนี้ป้องกันภาวะเป็นกรดในกระเพาะรูเมนแบบกึ่งเฉียบพลัน (sub-acute ruminal acidosis) และกระเพาะแท้บิด (displaced abomasum) ได้ (NRC, 2001) สอดคล้องกับ Van Soest et al. (1991) รายงานว่า โคนมต้องการอาหารเยื่อใยสำหรับการทำงานของกระเพาะรูเมนให้เป็นไปอย่างปกติ มีระดับความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม และคงที่ ส่งผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะกลุ่มที่ย่อยสลายเยื่อใยสามารถทำงานได้ดีขึ้น เมื่อมีการย่อยอาหารได้ดี ทำให้โคนมมีปริมาณการกินได้เพิ่มสูงตามไปด้วย

เมื่อสัตว์เคี้ยวเอื้องกินอาหารเยื่อใย แต่จุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะรูเมนชนิดที่ย่อยสลายเยื่อใย (cellulolytic bacteria) จะทำการหมักย่อยเยื่อใยจนได้ผลผลิตสุดท้าย คือ กรดไขมันที่ระเหยได้ (volatile fatty acid, VFA) เช่น กรดอะซิติค, กรดโพรพิโอนิค และกรดบิวทีริค โดยกรดโพรพิโอนิคเข้าสู่กระบวนการเมแทบอลิซึมเพื่อเปลี่ยนเป็นแหล่งของพลังงาน นอกจากนี้กรดอะซิติคและบิวทีริค ถูกนำไปใช้ในการสังเคราะห์ไขมันในน้ำนม และเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue) (เมธาและฉลอง, 2533) กรดไขมันที่ระเหยได้ที่ได้จากการหมักส่วนใหญ่ถูกดูดซึมผ่านผนังรูเมน หรือผ่านสารละลายที่เป็นกลาง เช่น น้ำลายและสารบัฟเฟอร์อื่น ๆ (Yang and Beauchemin, 2006) พบว่าประมาณ 30-40 เปอร์เซ็นต์ ของกรดไขมันระเหยได้ในกระเพาะรูเมนไปพร้อมกับน้ำลาย (Allen, 1997) ดังนั้น เมื่อมีการหลั่งน้ำลายเพิ่มสูงขึ้น ทำให้กรดไขมันระเหยได้ออกจากกระเพาะรูเมนมากขึ้น ทำให้ร่างกายสามารถรับกรดไขมันระเหยได้ได้อย่างเต็มที่

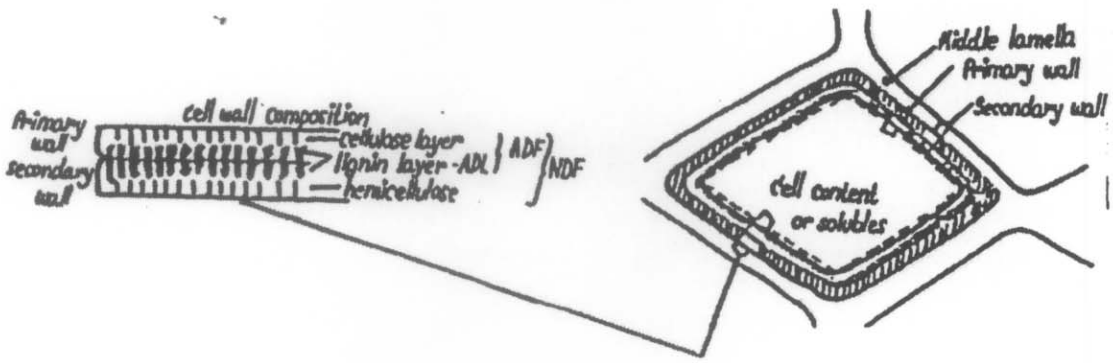
ในกรณีที่โคนมได้รับอาหารหยาบไม่เพียงพอต่อความต้องการจะก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพสัตว์ เกิดความผิดปกติในกระเพาะรูเมน มีการเคี้ยวอาหาร และหลั่งน้ำลายลดลง (Mertens, 1995) ตลอดจนส่งผลให้ปริมาณน้ำนมลดลง และไขมันในน้ำนมต่ำ (milk fat depression) แต่ในกรณีที่โคนมได้รับอาหารหยาบในปริมาณที่สูงเกินไป ทำให้ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งลดลง เป็นผลให้โคนมได้รับพลังงานไม่เพียงพอต่อความต้องการ ส่งผลให้ปริมาณน้ำนมลดลง (Mertens, 1997) ดังนั้น โคนมจึงจำเป็นต้องได้รับอาหารหยาบในระดับที่เหมาะสมต่อความต้องการ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่โคนม

2.11.1 เยื่อใยและส่วนประกอบทางเคมีของอาหารเยื่อใย

องค์ประกอบของพืชอาหารสัตว์ แบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ ตามลักษณะ และหน้าที่ คือ กลุ่มคาร์โบไฮเดรตชนิดที่ไม่เป็นโครงสร้าง (non structural carbohydrate; NSC) ได้แก่ ส่วนที่เป็นน้ำตาล แป้ง และกรดอินทรีย์ต่างๆ (Smith, 1981) ตลอดจน gum และอื่นๆ (Theander and Aman, 1984) แต่ NRC (2001) ได้แยกส่วน NSC ออกเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย (non fibrous carbohydrate, NFC) ได้แก่ น้ำตาล แป้ง กรดอินทรีย์ และเพคติน อย่างไรก็ตาม สัดส่วนของ NSC มีค่าใกล้เคียงกับ NFC ถือได้ว่าคาร์โบไฮเดรตในกลุ่มนี้ สามารถถูกย่อยโดยน้ำย่อยในร่างกายของสัตว์ได้ และเป็นแหล่งพลังงานสำคัญของโคนมที่ให้ผลผลิตสูงๆ เพราะมีการย่อยสลายได้ง่ายในกระเพาะรูเมน (วิโรจน์, 2546) สำหรับกลุ่มที่สอง ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างในส่วนต่างๆ ของพืช (structural carbohydrate; SC) ได้แก่ ส่วนของแกน และเปลือก หรือเรียกว่า ส่วนของผนังเซลล์ (cell wall) คือพวกเซลลูโลส (cellulose) เฮไมเซลลูโลส (hemicellulose) และเพคติน (pectin) กลุ่มนี้ถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์จากจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนเป็นส่วนใหญ่ ทำให้มีการสลายตัวได้ช้า หรือมีการย่อยได้ต่ำ เมื่อเทียบกับคาร์โบไฮเดรตในกลุ่มแรก เนื่องจากในการย่อยเยื่อใย จุลินทรีย์ต้องอาศัยเวลา และสภาวะต่างๆ ที่มีความเหมาะสม

การจับเรียงตัวของโมเลกุลของสารเยื่อใยต่างๆ นั้น Hogan and Leche (1983) อธิบายว่า เซลลูโลสหนึ่งโมเลกุลประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสประมาณ 10,000 โมเลกุล เรียงต่อกันในตำแหน่ง β-1,4 ส่วนเฮโมเซลลูโลสประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลไซโลส (xylose) ที่มีขนาดสั้น หรือบางครั้งอาจเกิดจากส่วนผสมของน้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลแมนโนส (mannose) ลักษณะการจับเรียงตัวเหมือนกับเซลลูโลสในตำแหน่ง β-1,6 สำหรับเพคตินประกอบด้วยน้ำตาลกาแลคโตส (galactose) ต่อกันที่ตำแหน่ง α-1, 4

โครงสร้างการจับตัวกันของกลูโคสภายในเซลลูโลสในผนังเซลล์พืช มีลักษณะเป็นผลึก จึงทำให้น้ำย่อยในร่างกายไม่สามารถเข้าย่อยสลายได้ จำเป็นต้องอาศัยเอนไซม์จากตัวจุลินทรีย์เพื่อช่วยในการย่อย และทำให้เซลลูโลสไม่ละลายในกรด (Theander and Adam, 1984) ส่วนเฮไมเซลลูโลสสามารถละลายในกรดและด่างได้ดีกว่าเซลลูโลส สำหรับลิกนินไม่ใช่เยื่อใย แต่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งของผนังเซลล์พืช เพราะมีความสัมพันธ์กับส่วนโครงสร้างของผนังเซลล์พืช โดยจับตัวอยู่ระหว่างชั้นของเซลลูโลสและเฮไมเซลลูโลส (ภาพที่ 2.1)



ภาพที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของผนังเซลล์พืช
ที่มา: เมธา (2529)

สำหรับลิกนินเป็นสารที่ร่างกายสัตว์ย่อยไม่ได้ และมีผลทำให้การย่อยได้ของสารเยื่อใยอื่น ๆ ลดลงด้วย โดยเฉพาะเซลลูโลสและเฮไมเซลลูโลส สอดคล้องกับ Jung and Vogel (1986) รายงานว่า ถ้ามีลิกนินในอาหารสูงจะไปยับยั้งการย่อยเฮไมเซลลูโลสมากกว่าเซลลูโลส เพราะเมื่อทำการแยกลิกนินออก ทำให้การย่อยได้ของเฮไมเซลลูโลสสูงกว่าเซลลูโลส

2.12 ความสำคัญของปริมาณเยื่อใยในอาหารหยาบ

ปัจจุบันการวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใยในพืชอาหารสัตว์ นิยมใช้วิธีสารฟอก (detergent analysis) ตามวิธีการของ Goering and Van Soest (1970) แบ่งออกเป็นส่วนที่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber, NDF) คือ ส่วนของผนังเซลล์ทั้งหมด (เมธา, 2529) ประกอบด้วยเซลลูโลส, เฮไมเซลลูโลส และลิกนิน เป็นหลัก ส่วนของเยื่อใยที่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (acid detergent fiber, ADF) หรือลิกโนเซลลูโลส ประกอบด้วย เซลลูโลสและลิกนิน สำหรับการหาค่า acid detergent lignin (ADL) เป็นการหาปริมาณเซลลูโลส ซึ่งได้จากการนำ ADF ลบ ADL (Jung and Vogel, 1986)

โดยทั่วไปนักวิชาการทางด้านโภชนศาสตร์อาหารสัตว์ทราบดีว่า ทั้งระดับเยื่อใย NDF และ ADF มีความสัมพันธ์ทางลบกับผลผลิตของสัตว์ กล่าวคือถ้าสัตว์ได้รับอาหารหยาบที่มีระดับเยื่อใย NDF และ ADF สูง ทำให้สัตว์เติบโตช้าหรือให้ผลผลิตต่ำ ดังจะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไป

2.12.1 เยื่อใย ADF (acid detergent fiber)

เมื่อระดับเยื่อใย ADF ในอาหารหยาบเพิ่มขึ้น เป็นผลให้การย่อยได้ของพืชอาหารสัตว์ลดลง สาเหตุมาจากระดับของลิกนินที่เพิ่มขึ้น โดยลิกนินไปห่อหุ้มรอบ ๆ ผิวของเซลลูโลสและเฮไมเซลลูโลส ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเข้าย่อยสลายเยื่อใยได้ นอกจากนี้เมื่อมีเยื่อใย ADF ในพืชอาหารสัตว์ในระดับที่สูง ยังส่งผลต่อปริมาณการกินได้ คือสัตว์มีการย่อยได้น้อย

ทำให้อาหารไหลออกจากกระเพาะรูเมนน้อย ส่งผลให้สัตว์กินอาหารเข้าไปใหม่ได้ต่ำ Van Soest et al. (1978) รายงานว่า ปริมาณเยื่อใย ADF และลิกนินที่อยู่ในอาหารหยาบ มีความสัมพันธ์กับการย่อยได้ของอาหารมากกว่าปริมาณการกินได้ (r^2 = -0.75 และ -0.46 เป็นค่าความสัมพันธ์ของความสามารถในการย่อย และปริมาณการกินได้ของเยื่อใย ADF ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม พบว่ามีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของเยื่อใย ADF เช่น ชนิดของอาหารหยาบ ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว และวิธีการเก็บรักษา เป็นต้น (Van Soest, 1965)

2.12.2 เยื่อใย NDF (neutral detergent fiber)

เป็นที่ยอมรับว่าเยื่อใย NDF ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใยในอาหารหยาบ เพื่อทำการประเมินปริมาณเยื่อใยที่มีอยู่ทั้งหมด และสามารถรู้ข้อแตกต่างระหว่างชนิดของอาหารได้ (Mertens, 1997) และ NRC (2001) กล่าวว่า เยื่อใย NDF เป็นเยื่อใยที่มีประโยชน์ และมีความสัมพันธ์กับความจุของกระเพาะรูเมน ความสามารถในการเคี้ยวเอื้อง (Allen, 1997) และเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนม (Armentano and Pereira, 1997) นอกจากนี้ เยื่อใย NDF ในอาหารหยาบเกี่ยวข้องโดยตรงกับปริมาณการกินได้ หรืออัตราการกินวัตถุแห้งของโค (วิโรจน์, 2546) สอดคล้องกับ Waldo (1986) รายงานว่า เยื่อใย NDF ใช้เป็นตัวทำนายอัตราการกินวัตถุแห้งของสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ ซึ่งเยื่อใย NDF กับปริมาณการกินวัตถุแห้งมีความสัมพันธ์กันแบบเส้นตรง (r^2 = 0.76) (Van Soest, 1965) นอกจากนี้ เยื่อใย NDF ที่สูงในอาหารมีความสัมพันธ์กับการย่อยได้ที่ต่ำ และการกินได้ที่ลดลง (Mertens, 1983) เนื่องจากเยื่อใย NDF เป็นเยื่อใยที่มีความฟ่าม ทำให้ต้องใช้เนื้อที่ในกระเพาะมาก ดังนั้น ถ้าพืชอาหารสัตว์ชนิดใดมีระดับเยื่อใย NDF ที่สูง แสดงว่ามีความฟ่ามมาก เมื่อสัตว์กินพืชอาหารสัตว์ชนิดนั้นเข้าไปจำนวนหนึ่งจนเต็มกระเพาะรูเมน ทำให้สัตว์ไม่สามารถกินอาหารเข้าไปใหม่ได้ เนื่องจากมีการย่อยได้ที่ต่ำ เป็นผลให้สัตว์กินอาหารลดลง

สรุปได้ว่า เยื่อใย NDF เป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญในการปรับระดับการกินวัตถุแห้งของโค และใช้ประเมินความฟ่ามของอาหารได้ เนื่องจาก ถ้าอาหารมีเยื่อใย NDF ที่เหมาะสม จะทำให้อาหารนั้นมีความฟ่ามที่พอดี จึงทำให้โคกินอาหารได้ดีตามไปด้วย ซึ่ง Oba and Allen (1999) รายงานว่า หากโคนมที่ให้ผลผลิตน้ำนมไม่เกิน 20 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ควรมีเยื่อใย NDF ในอาหารอยู่ในช่วง 32-44 เปอร์เซ็นต์ แต่โคที่ให้ผลผลิตน้ำนมเกิน 20 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ควรมีเยื่อใย NDF 32 เปอร์เซ็นต์หรือสูงกว่าเล็กน้อยในสูตรอาหาร เนื่องจากถ้าระดับเยื่อใย NDF ในสูตรอาหารต่ำกว่าที่กำหนด อาจมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันนมลดลง (NRC, 2001)

2.13 ความสำคัญของเยื่อใยที่มีประสิทธิภาพในอาหารโคนม

เยื่อใยที่มีประสิทธิภาพ (effective fiber) เป็นการพยายามที่จะปรับปรุงสูตรอาหารไม่ให้มีเฉพาะเยื่อใย NDF แต่มีความสามารถในการกระตุ้นให้เกิดการเคี้ยวเอื้อง (Sudweeks et al.,

1981; Mertens, 1992) ซึ่งคำว่า เยื่อใยที่มีประสิทธิภาพ เริ่มจากความต้องการเยื่อใยต่ำสุดในสูตรอาหาร เพื่อรักษาเปอร์เซ็นต์ไขมันนมให้คงที่ (Mertens, 1997) รวมถึงกระตุ้นให้มีการหลั่งน้ำลาย และป้องกันการเกิดภาวะเป็นกรดในกระเพาะรูเมนแบบกึ่งเฉียบพลันได้ (Zebeli, 2006)

โดย physical effective NDF (peNDF) เป็นตัวใช้วัดปริมาณเยื่อใย NDF ในอาหาร ที่ทำให้เกิดการเคี้ยวเอื้อง เพื่อทำให้กระเพาะรูเมนทำงานเป็นปกติ (Paul, 2005) ซึ่ง NRC (2001) ไม่สามารถบอกถึงระดับที่เหมาะสมต่อความต้องการ หรือค่ามาตรฐานของ peNDF ได้ แต่ได้มีวิธีการรับรองถึงการวัดค่าความเป็น effective fiber ในอาหาร เพื่อที่จะกำหนดระดับความต้องการ effective fiber ในอาหารโคนมได้ (Zebeli et al., 2006) ดังคำแนะนำของ Lammers et al. (1996) รายงานว่า peNDF คือค่าที่ได้จากสัดส่วนของอาหารที่เหลืออยู่ในตะแกรงขนาด 19- และ 8-มิลลิเมตรของ Penn State particle separator (PSPS) หรือ Mertens (1997) ทำการประมาณ peNDF โดยใช้อาหารที่เหลืออยู่บนตะแกรง 1.18-มิลลิเมตร โดยใช้เทคนิคของ dry-sieving แต่ทั้ง 2 วิธีนี้ยังไม่แน่ชัดในการบอกค่า peNDF ที่ถูกต้อง เพื่อใช้ในการประมาณการเคี้ยวเอื้อง และการผลิตน้ำลายเพื่อเป็นสารบัฟเฟอร์ในกระเพาะรูเมน (Einarson et al., 2004; Yang and Beauchemin, 2006) สอดคล้องกับในปัจจุบันนี้ มีการศึกษาผลของ peNDF ที่มีผลต่อการหมักย่อยในกระเพาะรูเมน, การกินได้, การผลิตน้ำนม, การเคี้ยวเอื้อง และความสามารถในการย่อยได้ในโคนมที่ให้ผลผลิตสูง อย่างไรก็ตาม เมื่อโคนมได้รับ peNDF เพิ่มสูงขึ้น ทำให้การเคี้ยวเอื้อง และความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะรูเมนเพิ่มสูงขึ้น (Krause et al., 2002; Kononoff and Heinrichs, 2003a; Beauchemin and Yang, 2005) ทำให้การย่อยได้ของอาหารดีขึ้น (Yansari et al., 2004) และไขมันนมเพิ่มสูงขึ้น (Yang et al., 2001) ดังนั้น peNDF จึงมีความสำคัญ และสัมพันธ์กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

2.13.1 บทบาทของ peNDF ต่อปริมาณการกินได้และการย่อยได้

จากการศึกษาพบว่า ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง (dry matter intake, DMI) มีค่าลดลง เมื่อ peNDF ในอาหารเพิ่มขึ้น (Soita et al., 2002; Einarson et al., 2004) เนื่องจาก peNDF เป็นปัจจัยหนึ่งในการจำกัดปริมาณการกินได้ของโค โดยเป็นตัวควบคุมการกินได้ระยะสั้น (Yang and Beauchemin, 2006) อาจเกี่ยวข้องกับความจุของกระเพาะรูเมนที่มีผลต่อเยื่อใย NDF นอกจากนี้ ขนาดของอาหาร (particle side) ยังส่งผลต่อปริมาณการกินได้ของ peNDF คือ เมื่อขนาดของอาหารลดลง ทำให้ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง และค่า peNDF เพิ่มขึ้น (Schwab et al., 2002; Einarson et al., 2004) สอดคล้องกับ Beauchemin et al. (1994) รายงานว่า ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งลดลงเกือบถึง 3 กิโลกรัมต่อวัน เมื่อปริมาณหญ้าร่วมกับถั่วอัลฟาฟ่าหมักมีขนาดยาวขึ้นในสูตรอาหาร จาก 35 เป็น 65 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อโคได้รับถั่วอัลฟาฟ่าขนาดเล็กจะมีปริมาณการกินได้ลดลงเพียง 0.5 กิโลกรัมต่อวัน และ Tafaj et al. (2001) รายงานว่า เมื่อลดความยาวของหญ้าแห้งลงจาก 28.7 เป็น 9.2 มิลลิเมตร ส่งผลให้ปริมาณการกินได้เพิ่มขึ้น 13 เปอร์เซ็นต์ เมื่อได้รับอาหารข้นระดับต่ำ (13 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร)

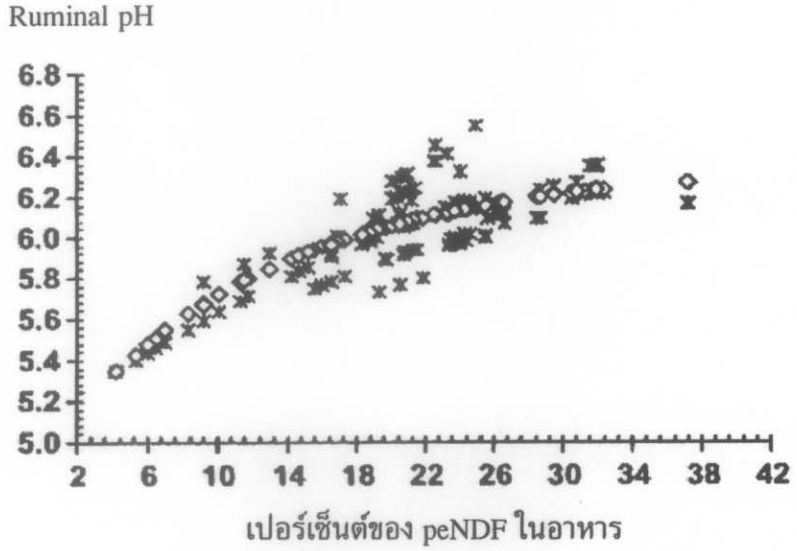
เนื่องจากเมื่อขนาดของอาหารหยาบลดลง ทำให้อาหารไหลผ่านออกจากกระเพาะรูเมนเร็วขึ้น และส่งผลต่อปริมาณการกินได้ที่เพิ่มขึ้น (Allen, 2000) แต่ Einarson et al. (2004) รายงานว่า โคนมที่ได้รับอาหารข้นสูง ๆ (58 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร) มีปริมาณการกินได้เพิ่มขึ้น ก็ต่อเมื่อได้รับอาหารหยาบขนาดที่เหมาะสม

นอกจากนี้อาหารที่มี peNDF สูงขึ้น ส่งผลให้มีการย่อยได้ของวัตถุแห้ง, อินทรียวัตถุ เยื่อใย NDF และ ADF ตลอดทางเดินอาหาร มีค่าเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง (Yang and Beauchemin, 2005) สอดคล้องกับ Zebeli et al. (2006) รายงานว่า ปริมาณการย่อยได้ของเยื่อใย NDF และ ADF เพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง เมื่ออาหารทดลองมี peNDF และเยื่อใย NDF สูงขึ้น เนื่องจากการเพิ่ม peNDF ในสูตรอาหารผสมสำเร็จอาจส่งผลให้มีการเคี้ยวเอื้อง และค่าความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะรูเมนเพิ่มสูงขึ้น แต่ค่าที่ได้อยู่ในระดับที่เหมาะสม โดยเกิดการหลั่งน้ำลายออกมาเพื่อป้องกันไม่ให้ความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะรูเมนลดลง จนถึงระดับที่ผิดปกติระหว่างที่มีการกินอาหาร (Beauchemin, 2000) เป็นผลให้สภาวะแวดล้อมภายในกระเพาะรูเมนมีความเหมาะสม (pH = 6.0-7.0) ต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใย (cellulolytic bacteria) เป็นผลให้จุลินทรีย์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้แบคทีเรียที่ย่อยเยื่อใยทำงานลดลงเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะรูเมนลดต่ำกว่า 6.0 ดังนั้น สัตว์มีการกินได้และการย่อยได้สูงขึ้น เมื่อมี peNDF ในอาหารที่เหมาะสม

2.13.2 ผลของ peNDF ต่อการเคี้ยวอาหารและความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน

การเคี้ยว (chewing activity) ของโคนมมีความสำคัญในการประมาณความต้องการอาหารเยื่อใยในสูตรอาหาร โดยดูจากการเคี้ยววัตถุดิบอาหารสัตว์ หรือดูความสัมพันธ์กับการรักษาเปอร์เซ็นต์ไขมันนมให้คงที่ (Mertens, 2000) ซึ่ง Mertens (1997) รายงานว่า สำหรับแม่โคที่รักษาระดับไขมันในน้ำนมที่ 3.6 เปอร์เซ็นต์ ควรมีเวลาในการเคี้ยวอาหาร 744 นาทีต่อวัน หรือ 36.1 นาทีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้งของอาหาร หรือ De Brabander et al. (2002) รายงานว่า โคต้องใช้เวลาในการเคี้ยวหญ้า 59 ถึง 72.8 นาทีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง เพื่อป้องกันโรคที่เกิดจากความผิดปกติของกระเพาะรูเมน (ruminal disorder) และเพื่อป้องกันไม่ให้ไขมันนมลดลง ดังนั้น ถ้าอาหารมี peNDF สูงขึ้น ทำให้เวลาในการกินอาหาร (นาทีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้งของอาหาร) และจำนวนการเคี้ยวอาหาร (ต่อกิโลกรัมของการกินได้) เพิ่มขึ้น และพบว่าอัตราเคี้ยวอาหาร (จำนวนครั้งในการเคี้ยวต่อนาที) เพิ่มขึ้น จาก 54.4 เป็น 58.2 และ 61.9 ในหญ้าหมักที่มีขนาดเล็ก กลาง และยาว ตามลำดับ (Beauchemin and Yang, 2005) สอดคล้องกับ Kononoff and Heinrichs (2003b) รายงานว่า เวลาในการเคี้ยวอาหารเพิ่มขึ้น เมื่ออาหารมีความยาวมากขึ้น อาจเนื่องจากโคนมได้รับ peNDF ในอาหารเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้มีการเคี้ยวเอื้องที่บ่อยขึ้นนั่นเอง ซึ่งการเคี้ยวอาหารที่นานขึ้น อาจเป็นผลมาจากมีการเคี้ยวเอื้องที่มากขึ้นอย่างเดียว หรืออาจมีการเคี้ยวเอื้องร่วมกับการเคี้ยวอาหารร่วมด้วย

สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสม มีหน้าที่ช่วยให้การย่อย การดูดซึมโภชนะ และสามารถช่วยลดคาร์บอนไดอ๊อกไซด์จากของเหลวภายในกระเพาะรูเมนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Kohn, 2000) นอกจากนี้ ความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะรูเมน มีความสำคัญในการประมาณเยื่อใยในอาหารโคนมด้วย (Zebeli et al., 2006) ซึ่ง Beauchemin et al. (2003) รายงานว่าอาหารที่มี peNDF ที่สูง ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะรูเมนเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้มีการเคี้ยวเอื้องนานขึ้น เนื่องจากเมื่อมี peNDF ในอาหารเพิ่มขึ้น ทำให้มีการเคี้ยวเอื้อง และการหลั่งน้ำลายเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้น (Beauchemin and Yang, 2005) ดังภาพที่ 2.2

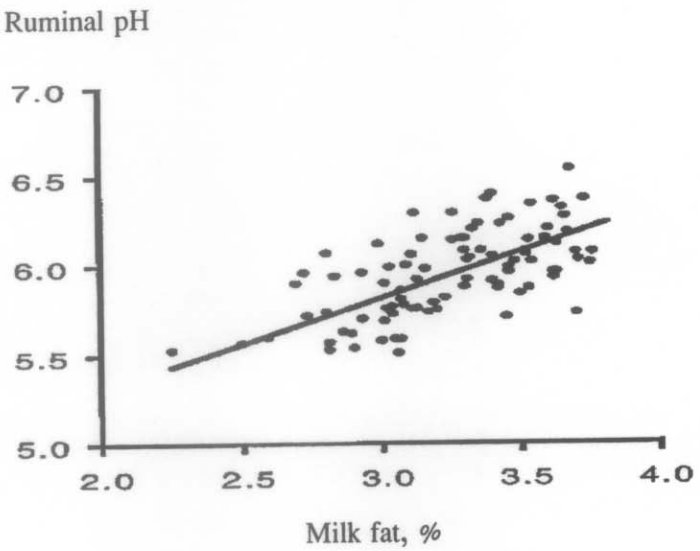


ภาพที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด-ด่างในรูเมน และ peNDF ในอาหาร
ที่มา: ดัดแปลงจาก Zebeli et al. (2006)

จากภาพที่ 2.2 พบว่าเมื่อ peNDF ในอาหารเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะรูเมน มีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย ส่วนใหญ่แล้ว peNDF ในอาหารประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะรูเมนมากกว่า 6.2 สอดคล้องกับ Pitt et al. (1996) ทดลองให้แกะได้รับหญ้าในปริมาณที่สูง พบว่ามีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะรูเมนสูงขึ้น (ประมาณ 6.4) ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของจุลินทรีย์ที่ย่อยเซลลูโลส (pH 6.0-6.8) (ฉลอง, 2541) และ NRC (2001) รายงานว่าอาหารที่มี peNDF 22 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง สามารถรักษาระดับความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะรูเมนให้อยู่ในระดับเฉลี่ยเท่ากับ 5 ได้

2.13.3 ผลของ peNDF ในอาหารต่อผลผลิตและองค์ประกอบในน้ำนม

ค่า peNDF ในอาหาร มีผลกระทบต่อผลผลิตน้ำนมน้อยที่สุด (Zebeli et al., 2006; Yang and Beauchemin, 2006) เมื่อเทียบกับเวลาการเคี้ยวอาหาร, ค่าความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะรูเมน, การย่อยและการกินอาหาร เป็นต้น อาจเนื่องจากในแต่ละงานทดลองใช้โคนมจำนวนน้อยตัว และระยะเวลาทำการทดลองที่สั้น ทำให้เห็นผลของผลผลิตน้ำนมไม่ชัดเจน อย่างไรก็ตาม เมื่ออาหารมี peNDF เพิ่มสูงขึ้น เป็นผลให้ผลผลิตน้ำนมลดลง สอดคล้องกับ Firkins et al. (2001) รายงานว่า ผลผลิตน้ำนมมีความสัมพันธ์ทางลบกับเยื่อใย NDF ในอาหาร แต่เยื่อใย NDF มีผลทางบวกต่อเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนม คือ เมื่อโคนมได้รับอาหารหยาบในปริมาณที่สูง ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมเพิ่มมากขึ้น ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนม และความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน

ที่มา: Allen (1997)

ดังนั้น เมื่อไขมันในน้ำนมต่ำ แสดงว่าความเป็นกรดในกระเพาะรูเมนมีค่าสูงขึ้น ส่งผลให้สัดส่วนระหว่างกรดอะซิติคต่อกรดโพรพิโอนิคต่ำตามไปด้วย (Yang and Beauchemin, 2005) เป็นผลมาจากสัตว์ได้รับอาหารที่มีเยื่อใย NDF ที่ต่ำ และมีการย่อยเยื่อใย NDF ในกระเพาะรูเมนต่ำตามไปด้วย สอดคล้องกับ Beauchemin and Rode (1997) รายงานว่า ไขมันในน้ำนมมีปริมาณลดลง เมื่อโคได้รับอาหารเยื่อใย NDF ต่ำกว่าความต้องการของร่างกาย ดังนั้น NRC (2001) กำหนดว่า peNDF ควรมีค่าประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร จึงสามารถคงระดับไขมันในน้ำนมที่ 3.4 เปอร์เซ็นต์ ในโคที่ให้นมในระยะแรกถึงระยะกลางของการให้น้ำนม หรือใน

อาหารควรมีเยื่อใย NDF ประมาณ 31.1 เปอร์เซ็นต์ และในหญ้าควรมีเยื่อใย NDF ประมาณ 21.9 เปอร์เซ็นต์ จึงเพียงพอต่อความต้องการต่ำสุดของโคที่ให้นมได้

2.14 แหล่งของเยื่อใยที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์ (non forage fiber source; NFFS)

เป็นแหล่งเยื่อใยอีกประเภทหนึ่งที่ไม่ได้อยู่ในกลุ่มพืชอาหารสัตว์ แต่เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการเกษตรทั่วไป ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวพืชในฤดูกาลต่างๆ เช่น ฟางข้าว ต้นข้าวโพด ยอดอ้อย เปลือกฝักถั่วเหลือง กากเบียร์ รำจากถั่วเหลือง และกากเมล็ดข้าวโพด เป็นต้น รวมทั้งสิ่งเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรม ก็สามารถนำมาเป็นแหล่งเยื่อใยได้ โดย Pereira et al. (1999) กล่าวว่า แหล่งเยื่อใยที่ไม่ได้มาจากพืชอาหารสัตว์ อาจเป็นผลพลอยได้จากผลผลิตพืชที่เหลือจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีการสกัดแป้งและน้ำตาล หรือโภชนะอื่นๆ ที่ไม่ใช่เยื่อใยออกไป จึงมีเยื่อใยเหลืออยู่เหมือนกับพืชอาหารสัตว์ แต่มีขนาดเล็กเหมือนกับอาหารข้น

พบว่า NFFS มี NE_L และเปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหารระดับปานกลาง จึงอาจใช้เป็นอาหารข้นในสูตรอาหารได้ (NRC, 1989; Stern and Zeimer, 1995) ดังนั้น ในปัจจุบันจึงให้ความสำคัญกับ NFFS เพิ่มสูงขึ้น โดยมีการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร มาใช้ทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์ในสูตรอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจากว่าวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเหล่านี้ เป็นแหล่งพลังงาน และโปรตีน รวมทั้งมีเยื่อใยเป็นส่วนประกอบอยู่สูง (Bava et al., 2001) โดยเยื่อใยของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร มีความแตกต่างทั้งด้านกายภาพ และด้านเคมี เมื่อเทียบกับพืชอาหารสัตว์ (Zhu et al., 1997) คือ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมีปริมาณเยื่อใย NDF สูง แต่มีลิกนินที่ต่ำ (Grant, 2000b) อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการทดแทนพืชอาหารสัตว์ด้วยวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ไม่มีผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน หรือทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมผิดปกติ (Zhu et al., 1997; Grant, 1997)

โดยทั่วไปแหล่งอาหารหยาบจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร นิยมนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้ง (กุมภาพันธ์-เมษายน) ซึ่งเป็นช่วงหลังฤดูเก็บเกี่ยวผลผลิต จึงทำให้มีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเหลือเป็นจำนวนมาก แต่ถ้าผู้เลี้ยงโคนมมีการวางแผน และการจัดการอย่างดี รวมทั้งมีการใช้ผลพลอยได้ทางการเกษตร และส่วนที่เหลือทิ้งจากโรงงาน ให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกัน ทำให้เกษตรกรสามารถนำแหล่งอาหารหยาบเหล่านี้ มาใช้เลี้ยงโคทั้งในฤดูฝนและในฤดูแล้ง หรือเก็บไว้ใช้เลี้ยงโคนมตลอดทั้งปีได้ ส่วนใหญ่แล้วเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมนิยมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาทดแทนพืชอาหารสัตว์ เนื่องจากพืชอาหารสัตว์มีราคาแพง หาได้ยาก เก็บรักษาลำบาก และค่าขนส่งมีราคาสูง เป็นต้น รวมทั้งในแต่ละปีมีวัสดุเหลือใช้ และผลพลอยได้ทางการเกษตรเหลือเป็นจำนวนมาก และไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์มากนัก (ตารางที่ 2.6) ส่งผลให้มีราคาที่ถูกกว่า เมื่อเทียบกับพืชอาหารสัตว์ ดังนั้น จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของเกษตรกรที่เลี้ยงโคนม ที่จะนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเหล่านี้มาใช้กันมากขึ้น เพื่อลดปัญหาต่างๆ ของพืชอาหารสัตว์

ตารางที่ 2.6 แสดงชนิดและปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

ชนิดพืช	ผลผลิตในปี 2545/2546 (ตัน)	ชนิดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	ปริมาณของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (10^6 ตัน)	สัดส่วนของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อผลผลิตพืช
อ้อย	74,258	ชานอ้อย	0.21	0.29
		ยอดอ้อย	21.8	0.30
ข้าว	26,057	แกลบ	2.70	0.23
		ฟางข้าว	9.15	0.45
ข้าวโพด	4,230	ซังข้าวโพด	0.66	0.27
มันสำปะหลัง	16,868	ลำต้น	1.06	0.09
		หัวมัน	8.10	0.49
ปาล์มน้ำมัน	4,001	ลำต้น	1.00	0.43
		เยื่อใย	0.078	0.15
		กะลา	0.008	0.05
มะพร้าว	1,418	กาก	0.30	0.36
		กะลา	0.08	0.16
		ลำต้น	0.06	0.05
ถั่วเหลือง	260	ลำต้น, เปลือกฝัก	0.53	2.66
รวม (ล้านตัน)			45.8	

ที่มา: ดัดแปลงจาก Suwannakhanthi (2004)

2.15 ความสัมพันธ์ระหว่างอาหารเยื่อใยกับอาหารเยื่อใยที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์

เมื่อนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาเป็นแหล่งเยื่อใยในสัดส่วนที่มากในสูตรอาหาร ทำให้การย่อยเยื่อใย และการเคี้ยวเอื้องลดลง เพราะว่าวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเหล่านี้มีเยื่อใยที่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าพืชอาหารสัตว์ทั่วๆ ไป เนื่องจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมีขนาดเล็กไม่เหมือนกับพืชอาหารสัตว์ หรืออาหารหยาบชนิดอื่นๆ ที่สามารถอยู่ในกระเพาะรูเมนได้นานกว่า (Firkins, 1995) สอดคล้องกับ Weidner and Grant (1994) ได้ทดแทนหญ้าหมักด้วยเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง (soy hull) 25 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร พบว่า เมื่อขนาดของอาหารลดลง 25 เปอร์เซ็นต์ เป็นผลให้การเคี้ยวเอื้องลดลงครึ่งหนึ่ง ดังนั้น ในการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบ ควรคำนึงถึงชนิด ปริมาณ และประสิทธิภาพของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดนั้นๆ ด้วย เช่น โคนมในระยะกลางและท้ายของการให้น้ำนม ควรใช้เปลือกเมล็ด

ถั่วเหลือง ประมาณ 20 ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร แต่โคที่มีระยะให้น้ำนมต่ำกว่า 28 วัน ไม่ควรใช้ เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งอาหารหยาบในสูตรอาหาร

สำหรับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกระตุ้นการเคี้ยวเอื้อง โดยเทียบจากหญ้าที่มีเยื่อใย NDF 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า NFFS เช่น เปลือกเมล็ดถั่วเหลือง มีประสิทธิภาพ 20 เปอร์เซ็นต์, กากเมล็ดฝ้าย มีประสิทธิภาพ 85 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น สามารถนำ NFFS มาใช้ทดแทนเยื่อใยจากพืชอาหารสัตว์ได้บางส่วน (สมบัติ, 2545) โดยทั่วไป NFFS มีเยื่อใย NDF เป็นส่วนประกอบต่ำกว่า 40 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ (Stern and Zeimer, 1993) และ NFFS มีการย่อยเยื่อใย NDF ได้สูงกว่าพืชอาหารสัตว์ (Bhatti and Firkins, 1995) แต่เมื่อมีการใช้ NFFS รวมกับพืชอาหารสัตว์อาจทำให้มีการย่อยเยื่อใย NDF ได้ดีขึ้น (Pantaja et al., 1994) โดยการใช้ NFFS ในสูตรอาหารในระดับที่สูงขึ้น อาจมีเยื่อใยที่มีประสิทธิภาพไม่เหมาะสม แต่เมื่อใช้ร่วมกับพืชอาหารสัตว์สามารถเพิ่มศักยภาพในการผลิตน้ำนมได้ (Harmison et al., 1997)

ในขณะที่ Weidner and Grant (1994) พบว่าความสามารถในการย่อยสลายของเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น เมื่อสูตรอาหารมีการเพิ่มพืชอาหารหยาบ สอดคล้องกับ วุฒิชัย (2541) และ Mertens (1995) รายงานว่าอาหารหยาบขนาดที่เหมาะสม จะเพิ่มเวลาในการพักตัว (retention time; RT) ของของแข็งในกระเพาะรูเมน และอาหารเกิดการประสานตัวภายในกระเพาะรูเมนดีขึ้น ทำให้มีการย่อยได้ของ NFFS อย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม การนำ NFFS มาใช้ร่วมกับพืชอาหารสัตว์ให้มีระดับที่เหมาะสมต้องขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิด หรือประเภทของ NFFS หรือของพืชอาหารสัตว์ ความเหมาะสม และสัดส่วนที่พอเหมาะ เป็นต้น แต่ถ้าสัดส่วนระหว่างพืชอาหารสัตว์ และ NFFS มีความเหมาะสมกัน สามารถส่งผลให้มีการตอบสนองดีที่สุด

2.16 ระบบการให้อาหารโคนม

ปัจจุบันการให้อาหารโคนมแบ่งออกเป็น 2 ระบบใหญ่ คือ

2.16.1 การให้อาหารแบบแยกให้ (separate feeding; SF)

เป็นระบบการเลี้ยงโคแบบดั้งเดิม เป็นการแยกให้ระหว่างอาหารหยาบและอาหารข้น เช่น ในการเลี้ยงโคนมที่ให้อาหารหยาบตลอดทั้งวันแบบให้กินเต็มที่ และให้อาหารข้นเสริมวันละ 1-2 ครั้งต่อตัวต่อวัน ขณะรีดนม เป็นต้น (ไม่ปรากฏชื่อผู้แต่ง, 2545) หรืออาจมีการให้อาหารข้นแบบจำกัด หรือให้ตามปริมาณการให้น้ำนม เช่น ให้อาหารข้น 1 กิโลกรัม ต่อผลผลิตน้ำนม 2 กิโลกรัม เป็นต้น สำหรับการให้อาหารหยาบนั้น พบว่า จำนวนครั้ง และช่วงเวลาในการให้อาหาร อาจส่งผลต่อการนำใช้ของโภชนะในโคนมได้ แต่ถ้ามีการจัดการให้อาหารที่ดีอาจเพิ่มผลผลิตน้ำนม และโคมีสุขภาพดีได้ เช่น เพิ่มความถี่ในการให้อาหารหยาบ เพราะอาหารที่สดและใหม่สามารถกระตุ้นให้โคกินอาหารเพิ่มสูงขึ้น และทำให้ความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะรูเมนอยู่ในสภาวะที่เหมาะสม และที่สำคัญ คือ ลำดับในการให้อาหารแบบแยกให้ ควรให้อาหารหยาบก่อน แล้วตามด้วยอาหารข้นทันที เพื่อให้มีการนำโภชนะไปใช้ได้อย่างต่อเนื่อง

สำหรับสัดส่วนของอาหารข้น ส่วนใหญ่คำนวณตามความต้องการของโคนมในแต่ละระยะการให้ผลิต และปริมาณการให้น้ำนมของโคนม

2.16.2 การให้อาหารผสมสำเร็จหรืออาหารผสมครบส่วน (total mixed ration, TMR หรือ complete ration, CR)

อาหารผสมสำเร็จเกิดจากการนำเอาอาหารหยาบและอาหารข้นมาผสมกัน ในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยต้องคำนวณสัดส่วนของอาหารทั้ง 2 ชนิด จากน้ำหนักแห้ง ตามความต้องการของโค แล้วจึงนำไปเลี้ยงโคนม-โคเนื้อ (ไม่ปรากฏชื่อผู้แต่ง, 2545) หรือสูตรอาหารผสมสำเร็จ คือ การนำอาหารหยาบและอาหารข้นมาผสมรวมกัน โดยมีพลังงาน โปรตีน แร่ธาตุ และวิตามินครบถ้วน เหมาะสมต่อความต้องการของสัตว์ (บุญล้อมและคณะ, 2545) และมีเกษตรกรบางพื้นที่มักประสบปัญหาในการจัดการด้านอาหารข้นและอาหารหยาบ จึงมีการใช้วิธีการให้อาหารผสมสำเร็จ หรืออาหารผสมครบส่วนกันมาก ดังนั้น จึงมีบริษัทที่ผลิตอาหารผสมสำเร็จออกมาขายกันเป็นจำนวนมาก ทั้งในรูปอาหารผสมสำเร็จอัดเม็ด อาหารผสมสำเร็จแบบผง หรืออาหารผสมสำเร็จแบบหมัก เป็นต้น (ฉลองและคณะ, 2540)

2.16.2.1 สัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นในสูตรอาหารผสมสำเร็จ

สำหรับในสูตรอาหารผสมสำเร็จ พบว่าสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นมีความสำคัญ เนื่องจากสัดส่วนทั้ง 2 ต้องขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ชนิด คุณภาพของวัตถุดิบอาหารสัตว์ แหล่งของอาหารหยาบ (ฉลองและคณะ, 2540; Hansen et al., 1991) สภาพร่างกายของสัตว์ ช่วงระยะการให้นม (Spahr et al., 1993) และสภาพทางเศรษฐกิจ (Rakes, 1969) นอกจากนี้ McLeod et al. (1983) ศึกษาการให้อาหารหยาบร่วมกับอาหารข้นในสูตรอาหารโคนม พบว่า เมื่อลดส่วนของอาหารหยาบลง ทำให้ปริมาณการผลิตน้ำนม โปรตีนน้ำนม และน้ำตาลในน้ำนมเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณไขมันในน้ำนมลดลง ตามสัดส่วนของอาหารหยาบที่ลดลง และ Anderson et al. (2002) รายงานว่า โคนมที่กำลังให้นมในช่วงระยะแรก เมื่อได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีระดับของอาหารข้นสูง (75 เปอร์เซ็นต์) ทำให้มีปริมาณการกินได้ของพลังงาน และการผลิตน้ำนมสูงกว่าสูตรอาหารที่มีระดับอาหารข้นต่ำ (25 เปอร์เซ็นต์) แต่ระดับของอาหารข้นที่สูง และมีอาหารหยาบที่ต่ำในสูตรอาหารผสมสำเร็จ ทำให้มีปริมาณไขมันในน้ำนมต่ำกว่าสูตรอาหารที่มีระดับของอาหารข้นต่ำและอาหารหยาบสูง มีค่าเท่ากับ 2.3 และ 3.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

นอกจากนี้ Hansen et al. (1991) รายงานว่า อัตราส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้น (60:40, 50:50 และ 40:60) ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง (โดยเฉลี่ย 20 กิโลกรัมต่อวัน) แต่เมื่อสัดส่วนของอาหารข้นเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณผลิตน้ำนมสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม Owen (1978) แนะนำว่า ระดับอาหารข้นและอาหารหยาบที่เหมาะสม คือ 50:50 หรือ 70:30 (Broster et al., 1981) แต่ เมธา (2538) รายงานว่า สัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้น ควรมีสัดส่วนที่เหมาะสม คือ 40-60 ต่อ 60-40 หรือมีระดับของอาหารหยาบอย่างน้อย 1.35

เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และเมื่อใช้อาหารหยาบที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร เป็นระดับที่ให้ผลผลิตน้ำนม และคุณภาพของน้ำนมในส่วนของไขมันและโปรตีนในน้ำนม รวมถึงอัตราส่วนของกรดอะซิติคต่อกรดโพรพิโอนิค มีประสิทธิภาพดีที่สุด อย่างไรก็ตาม สัดส่วนดังกล่าวไม่แน่นอน เนื่องจากต้องขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ดังนั้น จึงอาจทำตามคำแนะนำของ NRC (1988) คือ ในอาหารของโคนม อาหารหยาบควรมีเยื่อใย NDF 25-28 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใย ADF 19-21 เปอร์เซ็นต์

2.16.2.2 ความถี่ของการให้อาหารผสมสำเร็จ

ความถี่ในการให้อาหาร มีความสำคัญอีกประการหนึ่งสำหรับอาหารผสมสำเร็จ โดย Gibson (1984) รายงานว่า เมื่อเพิ่มความถี่ในการให้อาหารจาก 4 ครั้งต่อวัน หรือมากกว่าเปรียบเทียบกับการให้อาหาร 1 หรือ 2 ครั้งต่อวัน พบว่าผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้น 2.7 เปอร์เซ็นต์ และไขมันนมเพิ่มขึ้น 7.3 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ Shabi et al. (1999) และ Le Liboux and Peyrand (1999) รายงานว่า เมื่อให้สูตรอาหารผสมสำเร็จเพิ่มขึ้นจาก 1 เป็น 2 และ 4 เป็น 6 ครั้งต่อวัน พบว่า ปริมาณการกินได้เพิ่มสูงขึ้นตามจำนวนครั้งที่ให้อาหาร สำหรับการศึกษาของ Shabi et al. (1999) พบว่า การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และเยื่อใย NDF มีค่าลดลงเมื่อให้อาหารน้อยครั้งต่อวัน สอดคล้องกับ Dhiman et al. (2002) รายงานว่า การย่อยเยื่อใย NDF ลดลง 19 เปอร์เซ็นต์ เมื่อให้สูตรอาหารผสมสำเร็จครั้งเดียวต่อวัน โดยเปรียบเทียบกับการให้สูตรอาหารผสมสำเร็จ 4 ครั้งต่อวัน และ Kudrna et al. (2001) รายงานว่า ในช่วงฤดูแล้งเมื่อให้อาหาร 3 ครั้งต่อวัน มีปริมาณการกินได้สูงกว่าการให้อาหารสองครั้งต่อวัน ($P<0.05$)

จากรายงานข้างต้นเมื่อเพิ่มความถี่ในการให้อาหาร เป็นผลให้โคได้รับอาหารที่สดและใหม่ เป็นการกระตุ้นให้มีการกินอาหารเพิ่มมากขึ้น ทำให้การผลิตน้ำนมเพิ่มสูงขึ้น เพราะว่าผลผลิตน้ำนมมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาในการกินอาหาร นอกจากนี้ ความถี่ในการให้อาหารมีความสัมพันธ์กับความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะรูเมนในระหว่างกินอาหารด้วย คือ เมื่อเพิ่มความถี่ในการให้อาหารเป็นผลให้ความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะรูเมนในระหว่างการกินอาหารเพิ่มสูงขึ้น (Shabi et al., 1999) เพราะว่าการกินอาหารหยาบที่สูงขึ้น ทำให้การเคี้ยวเอื้องสูงขึ้น จึงทำให้มีการหลั่งน้ำลายออกมามาก ซึ่งน้ำลายที่หลั่งออกมา ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ ช่วยรักษาสภาวะแวดล้อมภายในกระเพาะรูเมน ทำให้มีความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ และลดปัจจัยในการเกิดภาวะความเป็นกรดในกระเพาะรูเมนได้ อย่างไรก็ตาม ความถี่ในการให้อาหารควรอยู่ในระดับที่พอเหมาะ เพื่อลดต้นทุนการผลิตโคนมในด้านอาหาร แรงงาน และการจัดการ เพื่อให้เกิดผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุด