# บทที่ 2
# ตรวจเอกสาร

## 2.1 สถานการณ์และแนวโน้มในการผลิตโคนม

อาชีพการเลี้ยงโคนมเป็นอาชีพหนึ่งที่น่าสนใจสามารถสร้างงานและรายได้ให้แก่เกษตรกร การเลี้ยงโคนมในประเทศไทยเริ่มขึ้นเมื่อประมาณ พ.ศ. 2450 โดยชาวอินเดียที่อาศัยอยู่ในประเทศไทย และเริ่มเลี้ยงกันในสถาบันการศึกษาทางการเกษตรและหน่วยราชการที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร โดยได้มีการนำโคนมพันธุ์ต่างประเทศเข้ามาเพื่อทดลองเลี้ยง และขยายพันธุ์ ภาคเอกชนเริ่มจัดตั้งฟาร์มโคนมเพิ่มขึ้น จำนวนโคนมในประเทศจึงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้รัฐบาลเห็นความสำคัญของการผลิตโคนมภายในประเทศ จึงได้กำหนดนโยบายส่งเสริมการผลิตน้ำนมไว้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ เพื่อเร่งรัดการผลิตน้ำนมให้ได้ตามเป้าหมาย

ปัจจุบันการเลี้ยงโคนมในประเทศไทยได้ขยายตัวมากขึ้น มีจำนวนเกษตรกรกว่า 20,568 ครัวเรือนที่ประกอบอาชีพนี้ และมีจำนวนโคนมทั้งหมด 412,804 ตัวทั่วประเทศ (ตารางที่ 2.1) ทั้งนี้เนื่องจากภาครัฐได้มีการรณรงค์ให้บริโภคนมตั้งแต่ พ.ศ. 2530-2540 เป็นต้นมา ทำให้ปริมาณการบริโภคนมพร้อมดื่มในปัจจุบันมีจำนวนมากกว่าการผลิตได้ภายในประเทศ สารกิจ (2546) ได้รายงานสถานการณ์การผลิตน้ำนมในประเทศไทย พบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม จำนวน 24,678 ครัวเรือน มีจำนวนโคนมทั้งสิ้น 374,648 ตัว เป็นแม่โครีดนม 189,948 ตัว สามารถผลิตน้ำนมดิบได้วันละ 1,956-2,005 ตัน โดยมีอัตราเพิ่มขึ้นปีละ 9.12 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการบริโภคนมพร้อมดื่ม 1.5-1.6 ล้านตันต่อปี เมื่อพิจารณาระดับการผลิตน้ำนมดิบภายในประเทศไม่เพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งใน พ.ศ. 2545 และ 2546 สามารถผลิตน้ำนมได้ 662,233.6 และ 731,922.9 ตัน ตามลำดับ ในพ.ศ. 2547 มีฟาร์มเลี้ยงโคนมในประเทศไทยทั้งหมด 23,439 ฟาร์ม มีจำนวน โคนมทั้งสิ้น 408,350 ตัว โดยมีแนวโน้มจำนวนฟาร์มลดลงจาก ปีพ.ศ. 2546 ที่มีฟาร์มโคนม 24,431 ฟาร์ม และโคนม 441,487 ตัว แต่ปริมาณการผลิตน้ำนมดิบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น คือ ในปีพ.ศ. 2547 ผลิตน้ำนมดิบได้ 746,644 ตัน เพิ่มจาก พ.ศ. 2546 ร้อยละ 2.0 โดยร้อยละ 97 ของน้ำนมดิบใช้ผลิตนมพร้อมดื่มที่เหลือร้อยละ 2.8 ใช้ผลิตเนยแข็ง และอื่น ๆ แสดงว่าน้ำนมดิบที่ผลิตได้มีปริมาณพอเพียงกับการใช้บริโภคใน พ.ศ. 2547 แต่มีการคาดการณ์ว่าในอนาคตการผลิตน้ำนมดิบจะมีแนวโน้มการขยายตัวทุก ๆปี ปีละร้อยละ 10 และขณะที่การบริโภคนมจะมีแนวโน้มขยายตัวปกติเฉลี่ยร้อยละ 3.5 (กองส่งเสริมการปศุสัตว์, 2544 อ้างถึงโดย ฉศก และณรงค์, 2549) อย่างไรก็ตาม กระทรวงเกษตร และสหกรณ์ได้กำหนดยุทธศาสตร์การผลิตโคนม โดยมีการพยากรณ์ปริมาณการผลิตน้ำนมดิบภายในประเทศในช่วง พ.ศ. 2547, 2548 และ 2549 ไว้ดังแสดงในตารางที่ 2.2 ทั้งนี้เงื่อนไขที่ใช้ในการพยากรณ์กำหนดว่า ปริมาณน้ำนมดิบที่ผลิตได้จะเพิ่มขึ้นปีละ 10 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่

ปริมาณการบริโภคนมพร้อมดื่มคาดว่าจะเพิ่มขึ้นปีละ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามที่คาดการณ์ในโครงการรณรงค์การบริโภคนม และจำนวนประชากรในพ.ศ. 2547, 2548 และ 2549 เป็น 64.5, 65.0 และ 65.5 ล้านคน (สำนักงานพัฒนาการปศุสัตว์และถ่ายทอดเทคโนโลยี, 2547 อ้างถึงโดย ฉลอง และคณะ, 2548) จะเห็นได้ว่าศักยภาพในการผลิตน้ำนมภายในประเทศมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุก ๆปี แต่ในขณะเดียวกัน จำนวนประชากรของประเทศก็มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 9 พ.ศ. 2545-2549 ได้กำหนด การเพิ่มปริมาณการผลิตน้ำนมของแม่โคเฉลี่ยทั้งประเทศจาก 10 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน เป็น 14 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ในพ.ศ. 2549 และพัฒนาเกษตรกรให้สามารถผลผลิตน้ำนมดิบที่มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ทั้งประเทศ (สารกิจ, 2546) และจากรายงานของกรมปศุสัตว์ (2550) รายงานว่า มูลค่าการนำเข้าผลิตภัณฑ์จากน้ำนมตั้งแต่เดือนมกราคม-เมษายน พ.ศ. 2550 มีมูลค่าสูงถึง 4,553,481,018 บาท ในขณะที่มีมูลค่าส่งออกผลิตภัณฑ์จากน้ำนมเพียง 1,377,571,244 บาท ดังนั้น ควรจะมีการพัฒนาในเรื่องของการให้ผลผลิตของน้ำนมเพิ่มขึ้น เพื่อให้มีปริมาณน้ำนมที่เพียงพอต่อความต้องการของประชากรภายในประเทศ

**ตารางที่ 2.1** สถิติโคนมในประเทศไทยแสดงเป็นรายภาคช่วง พ.ศ. 2540-2549

| พ.ศ. | ภาคกลาง | ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ | ภาคเหนือ | ภาคใต้ | รวมทั่วประเทศ |
|---|---|---|---|---|---|
| 2540 | 206,337 | 70,261 | 21,659 | 4,615 | 302,872 |
| 2541 | 192,200 | 74,460 | 24,504 | 4,259 | 295,423 |
| 2542 | 186,210 | 67,536 | 24,622 | 4,287 | 282,655 |
| 2543 | 204,822 | 68,596 | 29,908 | 4,541 | 307,927 |
| 2544 | 233,523 | 74,434 | 27,821 | 7,901 | 343,679 |
| 2545 | 248,667 | 74,807 | 28,956 | 6,010 | 358,440 |
| 2546 | 255,302 | 84,354 | 34,282 | 6,265 | 380,203 |
| 2547 | 285,520 | 82,021 | 32,468 | 8,341 | 408,350 |
| 2548 | 335,718 | 96,747 | 39,397 | 6,974 | 478,836 |
| 2549 | 280,289 | 96,853 | 28,956 | 6,706 | 412,804 |

ที่มา: กรมปศุสัตว์ (2549)

จากสถิติของกรมปศุสัตว์ใน พ.ศ. 2548 ปริมาณโคทั้งประเทศ มีอยู่จำนวน 8.27 ล้านตัว เฉลี่ยน้ำหนักตัวละ 300 กิโลกรัม จะต้องการใช้หญ้าสดถึงวันละ 248,253 ตัน คิดเป็นพื้นที่แปลงหญ้าจำนวน 7.55 ล้านไร่ ในขณะที่ผลการสำรวจพื้นที่ปลูกหญ้าใน พ.ศ. 2547 ประเทศไทยมีพื้นที่

ปลูกพืชอาหารสัตว์เพียง 1.38 ล้านไร่ และมีทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์สาธารณะ 2.93 ล้านไร่ รวมเป็นพื้นที่แปลงหญ้าทั้งหมด 4.31 ล้านไร่ ยังขาดแปลงหญ้าอีก 3.24 ล้านไร่ ในส่วนของการผลิตพืชอาหารสัตว์เพื่อรองรับการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องในประเทศไทยนั้น จากการสำรวจของกรมปศุสัตว์ใน พ.ศ. 2548 พบว่า ในปีเพาะปลูก 2548/2549 มีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น คือ มีเกษตรกรผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์พืชอาหารสัตว์ จำนวน 3,015 คน มีพื้นที่ทำการเพาะปลูกจำนวน 16,637 ไร่ เพิ่มจากปีเพาะปลูก 2547/2548 ที่มีเกษตรกรจำนวน 2,777 คน และมีพื้นที่ 12,248 ไร่ (กรมปศุสัตว์, 2548ค) (ตารางที่ 2.3)

ตารางที่ 2.2 ปริมาณผลผลิตน้ำนมดิบ และปริมาณการบริโภคน้ำนมดิบภายในประเทศไทยในช่วง พ.ศ. 2547-2549

| รายการ | พ.ศ. | | |
|---|---|---|---|
| | 2547 | 2548 | 2549 |
| ปริมาณผลผลิตน้ำนมดิบ, ตัน/ปี | 779,000 | 878,900 | 960,790 |
| ปริมาณการบริโภคน้ำนมดิบ, ตัน/ปี | 775,900 | 899,365 | 1,040,977 |
| ค่าเฉลี่ยการบริโภคน้ำนมดิบ, กิโลกรัม/คน/ปี | 12.03 | 13.83 | 15.90 |

ที่มา: สำนักงานพัฒนาการปศุสัตว์และถ่ายทอดเทคโนโลยี (2547 อ้างถึงโดย ฉลอง และคณะ, 2548)

กรมปศุสัตว์ได้ดำเนินตามภารกิจ และอำนาจหน้าที่ภายในกรอบโครงสร้างของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยจัดอยู่ในกลุ่มภารกิจด้านการพัฒนาการผลิต แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มเศรษฐกิจพอเพียง และการแข่งขันเชิงพาณิชย์ โดยมีผลการดำเนินงานที่สำคัญหลายด้าน ที่สำคัญคือ การวิจัยด้านพืชอาหารสัตว์พันธุ์ใหม่ ได้แก่ หญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้มถั่วคาวาลเคด และถั่วท่าพระสไตโล ซึ่งผลจากการวิจัยได้นำไปถ่ายทอด ส่งเสริมแก่เกษตรกรในการผลิตเสบียงอาหารสัตว์เพื่อจำหน่ายในกิจกรรมนาหญ้าฯ โครงการพัฒนาธุรกิจโคนมภายใต้งบกระตุ้นเศรษฐกิจ พ.ศ. 2545 (กรมปศุสัตว์, 2548ก) ในขณะที่ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการเกษตรเป็นพื้นฐาน มีการปลูกพืชไร่จำนวนมาก พืชไร่เศรษฐกิจที่สำคัญ เช่น ข้าว ข้าวโพด อ้อย และสับปะรด เป็นต้น โดยแต่ละปีหลังฤดูการเก็บเกี่ยวจะมีวัสดุเศษเหลือจากการปลูกพืชเหล่านี้เป็นจำนวนมาก ซึ่งบางชนิดมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการเกษตร และบางชนิดใช้เป็นอาหารสัตว์ โดยเฉพาะสัตว์เคี้ยวเอื้อง (โคเนื้อ โคนม กระบือ แพะ และแกะ) ที่มีความสามารถใช้เศษเหลือทางการเกษตร ที่มีลักษณะความเป็นเยื่อใยสูงให้เกิดประโยชน์ เช่น ฟางข้าว ต้นข้าวโพด ซังข้าวโพด ยอดอ้อย เปลือกสับปะรด เป็นต้น เกษตรกรจึงควรหันมาใช้วัสดุเศษเหลือทางการเกษตรที่มีในท้องถิ่นมาเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับโคนม เพื่อเป็นการลด

ต้นทุนค่าอาหาร ซึ่งการใช้เศษเหลือจากการปลูกพืชไร่สามารถให้ศักยภาพในการให้ผลผลิตไม่น้อยกว่าการใช้พืชอาหารสัตว์คุณภาพดี (เมธา, 2533; เมธา และฉลอง, 2533; ฉลอง และคณะ, 2540; ฉลอง, 2541; ปิ่น และเมธา, 2546; Chantalakhana, 1985)

ตารางที่ 2.3 สถิติพื้นที่ทำการเพาะปลูกและผลผลิตเมล็ดพันธุ์พืชอาหารสัตว์ (พ.ศ. 2548-2549)

| ชนิดพืชอาหารสัตว์ | พื้นที่ทำการเพาะปลูก (ไร่) | | ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ (กิโลกรัม) | |
|---|---|---|---|---|
| | 2548 | 2549 | 2548 | 2549 |
| หญ้ารูซี่, *Brachiaria ruziziensis* | 4,804 | 6,935 | 248,930 | 369,385 |
| หญ้ากินนีสีม่วง, *Panicum maximum* TD58 | 3,008 | 5,826 | 149,280 | 290,704 |
| หญ้าอะตราตั้ม, *Paspalum atratum*. Swallen | 1,000 | 1,488 | 60,325 | 74,570 |
| ถั่วฮามาต้า, *Stylosanthes hamata* cv. Verano | 366 | 589 | 20,000 | 46,675 |
| ถั่วท่าพระสไตโล, *Stylosanthes guianensis* CIAT184 | 122 | 57 | 12,200 | 5,700 |
| ถั่วคาวาลเคด, *Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade | 170 | 341 | 8,300 | 17,050 |
| หญ้าพลิแคทูลั่ม, *Paspalum plicatulum* | 28 | 183 | 1,400 | 9,110 |
| หญ้ามูลาโต้, *Brachiaria hybrid Mulato* | 2,750 | 1,218 | 56,600 | 25,068 |
| รวม | 12,248 | 16,637 | 559,035 | 838,262 |

ที่มา: กรมปศุสัตว์ (2548ค)

## 2.2 หลักการให้อาหารโคนม

หลักในการให้อาหารสำหรับสัตว์โดยทั่วไปแล้ว เพื่อให้สัตว์ได้แสดงสมรรถนะในด้านต่าง ๆ ตามพันธุกรรมได้ ในโคนมก็เช่นเดียวกัน การที่จะให้โคนมแสดงสมรรถนะได้ตามความต้องการนั้น จะต้องให้โคนมอยู่ในสภาพที่เหมาะสม ได้รับโภชนะครบตามความต้องการ ซึ่งผู้เลี้ยงจะต้องเข้าใจในหลักการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง กล่าวคือ นอกเหนือจากการให้อาหารที่มีโภชนะครบตามความต้องการแล้ว ต้องประกอบสูตรอาหารให้สอดคล้องกับความต้องการของจุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะรูเมน (rumen) ด้วย (สมคิด และบุญล้อม, 2540) โภชนะหลักของโคนมแบ่งออกได้ดังนี้ คือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามินและแร่ธาตุ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) บำรุงร่างกาย 2) เจริญเติบโต 3) ผลิตน้ำนม 4) เพื่อการเจริญเติบโตของลูกในท้อง ซึ่งแม่โคนมแต่ละตัวมีความแตกต่างกันของน้ำหนักตัว ปริมาณน้ำนม ทำให้มีความต้องการสารอาหารที่

แตกต่างกัน (ฉลอง, 2541) นอกจากนี้ในแม่โคตัวเดียวกัน ก็ยังมีความต้องการสารอาหารในแต่ละช่วงแตกต่างกันอีกด้วย ขึ้นอยู่กับ 1) สภาพของร่างกาย โคนมที่สามารถให้น้ำนมได้เต็มที่ สุขภาพของแม่โคจะต้องพร้อม ไม่ควรอ้วนหรือผอมจนเกินไป จึงมีความจำเป็นที่ต้องได้รับสารอาหารตามความต้องการ ทั้งนี้โคจะต้องใช้สารอาหารในการดำรงชีพและการเจริญเติบโตก่อน จึงจะนำไปใช้ในการสร้างน้ำนม 2) ช่วงระยะการให้นม วิโรจน์ (2546) ได้แนะนำการให้อาหารในแต่ละช่วงของการให้นม กล่าวคือในระยะแรกของการให้นม (early lactation) เป็นช่วงที่แม่โคให้น้ำนมมาก (peak production) มีความต้องการโภชนะมากขึ้นตามการให้น้ำนม แต่เนื่องจากการกินได้ลดลง ทำให้โคผอมและน้ำหนักตัวลดลง มีการใช้เนื้อเยื่อและไขมันที่สะสม (body reserve) มาผลิตเป็นน้ำนม ในระยะนี้เป็นช่วงที่แม่โคต้องการอาหารที่มีพลังงานสูงและมีการย่อยได้สูง ดังนั้น ควรให้อาหารที่มีคุณภาพดีให้โคกินอย่างเต็มที่ โดยมีสัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นเท่ากับ 40:60 ระยะกลางของการให้นม (mid lactation) ความต้องการอาหารในช่วงนี้เพื่อการดำรงชีพ (maintenance) เพื่อผลิตน้ำนม (milk production) เพื่อการตั้งท้อง (pregnancy) และเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว (liveweight gain) ถ้าเป็นโคสาวที่ให้นมครั้งแรก (first lactation) จะมีความต้องการอาหารสูงกว่าโคที่โตเต็มวัย 20-30 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากยังไม่หยุดการเจริญเติบโต อัตราส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้น 50:50 ระยะปลายการให้นม (late lactation) โคในระยะนี้จะอ้วนขึ้นจากขนาดของลูกในท้อง และความสามารถในสะสมอาหารไว้ในร่างกายมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โคมีความต้องการจากแหล่งอาหารหยาบเป็นหลักสัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นเท่ากับ 60:40

ฉลอง และคณะ (2540) รายงานว่า สัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นไม่มีความแน่นอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและคุณภาพของวัตถุดิบอาหารสัตว์ อย่างไรก็ตาม สัดส่วนของอาหารข้นในสูตรอาหารสูงถึง 60-70 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหาร สามารถเพิ่มผลผลิตน้ำนม และปริมาณการกินได้สำหรับโคนมที่ให้นมในช่วงแรกของการให้นม อย่างไรก็ตาม การให้อาหารข้นสูงจะมีผลทำให้ระดับไขมันในน้ำนมลดลง (Broster et al., 1969, cited after McLeod et al., 1983)

## 2.3 ความสำคัญและชนิดของอาหารโคนม

อาหารโคนมนับว่าเป็นปัจจัยหลักที่มีความสำคัญ และมีอิทธิพลต่อผลตอบแทนทางเศรษฐกิจและกระบวนการผลิตน้ำนม เพราะการผลิตน้ำนมให้ได้ปริมาณสูงและมีคุณภาพดีนั้น ผู้เลี้ยงต้องมีความเข้าใจและมีประสบการณ์เป็นอย่างดีในการให้อาหาร อันจะนำไปสู่ผลตอบแทนที่ดีทั้งในระยะสั้นและระยะยาวของผู้เลี้ยงโคนม (เมธา, 2533; ปิ่น และเมธา, 2546 อ้างถึงโดย ฉลอง และคณะ, 2548) นอกเหนือจากการที่ได้สัตว์พันธุ์ดี และมีการจัดการด้านต่าง ๆอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ความสำคัญในการจัดการด้านอาหารสัตว์ ตั้งแต่แรกเกิดจนถึงช่วงเจริญเติบโตเต็มที่ จะมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของสัตว์แต่ละตัว อาหารโคนมหรือสัตว์เคี้ยวเอื้องทั่วไปประกอบด้วย 2 ส่วน คือ อาหารหยาบ

(roughage) และอาหารข้น (concentrate) ทั้งนี้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดทั้งปริมาณการผลิตและคุณภาพน้ำนม โคนมจะต้องได้รับอาหารหยาบและอาหารข้นอย่างถูกต้องทั้งปริมาณ สัดส่วน และมีคุณค่าทางโภชนาการอย่างเพียงพอต่อความต้องการ เพื่อใช้ในการดำรงชีพและการให้ผลผลิต (เมธา และฉลอง, 2533; เมธา, 2538; ฉลอง, 2541)

2.3.1 อาหารหยาบ

อาหารหยาบหรืออาหารเยื่อใยที่สำคัญ ได้แก่ พืชอาหารสัตว์ (บุญฤา, 2536) และเศษเหลือทางการเกษตร (crop residues) (เมธา, 2533) นับว่ามีความสำคัญยิ่งต่อประสิทธิภาพการผลิตโคนม ถือว่าเป็นอาหารพื้นฐานจำเป็นอย่างยิ่งที่โคนมต้องได้รับอย่างเพียงพอทั้งปริมาณและคุณภาพ เพื่อให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนนำไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการหมัก (fermentation) ให้ได้ผลผลิตสุดท้าย (end products) คือ กรดไขมันที่ระเหยได้ง่าย (volatile fatty acids; VFA) ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญที่สุดสำหรับโคนม ตลอดจนการกระตุ้นกิจกรรมการเคี้ยวเอื้อง (เมธา, 2538; Preston and Leng, 1987) เมธา (2533) ฉลอง (2541) Linn et al. (1996) และ Van Soest (1982) รายงานว่า อาหารหยาบหรืออาหารประเภทเยื่อใยประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้าง (structural carbohydrate; SC) ได้แก่ เซลลูโลส (cellulose) เฮไมเซลลูโลส (hemicellulose) และลิกนิน (lignin) เรียกรวมกันว่า ผนังเซลล์ (cell wall) Jung and Allen (1995) พบว่า ลิกนินจะมีการพัฒนามากขึ้นตามสัดส่วนของผนังเซลล์ชั้นแรก (primary cell wall) ของพืช ซึ่งเกี่ยวข้องกับความสามารถในการย่อยได้ของเยื่อใย สัตว์เคี้ยวเอื้องควรได้รับอาหารหยาบอย่างน้อย 15 ส่วนใน 100 ส่วน และอาหารหยาบถือว่าเป็นแหล่งพลังงานราคาถูกสำหรับโคนมที่ได้มาจากพืชอาหารสัตว์ และเศษเหลือหรือผลพลอยได้ทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว ซังข้าวโพด ต้นข้าวโพด และยอดอ้อย เป็นต้น

2.3.2 อาหารข้น

อาหารข้นหรืออาหารผสม (ทั้งอัดเม็ดและไม่อัดเม็ด) ได้แก่ วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีเยื่อใยน้อยกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ หรือมีเยื่อใย NDF ต่ำกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ นำมาผสมรวมกันตามสัดส่วนที่เหมาะสม อาหารข้นถือว่าเป็นอาหารเสริมที่เป็นแหล่งของพลังงาน โปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุ เพื่อให้สัตว์ได้รับโภชนะอย่างเพียงพอต่อความต้องการ สำหรับใช้ในการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิต ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีพลังงานและโปรตีนสูงมาประกอบรวมกัน โดยจัดสัดส่วนให้เหมาะสมกับตามความต้องการของสัตว์ (ฉลอง, 2541)

## 2.4 รูปแบบการให้อาหารโคนม

รูปแบบการให้อาหารโคนมนับว่ามีความสำคัญอย่างมาก ทั้งนี้เพราะการจัดการรูปแบบการให้อาหารนอกจากจะทำให้เกิดความสะดวกในการจัดการแล้ว ยังทำให้โคนมสามารถแสดงศักยภาพการให้ผลผลิตสูงสุด ซึ่งรูปแบบการให้อาหารสามารถแบ่งออกได้ดังนี้ (เมธา และฉลอง, 2533; สมคิด, 2539)

2.4.1 การให้อาหารแบบนำ (lead feeding)

ระบบนี้เป็นการให้อาหารข้นในระดับสูง เริ่มตั้งแต่ระยะแห้งนม (dry period) โดยเฉพาะในช่วง 2 สัปดาห์ก่อนคลอด โดยเริ่มให้ในปริมาณ 2-2.5 กิโลกรัมต่อวันก่อนคลอด และค่อย ๆ เพิ่มให้ได้รับประมาณ 8 กิโลกรัมต่อวันเมื่อคลอด นอกจากจะช่วยให้โคได้รับโภชนะที่เพียงพอต่อการให้นมในช่วงต้นของการให้นมแล้ว ยังเป็นการให้โคนมปรับตัวกับอาหารข้นช่วงก่อนคลอดอีกด้วย

2.4.2 ให้อาหารแบบท้าทาย (challenge feeding)

ระบบนี้เป็นการให้อาหารข้นเพิ่มพิเศษให้แม่โคที่อยู่ในระยะการให้นม ซึ่งเริ่มประมาณ 2 สัปดาห์ก่อนคลอด โดยให้ได้รับอาหารหยาบ 1-2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และให้อาหารข้นแบบเต็มที่ไปถึงช่วงการให้นมสูงสุด (peak) เพื่อให้โคผลิตน้ำนมตามศักยภาพที่พันธุกรรมกำหนด และมีการคัดโคที่อ้วนเกินไปออกจากฝูง หลังจากผ่านระยะสูงสุดของการให้นมแล้ว การให้อาหารข้นจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักตัวและผลผลิตน้ำนมจนถึงช่วงแห้งนม

2.4.3 การให้อาหารแบบกลุ่ม (group feeding)

การให้อาหารแบบนี้เป็นระบบการให้อาหารโคนมที่มีฝูงขนาดใหญ่ การให้อาหารแบบกลุ่มจะมีการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารได้ไม่มาก แต่มีผลในแง่การประหยัดแรงงานและสะดวกในการจัดการ โดยโคจะถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มดังนี้ กลุ่มที่ให้ผลผลิตสูง กลุ่มที่ให้ผลผลิตปานกลาง กลุ่มที่ให้ผลผลิตต่ำ และกลุ่มแห้งนม

2.4.4 การให้อาหารผสมสำเร็จ (complete feed or total mixed ration, TMR)

การให้อาหารระบบนี้เป็นการให้อาหารโดยการผสมอาหารหยาบ และอาหารข้นตามความต้องการโภชนะ อาจมีการแบ่งกลุ่มการให้อาหารตามระยะการให้นม หรือแบ่งกลุ่มตามผลผลิต โดยข้อดีของการให้อาหารแบบนี้คือ ช่วยประหยัดพลังงาน สะดวกในการให้อาหาร และอาหารที่ให้มีความสม่ำเสมอ

นอกจากรูปแบบการให้อาหารที่กล่าวมาแล้ว ยังมีการให้อาหารรูปแบบอื่น ๆ แยกย่อยออกไป เช่น ใช้รูปแบบการให้อาหารแบบอัตโนมัติ การกำหนดปริมาณด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ แต่อย่างไรก็ตาม รูปแบบการให้อาหารต่าง ๆ ผู้ใช้ควรเลือกใช้ตามความเหมาะสมโดยพิจารณาจากผลตอบแทน และความสะดวกเป็นหลัก

## 2.5 บทบาทของอาหารเยื่อใยสำหรับโคนม

อาหารเยื่อใย (dietary fiber) ถือได้ว่าเป็นอาหารที่มีความจำเป็นสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง ถ้าสัตว์ได้รับอาหารหยาบน้อยเกินไปจะทำให้สภาวะภายในกระเพาะรูเมนสูญเสียไป แม้ว่าสัตว์จะได้รับอาหารประเภทอื่นอย่างเพียงพอก็ตาม เนื่องจากสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถย่อยอาหารประเภทเยื่อใยได้ดี โดยอาศัยกระบวนการในการย่อยสลายจากจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนโดยเฉพาะจุลินทรีย์กลุ่มที่ย่อยสลายเยื่อใย (cellulolytic bacteria) ซึ่งผลผลิตสุดท้ายจาก

กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนนี้ คือ กรดไขมันที่ระเหยได้ง่าย ที่สำคัญได้แก่ กรดโพรพิโอนิค กรดอะซิติค และกรดบิวทิริค สารดังกล่าวสามารถดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมน แล้วถูกนำไปใช้ประโยชน์โดย กรดโพรพิโอนิคจะเข้าสู่กระบวนการเมแทบอลิซึมเพื่อเป็นแหล่งของพลังงาน ส่วนกรดอะซิติคและ กรดบิวทิริคจะถูกนำไปใช้ในการสังเคราะห์ไขมันในน้ำนมและเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue) (เมธา และฉลอง, 2533; Van Soest, 1982; Grant, 2000) Van Soest et al. (1991) รายงานว่า โคนมต้องการอาหารเยื่อใยสำหรับการทำงานของกระเพาะรูเมนให้เป็นไปอย่างปกติ มีระดับ pH อย่างเหมาะสมและคงที่ ส่งผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะกลุ่มที่ย่อยสลายเยื่อใยได้ดีขึ้น ซึ่งปริมาณและคุณภาพของเยื่อใยมีผลต่อการใช้ประโยชน์ของอาหารและประสิทธิภาพการผลิตโคนม ในกรณีที่อาหารมีระดับเยื่อใยสูง มีผลทำให้ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งลดลง โคนมจึงได้รับพลังงานไม่เพียงพอ มีผลต่อการให้ผลผลิตน้ำนมลดลงตามไปด้วย (Mertens, 1997) และระดับเยื่อใยต่ำเกินไปจะก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพสัตว์ เกิดความผิดปกติในกระเพาะรูเมน (Mertens, 1995; Kung, 2003) Harris (2003a) รายงานว่า สัตว์เคี้ยวเอื้องที่ได้รับอาหารเยื่อใยต่ำ ทำให้มีกิจกรรมในการบดเคี้ยวลดลง มีการหลั่งของน้ำลายน้อยลง นอกจากนี้ บุญฤทธิ์ (2540) พบว่า โคที่ได้รับอาหารที่มีอัตราส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นต่ำเกินไป ทำให้เกิดภาวะความเป็นกรดในกระเพาะรูเมน (acidosis) และเกิดโรคอื่นๆ ที่เกี่ยวกับการที่ได้รับเยื่อใยต่ำ ทั้งปริมาณและคุณภาพ เช่น โรคฝีในตับ (liver abcesses) โรคกระเพาะแท้บิด (displaced abomasum) เป็นต้น

2.5.1 ชนิดของอาหารเยื่อใย

อาหารเยื่อใยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) พืชอาหารสัตว์ (forage) ซึ่งมีอยู่ตามธรรมชาติ และที่ปลูกสร้างขึ้นมา เช่น หญ้าซิกแนล หญ้ารูซี่ หญ้ากินนี หญ้าขนหรือหญ้าธรรมชาติ เป็นต้น 2) เศษเหลือทางการเกษตร (crop residues) เป็นผลพลอยได้จากการเก็บเกี่ยวพืชในฤดูกาลต่างๆ เช่น ฟางข้าว ต้นข้าวโพด ยอดอ้อย เป็นต้น (เมธา, 2538) นอกจากนี้ แหล่งเยื่อใยที่ไม่ได้มาจากพืชอาหารสัตว์ (nonforage fiber sources, NFFS) หรือสิ่งเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรม สามารถนำมาเป็นแหล่งเยื่อใยได้เป็นอย่างดี Pereira et al. (1999) รายงานว่า แหล่งเยื่อใยที่ไม่ได้มาจากพืชอาหารสัตว์ เป็นผลพลอยได้จากผลผลิตพืชที่เหลือจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีการสกัดแป้งและน้ำตาลหรือโภชนะอื่นๆ ที่ไม่ใช่ส่วนประกอบของเยื่อใย ยังคงมีปริมาณเยื่อใยเหมือนกับพืชอาหารสัตว์ แต่มีชิ้นส่วนขนาดเล็กเหมือนกับอาหารข้น โดย NFFS มีด้วยกันหลายชนิด เช่น เปลือกถั่วเหลือง (soybean hull) เมล็ดฝ้าย (whole cottonseed) กากเบียร์แห้ง (dried distiller grains) wheat middling (Firkins, 1997; Varga et al., 1998; Ipharraguerre and Clark, 2003) ซังข้าวโพด (corn cobs) (Kerley et al., 1985; Kinser et al., 1987a, b; Depies and Armentano, 1995) อย่างไรก็ตาม แหล่งอาหารเยื่อใยเหล่านี้จะมีอยู่ตามฤดูกาล และมีความแตกต่างกันของแต่ละท้องถิ่น ผู้เลี้ยงโคนมต้องมีการวางแผนเป็นอย่างดีในการจัดการให้สัตว์ได้รับอย่างเพียงพอ โดยการประสาน

สัมพันธ์การใช้ประโยชน์ของพืชอาหารสัตว์ และเศษเหลือทางการเกษตรหรือสิ่งเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมให้มีความสอดคล้องกัน และทำให้เกิดดุลยภาพในการจัดการเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุดทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง (เมธา, 2538; Chantalakhana, 1985) โดยส่วนใหญ่แล้ว มักนำแหล่งอาหารหยาบจากเศษเหลือทางการเกษตรมาใช้เป็นแหล่งของอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนม โดยเฉพาะในฤดูแล้ง เพราะช่วงนี้มีพืชอาหารสัตว์ไม่เพียงพอ ทั้งนี้เพื่อเป็นการทดแทนเยื่อใยจากพืชอาหารสัตว์สำหรับโคนม หรือใช้ในการเพิ่มระดับเยื่อใยในสูตรอาหาร แต่ในการใช้ NFFS ในสูตรอาหารที่ระดับสูงขึ้น อาจจะมีเยื่อใยที่มีประสิทธิภาพ (effective fiber) ไม่เหมาะสม แต่เมื่อใช้ร่วมกันกับพืชอาหารสัตว์สามารถเพิ่มศักยภาพในการผลิตน้ำนม (Harmison et al., 1997; Kung, 2003) Kinser et al. (1987a) ศึกษาถึงแหล่งอาหารหยาบจากซังข้าวโพดและเมล็ดฝ้ายสำหรับแกะที่โตเต็มวัย พบว่า ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรียวัตถุ (organic matter, OM) ไม่แตกต่างกันระหว่างแหล่งอาหารหยาบทั้ง 2 แหล่ง ในขณะเดียวกัน Kinser et al. (1987b) รายงานว่า การใช้แกลบ (rice hull) ร่วมกับซังข้าวโพดทำให้มีความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และเยื่อใย NDF ลดลงแต่มีการย่อยได้ของโปรตีนเพิ่มขึ้นในแกะที่โตเต็มวัย อย่างไรก็ตาม เมื่อให้อาหารอย่างเต็มที่สามารถใช้แกลบร่วมกับซังข้าวโพดเป็นแหล่งของอาหารหยาบสำหรับแกะได้ 25 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง นอกจากนี้ Miron et al. (2003) ศึกษาเปรียบเทียบการใช้เปลือกถั่วเหลืองและข้าวโพดหมักเป็นแหล่งของเยื่อใยในสูตรอาหารผสมสำเร็จสำหรับโครีดนม พบว่า ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง เยื่อใย NDF ในสูตรอาหารที่ใช้เปลือกถั่วเหลืองสูงกว่าข้าวโพดหมัก มีปริมาณการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ hemicellulose และ cellulose และสามารถให้ผลผลิตน้ำนมสูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ข้าวโพดหมัก NRC (2001) พบว่า ระดับเยื่อใย NDF ในสูตรอาหารสำหรับโคนมอย่างน้อย 75 เปอร์เซ็นต์ ต้องมาจากพืชอาหารสัตว์ เพื่อป้องกันการลดลงของกิจกรรมการเคี้ยวเอื้อง และมีการหลั่งน้ำลาย ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่าง และการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน อย่างไรก็ตาม Sarwar et al. (1992) รายงานว่าในการทดแทนเยื่อใย NDF จากพืชอาหารสัตว์ ด้วยเยื่อใย NDF จากเปลือกถั่วเหลือง สามารถทดแทนได้ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ของระดับเยื่อใย NDF ทั้งหมดในอาหาร ซึ่งเหมาะสมต่อการกระตุ้นการเคลื่อนไหวของกระเพาะรูเมน และการผลิตน้ำนม เมื่อระดับเยื่อใย NDF ในอาหารมี 31 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง

2.5.2 การทดแทนพืชอาหารสัตว์ด้วยเยื่อใยที่ไม่ได้มาจากพืชอาหารสัตว์

Grant (1997) และ Miron et al. (2003) พบว่า สามารถทดแทนพืชอาหารสัตว์ด้วย NFFS ได้สูงถึง 60 เปอร์เซ็นต์ และยังคงคุณสมบัติความเป็นเยื่อใยอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับการผลิตไขมันในน้ำนม ซึ่งให้ผลที่เหมือนกันหรือดีกว่าการใช้พืชอาหารสัตว์ในระดับสูงของสูตรอาหาร อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัดการใช้ NFFS ในสูตรอาหาร ซึ่งเกี่ยวข้องกับปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง โภชนะที่สัตว์ได้รับและการบดเคี้ยวอาหาร ในขณะที่แหล่งของเยื่อใยจาก

พืชอาหารสัตว์ที่มีขนาดยาวหรือมีการตัดให้มีขนาดสั้นลง จะให้เยื่อใย NDF อยู่ในรูปที่จำเพาะ ซึ่งมีความแตกต่างจากแหล่งเยื่อใยที่ไม่ได้มาจากพืชอาหารสัตว์ (NFFS) (Mertens, 1997; Varga et al., 1998; NRC, 2001) นอกจากนี้ แหล่ง ปริมาณ และลักษณะทางกายภาพของพืชอาหารสัตว์ มีความสัมพันธ์กับ NFFS ซึ่งมีผลต่ออัตราและความสามารถในการย่อยสลายเยื่อใยและประสิทธิภาพในการกินได้ของวัตถุแห้งในสูตรอาหารที่มีการทดแทนพืชอาหารสัตว์ด้วย NFFS ซึ่งสามารถทดแทนได้ในระดับสูงมี effective fiber สำหรับการผลิตน้ำนมที่ปรับไขมันใกล้เคียงกันหรือสูงกว่าการใช้พืชอาหารสัตว์ในสูตรอาหารในระดับที่สูง แต่ NFFS มีขนาดเล็กและมีความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) สูงอาจมีผลต่อการเพิ่มอัตราการไหลผ่านของของแข็งจากกระเพาะรูเมน ทำให้การย่อยสลายของเยื่อใย NDF ลดลง ในกรณีที่มีการใช้ NFFS ในปริมาณที่สูงในสูตรอาหาร (Batajoo and Shaver, 1994; Depies and Armentano, 1995; Grant, 1997) จากรายงานของ Miron et al. (2003) และ Weidner and Grant (1994) พบว่าความสามารถในการย่อยสลายของเปลือกถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น เมื่อสูตรอาหารมีการเพิ่มพืชอาหารหยาบ เมธา (2538) วุฒิชัย (2541) และ Mertens (1995) รายงานว่า อาหารหยาบขนาดที่เหมาะสมจะเพิ่มเวลาในการพักตัว (retention time; RT) ของของแข็งที่กระเพาะรูเมน อาหารเกิดการสานตัวภายในกระเพาะรูเมน ทำให้มีการย่อยได้ของ NFFS อย่างสมบูรณ์ สอดคล้องกับ Depies and Armentano (1995) ศึกษาการทดแทนเยื่อใยจากซังข้าวโพดบด และ wheat middling ในสูตรอาหารผสมสำเร็จสำหรับโคนม โดยเพิ่มระดับเยื่อใยจากอัลฟัลฟ่าด้วยเยื่อใยจากซังข้าวโพดบด และ wheat middling อย่างละ 7 เปอร์เซ็นต์ของเยื่อใย NDF ในอาหาร พบว่าการตอบสนองการให้ผลผลิตน้ำนม ไขมัน และโปรตีนในน้ำนม ไม่มีความแตกต่างกัน แต่ปริมาณไขมันในน้ำนมในกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จที่เพิ่มเยื่อใยจากซังข้าวโพด และ wheat middling สูงกว่าสูตรอาหารผสมสำเร็จที่ใช้อัลฟัลฟ่าหมักอย่างเดียว (32.3 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของอาหาร) (3.1, 3.4 และ 3.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) Clark and Armentano (1993) รายงานว่า การทดแทนอัลฟัลฟ่าด้วยเมล็ดฝ้ายหรือกากเบียร์แห้ง สามารถเพิ่มปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง ปริมาณของไขมันในน้ำนม และสามารถคงระดับของไขมันในน้ำนม ไม่แตกต่างกันจากการใช้แหล่งเยื่อใยจากอัลฟัลฟ่าอย่างเดียว ในขณะเดียวกัน Armentano and Pereira (1997) รายงานว่า เมื่อมีการใช้ NFFS ในสูตรอาหารเพิ่มมากขึ้นทำให้มีพืชอาหารสัตว์ในสูตรอาหารลดลงแต่ไม่ทำให้การตอบสนองการให้ผลผลิตแตกต่างกันและไม่มีผลต่อสุขภาพของสัตว์ ซึ่งสามารถใช้เป็นแหล่งของเยื่อใยสำหรับโคนม สัตว์มีปริมาณการกินได้สูงขึ้น เนื่องจาก NFFS มีขนาดเล็กทำให้สัตว์ได้รับโภชนะอย่างเพียงพอ โดยเฉพาะในโคนมที่อยู่ในช่วงแรกของการให้นม (early lactation) ซึ่งจะถูกจำกัดการกินได้ โดยความจุของกระเพาะรูเมน (Firkins, 1997; Mertens, 1997; Varga et al., 1998) นอกจากนี้ Azim et al. (2000) ศึกษาถึงการทดแทนฟางข้าวสาลี (wheat straw) ด้วยซังข้าวโพดที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารผสมสำเร็จสำหรับกระบือสาว โดยมีอัตราส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้น 30:70 พบว่า

น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสูตรอาหารที่มีซังข้าวโพด 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับฟางข้าวสาลีเพียงอย่างเดียว (30 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง) ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และเยื่อใยสูงขึ้นในกลุ่มที่ได้รับซังข้าวโพด 30 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม พืชอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพสูงสามารถกระตุ้นปริมาณการกินได้สูงกว่าอาหารที่มีคุณภาพต่ำ สำหรับโคนมในเขตร้อนและทำให้มีการปรับปรุงการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Kanjanapruthipong and Buatong, 2003) อย่างไรก็ตาม นักวิชาการได้ชี้ให้เห็นตรงกันว่า การตอบสนองในการให้ผลผลิตน้ำนมสูงสุด เมื่อใช้ NFFS ร่วมกับพืชอาหารสัตว์ที่มีขนาดที่เหมาะสม (Weidner and Grant, 1994; Mooney and Allen, 1997; Ipharraguerre and Clark, 2003; Miron et al., 2003)

2.5.3 เยื่อใยที่มีประสิทธิภาพ (effective fiber)

เยื่อใยที่มีประสิทธิภาพ (effective fiber) ใช้ในการอธิบายถึงความต้องการเยื่อใยของโคนม บ่งบอกถึงความสามารถในการกระตุ้นกิจกรรมการเคี้ยวเอื้อง การหลั่งน้ำลาย สมดุลของสภาพแวดล้อมหรือนิเวศน์วิทยาภายในกระเพาะรูเมน อาหารที่มี effective fiber อย่างเหมาะสม ทำให้สัตว์มีระดับการผลิตสูงขึ้น ซึ่งการใช้แหล่งเยื่อใยที่ไม่ได้มาจากพืชอาหารสัตว์ และพืชอาหารสัตว์ที่มีขนาดชิ้นส่วนเล็กจนถึงละเอียดมักมี effective fiber ต่ำ แต่อาหารที่มีปริมาณของเยื่อใย NDF สูง ไม่ได้หมายความว่าจะมี effective fiber อย่างเหมาะสม (Mertens, 1997; Mackawa et al., 2002; Harris, 2003b; Kung, 2003) Kay (1966) และ Silanikove and Tadmor (1989) รายงานว่า ลักษณะของอาหารและปริมาณการหลั่งน้ำลายมีความสัมพันธ์กันโดยตรง ซึ่งน้ำลายมีคุณสมบัติเป็นสารปรับความเป็นกรด-ด่าง (buffering capacity) 70-90 เปอร์เซ็นต์ ของของเหลวในกระเพาะรูเมน อย่างไรก็ตาม Mertens (1995) รายงานว่า ปัจจัยทางกายภาพของเยื่อใย (physical effectiveness factors; pef) มีผลกระทบต่อกิจกรรมการบดเคี้ยว (chewing activity) และการควบคุมระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในกระเพาะรูเมน นอกจากนี้ Mertens (2000) ยังรายงานว่า เมื่อสัดส่วนของอาหารหยาบลดลงทำให้มีระดับของเยื่อใย NDF ลดลง ส่งผลต่อปริมาณการหลั่งน้ำลาย ระดับ pH ในกระเพาะรูเมน สัดส่วนของกรดอะซิติคต่อกรดโพรพิโอนิคตลอดจนการเปลี่ยนแปลงระดับไขมันในน้ำนม ซึ่งมีความสัมพันธ์กันในทางลบเมื่อสูตรอาหารมีระดับเยื่อใยลดลง

NRC (2001) พบว่า อาหารที่มี physical effective NDF (peNDF) 22 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง สามารถรักษาระดับของ pH ภายในกระเพาะรูเมนให้อยู่ในระดับ pH เฉลี่ยเท่ากับ 6 และค่า peNDF เท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ คงระดับไขมันในน้ำนมที่ 3.4 เปอร์เซ็นต์ สำหรับโคนมที่อยู่ในระยะแรกถึงระยะกลางของการให้นม Depies and Armentano (1995) ศึกษา effective fiber จากซังข้าวโพดและ wheat middling เปรียบเทียบกับอัลฟัลฟ่า โดยใช้ปริมาณไขมันในน้ำนมเป็นตัวประเมิน พบว่า แต่ละ 1 เปอร์เซ็นต์ของระดับเยื่อใย NDF ที่เพิ่มขึ้น จากการใช้อัลฟัลฟ่า ซังข้าวโพด และ wheat middling เป็นแหล่งของเยื่อใยทำให้มี

ปริมาณไขมันในน้ำนมเพิ่มขึ้นเป็น 0.062, 0.031 และ 0.032 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงว่า เยื่อใย NDF จากซังข้าวโพด หรือ wheat middling สามารถเป็น effective fiber ได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ของเยื่อใย NDF จากอัลฟัลฟ่า หรือพืชอาหารสัตว์ชนิดอื่น (Mertens, 1997; Varga et al., 1998) Beauchemin and Buchanan-Smith (1989) ศึกษาอิทธิพลของเยื่อใย NDF (26, 30 และ 34 เปอร์เซ็นต์) และเสริมด้วยอัลฟัลฟ่า (0 และ 15 เปอร์เซ็นต์) สำหรับโครีดนม พบว่า ระดับเยื่อใย NDF ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณการผลิตน้ำนมลดลง (20.8, 19.9 และ 19.1 กิโลกรัมต่อวัน) แต่มีกิจกรรมการเคี้ยวเอื้องและเวลาในการบดเคี้ยวเพิ่มขึ้น (414 และ 674 นาทีต่อวัน ตามลำดับ เมื่อได้รับอาหารที่มีระดับเยื่อใย NDF 34 เปอร์เซ็นต์) ในการเสริมอัลฟัลฟ่าไม่ได้เพิ่มกิจกรรมการเคี้ยวเอื้องและเวลาในการบดเคี้ยว แต่ในการเสริมอัลฟัลฟ่าปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ สามารถเพิ่มการผลิตน้ำนม 0.7 กิโลกรัมต่อวัน เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริมอัลฟัลฟ่า

2.5.4 ความต้องการเยื่อใยในอาหารสำหรับโคนม

ปริมาณเยื่อใยในอาหารสัตว์สามารถประเมินเป็นส่วนประกอบทางเคมี โดยปกติแล้ว จะแสดงเป็นปริมาณเยื่อใยหยาบ (crude fiber, CF) เยื่อใย NDF และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (acid detergent fiber, ADF) ซึ่งในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องนิยมประเมินเป็นเยื่อใย NDF และ ADF เพราะมีความแม่นยำมากกว่าการประเมินด้วยค่าเยื่อใย CF (NRC, 1988) ทั้งนี้คุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของเยื่อใยในอาหารมีความเกี่ยวข้องกับการประเมินคุณภาพของอาหาร โดยเยื่อใย NDF (มีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ เฮไมเซลลูโลส เซลลูโลส และลิกนิน) มีความสัมพันธ์กันในทางบวกกับเวลาในการเคี้ยวเอื้องและปริมาณไขมันในน้ำนม และเยื่อใย ADF (ประกอบด้วย เซลลูโลส และลิกนิน) มีความสัมพันธ์ในทางลบกับความสามารถในการย่อยได้ของอาหารหยาบ (Van Soest, 1982; Mertens, 1997) นอกจากนี้ Lofgren and Warrner (1970, cited after NRC, 1988) รายงานว่า ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเยื่อใย สามารถใช้เยื่อใย ADF และ CF เป็นตัวบ่งชี้ความสามารถในการย่อยได้ของอาหาร และความสามารถในการคงระดับของไขมันในน้ำนม โดย Grant (2000) ได้แนะนำระดับของเยื่อใย NDF ที่เหมาะสมในอาหารโคนม ดังตารางที่ 2.4

**ตารางที่ 2.4** ระดับของเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (NDF) ที่เหมาะสมในอาหารโคนม

| สถานะและผลผลิตของโคนม | %NDF ในอาหาร |
|---|---|
| ผลผลิตน้ำนมสูงมาก, 45 กิโลกรัม/วัน | 26 |
| ผลผลิตน้ำนมสูง, 30-45 กิโลกรัม/วัน | 28 |
| ผลผลิตน้ำนมปานกลาง, 20-30 กิโลกรัม/วัน | 32-33 |
| ผลผลิตน้ำนมต่ำ, <20 กิโลกรัม/วัน | 39 |
| ช่วงต้นของการให้นม (3-4 สัปดาห์หลังคลอด) | 36 |
| โคพักรีด | 50 |
| โคสาว, <180 กิโลกรัม | 34 |
| โคสาว, <180-350 กิโลกรัม | 52 |
| โคสาว, >350 กิโลกรัม | 50 |

ที่มา: ดัดแปลงจาก Grant (2000)

NRC (1988) Mertens (1997) และ Varga et al. (1998) รายงานว่า มีหลายปัจจัยด้วยกันที่มีความเกี่ยวข้องกับความต้องการเยื่อใยสำหรับโคนมที่กำลังให้ผลผลิต เช่น ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง ประเภทของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (non-structural carbohydrate; NSC) คาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้าง (structural carbohydrate; SC) ในสูตรอาหาร ขนาดของเยื่อใย ความหนาแน่นของอาหาร ความถี่ในการให้อาหาร รวมทั้งช่วงระยะของการให้น้ำนม ปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีผลต่อความต้องการเยื่อใยของโคนมเช่นกัน สำหรับโคนมที่ให้ผลผลิตน้ำนมสูง หรือมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วมีความต้องการอาหารที่มีพลังงานสูงและปริมาณเยื่อใยต่ำ ตรงข้ามกับโคที่ให้ผลผลิตน้ำนมต่ำและมีการเจริญเติบโตช้ามีความต้องการอาหารที่มีพลังงานต่ำแต่มีเยื่อใยสูง ซึ่งในกรณีที่มีการบดหรือทำให้ขนาดของเยื่อใยเล็กลงผิดปกติ หรือมีการเปลี่ยนรูปที่ไม่เหมาะสมของอาหารหยาบ สัตว์สามารถกินอาหารได้เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อเวลาในการพักตัวของของแข็งในกระเพาะรูเมน ทำให้มีเวลาในการเคี้ยวเอื้อง ระดับของ pH ในกระเพาะรูเมนและมีอัตราส่วนของกรดอะซิติคต่อกรดโพรพิโอนิคลดลง ยังผลให้การผลิตน้ำนมและปริมาณไขมันในน้ำนมลดลง Woodford (1984, cited after NRC, 1988) รายงานว่า อัลฟัลฟ่าที่มีขนาดความยาว 0.64 เซนติเมตร มีปริมาณการกินได้สูงสุด และสามารถคงระดับไขมันในน้ำนมได้อย่างปกติ แต่เมื่อเยื่อใยที่มีขนาดเล็กทำให้ มีระดับ pH ในกระเพาะรูเมนลดลง ส่งผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์กลุ่มที่ย่อยสลายเยื่อใยลดลง

ระดับเยื่อใยในอาหารมีผลต่อการใช้ประโยชน์ของอาหาร และการให้ผลผลิต กล่าวคือ ระดับเยื่อใย ADF 19 เปอร์เซ็นต์ หรือ CF 17 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร สามารถคงระดับไขมันในน้ำนมให้เป็นปกติ ในขณะที่ Kawas (1984, cited after NRC, 1988) รายงานว่า ระดับ

เยื่อใย NDF 24-26 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใย ADF ที่ระดับ 17-21 เปอร์เซ็นต์ สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตน้ำนมที่ปรับไขมัน 4 เปอร์เซ็นต์ (4% FCM) สำหรับโคนมที่ให้ผลผลิตมากกว่า 30 กิโลกรัม Woodford (1984, cited after NRC, 1988) พบว่า ระดับเยื่อใย NDF 27.4 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใย ADF 18.6 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งในอาหารโคนม สามารถให้ผลผลิตน้ำนมสูงสุด และ Mertens (1985, cited after NRC, 2001) รายงานว่า ระดับเยื่อใย NDF 35-38 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง เหมาะสมกับโคนมที่ให้ผลผลิตน้ำนมที่ปรับไขมัน 4 เปอร์เซ็นต์ 16-20 กิโลกรัมต่อวัน และควรให้โคนมมีปริมาณการกินได้ของเยื่อใย NDF เท่ากับ 1.2+0.1 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวต่อวัน นอกจากนี้ Oba and Allen (1999) รายงานว่า โคนมที่ให้ผลผลิตน้ำนมไม่เกิน 20 กิโลกรัมต่อวัน ควรได้รับอาหารที่มีระดับเยื่อใย NDF อยู่ระหว่าง 32-44 เปอร์เซ็นต์ หรือโคนมที่ให้ผลผลิตน้ำนมสูงกว่า 20 กิโลกรัมต่อวัน มีระดับเยื่อใย NDF 32 เปอร์เซ็นต์ หรือสูงกว่าเพียงเล็กน้อย Mertens (1994, cited after Varga et al., 1998) รายงานว่า ปริมาณของเยื่อใย NDF และ ADF ที่เหมาะสมในอาหารมีความผันแปรไปตามระดับการให้ผลผลิตน้ำนม กล่าวคือ โคนมที่ให้น้ำนมสูงควรได้รับอาหารที่มีระดับเยื่อใยต่ำกว่าโคนมที่ให้ผลผลิตน้ำนมต่ำ และประเภทของอาหารที่นำมาเป็นอาหารสำหรับโคนม พบว่า ปริมาณในการให้ผลผลิตน้ำนมที่ต่างกัน (20, 30 หรือ 40 กิโลกรัมต่อวัน) มีความต้องการพลังงานและปริมาณเยื่อใย NDF ในอาหารแตกต่างกัน

Mertens (1997) และ Varga et al. (1998) รายงานว่า ขนาดและระดับของเยื่อใยในอาหารจะจำกัดปริมาณการกินของโคนม ส่งผลให้สัตว์ได้รับโภชนะไม่เพียงพอโดยเฉพาะโคนมที่อยู่ในระยะแรกของการให้นม เมธา (2533) และ วุฒิชัย (2541) พบว่า การตัดหรือบดให้มีขนาดเล็ก อาหารจะมีอัตราการไหลผ่านจากกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้น ทำให้สัตว์สามารถมีปริมาณการกินได้สูงขึ้น Ipharraguerre and Clark (2003) รายงานว่า ในการปรับระดับเยื่อใย NDF ในอาหารให้สูงขึ้น เพื่อป้องกันการลดลงของปริมาณการกินได้ส่วนใหญ่นิยมใช้แหล่งของเยื่อใยที่ไม่ได้มาจากพืชอาหารสัตว์ เนื่องจากมีขนาดเล็กและมีค่าความถ่วงจำเพาะสูง ทำให้สัตว์ได้มีปริมาณการกินได้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Beauchemin and Buchanan-Smith (1998) ศึกษาระดับของ เยื่อใย NDF ในอาหารที่ระดับ 26, 30 และ 34 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้อัลฟัลฟ่าหมักเป็นแหล่งของเยื่อใย พบว่า อาหารที่มีระดับเยื่อใย NDF 34 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการกินได้ ผลผลิตน้ำนมต่ำกว่าอาหารที่มีระดับเยื่อใย NDF 26 และ 30 เปอร์เซ็นต์ แต่ปริมาณไขมันในน้ำนมเพิ่มขึ้น Beauchemin et al. (1994) รายงานว่า ระดับเยื่อใย NDF 32, 36 และ 40 เปอร์เซ็นต์ไม่มีผลต่อปริมาณน้ำนมที่ปรับไขมัน แต่มีระดับไขมันในน้ำนมเพิ่มขึ้นตามระดับของเยื่อใย NDF ที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2.4) สอดคล้องกับ Briceno et al. (1987) ที่พบว่า ระดับเยื่อใย NDF เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กันในทางลบกับการให้ผลผลิตน้ำนมที่ปรับไขมัน 4 เปอร์เซ็นต์ Combs (1992) รายงานว่า ผลผลิตของน้ำนมที่ปรับไขมัน 4 เปอร์เซ็นต์ลดลง 0.44 กิโลกรัมต่อระดับเยื่อใย NDF เพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซ็นต์ McQueen and Robinson (1993) พบว่า ผลผลิตน้ำนม

ลดลง 0.43 กิโลกรัมต่อระดับเยื่อใย NDF เพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซ็นต์ Kanjanapruthipong and Buatong (2003) ศึกษาระดับเยื่อใย NDF 4 ระดับ คือ 15, 18, 21 และ 24 เปอร์เซ็นต์จากพืชอาหารหยาบ โดยมีระดับเยื่อใย NDF รวมทั้งหมดในสูตรอาหารผสมสำเร็จที่ระดับ 25, 28, 31 และ 34 เปอร์เซ็นต์ (เยื่อใย NDF จากอาหารข้น 10 เปอร์เซ็นต์) ในสูตรอาหารผสมสำเร็จสำหรับโคนมในเขตร้อน พบว่า ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง โปรตีนและผลผลิตน้ำนม รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวลดลงตามเปอร์เซ็นต์ของเยื่อใย NDF จากพืชอาหารสัตว์ที่เพิ่มขึ้น แต่มีปริมาณการกินได้ของเยื่อใย NDF ปริมาณไขมันในน้ำนม และผลผลิตน้ำนมที่ปรับไขมันนม 4 เปอร์เซ็นต์สูงขึ้น ประสิทธิภาพการผลิตน้ำนม ต่อปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับของเยื่อใย NDF จากพืชอาหารสัตว์ที่เพิ่มขึ้น

NRC (2001) ได้รายงานว่า โคนมที่ได้รับสูตรอาหารที่มีอัลฟัลฟ่า หรือข้าวโพดหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบ ควรมีระดับเยื่อใย NDF จากพืชอาหารสัตว์อย่างน้อย 15 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ระดับเยื่อใย NDF และ ADF ทั้งหมดในสูตรอาหาร 33 และ 21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และในการเพิ่มระดับ NDF จากพืชอาหารสัตว์ทุก 1 เปอร์เซ็นต์ ควรปรับระดับเยื่อใย NDF ทั้งหมดลดลง 2 เปอร์เซ็นต์ และควรคำนึงถึงระดับคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ง่าย (nonfiber carbohydrate, NFC) ในกระเพาะรูเมนเพื่อเป็นแหล่งพลังงานในการสังเคราะห์จุลินทรีย์อย่างเพียงพอ Poore et al. (1991) พบว่า อัตราส่วนของเยื่อใย NDF จากพืชอาหารสัตว์ ต่อปริมาณแป้งที่ละลายได้ในกระเพาะรูเมนประมาณ 1:1 (น้ำหนักโดยน้ำหนัก) เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงการลดลงในการย่อยสลายของเยื่อใย และรักษากิจกรรมภายในกระเพาะรูเมนให้เป็นปกติ และ Nocek and Russell (1988) รายงานว่า อัตราส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างต่อคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้าง (NFC:NDF) ในอัตรา 0.9:1.2 มีประสิทธิภาพการให้ผลผลิตน้ำนมสูงสุด

## 2.6 สูตรอาหารผสมสำเร็จ (total mixed ration; TMR)

ในปัจจุบันการเลี้ยงโคนมของเกษตรกรมีการให้อาหารแบบแยกประเภทระหว่างอาหารข้นและอาหารหยาบ โดยการให้อาหารข้นในช่วงที่กำลังรีดนม และให้กินอาหารหยาบตลอดเวลา แต่เกษตรกรบางพื้นที่จะประสบปัญหาในการจัดการด้านอาหารข้นและอาหารหยาบ ทำให้มีความต้องการใช้สูตรอาหารผสมสำเร็จกันมากขึ้น (สมชาย, 2536; ฉลอง และคณะ, 2540) บุญล้อม (2545) พบว่า สูตรอาหารผสมสำเร็จ คือการนำเอาส่วนของอาหารหยาบและอาหารข้นผสมรวมกัน โดยจะมีพลังงาน โปรตีน แร่ธาตุ และวิตามินครบถ้วนเหมาะสมกับความต้องการของสัตว์ ซึ่งสูตรอาหารผสมสำเร็จได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในประเทศตะวันตก โดยเฉพาะโคนมที่ให้น้ำนมมาก เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงปัญหาความเป็นกรดในกระเพาะรูเมน (ruminal acidosis) Mackawa et al. (2002) รายงานว่า การให้อาหารแบบแยกประเภทระหว่างอาหารหยาบและอาหารข้น มีผลต่อการเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดความเป็นกรดในกระเพาะรูเมน Everson et al.

(1976) และ Smith et al. (1978) รายงานว่า การให้สูตรอาหารผสมสำเร็จจะช่วยประหยัดแรงงานโดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการเกี่ยวกับอาหารหยาบ และสะดวกในการจัดการให้อาหารโดยการให้สูตรอาหารผสมสำเร็จในโคนมที่มีฝูงขนาดใหญ่นิยมแยกกลุ่มออกเป็นช่วงระยะเวลาในการให้ผลผลิต และปริมาณการให้ผลผลิตน้ำนม ทั้งนี้เพื่อสะดวกในการจัดการ นอกจากนี้ การให้สูตรอาหารผสมสำเร็จ ยังช่วยให้ภายในกระเพาะรูเมนมีสภาพความเป็นกรด-ด่างอยู่ในระดับที่เหมาะสม และลดความเสี่ยงต่อการเกิดกรดในกระเพาะรูเมน (Mackawa et al., 2002) อันจะทำให้การทำงานของจุลินทรีย์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลต่อการให้ผลผลิตน้ำนม ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพดีขึ้น (สมชาย, 2536) ฉลอง และคณะ (2540) รายงานว่า ในการให้อาหารแบบแยกประเภทระหว่างอาหารข้นกับอาหารหยาบ เป็นผลให้การใช้ประโยชน์ของโภชนะที่ปลดปล่อยออกมาไม่มีความต่อเนื่องและขาดความสมดุล ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์จากอาหารลดลง และระบบนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนไม่เหมาะสมต่อการดำเนินกิจกรรมของจุลินทรีย์ ไพบูลย์ และคณะ (2539) พบว่า โคนมที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จมีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งเท่ากับ 3.74 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว สูงกว่าโคนมที่ได้รับอาหารหยาบ (หญ้าสด) และอาหารข้นแยกกัน มีปริมาณการกินได้ 2.61 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว แต่ในการใช้สูตรอาหารผสมสำเร็จควรมีการปรับปรุงคุณภาพ โดยเฉพาะแหล่งของเยื่อใยให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น ซึ่งจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบย่อยอาหารได้ดีขึ้น Thurmon et al. (1964, อ้างถึงโดย Rakes, 1969) รายงานว่า โคนมที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จอย่างเต็มที่มีปริมาณการผลิตน้ำนมที่ปรับไขมัน 4 เปอร์เซ็นต์สูงกว่าโคนมที่ได้รับอาหารแบบแยกประเภทระหว่างอาหารหยาบและอาหารข้น

2.6.1 แหล่งของอาหารหยาบในสูตรอาหารผสมสำเร็จ

แหล่งของอาหารหยาบในสูตรอาหารผสมสำเร็จสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ พืชอาหารสัตว์ เช่น หญ้ารูซี่ หญ้าขน หญ้ากินนี หญ้าหมัก เป็นต้น และเศษเหลือทางการเกษตร ได้แก่ ฟางข้าว ซังข้าวโพด ยอดอ้อย เปลือกถั่ว หรือ เปลือกสับปะรด เป็นต้น (ฉลอง และคณะ, 2540; Campbell et al., 1992; Marshall et al., 1992) แต่ที่นิยมนำมาใช้ในสูตรอาหารผสมสำเร็จ คือ เศษเหลือทางการเกษตรเพราะหาได้ง่ายตามท้องถิ่น โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งมีเป็นจำนวนมาก และมีศักยภาพในการใช้อาหารได้ดีไม่น้อยกว่าการใช้พืชอาหารสัตว์ Rakes (1969) รายงานว่า มีแหล่งอาหารหยาบที่สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งของเยื่อใยในสูตรอาหารผสมสำเร็จ และให้ผลต่อการตอบสนองที่มีประสิทธิภาพ เช่น เปลือกสับปะรด ซังข้าวโพด เปลือกเมล็ดฝ้าย หรือฟางข้าว โดยทั่วไปแล้วแหล่งอาหารหยาบเหล่านี้ มีคุณค่าทางโภชนะต่ำโดยเฉพาะโปรตีน แต่มีระดับเยื่อใยสูงเหมาะที่จะนำมาเป็นแหล่งเยื่อใยในสูตรอาหารผสมสำเร็จได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม จำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยในส่วนของการนำมาใช้เป็นอาหารโคนม เพื่อให้เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมมีตัวเลือกในการนำใช้เป็นอาหารสัตว์มากขึ้น และเป็นการลดต้นทุนค่าอาหารอีกด้วย ฉลอง และคณะ (2547) ศึกษาการใช้ซังข้าวโพด

เป็นแหล่งของเยื่อใยในสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีระดับของซังข้าวโพด 30, 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง พบว่า ที่ระดับซังข้าวโพด 40 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลกระทบต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน ผลผลิตน้ำนม ระดับไขมันในน้ำนม และสามารถให้ประสิทธิภาพการผลิตได้สูงกว่าการใช้ระดับซังข้าวโพด 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ และเทอดศักดิ์ (2541) ทำการศึกษาแหล่งอาหารหยาบ 2 แหล่ง คือ ซังข้าวโพด และฟางข้าวในสูตรอาหารผสมสำเร็จ พบว่า แหล่งของอาหารหยาบทั้ง 2 แหล่งให้ผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม รวมทั้งผลตอบแทนทางเศรษฐกิจไม่มีความแตกต่างกัน และ Krause and Combs (2003) ศึกษาการใช้อัลฟัลฟ่าและข้าวโพดหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบในสูตรอาหารผสมสำเร็จ พบว่าระดับของโปรตีนในน้ำนมเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ข้าวโพดหมักในการทดแทนอัลฟัลฟ่าหมักเป็นบางส่วน แต่จะลดลงเมื่อความชื้นของข้าวโพดหมักที่นำมาผสมอาหารสูงขึ้น Ruiz et al. (1995) พบว่าโคที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีหญ้าเนเปียร์แคระ (dwarf elephant grass) หรือข้าวโพดหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบสามารถเพิ่มอัตราและปริมาณในการย่อยสลายของเยื่อใย มีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง และผลผลิตน้ำนมสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับข้าวฟ่างหมัก (sorghum silage) หรือหญ้าแพรกหมัก (bermudagrass silage) แสดงให้เห็นว่า แหล่งอาหารหยาบในสูตรอาหารผสมสำเร็จที่ต่างกัน ทำให้มีปริมาณการกินได้และความสามารถในการย่อยได้ของเยื่อใยแตกต่างกัน

2.6.2 ขนาดของอาหารหยาบในสูตรอาหารผสมสำเร็จ

ในสูตรอาหารผสมสำเร็จ จำเป็นต้องลดขนาดของอาหารหยาบให้มีขนาดเล็กเพื่อลดความฟ่ามของอาหาร เพิ่มความน่ากิน วัตถุดิบอาหารมีการผสมเข้ากันทุกส่วน แต่ในการลดขนาดของเยื่อใยมีผลกระทบต่อกิจกรรมภายในกระเพาะรูเมน (เมธา, 2538; ฉลอง และคณะ, 2540; NRC, 2001) Woodford and Murphy (1988) พบว่า ขนาดชิ้นส่วนของอาหารหยาบมีความสำคัญสำหรับคงคุณสมบัติในการรักษาหน้าที่ของกระเพาะรูเมน เมื่อมีขนาดที่เล็กทำให้มีเวลาในการเคี้ยวเอื้อง และความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนลดลง เนื่องจากมีการผลิตน้ำลายในปริมาณลดลง ส่งผลต่อความสามารถในการย่อยเยื่อใยของประชากรจุลินทรีย์ลดลง (เมธา, 2533; Santini et al., 1983; Shaver et al., 1988; Grant et al., 1990) ในขณะที่วุฒิชัย (2541), Mooney and Allen (1993, 1997), Fischer et al. (1994) และ Hadjigeorgiou et al. (2003) รายงานตรงกันว่า การลดขนาดของเยื่อใยสามารถเพิ่มปริมาณการกินได้ในโคนม เนื่องจากมีอัตราการไหลผ่านของของแข็งจากกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้น ทำให้สัตว์มีปริมาณการกินได้ที่สูงขึ้น ซึ่งผลนี้จะทำให้มีความสามารถในการย่อยสลายของวัตถุแห้ง อินทรีย-วัตถุและผนังเซลล์ลดลง เพราะอาหารมีเวลาในการพักตัวในกระเพาะรูเมนน้อยลง ทั้งที่การเข้าย่อยสลายเยื่อใยของจุลินทรีย์เกิดขึ้นยังไม่สมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม อาหารเยื่อใยที่มีขนาด 0.5 เซนติเมตร เหมาะสมสำหรับนำมาผสมในสูตรอาหารผสมสำเร็จ สามารถป้องกันการเลือกกินอาหารได้เป็นอย่างดี และไม่มีผลกระทบต่อสภาวะความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน แต่ปริมาณของไขมันในน้ำนมมีแนวโน้มลดลงเมื่ออาหารหยาบมีขนาด 3.0-7.6 มิลลิเมตร Krause

and Combs (2003) ศึกษาขนาดของพืชอาหารสัตว์จากอัลฟัลฟ่าและข้าวโพดหมักในสูตรอาหารผสมสำเร็จมีขนาด 5.7, 2.7 และ 5.6, 2.9 มิลลิเมตร ตามลำดับ พบว่า ในการลดขนาดของพืชอาหารสัตว์ทำให้มีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และระดับไขมันในน้ำนมลดลง Kononoft and Heinrichs (2003) ศึกษาอิทธิพลของขนาดต้นข้าวโพดหมักในสูตรอาหารผสมสำเร็จสำหรับโคนมในช่วงแรกของการให้น้ำนม โดยมีขนาด 7.9 มิลลิเมตร (แบบยาว) และ 6.7 มิลลิเมตร (แบบสั้น) พบว่า ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างข้าวโพดหมักที่มีขนาดแบบยาวและสั้น มีค่าเท่ากับ 3.82 และ 3.85 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว ตามลำดับ นอกจากนี้ Woodford et al. (1986) ได้ศึกษาขนาดของอาหารหยาบขนาด 0.26, 0.46, 0.64 และ 0.90 เซนติเมตร ในสูตรอาหารผสมสำเร็จสำหรับโครีดนมพบว่า ขนาดของอาหารหยาบไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง เวลาในการบดเคี้ยว (chewing time) ความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะ และอัตราการไหลผ่าน (rate of passage) ของของแข็งจากกระเพาะรูเมน และผลผลิตน้ำนมปรับไขมันน้ำนม 4 เปอร์เซ็นต์ แต่มีปริมาณของไขมันในน้ำนมลดลง เมื่อขนาดของอาหารหยาบลดลงน้อยกว่า 0.64 เซนติเมตร และ Allen (1997) พบว่า ระดับของเยื่อใย NDF ในอาหารมีประสิทธิภาพต่ำเมื่อใช้แหล่งอาหารหยาบจากพืชอาหารสัตว์ที่มีขนาดเล็กลง หรือ NFFS เป็นแหล่งของเยื่อใย ซึ่งคุณสมบัติทางกายภาพของอาหารโคนมขึ้นอยู่กับอัตราส่วนและประเภทของอาหารหยาบกับอาหารข้น สัดส่วนของ NFFS ในสูตรอาหารและขนาดของอาหารที่นำมาใช้เป็นส่วนผสมในสูตรอาหาร

## 2.7 การนำใช้สูตรอาหารผสมสำเร็จในโคนม

สูตรอาหารผสมสำเร็จ เป็นวิธีการจัดการให้อาหารโคนมเพื่อแทนการให้อาหารแบบแยกประเภทระหว่างอาหารหยาบกับอาหารข้น เนื่องจากการให้อาหารแบบแยกประเภททำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนไม่คงที่ โดยกระเพาะรูเมนจะมีสภาวะเป็นกรดในเวลาที่ได้รับอาหารข้นสูง เนื่องจากปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายจากกระบวนการหมักภายในกระเพาะรูเมนเพิ่มสูงขึ้น และกระเพาะรูเมนจะมีความเป็นกลางถึงด่างเล็กน้อยภายหลังได้รับอาหารหยาบ เนื่องจากมีการเคี้ยวเอื้องเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีการหลั่งน้ำลายมากขึ้น และจากการที่น้ำลายมีคุณสมบัติเป็นสารละลายบัฟเฟอร์ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 7.7-8.7 (ฉลอง, 2541) การเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่างดังกล่าว ส่งผลกระทบต่อกระบวนการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (ไพบูลย์, 2537) ขณะที่สูตรอาหารผสมสำเร็จสามารถรักษาสภาวะความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะรูเมนให้คงที่ (Bargo et al., 2002) นอกจากนี้ยังสามารถป้องกันการเลือกกิน เพราะโคนมจะได้รับทั้งอาหารหยาบและอาหารข้นในเวลาเดียวกัน ดังนั้น การให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องแบบสูตรอาหารผสมสำเร็จ จึงเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากทำให้การใช้ประโยชน์ของโภชนะ โดยเฉพาะพลังงานและโปรตีนที่ปลดปล่อยออกมามีความต่อเนื่อง เกิดความสมดุลของโภชนะที่จะนำไปใช้ประโยชน์โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน และ

พบว่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในโคนมที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จ มีค่าต่ำกว่าการให้อาหารแบบแยกให้ระหว่างอาหารหยาบและอาหารข้น (ฉลอง และคณะ, 2540; Bargo et al., 2002)

Thurmon et al. (1964 อ้างถึงโดย เทอดศักดิ์, 2541) ได้ศึกษาวิธีการให้สูตรอาหารผสมสำเร็จ พบว่า โคที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีอาหารหยาบ 30 เปอร์เซ็นต์อย่างเต็มที่ จะมีปริมาณน้ำนมที่ได้สูงกว่าในโคที่ได้รับอาหารหยาบและอาหารข้นแบบแยกอย่างเต็มที่ หรือในกลุ่มโคที่ได้รับอาหารหยาบอย่างเต็มที่ร่วมกับอาหารข้นในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อปริมาณน้ำนม 2.5 กิโลกรัมต่อวัน และ Marshall and Voigt (1974 อ้างถึงโดย เทอดศักดิ์, 2541) รายงานว่าการให้อาหารแบบแยกประเภท และการให้อาหารแบบสูตรอาหารผสมสำเร็จไม่มีความแตกต่างทางสถิติในปริมาณการกินได้ ปริมาณน้ำนม และองค์ประกอบน้ำนม

2.7.1 สัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้น

สูตรอาหารผสมสำเร็จจำเป็นที่จะต้องให้อาหารร่วมกันระหว่าง อาหารหยาบกับอาหารข้น แต่สัดส่วนของอาหารทั้ง 2 ชนิดนั้นไม่แน่นอนทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิด คุณภาพของวัตถุดิบอาหารสัตว์ แหล่งของอาหารหยาบ (ฉลอง และคณะ, 2540; Hansen et al., 1991; Kanjanaprutipong and Buatong, 2003) สภาพร่างกายสัตว์ และช่วงระยะการให้นม (Spahr et al., 1993) และสภาพทางเศรษฐกิจ (Rakes, 1969) ฉลอง และคณะ (2547) ได้ศึกษาสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นในอัตราส่วน 30:70, 35:65 และ 40:60 ซึ่งมีซังข้าวโพดบดเป็นแหล่งของอาหารหยาบในสูตรอาหารผสมสำเร็จ เปรียบเทียบการให้อาหารแบบแยกสำหรับโครีดนม พบว่า สัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง (3.3, 3.5 และ 3.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว ตามลำดับ) แต่สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารแบบแยกประเภทระหว่างอาหารหยาบและอาหารข้น (2.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว) สามารถใช้ซังข้าวโพดเป็นแหล่งอาหารหยาบในสูตรอาหารผสมสำเร็จในสัดส่วนที่สูงถึง 40 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ กระบวนการเคี้ยวเอื้อง และสมรรถนะการให้ผลผลิตของโคนม McLeod et al. (1983) ศึกษาการให้อาหารหยาบร่วมกับอาหารข้นในสูตรอาหารโคนม พบว่า เมื่อลดสัดส่วนของอาหารหยาบลง (80, 65, 50 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ทำให้เพิ่มปริมาณการผลิตน้ำนม โปรตีนและน้ำตาลในน้ำนมเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณไขมันในน้ำนมลดลงตามสัดส่วนของอาหารหยาบที่ลดลง Anderson et al. (2002) รายงานว่า โคนมที่กำลังให้นมในช่วงระยะแรก ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีระดับของอาหารข้นสูง (75 เปอร์เซ็นต์) มีปริมาณการกินได้ของพลังงาน และมีปริมาณการผลิตน้ำนมสูงกว่าสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีระดับอาหารข้นต่ำ (25 เปอร์เซ็นต์) แต่การที่มีระดับของอาหารข้นสูงและมีอาหารหยาบต่ำในสูตรอาหารผสมสำเร็จ ทำให้ปริมาณไขมันในน้ำนมต่ำกว่าสูตรอาหารผสมสำเร็จ ที่มีระดับของอาหารข้นต่ำและอาหารหยาบสูง มีค่าเป็น 2.92 และ 3.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ Mantysaari et al. (2003) ศึกษาวิธีการให้อาหารโดยใช้สัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้น 53:47 (TMRa) ให้กินตลอดระยะการให้นม และ 43:57, 53:47 และ 53:47 (TMRb) สำหรับโคนมที่อยู่ในช่วงวันให้นม 0-100, 101-200 และ 201-305 วัน

ตามลำดับ พบว่า วิธีการให้อาหารแบบ TMRa และ TMRb ไม่มีผลกระทบต่อการผลิตน้ำนม และปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง ปริมาณไขมันในน้ำนมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในกลุ่มโคนมที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จ ที่มีอัตราส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้น (53:47) ตลอดระยะการให้นม นอกจากนี้ Hansen et al. (1991) พบว่า อัตราส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้น (60:40, 50:50 และ 40:60) ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง (โดยเฉลี่ย 20 กิโลกรัมต่อวัน) แต่เมื่อมีสัดส่วนของอาหารข้นเพิ่มขึ้น มีปริมาณการผลิตน้ำนมสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม เมธา (2538) พบว่า สัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นควรมีสัดส่วนที่เหมาะสม คือ ประมาณ 40-60 ต่อ 60-40 หรือมีระดับของอาหารหยาบอย่างน้อย 1.35 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว ระดับที่ให้ผลผลิตน้ำนม และคุณภาพของน้ำนมในส่วนของไขมันและโปรตีนในน้ำนม รวมทั้งอัตราส่วนของกรดอะซิติคต่อกรดโพรพิโอนิคมีประสิทธิภาพดีที่สุด เมื่อใช้อาหารหยาบที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารผสมสำเร็จ Xu et al. (1994) และ NRC (2001) รายงานว่า สัดส่วนของอาหารข้นปริมาณสูงในสูตรอาหารผสมสำเร็จควรเติมบัฟเฟอร์ (buffer) ลงไปในอาหาร ทั้งนี้เพื่อป้องกันความเป็นกรดในกระเพาะรูเมน เมธา (2533) และ Harris (2003a) พบว่า อาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างมีปริมาณสูงในเมล็ดธัญพืช ซึ่งถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ทำให้เกิดการผลิตกรดอย่างรวดเร็ว ส่งผลต่อระดับ pH ลดลง เมื่อได้รับในปริมาณที่สูงเป็นเวลานานอาจเกิดเป็นแผลในกระเพาะรูเมนได้ เนื่องจากเกิดภาวะความเป็นกรดอย่างรุนแรงในกระเพาะรูเมน

2.7.2 ขนาดของเยื่อใย

อาหารหยาบที่นำมาจัดทำสูตรอาหารผสมสำเร็จนั้น ควรสับให้มีขนาดเล็ก วัตถุประสงค์เพื่อให้ง่ายในการผสมร่วมกับอาหารข้น ลดความฟ่ามของอาหาร เพิ่มปริมาณการกินได้ และลดการเลือกกินอาหาร (Rode and Satter, 1988) และเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวของอาหารที่จุลินทรีย์เข้ายึดเกาะ และทำปฏิกิริยากับน้ำย่อยจากจุลินทรีย์ได้ดียิ่งขึ้น ทำให้อาหารถูกย่อยได้เร็วขึ้น ส่งผลให้สัตว์กินอาหารได้เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ผลกระทบอันดับแรกของการลดขนาดของเยื่อใย คือ โคใช้เวลาในการเคี้ยวเอื้องลดลง ทำให้น้ำลายที่หลั่งออกมาลดลง เพราะปริมาณน้ำลายของโคที่หลั่งออกมามีความสัมพันธ์กับกิจกรรมการเคี้ยวเอื้อง ส่งผลให้ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนลดลง สอดคล้องกับ Owen (1984) ที่รายงานว่า การลดขนาดของเยื่อใยลงมีผลกระทบต่อการเคี้ยวเอื้อง การหลั่งน้ำลายลดลง อัตราการไหลผ่านของอาหารเร็วขึ้น และความสามารถในการย่อยได้ต่ำลง และอาจมีผลต่อการลดลงของไขมันนมอีกด้วย (Woodford and Murphy, 1988)

Belyea et al. (1989) รายงานว่า ถั่วอัลฟัลฟ่าเฮย์ที่สับให้มีขนาดเล็กลง (10, 6 และ 3 เซนติเมตร) ทำให้การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และเยื่อใย NDF เพิ่มขึ้น ซึ่งขัดแย้งกับ Jester and Murphy (1983) ได้ทดลองสับถั่วอัลฟัลฟ่าเฮย์อย่างหยาบ ๆ เป็นอาหารหยาบสำหรับโคนมสาวพันธุ์โฮสไตน์ฟรีเซี่ยน ทำให้การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และเยื่อใย NDF ลดลง และเมื่อสับให้ละเอียดขึ้น ก็ยิ่งทำให้การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และเยื่อใย NDF และเยื่อใย

ADF ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับถั่วอัลฟัลฟ่าเฮย์ที่สับอย่างหยาบ ๆ และในรายงานของ Belyea et al. (1985) พบว่า โคที่ได้รับถั่วอัลฟัลฟ่าเฮย์ที่สับผ่านตะแกรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร ทำให้การย่อยได้ของวัตถุแห้ง เยื่อใย NDF เยื่อใย ADF และเซลลูโลสลดลง 7-10 เปอร์เซ็นต์

Wilkins et al. (1972) รายงานว่า การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ และเซลลูโลสมีความสัมพันธ์กับอัตราการไหลผ่านทางระบบอาหาร เมื่ออาหารมีขนาดเล็กลงจะมีอัตราการไหลผ่านของอาหารผ่านทางระบบอาหารได้รวดเร็วขึ้น ทำให้การย่อยได้ของอินทรียวัตถุและเซลลูโลสลดลง จากรายงานของ Campling and Freer (1996) ที่กล่าวว่า อาหารที่บดให้มีขนาดเล็กลงทำให้การย่อยได้ลดลง เนื่องจากที่กระเพาะส่วน reticulo-rumen อาหารที่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ได้ต่ำมาก เพราะมีระยะเวลาที่อาหารพักตัวอยู่ในกระเพาะรูเมนน้อยกว่า และ Woodford et al. (1986) ได้รายงานว่า อาหารเยื่อใยขนาดเล็กกว่า 0.6 เซนติเมตร มีแนวโน้มทำให้การย่อยได้ลดลง นอกจากนี้ Mertens (1997) ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างการสับอาหารหยาบต่อกิจกรรมเคี้ยวเอื้อง โดยขนาดอาหารหยาบ 40, 20, 5 และ 1 มิลลิเมตร ลดกิจกรรมการเคี้ยวเอื้องลงเหลือ 80, 70, 50 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าที่ไม่ผ่านการสับ และขนาดของอาหารหยาบมีผลต่อความสามารถในการย่อยได้ของอินทรียวัตถุของอาหารหยาบ อย่างไรก็ตาม Owen (1984) ได้แนะนำว่าอาหารหยาบแห้ง ควรบดให้มีขนาดประมาณ 1-2 เซนติเมตร เช่นเดียวกับ ปรารถนา (2537) แนะนำว่าขนาดเยื่อใยที่เหมาะสมในสูตรอาหารผสมสำเร็จควรมีขนาด 1-2 เซนติเมตร และ Allen (2000) ได้แนะนำว่า ควรสับพืชอาหารสัตว์หรืออาหารหยาบให้มีขนาดไม่สั้นกว่า 1 เซนติเมตร จึงไม่ก่อให้เกิดสภาวะเป็นกรดในกระเพาะรูเมน และไม่ส่งผลกระทบถึงประชากรของจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมน

## 2.8 แหล่งอาหารหยาบจากเยื่อใยที่ไม่ได้มาจากพืชอาหารสัตว์

แหล่งของเยื่อใยที่ไม่ได้มาจากพืชอาหารสัตว์ (non-forage fiber source, NFFS) ที่ใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบเป็นผลพลอยได้จากการเก็บเกี่ยวพืชในฤดูกาลต่าง ๆ โดยเฉพาะในช่วงเดือนมกราคม-เมษายน เป็นช่วงที่เกษตรกรมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตจึงทำให้มีเศษเหลือทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว ยอดอ้อย เปลือกถั่วลิสง เมล็ดฝ้าย กากเบียร์แห้ง ซังข้าวโพด เปลือกถั่วลิสง มันเฮย์ เป็นต้น มีจำนวนมากและในแต่ละปีมีเศษเหลือทางการเกษตรเหล่านี้ ที่ไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์มากนัก (ตารางที่ 2.5) ทั้งที่เศษเหลือทางการเกษตรเหล่านี้ สามารถที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับโคนมได้ และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าจะมีการนำมาใช้กันมากขึ้น เพื่อลดปัญหาการขาดแคลนแหล่งอาหารหยาบในฤดูแล้ง

ตารางที่ 2.5 ประเมินการนำใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นแหล่งพลังงานใน ปีพ.ศ. 2544

| ชนิดพืช | ผลผลิตการเกษตรต่อปี ($10^6$ กก.) | วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร | สัดส่วนต่อผลผลิตพืช | ปริมาณ ($10^6$ กก.) | ปริมาณของที่นำไปเป็นแหล่งพลังงาน ($10^6$ กก.) |
|---|---|---|---|---|---|
| อ้อย | 53,494 | ชานอ้อย | 0.291 | 15,567 | 12,344 |
| | | ใบ และลำต้น | 0.302 | 16,155 | 0 |
| ข้าว | 24,172 | แกลบ | 0.23 | 5,560 | 2,819 |
| | | ฟางข้าว | 0.447 | 10,805 | 0 |
| ปาล์ม | 3,256 | เส้นใย | 0.049 | 160 | 94 |
| | | กะลา | 2.604 | 8,479 | 0 |
| | | ลำต้น | 0.233 | 759 | 0 |
| มะพร้าว | 1,400 | กาก | 0.362 | 507 | 146 |
| มันสำปะหลัง | 19,064 | ใบ และลำต้น | 0.088 | 1,678 | 0 |
| ข้าวโพด | 4,286 | ซังข้าวโพด | 0.273 | 1,170 | 226 |
| | | ใบและลำต้น | | | |
| ถั่วลิสง | 138 | เปลือก | 0.323 | 45 | 0 |
| ฝ้าย | 36 | เปลือกเมล็ด | 3.232 | 116 | 0 |
| | | ลำต้นและใบ | | | |
| ถั่วเหลือง | 319 | เปลือกเมล็ด | 2.663 | 849 | 6 |
| | | ใบและลำต้น | | | |
| ข้าวฟ่าง | 142 | ใบและลำต้น | 1.252 | 178 | 21 |

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2543)

แหล่งอาหารหยาบที่ไม่ได้มาจากพืชอาหารสัตว์ระหว่าง 20-80 เปอร์เซ็นต์ของพืชอาหารสัตว์ (Mertens, 1995; Varga et al., 1998) (ตารางที่ 2.5) ได้แก่ เปลือกถั่วเหลือง (soybean hull) เมล็ดฝ้ายทั้งเมล็ด (Whole linted cottonseed) wheat middlings (Firkins, 1997; Varga et al., 1998; Ipharraguerre and Clack, 2003) และซังข้าวโพด (corn cobs)

(Kinser et al., 1987; Depies and Armentano, 1995) (ตารางที่ 2.6) ส่วนมากมีปริมาณเยื่อใยสูงกว่าแหล่งอาหารหยาบที่ได้มาจากพืชอาหารสัตว์ ส่วนค่าความเป็น effective fiber ของแหล่งอาหารหยาบที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์วัดจากกิจกรรมการเคี้ยวเอื้อง การหลั่งน้ำลาย รวมทั้งเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมเป็นตัวชี้วัด (Mertens, 1997) พบว่า มีค่าที่ต่ำกว่าแหล่งอาหารหยาบชนิดที่เป็นพืชอาหารสัตว์ แสดงว่า อาหารหยาบที่มีส่วนประกอบของเยื่อใย NDF สูงไม่จำเป็นต้องมีค่า effective fiber สูงด้วย ค่าความแปรปรวนของค่า effective fiber ของซังข้าวโพด อาจมีผลจากขนาดของซังข้าวโพด อย่างไรก็ตาม Depies and Amentano (1995) รายงานว่า ซังข้าวโพดมีค่า effective fiber เพียง 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับอัลฟัลฟ่าเฮย์

ตางรางที่ 2.6 เปรียบเทียบปริมาณเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (NDF) การย่อยได้และระดับพลังงานในพืชต่างชนิด

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

ที่มา: Kung (2003)

## 2.9 การใช้เยื่อใยชนิดไม่ใช่พืชอาหารสัตว์ (non-forage fiber source, NFFS) เป็นอาหารสำหรับโคนม

Harvatine et al. (2002) ได้ทำการทดลองใช้ whole linted cottonseed (WCS) เป็นอาหารเยื่อใยทดแทนพืชอาหารสัตว์บางส่วนในการทดลองที่มีสูตรอาหารทั้งหมด 6 สูตร คือ อัลฟัลฟ่าหมัก (alfalfa silage), ground corn (21% FNDF), whole linted cottonseed (WCS) 5 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับ ground corn หรือ flake corn (18% FNDF), WCS 10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ ground corn (12% FNDF) พบว่า กิจกรรมการเคี้ยวอาหารที่ทำการวัดในกลุ่มที่ใช้ WCS มีประสิทธิภาพสูงถึง 84 เปอร์เซ็นต์ (SE=36%) ซึ่งมีประสิทธิภาพเท่าๆ กับ FNDF ที่ได้

มาจากอัลฟัลฟ่าหมัก แต่ว่าอัตราการไหลผ่านและการย่อยได้ลดลง การย่อยได้ของเยื่อใย NDF เมื่อมีการเพิ่ม WCS มีผลทำให้ความจุของกระเพาะรูเมนลดลง

Depies and Armentano (1995) ได้ทำการทดลองใช้ซังข้าวโพด หรือ wheat middlings ทดแทนอัลฟัลฟ่าบางส่วนในอาหารโคนม โดยอาหารที่ใช้เลี้ยงเป็นหลักมีปริมาณของเยื่อใย NDF ที่ต่ำ คือ 26.8 กรัมในอาหาร โดยจะแบ่งออกเป็นเยื่อใย NDF จากอัลฟัลฟ่า 14.7 กรัม ต่อ 100 กรัมอาหาร จากนั้นจะมีการเสริมแหล่งอาหารเยื่อใยอื่น คือ อัลฟัลฟ่า ซังข้าวโพด และ wheat middlings ในปริมาณ 27.4, 28.9 และ 27.9 เปอร์เซ็นต์ ของ NDF รวมในอาหาร ตามลำดับ พบว่า ปริมาณการกินได้ (24.9 กิโลกรัมต่อวัน) และผลผลิตน้ำนมไม่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่มทดลอง แต่แหล่งอาหารเยื่อใยจาก NFFS มีผลทำให้ไขมันนมเพิ่มสูงขึ้นจากกลุ่มควบคุม (3.1-3.4 เปอร์เซ็นต์ไขมัน) และยังลดเวลาในการเคี้ยวเอื้อง (423-390 นาทีต่อวัน) จากกลุ่มที่มีการเสริมอัลฟัลฟ่า จากการตรวจสอบไขมันนม พบว่า ไขมันนมจะเพิ่มขึ้น 1.5 หน่วยเมื่อเพิ่มปริมาณการกิน NFFS 1 หน่วย ในส่วนของโปรตีนนม ในกลุ่มที่ได้รับ NFFS มีโปรตีนนมสูงกว่า (3.3 เปอร์เซ็นต์) ในกลุ่มที่ได้รับอัลฟัลฟ่า (3.2 เปอร์เซ็นต์) การทดแทนเยื่อใย NDF จากแหล่งเยื่อใยจาก NFFS สามารถทดแทนได้บางส่วน โดยไม่มีผลกระทบต่อกิจกรรมการกินและการเคี้ยวเอื้อง การให้ผลผลิตทั้งปริมาณและคุณภาพน้ำนม ส่วนการนำใช้แหล่งเยื่อใยจาก NFFS โดยเฉพาะซังข้าวโพดที่ใช้เป็นแหล่งเยื่อใยทั้งหมดในอาหารโคนม ไพบูลย์ และคณะ (2539) ได้ทำการทดลองใช้สูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีซังข้าวโพดเป็นแหล่งของเยื่อใยแก่โคนม พบว่า การให้สูตรอาหารผสมสำเร็จนั้น เพิ่มปริมาณการกินได้และมีแนวโน้มในการเพิ่มผลผลิตน้ำนม เมื่อเทียบกับการให้อาหารหยาบและอาหารข้นแยกกันอย่างเช่นที่เลี้ยงกันทั่วไป สอดคล้องกับ ฉลอง และคณะ (2547) ที่ได้ทำการทดลองให้สูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีซังข้าวโพด เป็นแหล่งเยื่อใยทั้งหมดที่ระดับต่าง ๆ (30, 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์) พบว่า โคนมมีการตอบสนองในด้านปริมาณการกินได้ของอาหารที่เพิ่มขึ้น ผลผลิตน้ำนมและโปรตีนนมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับการให้อาหารแบบแยกประเภท จากการศึกษาครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่า สามารถใช้แหล่งเยื่อใยจาก NFFS เป็นแหล่งเยื่อใยทั้งหมดได้ถึงระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารผสมสำเร็จสำหรับโคนม

กรุง (2547) ได้ศึกษาการใช้ฟางข้าวที่มีความเป็น effective fiber สูง ทดแทนซังข้าวโพดในสูตรอาหารผสมสำเร็จ พบว่า การใช้ฟางข้าวทดแทนซังข้าวโพดในสูตรอาหารผสมสำเร็จ มีผลให้ปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของเซลลูโลสลดลง แต่ประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้นตามปริมาณการทดแทนฟางข้าว แสดงว่า การใช้แหล่งเยื่อใยชนิดไม่ใช้พืชอาหารสัตว์เป็นแหล่งอาหารหยาบในสูตรอาหารผสมสำเร็จ ควรจะมีการเสริมแหล่งอาหารที่มีคุณสมบัติความเป็น effective fiber ที่สูงร่วมด้วย จึงจะเห็นประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์ของอาหารเพิ่มขึ้น

## 2.10 การนำใช้ถั่วคาวาลเคดเป็นแหล่งอาหารหยาบ

### 2.10.1 ลักษณะของถั่วคาวาลเคดและการใช้ประโยชน์

ถั่วคาวาลเคด (*Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade) หรือที่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ถั่วเซนจูเรียน (Centurion) เป็นถั่วพืชอาหารสัตว์ชนิดใหม่อีกชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะเกษตรกรในกลุ่มผู้เลี้ยงโคนม ซึ่งนำไปให้สัตว์กินทั้งในรูปของต้นถั่วสดหรือทำเป็นถั่วแห้งสำหรับใช้เป็นอาหารหยาบเก็บไว้เลี้ยงสัตว์ในหน้าแล้งในรูปถั่วแห้งอัดฟ่อน เนื่องจากถั่วชนิดนี้มีใบค่อนข้างยาว ดก และไม่ร่วงหล่นง่ายเหมือนถั่วชนิดอื่น ๆ ทั้งยังมีคุณค่าทางอาหารโดยเฉพาะโปรตีนหยาบค่อนข้างสูง คือ ประมาณ 14-18 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง นอกจากนี้ถั่วคาวาลเคดยังให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์สูงและมีความงอกดี ง่ายต่อการขยายพันธุ์

ลักษณะโดยทั่วไปของถั่วคาวาลเคดเป็นพืชวันสั้นฤดูเดียว การเจริญเติบโตของลำต้นเป็นแบบเถาเลื้อยหรือเกี่ยวพัน จะออกดอกและติดเมล็ดเมื่อช่วงกลางวันเริ่มสั้นลง บริเวณลำต้นจะไม่มีขนขึ้นปกคลุม ซึ่งต่างกันกับถั่วบันดี (*Centrosema pascuorum* cv. Bundy) ที่สามารถมองเห็นขนได้อย่างชัดเจน ถั่วคาวาลเคดสามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้ดีในดินเกือบทุกชนิด แม้แต่ในดินทรายที่มีสภาพเป็นกรด หรือในพื้นที่ที่มีปริมาณฝนต่ำกว่า 1,000 มิลลิเมตรต่อปี (Hare, 1995) มีรายงานว่า ถั่วคาวาลเคดให้ผลผลิตทั้งแห้งและสดเท่ากับ หรือมากกว่าถั่วเวอราโน (Skerman, 1998) และในการตัดถั่วเพื่อทำเป็นถั่วแห้งทางตอนเหนือของประเทศออสเตรเลีย พบว่า ถั่วคาวาลเคดให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง 1,120 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วคาวาลเคดอยู่ระหว่าง 96-160 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้ คุณสมบัติที่ดีของถั่วคาวาลเคด คือการเจริญเติบโตของลำต้นเป็นเถาเลื้อย เมื่อโตเต็มที่เถาอาจจะยาวถึง 2 เมตร มีใบดก รูปร่างใบเรียวยาว เมื่อตากให้แห้งใบจะไม่ร่วงหล่น ส่วนของใบมีมากกว่าลำต้น เมื่อนำไปใช้เลี้ยงสัตว์จึงมีความน่ากินสูง และมีคุณค่าทางอาหารโดยเฉพาะโปรตีนสูง อีกทั้งสามารถปลูกขยายพันธุ์ง่ายโดยใช้เมล็ด ผลิตเมล็ดพันธุ์ง่าย ผลผลิตเมล็ดพันธุ์และความงอกสูง อย่างไรก็ตาม ในการปลูกถั่วคาวาลเคดเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์หรือทำถั่วแห้ง จำเป็นต้องเลือกพื้นที่ปลูกให้เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดี (กรมปศุสัตว์, 2545)

### 2.10.2 คุณค่าทางโภชนะของถั่วคาวาลเคด

กรมปศุสัตว์ (2547ข) ได้ให้ข้อมูลผลการวิเคราะห์ทางโภชนะของถั่วคาวาลเคดที่อายุการตัดแตกต่างกันคือ 45, 60, 90 และ 120-150 วัน ถั่วคาวาลเคดแห้งตัดที่อายุมากกว่า 90 วัน และเศษเหลือทางการเกษตร ดังแสดงในตารางที่ 2.7 ธำรงค์ศักดิ์ (2543) ได้รายงานถึงการศึกษาคุณค่าทางโภชนะของถั่วคาวาลเคด พบว่า ถั่วคาวาลเคดที่เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 125 วัน มีโปรตีน 20.4 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง เมื่อนำมาตากแห้งแล้วพบว่า ใบของต้นถั่วมีการร่วงหล่นน้อย และมีโปรตีนหยาบ 13.1 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง เป็นคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเป็นถั่วพืชอาหารสัตว์แห้ง ถึงแม้ว่าคุณค่าทางโภชนะของถั่วคาวาลเคดจะลดลงระหว่างการตากแห้ง

แต่เมื่อนำมาถนอมโดยการเก็บรักษาไว้ภายหลังการตากแห้งไว้นาน 7 เดือน พบว่าคุณค่าทางโภชนะไม่เปลี่ยนแปลงไป

**ตารางที่ 2.7** คุณค่าทางโภชนะของถั่วคาวาลเคด ถั่วคาวาลเคดแห้ง และเศษเหลือทางการเกษตร

| รายการ | DM, % | %DM | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ash | CP | EE | CF | NDF | ADF |
| ถั่วคาวาลเคด[a] | | | | | | | |
| ตัดที่ 45 วัน | 18.8 | 12.0 | 17.2 | 1.80 | 28.2 | 47.4 | 31.5 |
| ตัดที่ 60 วัน | 22.5 | 10.9 | 15.9 | 1.73 | 31.3 | 49.2 | 33.4 |
| ตัดที่ 90 วัน | 27.5 | 8.9 | 15.5 | 1.50 | 32.3 | 50.3 | 34.9 |
| ตัดที่ 120 วัน | 35.7 | 8.5 | 13.3 | 1.22 | 33.5 | 55.1 | 35.8 |
| ถั่วคาวาลเคดแห้ง a, ตัดที่อายุ > 90 วัน | | | | | | | |
| | 95.4 | 7.98 | 14.5 | - | - | 71.0 | 51.0 |
| ฟางข้าว[b] | 87.0 | 14.1 | 4.1 | - | - | 81.7 | 52.0 |
| ซังข้าวโพด[c] | 92.1 | 2.3 | 3.1 | 0.50 | - | 87.5 | 43.5 |

[1] McalME/kgDM

[a] กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2547ข)

[c] วลัยลักษณ์ (2543)

[d] อัจฉรา (2549)

สำหรับโคที่มีน้ำหนักประมาณ 450-500 กิโลกรัม ถ้าให้กินถั่วคาวาลเคดแห้งเพียงอย่างเดียว สามารถกินได้วันละ 8-10 กิโลกรัม (หรือประมาณ 1.8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว) เนื่องจากถั่วคาวาลเคดมีโปรตีนที่ค่อนข้างสูง และมีโปรตีนหยาบย่อยได้ดี (71เปอร์เซ็นต์) จึงจัดเป็นแหล่งอาหารหยาบที่เป็นแหล่งโปรตีนที่ดี อย่างไรก็ตาม ถ้าให้โคกินเฉพาะถั่วคาวาลเคดเพียงอย่างเดียว การใช้ประโยชน์จากโปรตีนอาจไม่เต็มที่ เนื่องจากถั่วคาวาลเคดมีปริมาณพลังงานค่อนข้างต่ำ ดังนั้น การใช้ถั่วคาวาลเคดเพื่อเลี้ยงสัตว์ควรมีการเสริมด้วยอาหารพลังงาน เช่น มันสำปะหลัง เพื่อช่วยปรับสมดุลของโปรตีนและพลังงาน ทำให้การใช้ประโยชน์จากโปรตีนในถั่วคาวาลเคดเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ (กรมปศุสัตว์, 2547ก)

**ตารางที่ 2.8** ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมดและปริมาณพลังงานของถั่วคาวาลเคดแห้งในโคนม

| รายการ | ค่าเฉลี่ย | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
|---|---|---|
| ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด, TDN (%) | 56.0 | 4.1 |
| ปริมาณพลังงานรวมทั้งหมด,GE (Mcal/kg) | 4.40 | 0.0 |
| ปริมาณพลังงานที่ย่อยได้, DE (Mcal/kg) | 2.48 | 0.2 |
| ปริมาณพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้, ME (Mcal/kg) | 2.19 | 0.2 |

**ที่มา:** กรมปศุสัตว์ (2547ก)

2.10.3 การใช้ถั่วคาวาลเคดเลี้ยงโค

ธำรงศักดิ์ และคณะ (2542) ได้ทดลองใช้ถั่วคาวาลเคดแห้งเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคนมร่วมกับเกษตรกรในจังหวัดสกลนครในฤดูแล้ง (เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2541 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542) พบว่า เมื่อเกษตรกรใช้ถั่วคาวาลเคดแห้งเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคนมอย่างต่อเนื่อง โคนมให้ผลผลิตน้ำนมเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้น (10.9, 10.5, 13.2 และ 14.2 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2541 ธันวาคม พ.ศ. 2541 มกราคม พ.ศ. 2542 และกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542 ตามลำดับ) และพบว่า มีการใช้สัดส่วนอาหารข้น (กิโลกรัม) ต่อผลผลิตน้ำนม (กิโลกรัม) ลดลงจากเดือนแรกที่เริ่มทดลอง คือ ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2541 มีสัดส่วนเท่ากับ 1:3 เมื่อเทียบกับเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542 ที่มีสัดส่วน 1:4.8 ส่งผลให้เกษตรกรมีต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตน้ำนมดิบ 1 กิโลกรัมลดลงไปด้วย คือ จากราคา 4.5 บาทต่อน้ำนมดิบ 1 กิโลกรัม ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2541 เป็นราคา 3.1 บาทต่อน้ำนมดิบ 1 กิโลกรัม ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542

จินดา และคณะ (2546) ได้ศึกษาถึงระดับของถั่วคาวาลเคดแห้งที่เหมาะสมเพื่อใช้ร่วมกับหญ้าแพงโกล่าแห้งเลี้ยงโคเนื้อพันธุ์บราห์มันเพศเมียน้ำหนักเฉลี่ย 248 กิโลกรัม จำนวน 3 กลุ่ม แต่ละกลุ่มได้รับอาหาหยาบเต็มที่ โดยกลุ่มที่ 1 เลี้ยงด้วยหญ้าแพงโกล่าแห้งและมีอาหารข้น (16เปอร์เซ็นต์โปรตีน) เสริม 1.0 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว กลุ่มที่ 2 และ 3 เลี้ยงด้วยหญ้าแพงโกล่าแห้งผสมถั่วคาวาลเคดแห้งในอัตราส่วน 50:50 และ 25:75 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า การใช้หญ้าแพงโกล่าแห้งผสมถั่วคาวาลเคดแห้งในอัตราส่วน 50:50 และ 25:75 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก สามารถทำให้โคมีอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารไม่แตกต่างกับการใช้อาหารข้นเสริม ปริมาณการกินได้รวมทั้งหมดคิดเป็นวัตถุแห้ง (กิโลกรัมต่อวัน) โดยเฉลี่ยน้อยกว่า ($p<0.01$) และมีต้นทุนค่าอาหารเฉลี่ยต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัมต่ำกว่า เมื่อเทียบกับการใช้อาหารข้นเสริม (ตารางที่ 2.9)

**ตารางที่ 2.9** **การใช้ถั่วคาวาลเคดแห้ง และหญ้าแพงโกล่าแห้งเป็นแหล่งอาหารหยาบ ต่อปริมาณการกินได้ การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว การใช้อาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว และต้นทุนค่าอาหารในโคเนื้อ**

| รายการ | หญ้าแพงโกล่าแห้ง + อาหารข้น 16%โปรตีน | หญ้าแพงโกล่าแห้ง : ถั่วคาวาลเคดแห้ง | |
|---|---|---|---|
| | | 50:50:00 | 25:75 |
| น้ำหนักเริ่มต้น, กิโลกรัม | 256.3 | 251.3 | 237.6 |
| น้ำหนักที่เปลี่ยน, กิโลกรัม/วัน | 0.35 | 0.31 | 0.36 |
| ปริมาณการกินได้ | | | |
| กิโลกรัม/วัน | | | |
| อาหารหยาบ | 6.69 | 6.73 | 6.41 |
| อาหารข้น | 1.58 | - | - |
| รวม | 8.27[a] | 6.73[b] | 6.41[b] |
| % น้ำหนักตัว | 2.72 | 2.49 | 2.44 |
| กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว0.75 | 121.1[a] | 100.9[b] | 98.9[b] |
| อาหาร/การเพิ่มน้ำหนักตัว | 23.4 | 22 | 17.9 |
| ต้นทุนค่าอาหาร, บาท/วัน | 25.2[a] | 16.8[b] | 17.6[b] |
| ต้นทุนอาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม | 71.0 | 62.3 | 55.5 |

[ab] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนเดียวกันกับมีกำกับอักษร แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$)

**ที่มา:** จินดา และคณะ (2546)

จรูญโรจน์ และคณะ (2544) ศึกษาการใช้ถั่วคาวาลเคดแห้งเลี้ยงโคนมที่หมู่บ้านศรีสุข จังหวัดมหาสารคามในช่วงฤดูแล้ง ต่อปริมาณน้ำนม องค์ประกอบทางเคมี และต้นทุนการผลิต (ตารางที่ 2.10) โดยเปรียบเทียบในโครีดนม 2 กลุ่ม กลุ่มแรกให้โคได้รับฟางหมักยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบ และกลุ่มที่ 2 ได้รับถั่วคาวาลเคดแห้งเป็นแหล่งอาหารหยาบ โดยโคนมทั้งหมดได้รับอาหารหยาบอย่างเต็มที่ และมีการให้อาหารข้นสำเร็จรูปที่มีโปรตีนหยาบ 17เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งเช่นเดียวกันทั้งสองกลุ่ม พบว่า โคนมกลุ่มที่ได้รับถั่วคาวาลเคดเป็นแหล่งอาหารหยาบมีปริมาณการกินได้ และปริมาณน้ำนมปรับไขมันนม 4 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับฟางหมักยูเรีย และพบว่าการใช้ถั่วคาวาลเคดเป็นแหล่งอาหารหยาบเลี้ยงโคนม มีผลทำให้ปริมาณไขมันในน้ำนมเพิ่มสูงขึ้นเป็น 4.21 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มโคที่ได้รับ

ฟางหมักยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบ อีกทั้งต้นทุนค่าอาหารในการผลิตน้ำนมของโคกลุ่มที่ได้รับถั่วคาวาลเคดเป็นแหล่งอาหารหยาบนั้นมีราคา 4.28 บาทต่อน้ำนม 1 กิโลกรัม ถูกกว่าต้นทุนค่าอาหารของกลุ่มที่ได้รับฟางหมักยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบที่มีราคา 5.08 บาทต่อน้ำนม 1 กิโลกรัม ส่งผลให้เกษตรกรที่เลี้ยงโคนมโดยใช้ถั่วคาวาลเคดเป็นแหล่งอาหารหยาบ ได้รับผลตอบแทนเมื่อหักค่าอาหารแล้ว มากกว่าเกษตรกรกลุ่มที่เลี้ยงโคนมโดยใช้ฟางหมักยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบ

ตารางที่ 2.10 การใช้ถั่วคาวาลเคดแห้ง และฟางหมักยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบ ต่อปริมาณการกินได้ ผลผลิตน้ำนมปรับไขมันนม 4 เปอร์เซ็นต์และต้นทุนค่าอาหารในโคนม

| รายการ | อาหารข้น 17% โปรตีน | |
|---|---|---|
| | ถั่วคาวาลเคดแห้ง | ฟางหมักยูเรีย |
| ปริมาณการกินได้, กิโลกรัม/วัน | 12.1 | 11.5 |
| ผลผลิตน้ำนมปรับไขมันนม 4%, กิโลกรัม/วัน | 13.8 | 9.44 |
| ไขมันนม, % | 4.21 | 3.84 |
| ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตน้ำนม 1 กิโลกรัม, บาท | 4.28 | 5.08 |

ที่มา: จรูญโรจน์ และคณะ (2544)

นอกจากนี้ งานศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับการใช้ถั่วคาวาลเคดแห้งในสูตรอาหารผสมสำเร็จของ จินดา และคณะ (2547) พบว่า เมื่อใช้ถั่วคาวาลเคดแห้งเป็นแหล่งอาหารหยาบในสูตรอาหารผสมสำเร็จในระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับการให้อาหารแบบแยกระหว่างหญ้ารูซี่แห้ง (ให้กินแบบเต็มที่) กับอาหารข้นที่มีโปรตีนหยาบ 16 เปอร์เซ็นต์ (7 กิโลกรัมต่อวัน) ในโคนมพันธุ์ Thai Milking Zebu (TMZ) ในระยะให้นม ผลการทดลองปรากฏว่า สามารถใช้ถั่วคาวาลเคดแห้งในสูตรอาหารผสมสำเร็จเลี้ยงโคระยะให้นมได้ โดยให้ผลผลิตน้ำนมสูงกว่าในกลุ่มที่ได้รับอาหารแบบแยก ($p<0.05$) ขณะที่ผลผลิตน้ำนมปรับไขมัน 4 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอาหารที่กินได้ของวัตถุแห้ง ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตน้ำนม 1 กิโลกรัมที่ปรับไขมัน 4 เปอร์เซ็นต์ และองค์ประกอบน้ำนมได้แก่ ไขมัน น้ำตาลแลคโตส ของแข็งไม่รวมไขมัน และของแข็งทั้งหมด ไม่แตกต่างกับกลุ่มเปรียบเทียบ แต่โคนมกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนนมสูงกว่า ($p<0.05$) กลุ่มเปรียบเทียบที่ให้อาหารหยาบและอาหารข้นแยกกัน (ตารางที่ 2.11)

**ตารางที่ 2.11** การใช้ถั่วคาวาลเคดแห้งเป็นแหล่งอาหารหยาบในสูตรอาหารผสมสำเร็จ ต่อปริมาณการกินได้ ผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบน้ำนม และต้นทุนค่าอาหารในโคนม

| รายการ | รูปแบบอาหารที่ได้รับ | |
|---|---|---|
| | สูตรอาหารผสมสำเร็จ | แบบแยก |
| ปริมาณการกินได้, กิโลกรัม/วัน | | |
| กิโลกรัม/วัน | 12.7 | 12.7 |
| % น้ำหนักตัว | 2.72 | 2.69 |
| กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว0.75 | 126.6 | 125.2 |
| ผลผลิตน้ำนม, กิโลกรัม/วัน | 14.1[a] | 13.8[b] |
| ผลผลิตน้ำนมปรับไขมัน 4%, กิโลกรัม/วัน | 13.7 | 13.4 |
| องค์ประกอบน้ำนม,% | | |
| ไขมัน | 3.80 | 3.82 |
| น้ำตาลแลคโตส | 3.49 | 3.49 |
| โปรตีน | 3.26[a] | 2.97[b] |
| ของแข็งไม่รวมไขมัน | 8.45 | 8.18 |
| ของแข็งทั้งหมด | 12.3 | 12.0 |
| ต้นทุนค่าอาหารในการผลิตน้ำนมปรับไขมันนม 4%, บาท | 3.52 | 3.58 |

[ab] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนเดียวกันกับมีกำกับอักษร แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$)

ที่มา: จินดา และคณะ (2547)

สุภาพร (2549) ได้ทดลองใช้ถั่วคาวาลเคดแห้งเป็นแหล่งอาหารหยาบในสูตรอาหารผสมสำเร็จ โดยใช้ถั่วคาวาลเคดแห้งในระดับ 40, 50, 60 และ 70 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารโคให้นมลูกผสมโฮสไตน์ฟรีเชี่ยน จากการทดลองพบว่า การเพิ่มระดับถั่วคาวาลเคดแห้งในสูตรอาหารผสมสำเร็จ ทำให้โคนมมีปริมาณอาหารที่กินได้ของวัตถุแห้งลดลง ($p<0.05$) รวมทั้งประสิทธิภาพการย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรียวัตถุลดลงเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ เมื่อระดับถั่วคาวาลเคดแห้งในสูตรอาหารผสมสำเร็จเพิ่มสูงขึ้น พบว่าปริมาณผลผลิตน้ำนมที่ได้และน้ำตาลแลคโตสในน้ำนมลดลง ขณะที่ไขมันและของแข็งทั้งหมดในน้ำนมเพิ่มสูงขึ้น โปรตีนและค่าของแข็งไม่รวมไขมันมีค่าไม่แตกต่างกัน และเมื่อคำนวณต้นทุนค่าอาหารในการผลิตน้ำนม

1 กิโลกรัมของโคกลุ่มที่ได้รับถั่วคาวาลเคดเป็นแหล่งอาหารหยาบในระดับ 40, 50, 60 และ 70 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.48, 7.16, 6.48 และ 6.45 บาท ตามลำดับ และเมื่อนำต้นทุนค่าอาหารมาพิจารณาร่วมกับปริมาณผลผลิตน้ำนม พบว่า โคนมที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีถั่วคาวาลเคดแห้งในสูตรอาหารระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตน้ำนม และมีต้นทุนค่าอาหารต่ำ ส่งผลให้ได้รับผลตอบแทนทางเศรษฐกิจดีกว่าสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีถั่วคาวาลเคดแห้งในสูตรอาหารในระดับอื่น ๆ (ตารางที่ 2.12)

**ตารางที่ 2.12** ผลของระดับถั่วคาวาลเคดแห้งในสูตรอาหารผสมสำเร็จ ต่อปริมาณการกินได้ ผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบน้ำนม และต้นทุนค่าอาหารในโคนม

| รายการ | TMR | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 40 | 50 | 60 | 70 |
| ปริมาณการกินได้, กิโลกรัม/วัน | | | | |
| กิโลกรัม/วัน | 13.4[a] | 12.2[b] | 11.1[c] | 10.0[d] |
| % น้ำหนักตัว | 3.35[a] | 2.98[b] | 2.75[c] | 2.48[d] |
| กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว$^{0.75}$ | 149.4[a] | 134.5[b] | 123.6[c] | 110.5[d] |
| ผลผลิตน้ำนม, กิโลกรัม/วัน | 13.2[a] | 11.1[b] | 10.4[b] | 9.0[c] |
| ผลผลิตน้ำนมปรับไขมัน 4%, กิโลกรัม/วัน | 12.7[a] | 11.1[b] | 10.6[b] | 9.70[b] |
| องค์ประกอบน้ำนม,% | | | | |
| ไขมัน | 3.76[a] | 3.94[ab] | 4.11[b] | 4.53[c] |
| น้ำตาลแลคโตส | 4.85[a] | 4.77[a] | 4.66[b] | 4.56[b] |
| โปรตีน | 3.05 | 3.02 | 3.03 | 3.00 |
| ของแข็งไม่รวมไขมัน | 8.38 | 8.49 | 8.35 | 8.09 |
| ของแข็งทั้งหมด | 12.2[a] | 12.4[ab] | 12.7[b] | 12.6[b] |
| ต้นทุนค่าอาหาร, บาท/วัน | 83.1[a] | 74.0[b] | 65.7[c] | 57.2[d] |
| รายได้จากผลผลิตน้ำนมปรับไขมันนม 4%, บาท/วัน | 136.8[a] | 119.3[b] | 114.0[b] | 104.8[b] |
| รายได้จากผลผลิตน้ำนมปรับไขมันนม 4% ที่หักต้นทุนค่าอาหาร, บาท/วัน | 53.7 | 45.3 | 48.3 | 47.6 |

[abc] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนเดียวกันกับมีกำกับอักษร แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$)

ที่มา: ดัดแปลงจาก สุภาพร (2549)