# บทที่ 2

## ตรวจเอกสาร

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้นที่ปลูกง่าย โตเร็ว มีอายุยาวนาน เป็นพืชน้ำมันที่ให้ผลผลิตน้ำมันต่อหน่วยพื้นที่สูงกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ เป็นพืชที่มีปริมาณการผลิตน้ำมันและการใช้ในการบริโภคและอุปโภคอยู่ในอันดับสองของโลก รองจากถั่วเหลือง และยังจัดว่าเป็นพืชที่สามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้ถึง 50 ชนิด สามารถนำมาแปรรูปทำเป็นน้ำมันปาล์มประกอบอาหาร เนยรวมถึงเป็นส่วนผสมในไบโอดีเซลด้วย กะลาปาล์มเป็นวัตถุดิบเชื้อเพลิง ทะลายปาล์มใช้เพาะเห็ดและกระทั่งการปลูกลงดินไปแล้วก็ช่วยในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในการช่วยลดภาวะโลกร้อนได้อีก นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ได้อีกด้วย (เอกชัย, 2548) ผลผลิตของปาล์มน้ำมันถือเป็นเศษเหลือทางการเกษตรที่มีศักยภาพในการใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ เช่น กากเนื้อในเมล็ดนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหาร TMR หรือให้กินสด ส่วนของใบและใบนำไปบดเป็นอาหารสัตว์ หรือหมักเป็นอาหารทดแทนในช่วงฤดูที่ขาดแคลน (Abu Hassan *et al*., 1995 and Alimon, 1993) โดยเฉพาะภาคใต้ของประเทศไทยมีเนื้อที่ปลูกปาล์มน้ำมัน 3.62 ล้านไร่ ผลผลิต 9,028,135 กิโลกรัม ปีพ.ศ.2551 มีการนำใบปาล์มมาเป็นแหล่งอาหารหยาบในโครีดนมและโครุ่น และ ปีพ.ศ.2552 เนื้อที่ให้ผลผลิตทั้งประเทศประมาณ 3.10 ล้านไร่ ในปี 2553 มีเนื้อที่ให้ผลผลิต 3.64 ล้านไร่ ผลผลิต 9.03 ล้านตัน ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 2,483 กิโลกรัม แนวโน้มการผลิตปาล์มน้ำมัน ปี 2554 คาดว่าจะมีเนื้อที่ยืนต้นประมาณ 4.51 ล้านไร่ เป็นเนื้อที่ให้ผลผลิตประมาณ 3.84 ล้านไร่ ผลผลิต 10.86 ล้านตัน ผลผลิตต่อไร่ 2,827 กิโลกรัม เพิ่มขึ้นจากปี 2553 คิดเป็นร้อยละ 7.38, 5.49, 20.27 และ 13.85 ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554) จะเห็นได้ว่ามีแนวโน้มของการเพิ่มพื้นที่การผลิต ทำให้การนำทางปาล์มน้ำมันมาใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องเช่น โค แพะ เป็นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีประมาณ 30,000 ตันต่อวัน หรือ 11,000,000 ตันต่อปี มาสร้างมูลค่าในรูปแบบเพิ่มผลผลิตอาหารโปรตีนราคาถูกในตัวสัตว์ รวมทั้งสามารถนำไปใช้เป็นเสบียงสำรองในช่วงที่ขาดแคลนอาหารได้เป็นอย่างดี (ขบวน และเพ็ญศรี, 2552)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2.1 ปาล์มน้ำมัน (Oil Palm ) ชื่อทางวิทยาสตร์ *Elaeis guineensis Jacq***

**2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์**

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปแอฟริกา ได้มีการนำเข้ามาปลูกในประเทศอินโดนีเซีย และประเทศมาเลเซีย เพื่อเป็นไม้ประดับ เมื่อปี 2391 และปี 2418 ต่อมาเริ่มมีการปลูกเพื่อการค้าเพิ่มมากขึ้น มีผู้นำเข้าประเทศไทย เมื่อปี 2485 โดยเริ่มปลูกเป็นไม้ประดับก่อนเริ่มมาปลูกเพื่อการค้าอย่างจริงจังในปี 2511 ปาล์มน้ำมันเป็นพืชตระกูลปาล์ม ลักษณะลำต้นเดี่ยว มีระบบรากฝอย รากอ่อนจะงอกออกจากเมล็ดเป็นอันดับแรก เมื่อต้นกล้าอายุได้ประมาณ 2-4 เดือน รากอ่อนจะหยุดเจริญเติบโตและหายไป ระบบรากจริงจะงอกจากส่วนฐานของลำต้น ต้นปาล์มที่เจริญเติบโตเต็มที่นั้น ประกอบด้วย รากแรกที่หยั่งลึกลงผิวดินช่วยยึดลำต้นบ้างเล็กน้อย และมีรากสอง สามและสี่ที่แตกแขนงออกมาตามลำดับ ทอดไปตามแนวนอน จะเป็นระบบรากสานกันอย่างหนาแน่นอยู่บริเวณผิวดินระดับลึก 30-50 เซนติเมตร มีลำต้นตั้งตรง มียอดเดี่ยวรูปกรวย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10-12 เซนติเมตร สูง 2.5-4 เซนติเมตร ประกอบด้วยใบอ่อนและเนื้อเยื่อเจริญต้นปาล์มน้ำมันในระยะ 3 ปีแรกจะเจริญเติบโตทางด้านกว้าง หลังจากนั้นลำต้นจะยืดขึ้นปล้องฐานโคนใบและข้อจะปรากฏให้เห็นก็ต่อเมื่อปาล์มน้ำมันอายุมากแล้ว ใบจะติดอยู่กับลำต้นอย่างน้อย 12 ปีหรือมากกว่านั้นแล้วเริ่มหลุดจากใบล่างขึ้นไปใบบนลำต้นมีการจัดเรียงตัวเวียนตามแกนลำต้นรอบละ 8 ใบ 2 ทิศทางคือเวียนซ้ายและเวียนขวาเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น ประมาณ 20-75 เซนติเมตร โดยทั่วไปลำต้นมีความสูงเพิ่มขึ้นประมาณ 35-60 เซนติเมตรต่อปี ขึ้นกับสภาพแวดล้อมและพันธุกรรม ปาล์มน้ำมันมีความสูงได้มากกว่า 30 เมตร และมีอายุยืนนานมากกว่า 100 ปี แต่การปลูกปาล์มน้ำมันเป็นการค้า ไม่ควรมีความสูงเกิน 15-18 เมตร หรืออายุประมาณ 25 ปี (เอกชัย, 2548) ช่อดอก เริ่มออกดอกเมื่อประมาณ 2-3 ปี หลังจากปลูกลงในแปลง ช่อดอกจะเกิดจากตาดอกซึ่งอยู่ตรงซอกโคนก้านใบทุกใบ ดอกที่เกิดขึ้นมาใหม่จะถูกหุ้มด้วยกาบหุ้มช่อดอกจะเปิดออก 6-8 สัปดาห์ ลักษณะของช่อดอก ผล เมล็ด หรือการสืบพันธุ์ (reproductive character) 1.ช่อดอกเพศผู้ประกอบด้วยช่อดอกย่อย (spikelet) ที่มีลักษณะยาวเรียวคล้ายนิ้วมือ เรียงอยู่บนแกนกลางช่อดอก แต่ช่อดอกย่อยจะมีดอกตัวผู้เล็กๆ เกิดโดยรอบ เวลาบานจะเห็นเป็นสีเหลืองอ่อน กลิ่นหอม จะบานออกจากโคนมายังปลาย 3-5 วันแล้วแต่สภาพแวดล้อม หลังจากดอกบานเรียบร้อยแล้วช่อดอกย่อยเหล่านั้นจะมีราเกิดขึ้น เห็นเป็นสีเทา ๆทั่วไป 2.ช่อดอกเพศเมีย เป็นแบบ spike ยาวประมาณ 24-45 เซนติเมตร ประกอบด้วยช่อดอกย่อย ซึ่งมีใบประดับที่ยาวปลายแหลม (spinous bract) เรียงเป็นเกลียวบนแกนช่อดอกใหญ่ ย่อยที่อยู่ตรงแกนจะมีดอกตัวเมียประมาณ 12-30 ดอก และมีน้อยลงทางโคนและปลายแกนของช่อ จะมีตัวเมียทั้งสิ้นหลายพันดอก เมื่อดอกพร้อมที่จะผสม (receptive) จะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เห็นยอดเกสรตัวเมีย (stigma) ซึ่งมี 3 แฉก จะมีสีขาวหรือเหลืองอ่อน แถบแดงเคลือบด้วยเมือกเหนียวๆ เมื่อพ้นระยะนี้แล้วจะเปลี่ยนเป็นสีดอกตัวเมียแต่ละดอกจะมีรังไข่ที่แยกออกเป็น 3 พู (tricarpellary ovary) แต่ส่วนใหญ่พัฒนาเป็นผลเพียงพูเดียวกัน 3.ช่อดอกแบบผสมหรือกะเทย ช่อดอกประเภทนี้คือช่อดอกที่มีช่อดอกย่อยทั้งเพศผู้และเพศเมียอยู่ในช่อดอกเดียวกัน เกิดขึ้นในบางโอกาสเท่านั้น ช่อดอกย่อยเพศเมียจะอยู่บริเวณส่วนกลาง และช่อดอกย่อยเพศผู้จะอยู่ทางส่วนโคนและปลายของช่อดอกใหญ่ ช่อดอกประเภทนี้เป็นลักษณะที่ไม่พึงประสงค์เพราะจะให้ผลผลิตต่ำ ช่อดอกอาจจะเกิดการลีบหรือไม่พัฒนาเป็นดอก ซึ่งมักจะปรากฏเมื่อปาล์มอายุน้อยเริ่มผลผลิตดอกใหม่ๆ ผลและเมล็ด การสุกของผลจะช้าเร็วยังขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม เช่นถ้ามีฝนตกดีสม่ำเสมอตลอดปีผลจะสุกเร็ว การออกดอกเป็นพืชที่แยกเพศ คือต้นที่เป็นเพศผู้ก็จะให้ตัวผู้อย่างเดียว ต้นที่เป็นตัวเมียจึงจะติดผลลักษณะผลเป็นทะลาย ผลจะเกาะติดกันแน่นจนไม่สามารถสอดนิ้วมือเข้าไปที่ก้านผลได้ เวลาเก็บผลปาล์มจึงต้องใช้มีดงอเกี่ยวที่โคนทะลายแล้วดึงให้ขาด ก่อนที่จะตัดทะลายปาล์มต้องตัดทางปาล์มก่อนเพราะผลปาล์มจะตั้งอยู่บนทางปาล์ม กระบวนการตัดใบและใบปาล์มและตัดเอาทะลายปาล์มลง เรียกรวมๆ ว่า แทงปาล์ม (เอกชัย, 2548) ดังภาพ1

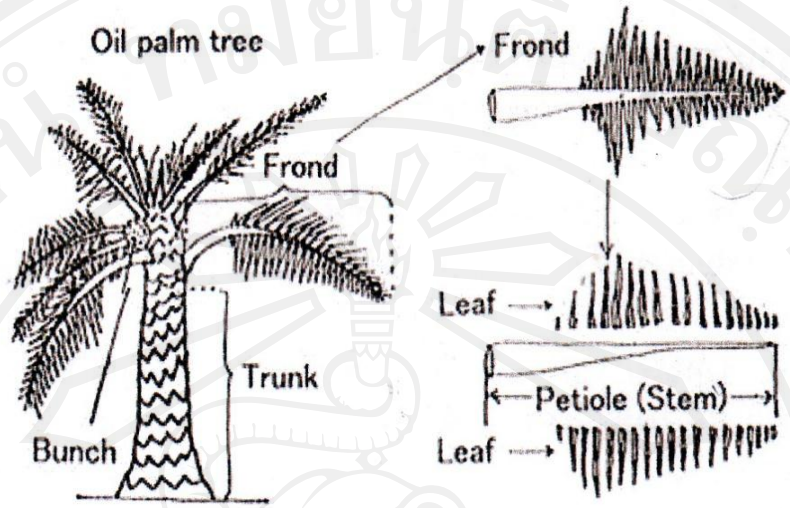
**ภาพ 1** ต้นปาล์มน้ำมัน(Oil Palm)
**ที่มา :** เอกชัย (2548)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2.1.2 ใบปาล์มน้ำมัน (Oil Palm Frond)**

ใบปาล์มน้ำมัน เป็นส่วนของใบและก้านใบของต้นปาล์มน้ำมันเกิดจากการพัฒนาของเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดของลำตัว ซึ่งบริเวณดังกล่าวจะมีจุดกำเนิดตาใบมากกว่า 50 ตาใบ ในช่วงแรกของการเกิดใบจะพัฒนาช้ามาก โดยใช้เวลาพัฒนาจากระยะตาใบจนกระทั่งโผล่ออกมาจากยอดนานถึง 2 ปี หลังจากนั้นก็เจริญพุ่งขึ้นเป็นรูปแหลมยาวคล้ายหอกและคลี่ออกอย่างรวดเร็ว ส่วนใบที่คลี่ออกแล้วจะทำหน้าที่ในการสังเคราะห์แสงและอื่นๆ อยู่ประมาณ 2 ปี ใบของปาล์มน้ำมันเป็นใบประกอบรูปขนนก (pinnate) มีเส้นกลางแยกออกเป็นสองทาง แต่ใบย่อยยังคงติดกันอยู่ ใบถัดมามีใบย่อยแยกออกจากกัน ใบจริงที่มีลักษณะนี้จะถูกสร้างขึ้นเดือนละ 1 ใบ จนกระทั่ง 6 เดือน ใบประกอบด้วยก้านใบที่อาจยาวถึง 7.5 เมตร แต่ละใบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนแกนกลางที่มีใบย่อยอยู่ 2 ข้าง และส่วนก้านใบ ซึ่งมีขนาดสั้นกว่าส่วนแรกและมีหนามสั้นๆ อยู่ 2 ข้างแต่ละทางมีใบย่อย 100-160 คู่ แต่ละใบย่อยยาว 100-120 เซนติเมตร กว้าง 4-6 เซนติเมตรและในสภาพขาดน้ำปากใบจะปิดในช่วงเที่ยงวัน (กรมวิชาการเกษตร, 2554) นอกจากนี้ใบปาล์มน้ำมันที่เหลือระหว่างแถวของต้นปาล์มส่วนใหญ่ใช้ในการอนุรักษ์ดินและการควบคุมการพังทลายของดินและเป็นประโยชน์ระยะยาวในการสร้างสารอาหารในดิน ซึ่งเกษตรกรจะต้องตัดใบล่างที่รองรับทะลายปาล์มน้ำมันก่อนการเก็บเกี่ยวโดยทั่วไปเกษตรกรจะเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมันทุกๆ 15–20 วัน เฉลี่ยแล้วทุกเดือนจะมีการตัดใบปาล์มน้ำมันออกอย่างน้อย 2 ใบต่อต้นหรือคิดเป็น 44 ใบต่อไร่ (อัตราปลูก 22 ต้นต่อไร่) ประมาณหนึ่งปีเกษตรกรจะตัดใบปาล์มน้ำมันประมาณ 18 ครั้ง โดยหนึ่งใบปาล์มน้ำมันจะมีน้ำหนัก 5 กิโลกรัม คิดคำนวณเป็นน้ำหนักสดของใบปาล์มน้ำมัน 3,960 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี (ขบวน และเพ็ญศรี, 2552) ต้นปาล์มน้ำมันที่มีอายุ 5-6 ปีจะผลิตใบหรือใบอยู่ระหว่าง 30-40 ใบต่อปี เมื่อต้นปาล์มน้ำมันอายุมากกว่านี้การผลิตใบจะลดลงเหลือ 20-25 ใบต่อปี อย่างไรก็ตามปริมาณใบที่ปาล์มน้ำมันสร้างขึ้นนั้นจะขึ้นอยู่กับอายุ สภาพแวดล้อม และพันธุกรรม สำหรับลักษณะการเกิดของใบจะมีลักษณะเป็นเกลียวรอบลำตัว โดยลักษณะการเวียนของใบปาล์มน้ำมันมี 2 แบบคือ การเกิดใบแบบเวียนซ้ายและเวียนขวา แต่ส่วนใหญ่มักจะเกิดแบบเวียนขวา การเวียนของใบจะมีประโยชน์ต่อการนับใบที่เกิดขึ้น โดยใบล่างหนึ่งๆ จะรองรับ ใบบนจำนวน 2 ใบ (ประยงค์, 2548) ดังภาพ2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved




**ภาพ 2** ต้นและใบปาล์มน้ำมัน

**ที่มา :** Ishida and Abu Hassan (1997)

**2.1.3 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม**

ปาล์มน้ำมันชอบสภาพภูมิอากาศที่มีฝนตกชุกและสม่ำเสมอตลอดปี มีความชื้นสูง แสงแดดจัด พื้นที่ทางภาคใต้ส่วนใหญ่จึงเหมาะสมเนื่องจากมีการกระจายของน้ำฝนสม่ำเสมอ ประมาณ 1,800-2,000 มิลลิเมตรต่อปี และจะต้องไม่มีสภาพแล้งเกิน 3 เดือน ปัจจัยที่สำคัญในการเลือกพื้นที่ปลูกต้องคำนึงถึงสภาพภูมิอากาศ สภาพดิน และการขนส่งด้วย อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 25-28 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในรอบปี ไม่ต่ำกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ สภาพดินที่เหมาะสม คือ ดินร่วนเหนียวถึงดินเหนียว มีความลึกของชั้นหน้าดินมากกว่า 75 เซนติเมตร อุ้มน้ำได้ดี มีธาตุอาหารสูง มีความเป็นกรดอ่อนประมาณ pH 4.0-6.5 อยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลไม่เกิน 500 เมตร มีความลาดชันไม่เกิน 12 เปอร์เซ็นต์ โดยทั่วไปปาล์มน้ำมันต้องการแสงแดดอย่างน้อย 5 ชั่วโมง หรือประมาณ 18,000 ชั่วโมงต่อปี ถ้าปลูกปาล์มน้ำมันในสถานที่ที่มีร่มเงา หรือปลูกในสภาพชิดกันเกินไป จะทำให้การสะสมน้ำหนักและการผลิตช่อดอกเพศเมียลดลง ทำให้ผลผลิตลดลง สภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยให้การปลูกปาล์มน้ำมันได้รับผลสำเร็จ เมื่อพิจารณาสภาพภูมิอากาศข้างต้นแล้ว เกษตรกรควรพิจารณาศักยภาพของพื้นที่เหมาะสม โดยการตรวจสอบพื้นที่ก่อนปลูกปาล์มน้ำมันเสียก่อน ว่าเหมาะสมหรือไม่หากพื้นที่ไม่เหมาะสมควรปลูกพืชชนิดอื่น หากปลูกปาล์มน้ำมันไปแล้ว ควรพิจารณาเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต หรือเปลี่ยนชนิดของพืชที่จะปลูกต่อไป (กรมวิชาการเกษตร, 2554)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2.1.4 การใช้ใบปาล์มน้ำมันเป็นอาหารสัตว์**

มีการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของใบปาล์ม เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการเป็นอาหารสำหรับสัตว์ทดแทนในฤดูขาดแคลน เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของใบปาล์มน้ำมัน ดังตาราง1 จะเห็นได้ว่าใบปาล์มน้ำมันมีศักยภาพสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ เนื่องจากใบปาล์มมีระดับของเยื่อใยรวมสูงกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาโภชนะรวมที่ย่อยได้ทั้งหมด (total digestible nutrient, TDN) และความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้งของใบปาล์มน้ำมัน พบว่า มีค่า 35.6 เปอร์เซ็นต์ (Alimon, 2004) ซึ่งค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งอาหารหยาบชนิดอื่นๆ ดังนั้น การนำใบปาล์มน้ำมันมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบ สำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง จึงจำเป็นต้องผ่านการปรับปรุงคุณภาพเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนะ และการย่อยได้ของโภชนะของสัตว์ เช่น การเสริมแหล่งไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non-protein nitrogen, NPN) หรือการเสริมด้วยคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่าย (Islam *et al.,* 1998) สำหรับแนวทางการนำใบปาล์มน้ำมันมาใช้เป็นอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โคเนื้อ โคนม และแพะ มีอยู่ 3 แบบดังนี้ 1.ให้กินสด เสริมด้วยอาหารข้น 2.ให้กินในรูปหมักโดยนำใบปาล์มน้ำมันมาผ่านกระบวนการหมักก่อนนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ เสริมด้วยอาหารข้น 3. ให้กินในรูปอาหารผสมสำเร็จรูป (Total mixed ration) โดยนำใบปาล์มน้ำมันสด หรือหมักผสมร่วมกับวัตถุดิบต่างๆ โดยระดับที่เหมาะสมในการใช้ใบปาล์มหมักเลี้ยงสัตว์ ในโคเนื้อ 50 เปอร์เซ็นต์ และในโคนมและแพะ 30 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาของ Abu Hassan *et al*. (1993) พบว่า การใช้ใบปาล์มสดและหญ้าสดในอัตรา 50:50 เปอร์เซ็นต์ เป็นอาหารหยาบในโคเนื้อและโคนมไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่อย่างไรก็ตามการใช้ใบปาล์มหมัก 30 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับอาหารข้น 70 เปอร์เซ็นต์ ในโครีดนมทำให้ได้ผลผลิตของน้ำนมที่มากกว่าการใช้ใบปาล์มสดและหญ้าสดในอัตรา 50:50 เปอร์เซ็นต์ โอภาส (2551) พบว่า การใช้ใบปาล์มสับในสภาพสด โคจะกินใบปาล์มสับคิดเป็นน้ำหนักแห้งได้ประมาณ 0.8-1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว

**ตาราง 1** คุณค่าทางโภชนะของใบปาล์มน้ำมัน

| ชนิดอาหาร | DM% | CP | EE | CF | Ash | NFE | ADF | NDF | ME(MJ/kg) | TDN% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ----------DM%---------- | | | | | | | | | |
| ใบปาล์มน้ำมัน | 36.4 | 5.8 | 1.2 | 44.8 | 6.6 | 43.3 | 55.6 | 78.7 | 5.65 | 35.1 |

**ที่มา :** ดัดแปลงจาก Mohd Sukri (2003)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2.2 กากเนื้อในปาล์ม (Palm kernel cake, PKC)**

กากเนื้อในปาล์มน้ำมัน (oil palm kernel meal) เป็นส่วนเหลือจากการหีบน้ำมันส่วนเนื้อในเมล็ดปาล์ม โดยจะมีโปรตีนสูงประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตประมาณ 40-50 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยประมาณ 20-27 เปอร์เซ็นต์ และมีไขมันประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าส่วนกากปาล์มน้ำมัน (Oil palm) ที่เป็นส่วนเหลือจากการหีบน้ำมันผลปาล์มทั้งผล กากเนื้อในปาล์มเป็นส่วนกากที่มีแต่เนื้อในล้วนๆ ไม่มีเปลือกกะลาหรือเปลือกทะลายติดอยู่คุณภาพจึงสูง ใช้เป็นแหล่งโปรตีนได้ดีทั้งในสัตว์กระเพาะเดี่ยวและสัตว์เคี้ยวเอื้อง แต่กระบวนการผลิตในประเทศไทยยังไม่สามารถแยกกะลาได้หมด ลักษณะของกากเนื้อในปาล์มจะแห้งเป็นผง คล้ายๆ ทราย ไม่กระจายตัว ทำให้คุณภาพอาหารสัตว์ไม่สม่ำเสมอ สามารถใช้ในสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ดีกว่าสัตว์กระเพาะเดี่ยวเนื่องจากเยื่อใยสูง ทำให้สัตว์กระเพาะเดี่ยวได้รับพลังงานที่ย่อยได้ต่ำ รวมทั้งความย่อยได้ของโปรตีนและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารต่ำเช่นกัน (วันวิศาข์ และคณะ, 2552) นอกจากนั้น กากเนื้อในปาล์มน้ำมันยังมีธาตุอาหาร และกรดอะมิโนต่างๆ อีกมากมายที่มีความสำคัญและมีความสมดุล เช่นมีความสมดุลระหว่างแคลเซียมและฟอสฟอรัสมากกว่าในกากเมล็ดพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ (สุธา และเสาวนิต, 2544) จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปผสมในวัตถุดิบอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์ชนิดต่างๆ เช่น แพะ โค จากรายงานของ Mustaffa and Hawari (1991) พบว่า องค์ประกอบทางเคมีของกากเนื้อในปาล์มน้ำมัน ประกอบด้วย วัตถุแห้ง (dry matter, DM) 91 เปอร์เซ็นต์ เถ้า(ash) 6 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม (crude fat) 8 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม (crude protein) 14 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนฟรีแอกซ์แทรก (Nitrogen free extract) 49 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม (crude fiber) 23 เปอร์เซ็นต์ มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษากากปาล์มของโรงงานในพื้นที่ภาคใต้ในปี 2551 พบว่า มีองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุแห้ง 91.29 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 14.5 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 5.4 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย NDF 77.9 เปอร์เซ็นต์ ADF 47.2 เปอร์เซ็นต์ ADL 18.3 เปอร์เซ็นต์ การย่อยได้ของวัตถุแห้ง คือ 60-70 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานที่ย่อยได้ DE 6-13 MJ/ kg การนำกากเนื้อในปาล์มน้ำมันใช้เป็นอาหารโคขุนสามารถใช้ได้ 80-100 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารโคเนื้อ หรืออาจใช้ร่วมกับผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มอื่นๆ เช่น เยื่อใยส่วนเปลือก หรือกากตะกอนปาล์มน้ำมัน ในอัตราส่วน 60:40 หรืออาจใช้ในสูตรอาหารข้นร่วมกับวัตถุดิบพลังงานอย่างอื่น ในอัตราส่วน 50:50 จะทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่าโคที่ได้รับกากเนื้อในปาล์มน้ำมันเพียง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อย่างเดียว ส่วนในโคนมสามารถใช้กากเนื้อในปาล์มน้ำมันได้ไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารข้น (โอภาส, 2551) เสกสรร (2547) ศึกษาการเลี้ยงโคเนื้อพันธุ์ลูกผสมบราห์มันเพศผู้โดยมีกากเนื้อในปาล์มเป็นแหล่งอาหารโปรตีนร่วมกับวัตถุดิบที่เป็นแหล่งพลังงาน ได้แก่ มันเส้น ข้าวโพดบด ปลายข้าว และรำละเอียด มีอัตราการเจริญเติบโต 694, 698, และ 770 กรัมต่อตัวต่อวัน ประสิทธิภาพการใช้อาหารเท่ากับ 12.35, 12.59 และ 11.79 กิโลกรัม ตามลำดับ

**2.3 กากข้าวมอลต์ (Malt residue)**

กากข้าวมอลต์ หรือ กากเบียร์ (Brewer's grain) เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตเบียร์ภายหลังสกัดเอาแป้งและน้ำตาลส่วนใหญ่ออกไปแล้ว โดยปกติกากข้าวมอลต์ที่ออกจากโรงงานมักอยู่ในรูปสด (Wet malt residue) สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งโปรตีนสำหรับสัตว์ได้เป็นอย่างดี การนำไปใช้สามารถทำได้ 2 รูปแบบคือ ในรูปของกากข้าวมอลต์สด และแห้ง มีรายงานว่ากากข้าวมอลต์สามารถใช้ได้ 20 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งในอาหารทั้งหมด และ 20-25 เปอร์เซ็นต์ของอาหารข้นสำหรับโคนมและโคเนื้อ (สาโรช, 2542) กากข้าวมอลต์ที่ออกจากโรงงานเบียร์ใหม่ๆ ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปกากข้าวมอลต์สด (Wet malt residue) มีคุณค่าทางโภชนะ คือ ความชื้น 76.30 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนหยาบ 5.70 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 1.60 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยหยาบ 3.60 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 1.00 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนฟรีเอ็กแทรกซ์ 11.80 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 0.07 เปอร์เซ็นต์ และฟอสฟอรัส 0.12 เปอร์เซ็นต์ (Boonrawd Co., 2010) ซึ่งเหมาะสำหรับใช้เป็นอาหารสัตว์ในฟาร์มที่ตั้งอยู่ใกล้โรงงานเบียร์ การใช้กากข้าวมอลต์เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง มีข้อดีในการใช้คือ 1. เมื่อใช้กากข้าวมอลต์ร่วมกับแหล่งไนโตรเจน (Nitrogen source) เช่น ยูเรีย (Urea) ซึ่งเป็นแหล่งไนโตรเจนที่เพียงพอแก่จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนต่อการเจริญเติบโตและการเพิ่มปริมาณมากขึ้น 2. โปรตีนในกากข้าวมอลต์จะมีการสลายอย่างช้าๆ ภายในกระเพาะรูเมนซึ่งถือว่าเป็นข้อดีเพราะจะส่งผลให้ปริมาณโปรตีนที่ไหลผ่าน (by pass protein) ไปสู่ลำไส้เล็กมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นด้วย ในปัจจุบันได้มีการนำกากข้าวมอต์สดใช้เลี้ยงโคโดยตรง ซึ่งพบว่าไม่มีปัญหาความไม่เพียงพอของโภชนะ หากมีการจัดการอย่างเหมาะสม ในโคนมสามารถที่จะใช้แทนอาหารข้นได้ 20-30 เปอร์เซ็นต์หรือเสริมเพิ่มเติมได้ไม่เกินวันละ 1 กิโลกรัมของวัตถุแห้ง (Murdock *et al.,* 1981)

จากรายงานของ Rogers *et al.* (1986) พบว่า กากข้าวมอลต์มีความทนทานต่อการสลายตัวภายในกระเพาะรูเมน ซึ่งถือว่าเป็นประโยชน์ต่อสัตว์เคี้ยวเอื้องเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งโปรตีนหลายๆ ชนิด โดยเมื่อปริมาณโปรตีนที่ไหลผ่านไปยังลำไส้เล็กที่เพิ่มมากขึ้นทำให้เป็นการเพิ่มกรดอะมิโนที่ถูกดูดซึมภายหลังการย่อยที่ลำไส้เล็กด้วย Belibasakis and Tsirgogianni (1996) ศึกษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การใช้กากข้าวมอลต์สดที่มีผลต่อปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนม พบว่า เมื่อใช้อาหารทั้ง 2 สูตร วัตถุแห้งที่กินได้ โปรตีน แลคโตส และของแข็งที่ไม่ใช้ไขมัน ในน้ำนมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่พบว่าอาหารที่มีกากข้าวมอลต์สดเป็นส่วนประกอบเทียบกับสูตรควบคุม ปริมาณน้ำนม ไขมันนม ปริมาณของแข็งทั้งหมดในนม และปริมาณไขมันในน้ำนม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปริมาณน้ำนมเมื่อปรับไขมันของกลุ่มที่ได้รับกากข้าวมอลต์สดสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) Porter and Conrad (1975) ศึกษาเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนะของกากข้าวมอลต์สด และแห้ง เพื่อเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารโคนม พบว่าการเสริมกากข้าวมอลต์สด และแห้ง 20 เปอร์เซ็นต์ในอาหารข้น ไม่ทำให้ปริมาณน้ำนมที่ได้ (4% FCM) แตกต่างกัน สอดคล้องกับ วิจิตรา (2549) พบว่า โคนมที่กินอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์สดมีผลให้องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมมีค่าใกล้เคียงกันกับอาหารที่ไม่ผสมกากข้าวมอลต์ แต่ในโคกลุ่มที่ได้รับกากข้าวมอลต์มีปริมาณโปรตีนสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารที่ไม่ผสมกากข้าวมอลต์สด ($P<0.05$) และระดับที่เหมาะสมในการให้กากข้าวมอลต์สดคือ 20 เปอร์เซ็นต์ของอาหารข้น

**2.4 หญ้ากินนีสีม่วง (Purple guinea)**

หญ้ากินนีสีม่วง มีชื่อวิทยาศาสตร์ (*Panicum maximum* TD58) แหล่งกำเนิดดั้งเดิมอยู่ในประเทศแทนซาเนีย (Tanzania) ในทวีปอัฟริกา มีการนำเข้าประเทศไทยครั้งแรกในปี พ.ศ. 2530 โดยชื่อว่ากินนี TD 58 เนื่องจากลำต้นและสีใบแตกต่างจากหญ้ากินนีชนิดอื่นๆ โดยมีสีม่วงบริเวณโคนต้น หน่อมีสีม่วงหรือแม้กระทั่งช่อดอก ใบสีเขียวเข้ม ดังนั้น จึงเรียกกันว่า กินนีสีม่วง (สายัณห์, 2548) หญ้ากินนีสีม่วงจัดเป็นหญ้าอายุหลายปี มีการเจริญเติบโตเป็นแบบกอตั้ง โดยมีความสูงของลำต้น 1.8–2.4 เมตร ลำต้นมีขนาดเล็ก แต่สูงใหญ่กว่ากินนีธรรมดา มีทรงพุ่ม ใบตั้งตรง มีสีม่วงที่บริเวณโคนลำต้น ใบสีเขียวเข้มยาว 80–85 เซนติเมตร กว้าง 20–22 มิลลิเมตร มีลักษณะใบใหญ่ อ่อนนุ่ม มีสัดส่วนใบต่อต้นสูงและสัตว์ชอบกิน เหมาะสำหรับตัดสดหรือปล่อยสัตว์แทะเล็ม (สมศักดิ์ และคณะ, 2544) ส่วนของข้อปล้อง กลุ่มดอก (spilelets) และเมล็ดมีสีม่วงอมเขียวต่างจากหญ้ากินนีพันธุ์อื่นๆ ซึ่งส่วนใหญ่มีสีเขียว ขนาดของเมล็ดใหญ่กว่ากินนีธรรมดา หญ้ากินนีสีม่วงมีช่วงเวลาของการเจริญเติบโต ก่อนออกดอกอยู่ระหว่าง 90-110 วัน เริ่มออกดอกเมื่อมีความสูง 220 เซนติเมตร (ศศิธร และคณะ, 2536) สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพร่มเงา เช่นเดียวกับหญ้ากินนีธรรมดา สามารถปลูกได้เกือบทุกสภาพพื้นที่ ทนแล้ง และสามารถตอบสนองต่อการให้น้ำ และปุ๋ยได้ดี ลักษณะเด่นชัดคือ บริเวณผิวใบ และกาบใบไม่มีขนเวลาเก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงานคนทำให้ไม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คันตามตัว ลำต้นเรียบเกลี้ยงไม่มีขน หน่อที่แตกมาใหม่ มักจะมีสีม่วงเข้มหรือเขียวอมม่วง ช่อดอกเป็นแบบแยกแขนง (panicle) มีสีเขียวจนถึงสีม่วง ยาว 15–40 เซนติเมตร กว้าง 12-30 เซนติเมตร เริ่มออกดอกระหว่างต้นกันยายนถึงตุลาคม ตั้งแต่เริ่มออกดอกจนถึงช่อดอกโผล่ใช้เวลา 23 วัน (ศศิธร และคณะ, 2534) หญ้ากินนีสีม่วงปลูกได้ดีในสภาพเกือบทุกพื้นที่ตั้งแต่ดินเหนียวจนถึงดินทราย แต่ไม่ควรปลูกในดินเค็ม ดินที่มีน้ำท่วมขัง และบริเวณที่เป็นร่มเงา การปลูกทำได้หลายวิธีคือ วิธีแรก ใช้เมล็ดอัตรา 1-2 กิโลกรัมต่อไร่ หว่านโดยไม่กลบเมล็ดหรือโรยเป็นแถวๆ ควรใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงมีความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์สูง และไม่มีการเจือปน เมล็ดหญ้ากินนีสีม่วงมีระยะพักตัวอย่างน้อย 3 เดือนหลังการเก็บเมล็ด เมื่อพ้นจากระยะพักตัวจะช่วยให้เมล็ดงอกได้ดีขึ้น (สายัณห์, 2548) นอกจากนี้ยังสามารถปลูกโดยใช้หน่อพันธุ์ แยกจากกอเดิม ต้นที่แยกกอปลูกที่ดีไม่ควรมีอายุมากเกินไป อายุ 20–30 วัน หลังตัดเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการแยกกอ ควรใส่ปุ๋ยไนโตรเจนร่วมด้วยจะช่วยให้หญ้าแตกกอดีขึ้น หน่อที่เตรียมไว้ไม่ควรทิ้งไว้นาน

**2.4.1 การปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม**

หญ้ากินนีสีม่วงเจริญเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมเช่นเดียวกับหญ้ากินนีธรรมดาขึ้นได้ในดินหลายชนิดตั้งแต่ดินทรายจนถึงดินเหนียว ไม่ทนต่อสภาพน้ำขังและน้ำค้างแข็ง ดั้งนั้นจึงต้องการดินที่มีการระบายน้ำดี และดินควรมีความอุดมสมบูรณ์พอสมควร เจริญเติบโตได้ไม่ดีในดินเค็มและดินที่เป็นกรดจัด หญ้ากินนีสีม่วงต้องการอุณหภูมิสูงเพื่อการเจริญเติบโต จากการศึกษาของ Tudsri *et al.* (2002) พบว่า หญ้ากินนีสีม่วงที่เจริญเติบโตภายใต้อุณหภูมิ 25/15 องศาเซลเซียส (กลางวัน/กลางคืน) ให้ผลผลิตเพียง 17 เปอร์เซ็นต์ ของหญ้ากินนีสีม่วงที่เจริญเติบโตภายใต้อุณหภูมิสูง (30/25 องศาเซลเซียส) ซึ่งนอกจากผลผลิตจะลดลงแล้ว อุณหภูมิต่ำยังทำให้ความสูง การแตกกอ จำนวนใบ และพื้นที่ใบยังลดลงอีกด้วย และเมื่อเทียบกับหญ้ากินนีสายพันธุ์อื่นที่ใช้ในการทดลองแล้ว หญ้ากินนีสีม่วงได้รับผลกระทบมากที่สุดภายใต้อุณหภูมิต่ำ (15 องศาเซลเซียส)

**2.4.2 ผลผลิตและคุณค่าทางอาหาร**

หญ้ากินนีสีม่วงเป็นหญ้าที่ให้ผลผลิตสูง มีโปรตีน 7-10 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาของวีระศักดิ์ และคณะ (2542) พบว่า หญ้ากินนีสีม่วงให้ผลผลิตสูงกว่าหญ้าชนิดอื่นที่ปลูกเปรียบเทียบกับอีก 7 ชนิดที่จังหวัดกาญจนบุรี โดยในปีแรกให้ผลผลิตถึง 6.4 ตันต่อไร่ (เก็บเกี่ยว 4 ครั้ง ระหว่างเดือนสิงหาคมถึงเดือนมกราคม 2540) และปีที่ 2 ให้ผลผลิต 3.49 ตันต่อไร่ ซึ่งต่ำกว่าหญ้าซิกแนลตั้ง และหญ้าซีตาเรีย สายพันธุ์ คาร์ซังคูล่า (เก็บเกี่ยว 5 ครั้งระหว่างเดือนพฤษภาคม–ธันวาคม 2540) แต่เมื่อคิดค่าเฉลี่ย 2 ปีแล้วหญ้ากินนีสีม่วงให้ผลผลิตสูงกว่าหญ้าชนิดอื่น แต่เมื่อมีการใส่ปุ๋ยทำให้มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การตอบสนองต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของหญ้ากินนีสีม่วงที่ดีขึ้น วิรัช และคณะ (2541) รายงานว่า หญ้ากินนีสีม่วงตอบสนองต่อไนโตรเจนจนถึงระดับ 40 กิโลกรัมต่อไร่ และฟอสฟอรัส ($P_2O_5$) 20 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับปุ๋ยโพแทสเซียม สมศักดิ์ และคณะ (2543) รายงานว่าในดินชุดหุบกะพง หญ้ากินนีสีม่วงตอบสนองได้ถึง 30 กิโลกรัมต่อไร่ โดยให้ผลผลิตเฉลี่ย 2 ปี 1.9 ตันต่อไร่ จากการทดสอบในฟาร์มเกษตรกรรายหนึ่งในอำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งสภาพของดินเป็นดินร่วนปนทราย มีอินทรีย์วัตถุต่ำและมีปริมาณโพแทสเซียมต่ำ สมศักดิ์ และคณะ (2546) รายงายว่าหญ้ากินนีสีม่วงให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งในช่วงฤดูฝน (มิถุนายนถึงตุลาคม) ระหว่าง 396-562 กิโลกรัมต่อไร่ และในช่วงฤดูแล้งอากาศเย็น (พฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์) อยู่ระหว่าง 225-284 กิโลกรัมต่อไร่ และฤดูแล้ง (มีนาคมถึงพฤษภาคม) อยู่ระหว่าง 296-345 กิโลกรัมต่อไร่ โดยตัดหญ้าทุกๆ 30 วัน ยกเว้นการตัดครั้งแรกซึ่งตัดเมื่อหญ้ามีอายุ 60-90 วัน จะเห็นได้ว่าหญ้ากินนีสีม่วงให้ผลผลิตค่อนข้างสม่ำเสมอ ยกเว้นในช่วงฤดู (หนาว) และช่วงฤดูแล้ง (ร้อน) ซึ่งผลผลิตลดลงประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิที่ลดลงมีส่วนทำให้การเจริญเติบโตชะงัก ในขณะเดียวกันหญ้ากำลังอยู่ระหว่างที่ออกดอก ส่วนในช่วงฤดูแล้งที่มีอุณหภูมิสูงหญ้าน่าจะเจริญเติบโตได้ดี แต่เป็นไปได้ว่าการให้น้ำอาจไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต และ ปุ๋ยที่ใช้โดยเฉพาะอย่างยิ่งโพแทสเซียมอาจจะไม่เพียงพออีกด้วย งานทดลองนี้มีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนปุ๋ยคอก 4 ตันต่อไร่ ใส่ปุ๋ยรองพื้นและใส่ยูเรีย 10 กิโลกรัมต่อไร่ หลังตัดหญ้าทุกครั้ง ซึ่งปุ๋ยยูเรียที่ใช้ค่อนข้างต่ำกว่าปกติควรใช้ในอัตรา 15-20 กิโลกรัมต่อไร่ โดยหญ้ากินนีสีม่วงจะมีคุณค่าทางโภชนะแตกต่างกันตามอายุการตัด ดังตาราง 2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตาราง 2** คุณค่าทางโภชนะของหญ้ากินนีสีม่วงที่อายุการตัดต่างๆ กัน

| หญ้ากินนี | DM | CP | EE | CF | Ash | NFE | ADF | NDF | ADL | TDN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| สีม่วง | % | ----------DM%---------- | | | | | | | | % |
| อายุการตัด 30 วัน | 22.68 | 13.08 | 1.40 | 28.54 | 12.04 | 44.89 | 39.70 | 67.35 | 3.65 | 57.28 |
| อายุการตัด 45 วัน | 28.50 | 7.56 | 1.15 | 35.13 | 10.91 | 45.42 | 44.17 | 70.76 | 4.19 | 52.19 |
| อายุการตัด 60 วัน | - | 6.97 | 1.24 | 31.49 | 10.34 | 54.35 | 40.90 | 69.49 | 3.63 | 55.91 |
| อายุการตัด 120 วัน | - | 4.13 | - | - | - | - | 46.08 | 72.43 | 3.34 | 50.01 |

**ที่มา :** ดัดแปลงจากกรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2547)

ในด้านต้นทุนในการผลิตนั้น สมศักดิ์ และคณะ (2546) รายงานว่า ในพื้นที่ 1 ไร่คิดเป็นค่าใช้จ่ายทั้งหมด 6,230 บาท ผลิตหญ้ากินนีได้ 4,210 กิโลกรัมต่อไร่ หรือต้นทุนเท่ากับ 1.50 บาทต่อกิโลกรัม แต่ถ้าเกษตรกรใช้แรงงานในครอบครัวในการเตรียมพื้นที่และการจัดการแปลงหญ้าจะเหลือเป็นต้นทุนการผลิตหญ้าเพียง 1.01 บาทต่อกิโลกรัม อย่างไรก็ตามค่าใช้จ่ายนี้คิดเฉพาะปีที่1 เท่านั้น เนื่องจากหญ้ามีอายุหลายปี ในปีที่ 2 ต้นทุนการผลิตหญ้าลดลงได้มากเพราะจะมีค่าใช้จ่ายในบางรายการเท่านั้น และถ้าผลผลิตยังคงให้เท่าเดิม ค่าใช้จ่ายของการผลิตหญ้า 1 กิโลกรัมจะเหลือ 1.17 บาท แต่ใช้แรงงานในครอบครัวจะเหลือต้นทุนเพียง 0.87 บาท

**2.4.3 การใช้ประโยชน์**

การใช้ประโยชน์โดยการตัดให้สัตว์กินสดนั้นต้องพิจารณาว่าควรจะใช้ความถี่และความสูงของการตัดเท่าใดจึงจะเหมาะสม ชิตและคณะ (2539) รายงานว่า การยืดวันตัดออกไปจะเพิ่มผลผลิตหญ้ากินนีสีม่วงแต่ลดปริมาณโปรตีนในหญ้า ดังนั้นถ้าพิจารณาในแง่ของการใช้เป็นอาหารสัตว์โดยยึดหลักระดับโปรตีนที่ 7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นระดับที่มีผลต่อการกินได้ของสัตว์เป็นหลัก (Milford and Minson, 1996) แล้วควรตัดครั้งแรกที่ 60-70 วันหลังปลูก และตัดครั้งต่อไปทุกๆ 30-40 วันแต่ไม่ควรเกิน 40 วัน แม้ผลผลิตอาจจะลดลงไปบ้าง แต่หญ้าที่ได้จะมีคุณภาพดีขึ้นไม่ว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จะเป็นฟอสฟอรัส โพแทสเซี่ยม และADF เป็นต้น ในช่วงฤดูฝนหญ้าจะโตเร็ว สามารถตัดได้ทุก 20-30 วัน จากรายงานของสายัณห์ และคณะ (2539) พบว่า เมื่อพืชอายุมากขึ้นเปอร์เซ็นต์โปรตีนภายในพืชจะลดลง แต่มีปริมาณเยื่อใยเพิ่มขึ้นแสดงให้เห็นว่า หญ้ากินนีสีม่วงจะมีคุณค่าทางโภชนะแตกต่างกันตามอายุการตัด ถ้าพิจารณาในลักษณะการเจริญเติบโตของหญ้าที่เป็นต้นตั้งแล้ว ควรตัดในระดับความสูงจากพื้นดิน 10-15 เซนติเมตร (สายัณห์, 2547) จะทำให้การฟื้นตัวของหญ้าดีขึ้น และอายุหญ้ายืนยาวไปหลายปี ในรายงานของเอกสิทธิ์ และคณะ (2544) พบว่า พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizable Energy, ME) ของหญ้ากินนีสีม่วงมีค่าสูงสุดเมื่อเปรียบกับหญ้าชนิดอื่นคือ 10.69 Mcal/kg DM จึงทำให้หญ้ากินนีสีม่วงเป็นหญ้าที่เหมาะสำหรับใช้เลี้ยงสัตว์ ทั้งในรูปหญ้าสด หญ้าหมัก หรือปล่อยสัตว์เข้าแทะเล็ม (จีระวัชร์ และคณะ, 2549)

**2.5 พืชหมัก (Silage)**

พืชหมักหรือหญ้าหมัก (Silage) หมายถึง พืชอาหารสัตว์ต่างๆ เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง หญ้าและถั่วต่างๆ ที่เก็บเกี่ยวในขณะที่มีความชื้นพอเหมาะ แล้วนำมาหมักเก็บไว้ในสภาพไร้อากาศ (Anaerobic condition) เพื่อให้เกิดกรดจากกระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์ในธรรมชาติ โดยคุณค่าทางอาหารสัตว์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด พบว่าสิ่งที่ทำให้พืชหมักมีสภาพคงที่คือ กรดแลคติค (สายัณห์, 2540) ซึ่งเกิดจากการทำงานของแลคติคแอซิดแบคทีเรีย (Lactic acid bacteria-LAB) ที่ใช้คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (Water soluble carbohydrate-WSC) ที่มีในพืชได้ผลผลิตเป็นกรดแลคติค ส่งผลให้ค่า pH ลดลง หยุดขบวนการต่างๆที่เกิดขึ้น มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ไม่เป็นประโยชน์ หรือที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อพืชหมัก ทำให้สภาพของพืชหมักคงที่ ซึ่งจะช้าหรือเร็วขึ้นนั้นอยู่กับปริมาณของ LAB โดยจุลินทรีย์เหล่านี้จะมีอยู่ตามธรรมชาติ และติดไปกับพืชที่นำมาหมัก ซึ่งมีทั้งชนิดที่ต้องการออกซิเจน (Aerobic) ไม่ต้องการออกซิเจน (Anaerobic) และอยู่ได้ในที่ที่มีและไม่มีออกซิเจน (Facultative) จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในพืชที่กำลังหมัก จนเกิดสภาวะเป็นกรดที่เหมาะสมประมาณ 3.5-4.5 ความเป็นกรดในระดับนี้จะช่วยทำให้รักษาสภาพของพืชอาหารสัตว์ได้นานมากกว่า 1 ปี (วิโรจน์, 2546) นอกจากนี้พืชหมักยังเป็นอาหารสำหรับสัตว์ในช่วงขาดแคลนพืชสด (กองอาหารสัตว์, 2547)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2.5.1. กระบวนการหมักเปรี้ยว (silage fermentation)**

ก่อนที่จะกล่าวถึงกระบวนการหมักเปรี้ยว (silage fermentation) เราควรทราบถึงมาตรฐานของคุณภาพของพืชหมักก่อน อาศัยมาตรฐานจากยุโรป พืชหมักที่ทีคุณภาพดีจะประกอบด้วย

| | |
|---|---|
| pH | 4.2 |
| กรดแลคติก (Lactic acid) | 3-13 เปอร์เซ็นต์ |
| กรดบิวทีริค (Butyric acid) | < 0.2 เปอร์เซ็นต์ |
| แอมโมเนียไนโตรเจน ($NH_3$-N) | < 11 เปอร์เซ็นต์ ของไนโตรเจนรวม |

การหมักเป็นกระบวนการหนึ่งที่สามารถทำได้ นอกเหนือจาก dehydrate hay ที่ได้กล่าวมาแล้ว พืชทุกชนิดรวมทั้งวัชพืชสามารถนำมาทำพืชหมักได้ทั้งสิ้น การที่พืชสดเปลี่ยนเป็นพืชหมักนั้นต้องอาศัยจุลินทรีย์เป็นตัวช่วยจุลินทรีย์เหล่านี้มีอยู่ตามธรรมชาติและติดไปกับพืชที่จะหมัก ซึ่งมีทั้งชนิดต้องการออกซิเจน (aerobic) ไม่ต้องการออกซิเจน (anaerobic) และอยู่ได้ทั้งในที่ที่มีหรือไม่มีออกซิเจน (facultative) ดังตาราง 3 จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในพืชที่กำลังหมัก จนเกิดสภาวะการเป็นกรดที่เหมาะสม ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอีกต่อไปในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน ซึ่งจะช่วยรักษาสภาพของพืชให้เก็บไว้ได้นาน จากตาราง 3 จะเห็นว่า จุลินทรีย์ที่ทำให้คุณภาพของพืชหมักสูงขึ้นตัวที่สำคัญที่สุดคือ *Lactobacillus* ซึ่งจะเป็นตัวช่วยที่รักษาคุณภาพของพืชหมัก แต่หาก pH ลดลงเรื่อยๆ จนถึง 4.0 หรือต่ำกว่า จุลินทรีย์ทุกชนิดจะไม่สามารถมีชีวิตอยู่ต่อไปได้ แม้กระทั่ง *Lactobacillus* นั่นคือสภาพที่พืชหมักได้ที่แล้ว ปฏิกิริยาต่างๆ ทางเคมีจะหยุด และพืชหมักจะคงสภาพนี้ตลอดไป หากไม่ปล่อยให้อากาศซึมเข้าไป จุลินทรีย์ที่ต้องการให้เกิดขึ้นมากในพืชหมักคือ lactic acid bacteria ส่วนชนิดที่ไม่ต้องการคือ butyric acid bacteria, fungi และ *Coliform* bacteria ส่วนยีสต์ถึงแม้จะช่วยผลิตแอลกอฮอล์ ทำให้พืชหมักมีกลิ่นหอม แต่หากมีมากก็เป็นที่ไม่ต้องการ เพราะจะทำให้คุณค่าทางอาหารของพืชหมักลดลงเนื่องจากไปช่วยใช้น้ำตาลในพืชหมดไปโดยเร็ว (พันทิพา, 2547)

การหมักเป็นวิธีการเก็บถนอมพืชอาหารสัตว์โดยการทำงานของแลคติคแอซิคแบคทีเรียในสภาพธรรมชาติที่ปราศจากอากาศ ซึ่งจะใช้ประโยชน์จากคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ที่มีอยู่ในพืช ได้ผลผลิตเป็นกรดแลคติค (Lactic acid) และกรดอะซีติค (Acetic acid) ทำให้พืชหมักมีค่า pH ลดลง (จันทกานต์, 2541) มีผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ประเภทที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ แบคทีเรียพวก Clostridium ที่เกิดขึ้นในช่วงการหมัก ในขบวนการหมักนั้น หลังจากนำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พืชสดเข้าไปในหลุมหมักแล้วอัดให้แน่นและปิดหลุมจะมีอากาศบางส่วนที่ยังมีอยู่ในหลุมในปริมาณที่จำกัดและเคลื่อนไหวได้น้อยซึ่งเซลล์ของพืชที่ยังมีชีวิตอยู่ เอนไซม์ต่างๆก็ยังทำงานตามปกติ เปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแอลกอฮอล์และสิ่งเน่าเปื่อยผุพัง และแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic bacteria) ภายในนั้นจะใช้ในขบวนการหายใจ ขณะเดียวกันพวกยีสต์และเชื้อราก็จะมีการเพิ่มจำนวนขึ้น แต่เมื่ออากาศหรือออกซิเจนถูกใช้หมดไปก็จะไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้และตายลง พวกเอธิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol) หรือเอธานอล (Ethanol) ก็จะถูกเปลี่ยนต่อไปเป็นกรดอะซิติค และขบวนการหมักที่ไม่มีออกซิเจนก็จะเกิดขึ้นโดยการทำงานของจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic bacteria) ซึ่งมีความสำคัญมากต่อการทำพืชหมัก ผลผลิตที่ได้คือ กรดแลคติก ซึ่งเป็นกรดที่มีความสำคัญ และทำให้พืชหมักมีค่า pH ประมาณ 4.2 หรือน้อยกว่า การทำงานของแบคทีเรียพวกนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาล ถ้ามีมาก และอยู่ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน จะทำให้เกิดกรดแลคติกเร็วขึ้น ช่วยชะงักการเจริญของพวกจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดความเสียหาย และทำให้พืชหมักยังคงสภาพที่สัตว์นำไปใช้ประโยชน์ได้ดีต่อไป มีวัตถุแห้งอยู่ระหว่าง 25-35 เปอร์เซ็นต์ พืชหมักที่ดีควรมีลักษณะสีเขียวแกมเหลืองหรือน้ำตาลอ่อน และมีกลิ่นหอมของกรด ไม่เน่าเหม็นและกลิ่นไม่ฉุน (สายัณห์, 2540) ดังตาราง 4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตาราง 3** บทบาทของจุลินทรีย์ในพืชหมัก

| จุลินทรีย์ | เปลี่ยน | เป็น | ระดับอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | ลักษณะความต้องการออกซิเจนของจุลินทรีย์ |
|---|---|---|---|---|
| *1.Lactobacillus (Lactic acid bacteria)* | | | | |
| *A. Streptococcus* | น้ำตาล | กรดแลคติค | 10-40 | ไม่ต้องการ |
| *B. Leuconostoc* | น้ำตาล | กรดแลคติค, น้ำส้ม, คาร์บอนไดออกไซด์ | 20-30 | ไม่ต้องการ |
| *C. Pediococcus* | น้ำตาล | กรดแลคติค | 25-40 | ไม่ต้องการ |
| *D.Bacillus Lactobacillus* | น้ำตาล | กรดแลคติค | 15-30 | ไม่ต้องการ |
| 2.*Coliform bacteria* | A.น้ำตาล B.โปรตีน | น้ำส้มและแอลกอฮอล์ ของที่เน่าเปื่อยผุพัง | 15-40 | ต้องการเล็กน้อย |
| 3. Clostridium | A.น้ำตาล B. กรดแลคติค | กรดบิวทีริค กรดบิวทีริค | 20-50 | ไม่ต้องการ |
| 4. Fungi | อินทรีย์วัตถุต่างๆ | ของที่เน่าเปื่อยผุพัง | 10-55 | ต้องการ |
| 5. Yeasts | น้ำตาล | แอลกอฮอล์ และคาร์บอนไดออกไซด์ | 10-40 | ต้องการเล็กน้อย |

**ที่มา :** สายัณห์ (2547)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตาราง 4** ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมักพืช

(A) Lactic acid bacteria

Homofermentative :

Fructose → 2 Lactic acid

Pentose → Lactic acid + Acetic acid

Heterofermentative

Glucose → Lactic acid + Ethanol

3 Fructose → Lactic acid + 2 Methanol + Acetic acid + $co_2$

Pentose → Lactic acid + Acetic acid

(B) Clostridia

2 Lactic acid → Butyric acid + $2CO_2$ + $2H_2$

Proteolytic :

Deamination → Acetic acid + Pyruvic acid + $NH_3$

Glutamic acid → Acetic acid + Butyric acid + $2NH_3$

Lysine

Decarboxylation → Putrescine + $CO_2$

Glutamic acid → Aminobutyric acid + $CO_2$

Histidine → Histamine + $CO_2$

Lysine → Cadaverine + $CO_2$

Oxidation /Reduction

Alanine + 2 Glycine → 3 Acetic acid + $3NH_3$ + $CO_2$

Sacchalolytic :

(C) Enterobacteria

Glucose → Acetic acid + Ethanol + 2 $CO_2$ + $2H_z$

**ที่มา :** McDonald *et al.(*1981)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2.5.2 พืชที่เหมาะสมต่อการหมัก**

จากกระบวนการหมักเปรี้ยวที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมักพืชจะเห็นได้ว่าพืชที่เหมาะสมต่อการใช้ทำพืชหมัก จะต้องมีคุณลักษณะที่สำคัญดังนี้

1. ต้องมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในระดับที่เพียงพอต่อการหมักเปรี้ยว ซึ่งจากการวิจัยในประเทศนิวซีแลนด์ พบว่า ถ้าพืชที่นำมาหมักมีระดับของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง จะมีผลกระทบต่อการทำงานของเชื้อแบคทีเรีย Lactobacilli เนื่องจากถูกจำกัดโดยพลังงาน ถ้าคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งอาจจะไม่สามารถทำพืชหมักได้ ซึ่งรายงานดังกล่าวได้สรุปว่า ทุก 1 เปอร์เซ็นต์ของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้น จะเพิ่มกรดแลคติคประมาณ 0.3 เปอร์เซ็นต์ (สายัณห์, 2547)

2. พืชนั้นต้องมีค่าของ buffering capacity ต่ำ หมายถึง ความต้านทานต่อการลดลงของ pH มีค่าน้อยจะทำให้หญ้าเป็นกรดเร็วขึ้น ส่งผลทำให้การสูญเสียทั้งในด้านวัตถุแห้งและคุณภาพเกิดขึ้นน้อย

3. เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งในหญ้าสดจะต้องมีมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป

4. ลักษณะทางกายภาพของพืชในด้านโครงสร้างจะต้องเหมาะสมต่อการอัดแน่น พืชหลายชนิดที่มีคุณสมบัติไม่ครบ เกษตรกรอาจจะต้องใช้กรรมวิธีบางอย่างเข้ามาช่วย เช่น การทำให้พืชเหี่ยวเฉาก่อนการหมัก การสับเป็นท่อนขนาดเล็ก หรือการใช้ additive ต่างๆ เข้ามาเสริมช่วย เป็นต้น

**2.5.3. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพพืชหมัก**

ในกระบวนการทำพืชหมักให้ได้คุณภาพที่ดีนั้น มีปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้องและมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆ ของพืชสดเมื่อทำเป็นพืชหมัก ดังนั้นเพื่อให้ได้พืชหมักที่มีคุณภาพสูงจะต้องคำนึงถึงปัจจัยดังต่อไปนี้

**2.5.3.1. ชนิดและอายุพืชขณะตัด**

พืชทุกชนิดสามารถนำมาหมักได้ แต่การทำพืชหมักที่มีคุณภาพ ต้องทำให้สารอาหารในพืชถูกใช้ไปโดยจุลินทรีย์น้อยที่สุด นั่นคือ ต้องทำให้พืชหมักหยุดกระบวนการโดยเร็วที่สุด โดยดึง pH ของพืชหมักลงต่ำโดยเร็วสารอาหารที่จะทำให้เกิดกรดแลคติคและกรดอะซีติค ก็คือ น้ำตาล ดังนั้นพืชที่จะนำมาหมักต้องเป็นพืชที่มีน้ำตาลหรือแป้งในลำต้นสูง เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่างทั้งต้นและฝัก เป็นต้น ส่วนพืชตระกูลถั่วปกติมักมีโปรตีนสูงกว่าหญ้า แต่ปริมาณน้ำตาลต่ำจึงควรทำพืชหมักผสมระหว่างถั่วกับหญ้า เพื่อถั่วจะได้ไปเสริมโปรตีน สำหรับพืชที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำตาลต่ำไม่เพียงพอ อาจใช้วิธีการเสริมกากน้ำตาลหรือเมล็ดธัญพืชลงไปขณะหมักได้ (พันทิพา, 2547) ส่วนชนิดพืชที่เหมาะสมในการทำหญ้าหมัก ควรเลือกพืชที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำตาล (WSC) สูงมากกว่า 6 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเป็นอาหารของจุลินทรีย์ที่เกิดในระหว่างกระบวนการหมัก ลักษณะของพืชควรมีลำต้นตัน เพื่อให้มีช่องว่างของอากาศภายในน้อยที่สุด ถ้าพืชมีลำต้นกลวงควรทำให้ปล้องแตกและอัดให้แน่นเพื่อไล่อากาศออกให้มากที่สุด (กองอาหารสัตว์, 2547) Haigh (1990) รายงานว่าพืชที่จะนำมาหมักต้องมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ไม่น้อยกว่า 37 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้งของพืช เพราะเป็นสิ่งที่มีความสำคัญในการป้องกันการเจริญเติบโตของ clostridium ในพืชหมัก แต่อย่างไรก็ตามจากรายงานของ Setara (1988) แนะนำว่าหญ้าที่จะทำพืชหมักได้ควรมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้อย่างต่ำ 100 กรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้งของพืช พืชที่นำมาหมักไม่ควรแก่หรืออ่อนจนเกินไป ควรตัดในช่วงที่ให้ผลผลิตสูง พร้อมทั้งมีคุณค่าทางอาหารเพียงพอทั้งแร่ธาตุและวิตามิน เช่น ข้าวโพดควรตัดทำพืชหมักในระยะเมล็ดกำลังเป็นน้ำนมและก่อนจะเริ่มแข็งตัว ถ้าเป็นข้าวฟ่างควรตัดเมื่อใกล้จะออกดอกอายุประมาณ 10-11 สัปดาห์จนถึงระยะติดเมล็ดอ่อนๆ สำหรับหญ้าอื่นๆ ควรตัดในระยะเริ่มออกดอก อายุของหญ้าที่จะตัดทำหญ้าหมักไม่แน่นอนแต่ควรสังเกตได้จากเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งต้องไม่ต่ำกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ และไม่สูงกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ (กองอาหารสัตว์, 2547)

**2.5.3.2. ขนาดของชิ้นพืชหมัก**

ความสำคัญของการทำให้หลุมหมักอยู่ในสภาพสุญญากาศและทำให้ชิ้นของพืชที่นำมาหมักมีขนาดเล็กลง เพื่อให้น้ำตาลถูกปล่อยออกมาเร็ว ซึ่งจะช่วยทำให้เกิดกรดแลคติคเร็วขึ้น การสับพืชที่นำมาหมักให้เป็นชิ้นเล็กๆช่วยให้สามารถอัดได้แน่น และชิ้นส่วนของพืชยังผสมคลุกเคล้ากันได้ทั่วถึง ก๊าซออกซิเจนเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการในขบวนการหมัก การไล่อากาศออกไม่หมด หรือมีอากาศเหลือในหลุมหมักทำให้ขบวนการหายใจของเซลล์พืชยังคงดำเนินต่อไป พืชจะใช้คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้เป็นแหล่งพลังงาน ทำให้คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ลดลง การผลิตกรดแลคติคเกิดขึ้นน้อยทำให้ได้หญ้าหมักคุณภาพต่ำ ดังนั้นการอัดแน่นจึงเป็นวิธีการที่ดีในการไล่อากาศที่หลงเหลืออยู่ออกไป ซึ่งจากรายงานของ Lancaster and McNaughton (1961) กล่าวถึงอิทธิพลของการอัดแน่นต่อคุณภาพของหญ้าหมัก นอกจากนี้การอัดแน่นของพืชหมักยังมีผลต่อคุณภาพของหญ้าหมักด้วยดัง (ตาราง 5) ซึ่งจะเห็นได้ว่าหญ้าหมักที่อัดแน่นจะเป็นหญ้าที่มีคุณภาพดีกว่า มีการย่อยได้ กรดแลคติคสูงกว่าและมีการสูญเสียที่น้อยกว่าความยาวของชิ้นพืชภายหลังการตัดหรือสับให้เป็นชิ้นสั้นๆ ขึ้นอยู่กับพืชที่นำมาสับและปริมาณความชื้น การทำให้ชิ้นของพืชที่นำมาหมักมีขนาดเล็กลง เพื่อให้น้ำตาลถูกปล่อยออกมาเร็ว จะทำให้เกิดแลคติคเร็วขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ช่วยให้อัดพืชได้แน่นขึ้น และชิ้นส่วนของพืชยังผสมคลุกเคล้ากันได้ทั่วถึง ดังตาราง 5 ได้แสดงถึงผลการสับพืชเป็นชิ้นกับการไม่สับพืชต่อคุณภาพของหญ้าหมักที่ได้ นอกจากนั้นการอัดแน่นของพืชที่หมักยังมีผลต่อคุณภาพของหญ้าหมักด้วย (ตาราง6) ถ้าต้องการให้กองหญ้าหมักอัดแน่นดี ขนาดความยาวของชิ้นพืช 1-5 เซนติเมตรก็เพียงพอ แต่ถ้าพืชแห้งหรือมีความชื้นน้อยกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ควรสับให้เป็นชิ้นเล็กลงอีก โดยให้มีขนาดระหว่าง 0.5-1.5 เซนติเมตร เพื่อให้พืชหมักอัดแน่นได้ดียิ่งขึ้น สำหรับพืชที่มีองค์ประกอบของน้ำตาลต่ำ เช่น พืชวงศ์ถั่ว ควรจะทำให้พืชเหี่ยวเฉาลงบ้างและสับเป็นชิ้นเล็กๆ ความยาวของชิ้นพืชควรจะลดลงจาก 5 เซนติเมตรที่ระดับความชื้น 65 เปอร์เซ็นต์ ลงเหลือประมาณ 1 เซนติเมตร ที่ระดับความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์ (สายัณห์, 2547)

**ตาราง 5** ผลการสับชิ้นพืชต่อคุณภาพของหญ้าหมัก

| วิธีการ | ความแน่นของการหมัก | pH | กรดแลคติค | การย่อยได้(%) | การกินได้ของสัตว์ |
|---|---|---|---|---|---|
| ไม่สับ | 100 | 4.7 | 100 | 58 | 100 |
| สับชิ้นพืช | 158 | 4.2 | 260 | 64 | 134 |

**ที่มา :** สายัณห์ (2547)

**ตาราง 6** อิทธิพลของการอัดแน่นของหญ้าต่อคุณภาพของหญ้าหมัก

| คุณภาพของหญ้าหมัก | ลักษณะของการอัดแน่น | | |
|---|---|---|---|
| | หลวม | ปานกลาง | อัดแน่น |
| ความหนาแน่น (กก./ม.$^3$) | 227 | 307 | 386 |
| อุณหภูมิ | 38 | 26 | 25 |
| การสูญเสียวัตถุแห้ง (%) | 37.2 | 28.4 | 17.4 |
| การย่อยได้ (%) | 65.6 | 69.7 | 76.3 |
| กรดแลคติค (%) | 1.43 | 5.19 | 10.12 |
| VFA (%) | 8.5 | 6.5 | 3.1 |
| Total N (%) | 3.84 | 3.73 | 3.46 |
| Volatile N (% total N) | 23.7 | 29.4 | 12.2 |

**ที่มา :** Lancaster and McNaughton (1961)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2.5.3.3 การปรับระดับความชื้นในพืช**

สายัณห์ (2522) รายงานว่า ระดับความชื้นในพืชที่เหมาะสมกับการทำหญ้าหมัก อยู่ระหว่าง 65-70 เปอร์เซ็นต์ ถ้าปริมาณความชื้นต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์แล้ว การอัดแน่นของหญ้าหมักจะไม่ดีและก่อให้เกิดการขึ้นราได้ง่าย ในทางตรงข้ามถ้าพืชที่นำมาหมักมีปริมาณความชื้นมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์แล้ว โอกาสที่จะได้หญ้าหมักที่มีคุณภาพเลวก็มีมากขึ้น เพราะของเหลวที่ไหลออกจากพืชที่กำลังหมักอยู่จะทำให้สูญเสียกรดและธาตุอาหารที่มีประโยชน์ต่อสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคาร์โบไฮเดรต ในพืชที่มีโปรตีนสูง การสูญเสียกรดแลคติค โดยวิธีนี้จะทำให้สภาพภายในหลุมหมักเหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็น ซึ่งสัตว์ไม่ชอบกิน นอกจากนี้ความชื้นสูงจะเจือจางกรดแลคติคทำให้เวลาที่ pH จะลดลงถึง 4.2 ต้องช้าลง และสารอาหารที่ควรจะเป็นประโยชน์ต่อสัตว์ต้องนำมาใช้ในการผลิตกรดแลคติคเพิ่มขึ้น หรือในทางตรงข้ามกรดแลคติคที่ผลิตได้อาจถูกเปลี่ยนเป็นกรดบิวทีริค ซึ่งเป็นกรดที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นทำให้หญ้าหมักมีคุณภาพที่เลวลง

บุญล้อม และคณะ (2543) กล่าวว่า การหมักพืชที่มีความชื้นสูงจะส่งผลเสียดังต่อไปนี้คือ ทำให้เกิดการสูญเสียโภชนะในรูปของเหลวที่ไหลออกมาค่อนข้างมาก และทำให้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ลดลง ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้มีการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจำพวก clostridium มากขึ้นซึ่งเป็นผลให้มีการสูญเสียโภชนะของพืชหมัก ดังนั้นพืชที่จะนำมาหมักควรมีความชื้นประมาณ 65–75 เปอร์เซ็นต์ ถ้าพืชที่นำมาหมักมีความชื้นสูงต้องใช้เวลาในการผลิตกรดแลคติคนาน จนกว่าจะถึงระดับที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของของจุลินทรีย์ได้ แต่ถ้าความชื้นน้อยเกินไปก็จะทำให้การอัดแน่นเป็นไปได้ยาก

Jaster and Moore (1990) ได้ทำการศึกษาถึงผลของความชื้นที่ระดับ 50 60 และ70 เปอร์เซ็นต์ ต่อการผลิตพืชหมัก พบว่าความชื้นที่ระดับ 70 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ปริมาณกรดแลคติคเพิ่มสูงขึ้น ความเป็นกรดด่างลดลงอย่างรวดเร็ว

วิธีประมาณค่าความชื้นในพืชอย่างหยาบๆ ก็โดยการกำเอาชิ้นส่วนของพืชที่สับออก แล้วถ้าพบว่ามีน้ำไหลออกมาแสดงว่ามีความชื้นมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ถ้าไม่มีน้ำไหลออกมาและชิ้นของพืชคลายออกเมื่อแบมือที่กำออกมา ความชื้นประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์ ในกรณีที่พืชอายุน้อยหรือมีความชื้นมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ จะต้องทำให้พืชสูญเสียความชื้นลงบ้างโดยสามารถทำได้ 3 วิธีการ คือ 1. ทิ้งพืชที่ถูกตัดให้เหี่ยวเฉาในแปลง ให้ความชื้นลดลงประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ 2.ใช้หญ้าที่แห้งที่สับแล้วหรือเมล็ดธัญพืชที่บดแล้วผสมกับพืชในระหว่างการใส่ลงไปในหลุมหมัก 3. ใช้พวก acid forming preservative เช่น metabisulphite เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2.5.3.3.1 การทำให้พืชเหี่ยวเฉา**

การทำให้พืชเหี่ยวก่อนนำมาหมัก พืชหมักที่ได้เรียก wilted silage สำหรับพืชบางชนิดที่ลำต้นกลวงจะมีการทุบหรืออัดให้ลำต้นแตกก่อนแล้วจึงนำมาหมักเรียก lacerated silage ทั้งนี้เพื่อไล่อากาศที่อยู่ในลำต้นออกไปให้หมด และหากมีการทิ้งให้เหี่ยวก่อนหมักจะเรียก lacerated wilted silage ข้อเสียของการทำให้เหี่ยวคือ ทำให้พืชหมักลดความหนาแน่นลงเป็นเหตุให้อากาศผ่านเข้าออกในถังหมักได้สะดวกขึ้น ทำให้การเกิดออกซิเดชัน อุณหภูมิของพืชจะขึ้นสูงและเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากน้ำตาลสลายตัวมาก ทำให้พืชเสียจำนวนคาร์บอนไดออกไซด์มาก คุณภาพพืชหมักจะลดลง นอกจากนี้ขณะที่ทิ้งพืชให้เหี่ยวจะมีการสูญเสียทั้งความชื้นและวัตถุแห้ง เนื่องจากเซลล์พืชยังหายใจอยู่ (พันทิพา, 2547)

Takano (1972) กล่าวว่า หญ้าหมักซึ่งได้จากพืชที่เหี่ยวก่อนนำไปหมักปกติจะมีค่า pH ต่ำ และมีความเข้มข้นของน้ำตาลมากกว่าหญ้าทำให้เหี่ยวก่อนนำไปหมัก โดยปกติแล้วจะมีความน่ากินมากกว่าข้อเสียคือ การต้องใช้เวลาเพื่อทำให้พืชเหี่ยวและต้องการสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมอีกด้วย (ตาราง 7) ในกรณีที่พืชเหี่ยวจนเกินไป ควรเติมสารละลายกากน้ำตาล เพื่อเร่งให้เกิดกรดเร็วขึ้น และช่วยเพิ่มคุณภาพของหญ้าหมัก

**ตาราง 7** ผลของการทำให้พืชเหี่ยวต่อคุณภาพของหญ้าหมัก

| สิ่งที่ศึกษา | ความชื้นในพืช (%) | คุณภาพหญ้าหมัก* | การกินได้ของโคนม (กก.วัตถุแห้ง/ตัว) |
|---|---|---|---|
| พืชยังสด | 83 | 80 | 7 |
| ทำให้เหี่ยวเฉา | 73 | 82 | 10 |
| ทำให้เหี่ยวเฉา | 66 | 100 | 12 |

*คุณภาพพิจารณาจากกรดแลคติค อะซิติก และบิวทีริก

**ที่มา :** Takano (1972)

**2.5.3.3.2 การใช้ธัญพืชบด**

การใช้พวกเมล็ดธัญพืชที่บดแล้วใส่ลงในหญ้าหมักที่ทำจากพืชที่มีความชื้นสูงและมีโปรตีนสูง ช่วยให้ได้คุณภาพของหญ้าหมักที่ดี ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มคาร์โบไฮเดรตช่วยทำให้เกิดกรดเร็วขึ้น นอกจากนั้นยังช่วยลดความชื้นโดยการดูดซับความชื้นที่มากเกินไปในพืช นั่นคือการสูญเสียอาหารธาตุจะน้อยลง Takano (1972) กล่าวว่า ถ้าใช้พวก dry preservative material ซัก 10 เปอร์เซ็นต์จะช่วยลดการสูญเสียโดยการระบายถึง 7 เปอร์เซ็นต์ การลดความชื้นของพืชยัง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ช่วยลดการย่อยสลายของโปรตีนของพวก protyolytic แบคทีเรีย การเปลี่ยนโปรตีนในพืชไปเป็นสารประกอบที่ไม่ใช่โปรตีนจะชะงักลงเมื่อเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของหญ้าหมักมีมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ หรือที่ pH ต่ำกว่า 4.2

**2.5.3.4 การควบคุมอุณหภูมิและการเกิดกรด**

เมื่อเราตัดพืชสดๆ เพื่อนำมาหมักนั้น ในระยะแรกเซลล์ของพืชจะยังคงหายใจอยู่โดยอาศัยออกซิเจนที่ตกค้างอยู่ในหลุมหมัก ผลการหายใจจะได้แก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ และความร้อนซึ่งจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ถ้ายังมีอากาศอยู่ ภายหลังที่เซลล์พืชตายแล้ว พวกเชื้อราและยีสต์จะเจริญขึ้นทำให้หญ้าหมักมีคุณภาพเลวลง ด้วยเหตุนี้จึงต้องพยายามกำจัดอากาศให้ออกไปให้หมดจากหลุมหมัก แบคทีเรียมีอิทธิพลต่อกระบวนการหมัก ซึ่งกระบวนการนี้ถูกควบคุมโดยอุณหภูมิ ถ้ามีอากาศมากอุณหภูมิก็มักจะสูงตามไปด้วย เพราะการอัดแน่นของอาหารหมักจะทำให้อากาศเหลืออยู่น้อยอุณหภูมิที่เกิดขึ้นก็จะต่ำ อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการก่อเกิดกรดแลคติค มีค่าประมาณ 38 องศาเซลเซียส โดยวัดจากระดับพื้นผิวลึกลงไป 60 เซนติเมตร (สายัณห์, 2540)

Wood and Parker (1971) กล่าวว่า อุณหภูมิมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และกิจกรรมของเอนไซม์ ในช่วงแรกของการหมักนั้นพืชยังหายใจอยู่ทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์และความร้อนขึ้นในหลุมหมัก ถ้าความร้อนเพิ่มขึ้นอีก 10 องศาเซลเซียส ในขณะที่พืชมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 5-25 องศาเซลเซียส พืชจะมีการหายใจเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ดังนั้นการควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำก่อนที่จะปิดหลุมหมักจะช่วยลดการสูญเสียน้ำตาลของพืชที่เกิดจากขบวนการหายใจในระหว่างการหมักได้

Muck (1991) รายงานว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะไปเพิ่มความเร็วของขบวนการหมักและทำให้ความเป็นกรดด่างลดลงอย่างรวดเร็วโดยจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติคจะเจริญเติบโตได้ดีที่ 25-45 องศาเซลเซียส แต่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส

**2.5.3.5 การใช้สารเสริมเพื่อถนอมหรือเพิ่มคุณภาพของพืชหมัก (additives)**

การทำพืชหมักให้ได้ผลดี นอกจากพยายามไล่อากาศออกให้หมดแล้ว ยังต้องเร่งให้พืชหมักมีสภาพเป็นกรดเร็วที่สุด เพื่อจะได้ระงับการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งหมายถึงโภชนะถูกใช้ไปน้อยที่สุด การเลือกใช้พวก additives จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งเพราะ พวก additives สามารถที่จะชะงักกระบวนการ anaerobic decomposition ในระหว่างการหมัก ซึ่งการใช้ additives อาจจะไปชะงักการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียโดยตรงหรือโดยทางอ้อม โดยการกระตุ้นให้เกิดการหมักดองโดยธรรมชาติ (natural fermentation) เร็วขึ้น การใส่สารหรือวัตถุอื่นๆ เพื่อเพิ่มคุณภาพของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หญ้าหมักหรือการรักษาหญ้าหมักให้อยู่ในสภาพหมัก เรียกว่า preservative ปัจจุบัน additives มีหลากหลายชนิดขึ้นกับลักษณะการทำงาน ดังต่อไปนี้

**2.5.3.5.1 กระตุ้นหรือเร่งกระบวนการหมัก (fermentation stimulants)**

เป็นการช่วยทำให้เกิดกระบวนการหมักที่เร็วขึ้น โดยการเพิ่มปริมาณของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติคให้มากขึ้น เช่นการใช้เชื้อแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติคลงไป หรือเอมไซม์ต่างๆ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการใช้กากน้ำตาล (molasses) มันสำปะหลัง ข้าวโพดบด เป็นต้น พืชอาหารสัตว์เขตร้อนมีการใช้กากน้ำตาลในการทำพืชหมัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชที่มีระดับโปรตีนสูงและระดับน้ำตาลต่ำ ในแถบยุโรปมีการแนะนำการใช้กากน้ำตาลในอัตรา 7 กิโลกรัมต่อหนึ่งต้นของหญ้าแห้ง และอาจสูงถึง 22 กิโลกรัมต่อหนึ่งต้นของหญ้าอ่อน ส่วนพืชอาหารสัตว์ในเขตร้อนนั้นอัตราการใช้ควรมากกว่าที่แถบยุโรปใช้ เนื่องจากมีระดับคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ต่ำ Crowder (1982) แนะนำให้ใช้กากน้ำตาลได้สูงถึง 80 กิโลกรัมต่อน้ำหนักสดของหญ้าหนึ่งต้น นอกจากนี้กากน้ำตาลยังช่วยเพิ่มรสชาติของพืชหมักให้มีความน่ากิน และยังช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารด้วย ปริมาณกากน้ำตาลที่ใช้ผสมในการหมักขึ้นกับชนิดพืชที่ใช้หมัก ถ้าเป็นพืชทั่วไปควรใช้ประมาณ 3-5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

**2.5.3.5.2 เพิ่มความเป็นกรดให้กับหญ้าหมักโดยตรง**

การเพิ่มกรดเพื่อป้องกันแบคทีเรียในกลุ่ม Clostridium ลดการสูญเสียโปรตีนและป้องกันการเกิดแอมโมเนีย กรดที่ใช้ได้แก่กรดฟอร์มิคและกรด A.I.V. (กรดเกลือและกรดกำมะถัน) จากการทดลองในรัฐควีนส์แลนด์ ประเทศออสเตรเลีย พบว่า พืชหมักซึ่งทำจากถั่วลูเซินโดยไม่ทำให้เหี่ยวหรือสับมาก่อนการหมักจะเป็นไปด้วยดี และได้พืชหมักที่มีลักษณะดีโดยการใช้กรดฟอร์มิคในอัตรา 2.25 ลิตรต่อน้ำหนักสดของพืชหนึ่งตัน ดังตาราง 8 แสดงให้เห็นถึง ผลดีของการใช้กรดฟอร์มิคต่อคุณภาพของหญ้าหมักทั้งในด้านการย่อยได้ การกินได้ และผลผลิตน้ำนม

**ตาราง 8** ผลการใช้กรดฟอร์มิคต่อคุณภาพของหญ้าหมักที่ทำจากหญ้า

| สิ่งที่ศึกษา | pH | %กรดแลคติค | %กรดบิวทีริค | %การย่อยได้ | การกินได้ กก./ตัว | ผลผลิตนม (กก./ตัว) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| กรดฟอร์มิค 0.4 % | 3.8 | 2.45 | 0.04 | 73.3 | 8.5 | 16.4 |
| ไม่ใส่กรดฟอร์มิค | 4.2 | 0.78 | 0.34 | 69.7 | 7.3 | 15.3 |

**ที่มา :** Takano (1972)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2.5.3.5.3 การดูดซับความชื้น**

การใช้ธัญพืชเพื่อช่วยซับความชื้นจากหญ้าที่มีมากเกินไป นอกจากนั้นยังช่วยเร่งให้เกิดกรดแลคติคเร็วขึ้น เพ็ญศรี และคณะ (2537) รายงานว่าหญ้าหมักจากหญ้าไข่มุกระยะเก็บเมล็ดพันธุ์ใส่ข้าวโพดบด 5 % จะให้หญ้าหมักดีที่สุด โดยพิจารณาจาก pH 4.0 ปริมาณกรดแลคติค 1.18 เปอร์เซ็นต์ กรดอะซีติค 0.46 เปอร์เซ็นต์ และกรดบิวทีริค 0.06 เปอร์เซ็นต์

เมล็ดธัญพืชบด (เมล็ดข้าวโพด เมล็ดข้าวฟ่าง) มันสำปะหลังบด ใช้ในอัตรา 5-10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ช่วยให้การทำงานของจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติคเจริญเติบโตได้ดี เนื่องจากช่วยลดความชื้น เพิ่มปริมาณน้ำตาลตลอดจนเพิ่มคุณค่าทางอาหารและเพิ่มความน่ากินของพืชหมักได้เช่นกัน

รำ ใช้รำละเอียดหรือรำสกัดน้ำมัน เนื่องจากมีคุณสมบัติช่วยดูดซับความชื้นได้ดีกว่ารำหยาบ พบว่ามีการใช้ในอัตรา 14-20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักพืชสด นอกจากนี้รำยังช่วยเพิ่มสารอาหารแก่จุลินทรีย์และพลังงานให้กับพืชหมักด้วย (กองอาหารสัตว์, 2547)

**2.5.3.5.4 การใช้หญ้าหมักในการเลี้ยงสัตว์**

การใช้หญ้าหมักในประเทศไทยมักจะใช้ร่วมกับอาหารข้น ดังนี้

โครีดนม วันละประมาณ 12-15 กิโลกรัม โดยให้หลังรีดนมมิฉะนั้นนมจะดูดกลิ่นหญ้าหมักเข้าไปทำให้นมมีกลิ่นของหญ้าหมัก

| | |
|---|---|
| โคเนื้อ | 10-30 กิโลกรัมต่อวัน |
| แพะ แกะ | 4-6 กิโลกรัมต่อวัน |
| สุกร | 1.5-3 กิโลกรัมต่อวัน |
| ไก่ | 2-4 กิโลกรัมต่อวัน |

ม้า ลา ไม่ควรให้กินหญ้าหมัก เพราะถ้าหากหญ้าหมักเสียเป็นราเพียงเล็กน้อยก็จะเป็นอันตรายต่อสัตว์พวกนี้ถึงตายได้

โดยหญ้าสดที่มีวัตถุแห้งเกินกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปลี่ยนเป็นหญ้าหมักแล้วน้ำหนักจะลดลงประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์

**2.6 การสูญเสียโภชนะในช่วงการหมัก (Losses of nutrient during ensilage)**

McDonald *et al.* (1995) รายงานว่า การสูญเสียโภชนะในระหว่างการหมักมีสาเหตุดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2.6.1 การสูญเสียขณะเก็บเกี่ยว (Field losses)**

ถ้ามีการเก็บเกี่ยว และทำการหมักในวันเดียวจะมีการสูญเสียโภชนะน้อยมาก ถ้ามีการตากพืชนาน 24 ชั่วโมงจะสูญเสียวัตถุแห้งไม่เกิน 1-2 เปอร์เซ็นต์ ถ้าผึ่งพืชทิ้งไว้นานกว่า 48 ชั่วโมงการสูญเสียวัตถุแห้งจะขึ้นอยู่กับลักษณะอากาศ มีรายงานว่าก่อนทำการหมักถ้านำเอาพืชมาตากแดดนาน 5 วันจะสูญเสียวัตถุแห้ง 6 เปอร์เซ็นต์ ผึ่งแดดนาน 8 วันสูญเสียวัตถุแห้งไป 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งโภชนะที่สูญเสียไปมากที่สุดได้แก่คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้

**2.6.2 การสูญเสียเนื่องจากการหายใจ (Oxidation losses)**

เป็นการสูญเสียเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ (Enzyme) ในพืช และจุลินทรีย์ ในการย่อยสลายแป้งในสภาวะที่มีออกซิเจน ผลที่ได้คือ $CO_2$ และ $H_2O$ ซึ่งถ้าภายในกองพืชหมักมีการอัดแน่นที่ดีพอ จะมีสัดส่วนของการสูญเสียน้อยมาก ประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมักเกิดในบริเวณที่โดนอากาศ คือ ส่วนบน และด้านข้างของกองพืชหมัก การตรวจดูการสูญเสียในส่วนนี้อาจทำให้เข้าใจผิดได้และอาจจะทำให้เกิดการสูญเสียถึง 75 เปอร์เซ็นต์

**2.6.3 การสูญเสียเนื่องจากการหมัก (Fermentation losses)**

ในขบวนการหมักจะเกิดขบวนการทางชีวเคมีมากมาย เช่น การเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายง่าย (Soluble carbohydrate) และโปรตีน ทำให้เกิดการสูญเสียวัตถุแห้งและพลังงานเป็นผลให้การทำงานของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกลดต่ำลง การสูญเสียวัตถุแห้งเกิดขึ้นต่ำกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ และมีการสูญเสียพลังงานไปบางส่วน ทั้งนี้เนื่องจากมีการผลิตสารประกอบที่ให้พลังงานสูง เช่น ethanol แต่ถ้ามีแบคทีเรียพวก Clostridia มากจะเกิดการสูญเสียที่มากกว่าเนื่องจากมีการผลิตแก๊สต่าง ๆ เช่นคาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจน และ แอมโมเนีย

**2.6.4 การสูญเสียในส่วนของของเหลวที่รั่วไหลออก (Effluent losses)**

ในกองพืชหมักจะมีการไหลซึมออกของของเหลว ทำให้เกิดการสูญเสียโภชนะบางส่วนไปกับของเหลว ประกอบด้วย น้ำตาล สารประกอบไนโตรเจน แร่ธาตุ และกรดที่เกิดจากขบวนการหมัก ซึ่งสารประกอบเหล่านี้มีคุณค่าทางโภชนะสูง ถ้านำพืชที่มีวัตถุแห้ง 150 g/kg DM ไปทำพืชหมักจะสูญเสียวัตถุแห้งไปประมาณร้อยละ 10 แต่ถ้านำพืชที่มีวัตถุแห้ง 300 g/kg DM ไปทำพืชหมักจะมีการสูญเสียวัตถุแห้งน้อยมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2.7. ประโยชน์ของการทำพืชหมัก**

สายัณห์ (2540) ได้กล่าวถึงข้อดี และ ข้อเสียของการทำพืชหมักไว้ดังต่อไปนี้

**ข้อดี**

1. เลี้ยงสัตว์ได้มากขึ้นโดยเฉพาะในช่วงที่ขาดแคลนอาหารสัตว์ โดยไม่ต้องจำหน่ายสัตว์ก่อนเวลาอันควร
2. เป็นที่เก็บอาหารที่มีคุณภาพดีสามารถใช้ได้ตลอดปี
3. ทำได้ทุกฤดู ไม่ว่าจะมีฝนตกหรือไม่ก็ตาม
4. ลำต้นของพืชอาหารสัตว์ที่แข็ง เช่น ต้นข้าวโพด ต้นข้าวฟ่าง ถ้าหมักจะทำให้มีความอ่อนนุ่ม สัตว์ชอบกินมากว่าการทำหญ้าแห้ง
5. วัชพืชไม่มีผลเสียต่อหญ้าหมักและยังทำลายเมล็ดวัชพืชที่ติดมากับพืชอาหารสัตว์
6. ใช้เนื้อที่ในการเก็บรักษาน้อยและสามารถใช้หลุมหมักได้หลายครั้ง
7. การสูญเสียโดยการร่วงหล่นของใบพืชในขณะทำหญ้าหมักมีน้อย
8. ถ้ามีการปฏิบัติงานในกระบวนการหมักที่ดี การสูญเสียคุณค่าทางอาหารจะมีน้อยลงด้วย
9. เป็นวิธีที่ประหยัดสุดในการถนอมพืชอาหารสัตว์ มีต้นทุนต่ำสุด
10. ได้เปรียบการเลี้ยงบนแปลงหญ้าสด ที่ไม่ต้องการรั้ว เก็บเกี่ยวในระยะที่ต้องการ มีความสม่ำเสมอ ลดปริมาณสารพิษที่แปลกปลอมมา
11. ถ้าให้ร่วมกับอาหารที่มีความแห้งมากจะช่วยลดความเป็นฝุ่นของอาหารนั้น ทำให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้น
12. ลดอันตรายจากอัคคีภัย ในการเก็บ เมื่อเทียบกับหญ้าแห้ง

**ข้อเสีย**

1. ต้นทุนการผลิตจะเพิ่มขึ้น ถ้ามีการเสริม Additive ต่างๆ
2. เกษตรกรต้องมีความชำนาญในการทำพืชหมัก
3. ขาดไวตามินดี
4. เสียหายง่ายเมื่อเอาออกจากหลุมแล้ว นอกจากนั้นส่วนที่เหลืออยู่ที่สัมผัสกับอากาศจะขึ้นราได้ง่ายทำให้ใช้เป็นอาหารสัตว์ไม่ได้
5. ถ้าทำหลุมหมักที่คุณภาพดีจะมีราคาแพง
6. เนื่องจากหญ้าหมักมีฤทธิ์เป็นกรด จึงทำลายภาชนะที่เป็นโลหะได้
7. สัตว์ที่กินพืชอาหารหมักเข้าไปแล้วอาจทำให้มูลเหลว (Laxative effect) บางครั้งต้องหลีกเลี่ยงอาหารหมัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2.8 การศึกษาการย่อยได้ในโค**

การศึกษาการย่อยได้ (digestibility studies) มีความหมายกว้างๆคือ การวัดปริมาณโภชนะหรืออาหารที่สูญหายไปในทางเดินอาหารส่วนต่างๆ ของโคโดยมีวัตถุประสงค์หลักของการศึกษาคือ เพื่อประเมินความสามารถหรือประสิทธิภาพของโคในการนำเอาโภชนะหรืออาหารชนิดนั้นไปใช้ประโยชน์ และเพื่อศึกษาถึงปริมาณโภชนะที่สามารถย่อยได้ในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารว่ามีมากน้อยเพียงใด (เทอดชัย, 2540)

การประเมินคุณค่าทางอาหารที่เป็นพื้นฐานคือ วิธีการวิเคราะห์แบบ proximate analysis (AOAC., 2000) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมานาน สามารถบอกองค์ประกอบทางเคมีได้ในระดับหนึ่ง แต่มีข้อจำกัดเรื่องการวิเคราะห์องค์ประกอบที่เป็นเยื่อใย จึงมีการพัฒนาการวิเคราะห์เยื่อใยขึ้นเรียกว่า detergent method (Van Soest, 1982) อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีนี้ก็ยังไม่สามารถบอกการย่อยได้ในตัวสัตว์ ตลอดจนการนำโภชนะต่างๆ ไปใช้ประโยชน์ได้จริง ดังนั้นจึงมีการทดลองหาค่าการย่อยได้ทั้งในห้องปฏิบัติการ (*in vitro*) ได้แก่ การประเมินค่าการย่อยได้และการทดลองในตัวสัตว์โดยตรง (*in vivo*) ได้แก่ การศึกษาการย่อยได้โดยวิธีการแบบดั้งเดิมเพื่อหาการย่อยได้แบบปรากฏและการใช้สารบ่งชี้

**2.8.1 การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในตัวสัตว์ (*in vivo* digestibility) โดยวิธีการแบบดั้งเดิม (conventional method)**

หลักการโดยทั่วไปของการศึกษาโดยวิธีการนี้คือ โคทดลองต้องมีอายุและขนาดน้ำหนักตัวใกล้เคียงกัน สุขภาพดี ไม่ตื่นตกใจง่าย ควรใช้โคทดลองมากกว่า 1 ตัว ทั้งนี้แม้ว่าจะเป็นสัตว์ชนิดเดียวกัน อายุและเพศเดียวกัน ก็อาจมีความสามารถในการย่อยอาหารที่แตกต่างกัน การมีจำนวนซ้ำมากจะทำให้ได้ค่าที่มีความถูกต้องมากขึ้น แต่อาจสิ้นเปลืองแรงงานและค่าใช้จ่ายมาก แต่อย่างไรก็ตามพบว่าควรใช้สัตว์ทดลองอย่างน้อย 4 ตัว (บุญล้อม, 2540) วิธีการศึกษาการย่อยได้แบบนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ช่วงคือ

**ระยะปรับตัว** (preliminary period) เป็นระยะเวลาที่ให้สัตว์ทดลองและจุลินทรีย์ภายในกระเพาะหมักปรับตัวให้เข้ากับอาหารที่ทำการทดลอง และเพื่อขับอาหารเดิมที่สัตว์ได้รับออกจากทางเดินอาหารให้หมด สำหรับโครระยะนี้ควรใช้เวลาประมาณ 10–14 วัน

**ระยะเก็บข้อมูล** (collection period) เป็นระยะเวลาที่เก็บและบันทึกปริมาณอาหารที่สัตว์กินและมูลที่ขับออกมาโดยวิธีการสุ่ม และเก็บตัวอย่างที่สุ่มมา 5-10 เปอร์เซ็นต์ไว้เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี เพื่อนำไปคำนวณค่าการย่อยได้โดยทั่วไประยะนี้ใช้เวลาประมาณ 7-10 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หากจำกัดปริมาณอาหารที่ให้ (restricted feeding) และ10–14 วันหากมีการให้อาหารแบบเต็มที่ (*ad libitum*)

หลังจากเสร็จจากขั้นตอนการเก็บตัวอย่างในช่วง collection period แล้ว นำตัวอย่างไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ปริมาณโภชนะที่มีในอาหารที่ศึกษาและในมูลที่โคขับออกมาเพื่อนำไปคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ที่เสนอโดยบุญล้อม (2540)

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

**2.8.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยได้ของอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง**

มีปัจจัยอยู่หลายประการที่สามารถทำให้อัตราการย่อยได้ของอาหารที่ให้กับสัตว์เคี้ยวเอื้องเปลี่ยนแปลงไปได้ ปัจจัยเหล่านั้นได้แก่

**1. ปริมาณอาหารที่สัตว์ได้รับ** การเพิ่มปริมาณอาหารที่ให้กับสัตว์ หรือปริมาณอาหารที่สัตว์กินได้เพิ่มสูงขึ้น จะทำให้การย่อยได้ของโภชนะที่เป็นแหล่งของพลังงานลดน้อยลง แต่การย่อยได้ของโภชนะอื่นๆ เปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจนถ้าพิจารณากันในด้านของ apparent digestibility แต่ถ้าพิจารณาในด้าน true digestibility แล้วพบว่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุจะลดลง เนื่องจากปริมาณอาหารที่มากขึ้น ทำให้อาหารเดินทางผ่านทางเดินอาหารเร็วขึ้น

**2. ปริมาณเยื่อใยและลิกนิน** ที่มีอยู่ในอาหาร โดยทั่วไปแล้วเป็นที่ยอมรับกันว่า การย่อยได้จะลดลง ถ้าปริมาณเยื่อใยในอาหารเพิ่มขึ้น และเนื่องจากว่าปริมาณเยื่อใยที่เพิ่มขึ้นนี้จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณลิกนินที่เพิ่มขึ้นด้วยซึ่งลิกนินนี้จะเข้าจับตัวกับเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส ทำให้เอนไซม์ของจุลินทรีย์เข้าย่อยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสได้น้อยลง ดังนั้นถ้าอาหารมีลิกนินและ/หรือมีเยื่อใยเพิ่มขึ้น การย่อยได้ก็จะลดลง

**3. ความแตกต่างด้าน Species ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง** เช่น โคย่อยอาหารหยาบแห้งได้ดีกว่าแกะ แต่แกะย่อยอาหารข้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งไขมันได้ดีกว่าโค สัตว์เคี้ยวเอื้องทั้งสองชนิดนี้มีความสามารถในการย่อยวัตถุแห้ง โปรตีน และ digestible energy ไม่แตกต่างกัน

**4. การขาดโภชนะบางอย่าง** การขาดโภชนะชนิดใดชนิดหนึ่ง อาจจะมีผลทำให้การย่อยได้ของโภชนะบางอย่างลดน้อยลง เช่น การขาดโปรตีนจะทำให้ digestible energy ลดน้อยลง ทั้งนี้อาจเนื่องจากการขาดโปรตีนทำให้การทำงานของจุลินทรีย์มีประสิทธิภาพลดน้อยลงกว่าเดิมและการขาดไวตามินเอ จะทำให้เกิดอาการท้องร่วง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**5. ความน่ากินของอาหาร** จะมีผลโดยตรงต่อปริมาณอาหารที่กินได้ (Intake) ทำให้มีผลต่อเนื่องถึงอัตราการย่อยได้ด้วย

**6. ความถี่ในการให้อาหาร** การเพิ่มความถี่ในการให้อาหารที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้การย่อยได้ดีขึ้น และอาจทำให้ heat loss ลดน้อยลง และ N-retention ดีขึ้น

**7. การเตรียมอาหารหรือการแปรรูปอาหาร** วิธีการบางอย่างในการเตรียมอาหาร หรือการแปรรูปอาหาร เช่น การบด การอัดเม็ด การใช้ความร้อน จะมีผลต่อการย่อยได้ที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น ความร้อนจะช่วยให้การย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรตดีขึ้น

**8. The associative effect of feedstuffs** เป็นปรากฏการณ์ที่อาหารบางชนิด เมื่อนำมาร่วมกับอาหารชนิดอื่นในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องแล้ว จะทำให้การย่อยได้หรือคุณค่าทางอาหารเพิ่มสูงขึ้นจากเดิมที่เคยมีการย่อยได้ในระดับหนึ่งเมื่อใช้เป็นอาหารสัตว์เฉพาะอาหารชนิดนั้นๆ แต่เพียงชนิดเดียว

**9. การปรับตัวให้เข้ากับอาหารชนิดใหม่** สัตว์เคี้ยวเอื้องจะมีข้อแตกต่างจากสัตว์กระเพาะเดี่ยวในด้านการปรับตัวให้เข้ากับอาหารชนิดใหม่ ได้แก่ การใช้เวลาในการปรับตัวนานกว่า เนื่องจากภายในกระเพาะส่วนหน้าของสัตว์เคี้ยวเอื้องมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่ ดังนั้น การเปลี่ยนอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง จึงต้องมีการให้เวลาช่วงหนึ่งสำหรับจุลินทรีย์ในการปรับตัวให้เคยชินกับอาหารชนิดใหม่ ในระยะแรกของการเปลี่ยนอาหาร อาจจะพบว่า การย่อยได้น้อยลงกว่าปกติ และเมื่อเวลาผ่านไป 2–3 สัปดาห์ การย่อยจะดีขึ้น เนื่องจากมีการปรับตัวของจุลินทรีย์ได้ดี (เทอดชัย, 2548)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved