บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัญหาการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์เกิดขึ้นทุกปีโดยเฉพาะในฤดูแล้ง เพราะในช่วงฤดูแล้งนั้นแปลงพืชอาหารสัตว์ขาดน้ำฝนจะทำให้ขาดแคลนพืชอาหารสัตว์คุณภาพดี เกษตรกรจำเป็นที่จะต้องหาวิธีการเก็บสำรองพืชอาหารสัตว์ที่มากเกินความจำเป็นในช่วงฤดูฝนไว้ใช้ในยามขาดแคลน แต่วิธีการต่าง ๆ ในการหาอาหารมาให้กับสัตว์ อาจมีราคาสูง ทำให้เกษตรกรประสบกับปัญหาด้านต้นทุนที่สูงขึ้นได้ เมื่อเป็นเช่นนี้จึงหาวิธีที่จะลดต้นทุนโดยการใช้วัสดุเศษเหลือทางการเกษตร พวกเศษวัสดุเหลือใช้ และผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการเกษตรบางชนิด เช่น ฟางข้าว ยอดอ้อย เศษสับปะรด เปลือกและต้นข้าวโพด เป็นต้น แต่บางชนิดต้องปรับปรุงคุณภาพก่อนนำไปใช้ต้องใช้ร่วมกับอาหารข้น หรือร่วมกับพืชอาหารสัตว์ที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีน ผลพลอยได้จากการเกษตรมีอยู่แล้วปริมาณมาก บางชนิดมีคุณค่าทางอาหารสูง สามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ได้โดยเกษตรกรอาจไม่ต้องซื้อ

ผลพลอยได้ทางการเกษตร

หมายถึง วัสดุเศษเหลือทางการเกษตรจากกระบวนการผลิตพืชหรือสัตว์รวมทั้งกระบวนการแปรรูปผลผลิตทางเกษตร

ข้าวโพดฝักอ่อน

ข้าวโพดฝักอ่อน จัดเป็นพืชสกุลเดียวกับหญ้า มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Zea mays* L. อยู่ในวงศ์ Gramineae เป็นข้าวโพดที่เก็บฝักมารับประทานเมื่อฝักยังอ่อนและแกนฝักยังไม่แข็งซึ่งเป็นระยะที่ไหมเริ่มโผล่ออกมาจากเปลือกหุ้มฝัก และยังไม่ได้รับการผสมเกสร ข้าวโพดฝักอ่อนจัดเป็นพืชที่มีอายุสั้นประมาณ 55-60 วัน (สุนันทา, 2531) ข้าวโพดฝักอ่อนเป็นพืชที่มีระบบรากฝอย ไม่มีรากแก้ว ลำต้นแข็ง ไส้แน่นไม่กลวง ลำต้นสูงตั้งแต่ 60 เซนติเมตรขึ้นไปแล้วแต่ชนิดพันธุ์ มีข้อเป็นที่เกิดของ ราก ลำต้นใหม่ และฝัก ปล้องส่วนที่อยู่โคนต้นจะสั้นและหนา ใบประกอบด้วย

กาบใบ และ หูใบ ซึ่งในแต่ละพันธุ์จะแตกต่างกันออกไป ลักษณะของดอกจะมีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกกันอยู่คนละดอก แต่อยู่ในต้นเดียวกัน ดอกตัวผู้จะรวมกันอยู่เป็นช่อ เรียกว่า ช่อดอกตัวผู้ จะอยู่ตอนบนสุดของลำต้น ดอกตัวผู้ดอกหนึ่งจะมีอับละอองเกสร 3 อัน แต่ละอันยาวประมาณ 6 มิลลิเมตร และมีเรณูเกสรจำนวนมาก การสลัดละอองเกสรจะเริ่มขึ้นก่อนการออกไหม 1-3 วัน ในข้าวโพดต้นเดียวกันดอกตัวเมียมีลักษณะเป็นช่อมักจะอยู่ที่ฝักตอนข้อกลาง ๆ ของลำต้น ดอกตัวเมียแต่ละดอกประกอบด้วยรังไข่และเส้นไหม ซึ่งมีความยาวประมาณ 5-15 เซนติเมตร และยื่นปลายโผล่ออกไปรวมกันเป็นกระจุกตรงปลายช่อดอก ซึ่งมีเปลือกหุ้มอยู่และพร้อมผสมพันธุ์ทันทีที่งอกพ้นเปลือก เส้นไหมจะคอยรับละอองเกสร จากนั้นรังไข่จะเติบโตเป็นเมล็ด ช่อดอกตัวเมียที่รับการผสมแล้วเรียกว่า ฝัก ของแกนกลางของฝักเรียกว่า ซัง (ประสงค์ และคณะ, 2541)

ผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อน น้ำหนักฝักสดก่อนการปอกเปลือก ประมาณ 800-1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และ น้ำหนักหลังการปอกเปลือก ประมาณ 100-175 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับพันธุ์ ฤดูกาล และ การดูแลรักษา โดยเฉลี่ยแล้วข้าวโพดฝักอ่อนจะมีน้ำหนักก่อนและหลังปอกเปลือกเป็นอัตราส่วน 7 ต่อ 1 และมีจำนวนฝักอ่อนสด 18-22 ฝักต่อหนึ่งกิโลกรัม (กิติพงษ์ และเทวินทร์, 2541)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2550) ได้รายงาน พื้นที่เพาะปลูก พื้นที่เก็บเกี่ยว ปริมาณผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ ราคาผลผลิต และมูลค่าผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อน ปี 2542-2550 ซึ่งในปี 2550 (ปีล่าสุดที่มีการรวบรวมข้อมูลและเผยแพร่) พบว่า มีพื้นที่เพาะปลูก 225,000 ไร่ พื้นที่เก็บเกี่ยว 214,000 ไร่ ปริมาณผลผลิต 260,000 ตัน ประสิทธิภาพการผลิต 1,214 กิโลกรัมต่อไร่ ราคาที่เกษตรกรขายได้ 4.48 บาทต่อกิโลกรัม และมูลค่าผลผลิตทั้งหมด 1,166 ล้านบาท ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1

พื้นที่เพาะปลูก เก็บเกี่ยว ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ ราคา และมูลค่าผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อน ปี 2542-2550

ปี	พื้นที่เพาะปลูก (1,000 ไร่)	พื้นที่เก็บเกี่ยว (1,000 ไร่)	ผลผลิต (1,000 ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)	ราคา (บาทต่อกิโลกรัม)	มูลค่าผลผลิต (ล้านบาท)
2542	164	143	190	1,330	2.91	552
2543	154	141	177	1,255	2.97	526
2544	232	218	284	1,304	3.11	884
2545	234	225	255	1,133	3.09	789
2546	218	216	249	1,152	3.21	800
2547	245	239	305	1,275	2.69	821
2548	218	215	248	1,153	2.54	630
2549	182	166	222	1,333	3.77	837
2550	225	214	260	1,214	4.48	1,166

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2550)

ผลพลอยได้จากการปลูกข้าวโพดฝักอ่อน

การปลูกข้าวโพดฝักอ่อนนอกจากได้ผลผลิตที่เป็นฝักอ่อนแล้วสิ่งที่เป็นผลพลอยได้ คือ ต้น เปลือก ไหม และส่วนอื่น ๆ ส่วนที่เป็นเปลือกและไหมหลังจากปอกเอาฝักอ่อน สามารถนำไปเลี้ยงสัตว์ เช่น โคนม โคเนื้อ กระบือ แพะ แกะ หรือสัตว์ที่กินพืชเป็นอาหารประเภทอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี สำหรับบางพื้นที่ เช่น อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา หรืออำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี ซึ่งมีลูกค้าประจำรับซื้อเปลือก ไหม ลำต้น ใบของต้นข้าวโพดฝักอ่อน ลูกค้าเหล่านี้จะเป็นเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมและโคเนื้อซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมากและความต้องการผลพลอยได้จากการปลูกข้าวโพดฝักอ่อนก็เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ สายัณห์ (2547) ได้รายงาน ผลพลอยได้จากการปลูกข้าวโพดฝักอ่อนหลังจากเก็บฝักแล้ว มีส่วนที่เหลือคือ ต้นและใบสด ประมาณ 4,000-6,700 กิโลกรัมต่อไร่ ดอกตัวผู้ 400-500 กิโลกรัมต่อไร่ เปลือกหุ้มฝักและไหม 500-600 กิโลกรัมต่อไร่

ปริมาณโภชนะของผลพลอยได้จากข้าวโพดฝักอ่อน

เศษเหลือหรือผลพลอยได้ของข้าวโพดฝักอ่อนหลังการเก็บฝัก เช่น เปลือก ไหม และต้นข้าวโพดฝักอ่อน จะมีลักษณะที่ยังไม่เหี่ยวแห้งและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เนื่องจากข้าวโพดฝักอ่อนสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ในระยะเวลาสั้นต่างจากข้าวโพดหวานที่ต้องรอให้ฝักของข้าวโพดแก่ จึงได้มีการนำผลพลอยได้ดังกล่าวมาศึกษาคุณค่าทางด้านต่าง ๆ ดังผลการศึกษาของบุญล้อมและคณะ (2531) อิทธิพล (2528) และกมล (2531) ในตารางที่ 2.2

จากการศึกษาของสุนันทา (2531) ได้นำส่วนของเปลือกและไหมหมักไว้ในหลุมหมักเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ พบว่า เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนมีวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และ เถ้า เท่ากับ 11.6, 13.2, 4.4, 34.8 และ 6.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังได้ศึกษาธาตุอาหารหลักที่ข้าวโพดฝักอ่อนดูดเข้าไปแล้วสะสมอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพด ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.2

ค่าทางโภชนะของผลพลอยได้จากการปลูกข้าวโพดฝักอ่อน (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง)

ส่วนประกอบ	[1]เปลือกและไหม	[2]ต้นข้าวโพดหลังเก็บฝัก	[3]ต้นข้าวโพดหลังเก็บฝัก
วัตถุแห้ง	14.10	26.40	22.7
โปรตีน	11.30	5.73	4.4-5.7
ไขมัน	1.80	1.6-1.8	2.80
สารเยื่อใย	26.50	26.3-26.5	17.80
เถ้า	6.20	6.2	6.60

ที่มา : ดัดแปลงจาก[1]บุญล้อม (2531) [2]อิทธิพล (2528) [3]และกมล (2531)

ตารางที่ 2.3

ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพดฝักอ่อนสด
(เปอร์เซ็นต์ต่อ 100 กิโลกรัม)

ส่วนของข้าวโพด	ธาตุอาหาร (กิโลกรัม)		
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
เฉพาะฝักอ่อน	2.37-2.92	0.46-0.52	1.46-1.62
เปลือกหุ้มฝัก	1.12-1.62	0.25-0.33	0.85-1.19
ต้นและใบ	0.69-1.66	0.11-0.14	0.34-1.02
รวม	4.18-6.20	0.82-0.99	2.75-3.83

ที่มา : สุนันทา (2531)

ธีรเดช (2534) ได้รายงานการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของส่วนเหลือเปรียบเทียบพืชต่าง ๆ เพื่อใช้เลี้ยงขุนโคดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4

ค่าโภชนะของส่วนเหลือจากพืชต่าง ๆ (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง)

ส่วนประกอบ	ฟางข้าว	ต้นข้าวโพดหวาน	ต้นข้าวโพดฝักอ่อน	ต้นถั่วลิสงแห้ง
วัตถุแห้ง	85.98	22.75	26.44	95.89
โปรตีนรวม	2.26	9.06	4.36	14.16

ที่มา : ธีรเดช (2534)

การใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ของข้าวโพดฝักอ่อน

จากการตรวจสอบข้อมูลเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดฝักอ่อนในพื้นที่ อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี ได้ข้อมูลการจำหน่ายเศษเหลือหลังจากเก็บฝักในช่วงเดือน พฤศจิกายน ปี 2552 พบว่า ต้นสดและใบ เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อ โคนม หรือสหกรณ์โคนมหนองโพจะรับซื้อจากแปลงที่เกษตรกรเก็บเกี่ยวแล้วในราคาไร่ละประมาณ 300-400 บาท (ผู้ซื้อดำเนินการตัดเอง) เปลือกและไหม จะซื้อกันเป็นเข่ง ๆ ละประมาณ 6-7 บาท ช่อดอกตัวผู้ที่เกษตรกรถอนทิ้งเมื่อต้นข้าวโพดฝักอ่อนมีอายุได้ประมาณ 45 วัน จะขายในราคาไร่ละประมาณ 70-80 บาท

ฝักอ่อนที่ไม่ได้ขนาดตามต้องการของโรงงานอุตสาหกรรม ก็สามารถนำไปจำหน่ายยังท้องตลาดหรืออาจขายให้เกษตรกรผู้เลี้ยงปลา ซึ่งข้าวโพดฝักอ่อนนี้สามารถนำไปใช้เป็นอาหารปลาได้เป็นอย่างดี โดยจะหั่นข้าวโพดฝักอ่อนเป็นฝอยแล้วโปรยให้ปลากิน (ลาวัลย์, 2531)

ราเชนทร์ และคณะ (2536) ได้เก็บตัวอย่างส่วนต้นและใบของข้าวโพดหวานและข้าวโพดฝักอ่อนหลังเก็บฝักในแปลงปลูกของเกษตรกร เพื่อวิเคราะห์ค่าทางโภชนะสำหรับเป็นอาหารสัตว์ ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5

ค่าทางโภชนะของส่วนเหลือจากข้าวโพดหวานและข้าวโพดฝักอ่อน (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง)

เศษเหลือ (ต้นและใบ)	ข้าวโพดหวาน	ข้าวโพดฝักอ่อน
วัตถุแห้ง	27.10	20.90
โปรตีนรวม	9.40	11.20
ฟอสฟอรัส	0.68	0.40
โพแทสเซียม	1.76	1.05
แคลเซียม	0.22	0.23

ที่มา : ราเชนทร์ และคณะ (2536)

ค่าทางโภชนะและการย่อยได้ของข้าวโพดหมัก

นฤมล และคณะ (2544) รายงานว่า ข้าวโพดหมักจัดเป็นอาหารหยาบที่มีคุณค่าทางอาหารสูง การตัดข้าวโพดเพื่อนำมาหมักในระยะเมล็ดเป็นแป้ง ร้อยละ 50 ของเมล็ด จะได้พืชหมักที่มีคุณภาพดี มีค่าความเป็นกรดด่าง 4.1 วัตถุแห้ง 30.06 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 7.92 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยที่สกัดด้วยสารละลายที่เป็นกลาง (NDF), เยื่อใยที่สกัดด้วยสารละลายที่เป็นกรด (ADF) และลิกนิน (ADL) เท่ากับ 52.91, 28.91 และ 3.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การย่อยได้ตลอดทางเดินอาหารของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน NDF และ ADF เท่ากับ 61.14, 65.19, 49.4, 57.17 และ 54.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าพลังงานในรูปโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (TDN) เท่ากับ 65.22 ส่วนเสาวลักษณ์และคณะ (2543) รายงานว่า ต้นข้าวโพดหวานหลังเก็บฝักมีวัตถุแห้งและโปรตีนเท่ากับ 25.75 และ 8.94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำมาหมักจะมีคุณค่าโภชนะวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุและโปรตีน เท่ากับ 23.75, 92.5 และ 10.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีการย่อยได้ตลอดทางเดินอาหารของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุและโปรตีน เท่ากับ 65.5, 69.0 และ 62.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากรายงานของ Idikut และคณะ (2009) พบว่า ต้นข้าวโพดหวานรวมฝักหมักมีวัตถุแห้ง โปรตีน, NDF, ADF และเถ้า เท่ากับ 20.89, 10.31, 42.90, 25.19 และ 5.76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการของอินทรียวัตถุเท่ากับ 57.89 เปอร์เซ็นต์ และพบ

ต้นข้าวโพดหวานหลังเก็บเกี่ยวฝักมีวัตถุแห้ง โปรตีน, NDF, ADF และเถ้า เท่ากับ 19.76, 9.14, 52.32, 34.34 และ 7.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการของอินทรียวัตถุเท่ากับ 46.88 เปอร์เซ็นต์

Stokes (1992) รายงานถึงคุณค่าทางโภชนะและคุณสมบัติทางเคมีบางประการของพืชอาหารสัตว์สด ส่วน Chen และคณะ (1994) รายงานถึงคุณค่าทางโภชนะและคุณสมบัติทางเคมีบางประการของข้าวโพดสดที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตข้าวโพดหมัก และ Kearl (1982) รายงานถึงคุณค่าทางโภชนะและคุณสมบัติทางเคมีบางประการของข้าวโพดหมัก ดังแสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6

ค่าโภชนะของพืชอาหารสัตว์สด ข้าวโพดสด และ ข้าวโพดหมัก

ค่าโภชนะ	[1]พืชอาหารสัตว์สด	[2]ข้าวโพดสด	[3]ข้าวโพดหมัก
วัตถุแห้ง	32.14	37.66	29.65
ความเป็นกรด-ด่าง	5.63	4.48	3.68
NDF	46.75	58.79	56.27
ADF	31.74	28.36	31.06
เซลลูโลส	26.94	24.88	26.61
เฮมิเซลลูโลส	15.01	30.43	25.22
โปรตีน	15.18	7.21	9.05

ที่มา : ดัดแปลงจาก [1]Stokes (1992), [2]Chen และคณะ. (1994), [3]Kearl (1982)

ฉันทนา และคณะ (2543) รวบรวมรายงานค่าการย่อยได้โภชนะต่าง ๆ ตลอดทางเดินอาหารในแกะและโคของข้าวโพดหมักและสรุปว่า มีการย่อยได้ของวัตถุแห้ง 66.11-67.70 และ 60.20-68.80 เปอร์เซ็นต์ การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ 69.11 และ 61.30-71.50 เปอร์เซ็นต์ การย่อยได้ของโปรตีน 56.40-61.70 และ 44.10-68.50 เปอร์เซ็นต์ การย่อยได้ของไขมัน 68.95-80.30 และ 810.9-85.70 เปอร์เซ็นต์ การย่อยได้ของ ADF 66.90-72.88 และ 33.60-58.40

เปอร์เซ็นต์ การย่อยได้ของ NDF 70.15-71.90 และ 45.30-61.80 เปอร์เซ็นต์ และการย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย 82.55 และ 92.20 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2.7)

ตารางที่ 2.7
การย่อยได้ของโภชนะของข้าวโพดหมักในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

สัตว์	DMD	OMD	CPD	EED	ADFD	NDFD	NFCD
	← เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง →						
แกะ	67.70	-	61.70	80.30	66.90	71.90	-
แกะ	66.11	69.11	56.40	68.95	72.88	70.15	82.51
แม่โค	68.80	-	56.40	85.70	-	-	-
แม่โค	-	-	44.10	83.50	-	-	-
แม่โค	-	71.50	68.50	-	58.40	61.80	-
แม่โค	60.20	61.30	61.10	81.90	47.80	45.30	-
แม่โค	61.40	63.80	62.50	-	33.60	-	92.20

ที่มา : ดัดแปลงจากฉันทนา และคณะ (2543)

DMD = Dry matter digestibility, OMD = Organic matter digestibility, CPD = Crude protein digestibility, EED = Ether extract digestibility, ADFD = Acid detergent fiber digestibility, NDFD = Neutral detergent fiber digestibility, NFCD = Non fiber carbohydrate digestibility.

Jaster และคณะ (1983) รายงานว่าเศษเหลือจากต้นข้าวโพดหวานมีวัตถุแห้ง โปรตีน อินทรียวัตถุ NDF และ ADF เท่ากับ 21.0, 10.8, 7.1, 59.4 และ 37.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และ NDF เท่ากับ 59.1, 46.0 และ 64.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

กากน้ำตาล

กากน้ำตาลเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรจากโรงงานผลิตน้ำตาลทราย ประกอบด้วย น้ำ 25 เปอร์เซ็นต์ และวัตถุแห้ง 75 เปอร์เซ็นต์ ภายในวัตถุแห้งจะประกอบไปด้วย น้ำตาลซูโครส 25-40 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลชนิดอื่น ๆ 12-35 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีนรวม 4 เปอร์เซ็นต์ และ เถ้า 8-10 เปอร์เซ็นต์ กากน้ำตาลจะมีรสหวานและมีกลิ่นหอม จึงทำให้เพิ่มความน่ากินให้กับอาหาร นอกจากนี้กากน้ำตาลยังเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการหมักในอาหาร เพราะจุลินทรีย์สามารถนำ กากน้ำตาลไปใช้ประโยชน์ได้ดี (Woolford, 1984) จากรายงานของ NRC (2001) ค่าโภชนะของกากน้ำตาลมีปริมาณโปรตีน 5.8 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้า 13.3 เปอร์เซ็นต์ NDF 0.4 เปอร์เซ็นต์ และ ADF 0.2 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากกากน้ำตาลเป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำตาล ปริมาณกากน้ำตาลของประเทศไทยจึงขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตอ้อยในแต่ละปี โดยปริมาณอ้อย 1 ตัน ที่ส่งเข้าสู่โรงงานน้ำตาลจะได้ผลผลิตเป็นกากน้ำตาล 46.8 กิโลกรัม ในฤดูกาลผลิต 2551/2552 มีปริมาณอ้อยเข้าโรงงาน 71.81 ล้านตัน เป็นผลผลิตน้ำตาล 7.57 ล้านตัน มีผลผลิตกากน้ำตาล 3.28 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550)

ฝุ่นข้าวโพด

เป็นผลพลอยได้เหลือทิ้งจากกระบวนการกะเทาะเมล็ดจากฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ประกอบด้วยเยื่อใยที่มีชิ้นขนาดเล็กและฝุ่นแป้ง และมีความเป็นไปได้ที่จะนำฝุ่นข้าวโพดมาใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าโดยนำมาเป็นสารเสริม ช่วยเพิ่มพลังงาน ช่วยให้กระบวนการหมักในการทำข้าวโพดหมักเกิดขึ้นได้ดี และยังช่วยซับของเหลวที่เกิดจากการหมักจึงช่วยลดการสูญเสียธาตุอาหารในข้าวโพดหมัก (ดรุณี และณัฐกิตติ์, 2552) ปี 2550 ประเทศไทยมีปริมาณผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นอันดับที่ 24 ของโลก โดยมีพื้นที่การเพาะปลูก 5,797,000 ไร่ มีผลผลิตรวมทั้งสิ้น 3,661,000 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550) เนื่องจาก ยังไม่มีรายงานข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณของฝุ่นข้าวโพดที่เกิดขึ้นจากการสีหรือการแยกเมล็ดข้าวโพดออกจากฝักทำให้ไม่สามารถรายงานปริมาณที่แน่นอนได้ จากปริมาณผลผลิตที่ได้ในแต่ละปีคาดว่าน่าจะมีในปริมาณมาก

การผลิตพืชหมัก

การเก็บรักษาพืชอาหารสัตว์มีหลายวิธี โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเก็บไว้ใช้ในช่วงที่ขาดแคลนพืชสดในช่วงฤดูแล้ง วิธีที่นิยมปฏิบัติกันมีอยู่ 2 วิธี คือ

1. การทำแห้ง เป็นการทำให้พืชอาหารสัตว์มีความชื้นลดลง ยับยั้งการเจริญและกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยตากหรืออบพืชเพื่อไล่ความชื้นออกไปให้เหลือประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์หรือน้อยกว่า มีข้อจำกัด คือ สามารถทำได้ดีเฉพาะกับพืชที่แห้งเร็วในทุกส่วนของพืช และต้องทำในแหล่งที่ไม่มีฝนตกขณะเก็บเกี่ยว ซึ่งไม่เหมาะสมกับสภาพของประเทศในเขตร้อนชื้น เนื่องจากการทำแห้งต้องการช่วงเวลาที่ปลอดฝน เช่น ช่วงต้นฤดูแล้ง ซึ่งมีพืชอาหารสัตว์อยู่น้อยจากข้อจำกัดดังกล่าวเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถเลือกการถนอมพืชอาหารสัตว์ไว้ให้สัตว์กินในช่วงฤดูที่ขาดแคลนโดยการหญ้าหมัก (สายัณห์, 2547)

2. การผลิตพืชอาหารสัตว์หมัก เป็นวิธีการเก็บถนอมพืชอาหารสัตว์ที่นิยมมากที่สุดและเหมาะสำหรับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย เนื่องจากในช่วงฤดูฝนพืชอาหารสัตว์เจริญได้ดีและมีปริมาณที่มากเกินพอ แต่ในฤดูร้อนจะเกิดการขาดแคลนขึ้นจึงจำเป็นต้องมีการถนอมพืชอาหารสัตว์ไว้ใช้ในฤดูแล้งและยังสามารถลดการเสื่อมและรักษาคุณค่าทางโภชนะของพืชให้ใกล้เคียงกับพืชสดมากที่สุด การหมักเป็นการถนอมพืชไว้ในลักษณะที่อวบน้ำภายใต้สภาพอับอากาศ ในทางปฏิบัติ สภาพอับอากาศจะเกิดขึ้นได้โดยการหั่นซิ้นส่วนของพืชที่จะนำมาหมักให้มีขนาดเล็ก ขณะบรรจุพืชลงในหลุมหมักต้องอัดให้แน่น ปิดหลุมให้สนิทอย่าให้มีอากาศเข้าได้ หากมีอากาศผ่านเข้าไปในหลุมจะก่อให้เกิดผลเสียต่อพืชหมัก เพราะจะไปส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ประเภทที่ใช้ออกซิเจนเป็นผลให้พืชที่หมักเกิดการเน่าเสียและอาจสร้างสารที่เป็นพิษต่อสัตว์ ออกซิเจนที่เหลืออยู่ในหลุมจะหมดไปในไม่ช้าโดยการหายใจของเซลล์พืช ทำให้เอื้ออำนวยต่อการขยายจำนวนของแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติคได้เป็นอย่างดีและยังเป็นการเปลี่ยนน้ำตาลที่ละลายในน้ำไปเป็นกรดอินทรีย์ที่ประกอบด้วยกรดแลคติคเป็นหลัก เมื่อกรดแลคติคมีปริมาณมากขึ้นทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของพืชหมักลดต่ำลงถึงระดับที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 3.5-4.5 ก็จะสามารถหยุดยั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของพืชหมักอีกต่อไป สภาพเช่นนี้ทำให้พืชหมักสามารถเก็บรักษาได้นานถ้าพืชหมักยังอยู่ในสภาพอับอากาศ (บุญเสริม,2539; ดรุณี, 2551)

กระบวนการหมัก

บุญเสริม (2539) และ สายัณห์ (2547) ได้กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำพืชหมักโดยได้แบ่งกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดในกระบวนการผลิตพืชหมักตั้งแต่การบรรจุลงหลุมหมักจนถึงการนำพืชหมักไปใช้ประโยชน์ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 เป็นระยะที่เพิ่งจะนำพืชลงบรรจุลงหลุม เซลล์ของพืชยังคงมีการหายใจอยู่ ออกซิเจนที่อยู่ในหลุมจะถูกเซลล์พืชและจุลินทรีย์ประเภทที่ใช้ออกซิเจนนำไปใช้เพื่อเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำตาลให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และความร้อน ดังสมการ

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

ความร้อนที่เกิดขึ้นทำให้อุณหภูมิการหมักสูงขึ้น ถ้าในการเตรียมกองหมักไม่แน่นดีจะทำให้อากาศซึมเข้าไปได้ ซึ่งมีผลทำให้พืชหมักกลายเป็นสีน้ำตาลเข้มหรือดำแสดงว่าเป็นพืชหมักที่ด้อยคุณภาพ และถ้าอุณหภูมิในการหมักสูงเกิน 55 องศาเซลเซียส อาจมีผลทำให้โปรตีนของพืชเปลี่ยนแปลงเป็นในรูปที่ถูกย่อยได้ยาก คาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการหายใจของเซลล์พืช มีส่วนในการส่งเสริมให้เกิดสภาพอับอากาศ ซึ่งเป็นผลดีต่อการหมัก

โปรตีนในพืชเกิดการเปลี่ยนแปลงได้เช่นกันในระยะนี้ ประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนจะถูกย่อยสลายให้เป็นกรดอะมิโน ซึ่งสามารถแตกตัวต่อได้เป็น 2 รูปแบบ คือ

1) Decarboxylation

$$R\text{-}\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}}\text{-}COOH \longrightarrow R\text{-}CH_2\text{-}NH_2 + CO_2$$

2) Deamination

$$R\text{-}\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}}\text{-}COOH \longrightarrow R{=}CH\text{-}COOH + NH_2$$

ในการเกิดกระบวนการดีคาร์บอกซีไลเซชั่นของกรดอะมิโนพวกทริปโตฟาน (Tryptophan) ฟีนิลอะลานีน (Phenylalanine) และ ฮีสทิดีน (Histidine) จะทำให้เกิดเอมีน คือ

ทริปตามีน (Tryptamine) ฟีนิลอะลามีน (Phenylalamine) และ ฮีสตามีน (Histamine) ตามลำดับ ซึ่งสารเหล่านี้อาจเกิดเป็นพิษต่อสัตว์ได้เมื่อซึมเข้าเลือดในระดับหนึ่ง

ระยะที่ 2 การหายใจของเซลล์พืชยังคงมีอยู่บ้าง แต่จะหยุดในเวลาต่อมาจุลินทรีย์ที่ติดมากับพืชจะเป็นตัวทำให้เกิดการหมักและได้เป็นกรดอะซิติค

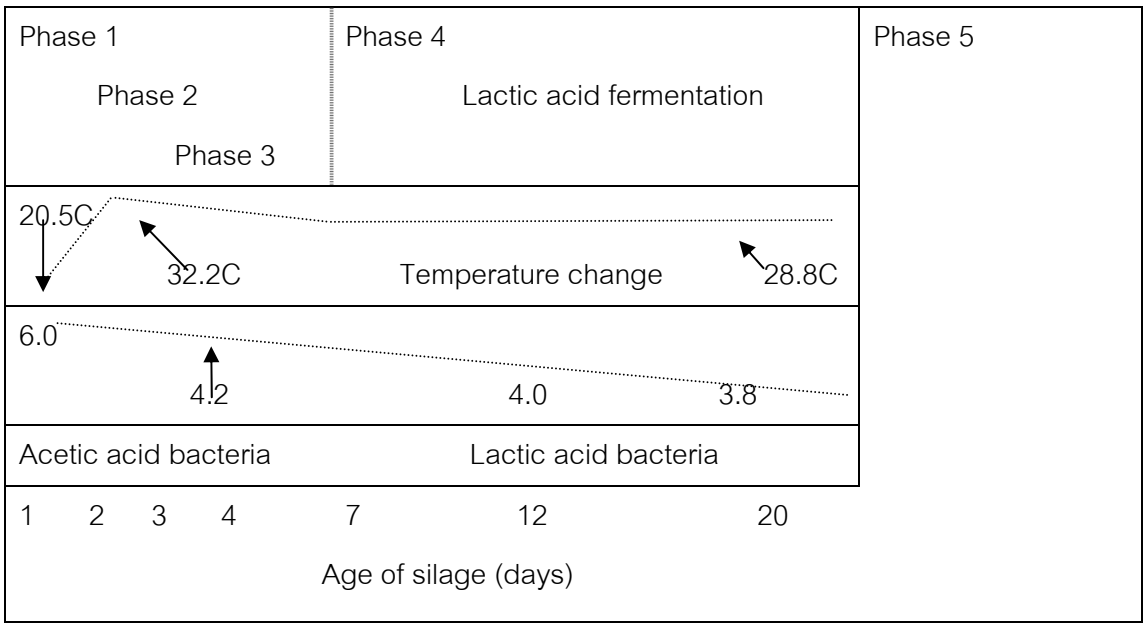
ระยะที่ 3 ออกซิเจนที่หลงเหลืออยู่จะถูกเซลล์พืชใช้ในการหายใจจนหมด หลุมหมักจึงมีสภาพอับอากาศยิ่งขึ้น ทำให้แบคทีเรียประเภทที่ไม่ใช้ออกซิเจนเพิ่มปริมาณมากขึ้น และเปลี่ยนน้ำตาลเป็นกรดแลคติค กรดอะซิติค เอธานอล และคาร์บอนไดออกไซด์ กรดที่เกิดขึ้นโดยเฉพาะกรดแลคติคจะทำให้สภาพความเป็นกรด-ด่าง ลดลง โดยที่ ระยะที่ 1, 2 และ 3 เกิดขึ้นภายใน 3-5 วันแรกของการทำพืชหมัก การเปลี่ยนแปลงทั้ง 3 ระยะนี้ เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเกือบพร้อมกันและมีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพของพืชหมัก

ระยะที่ 4 หลังจากหมักไป 3-5 วัน กรดแลคติคจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ การหมักจะเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ใช้เวลาประมาณ 15-20 วัน หากสภาพการหมักเป็นไปอย่างเหมาะสม ระยะนี้จะเป็นช่วงที่บอกได้ว่าการทำการหมักประสบความสำเร็จหรือไม่ กรดที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ควรเป็นกรดแลคติคและกรดที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะลดค่าความเป็นกรด-ด่างให้ต่ำลง (ประมาณ 3.8-4.2) จนจุลินทรีย์ทั้งหมดหยุดกิจกรรมและไม่สามารถมีชีวิตอยู่ต่อไปได้

ระยะที่ 5 เมื่อจุลินทรีย์หยุดกิจกรรม พืชหมักจะคงสภาพไม่มีการเปลี่ยนแปลง สามารถเก็บไว้ได้นานหลายปีในสภาพอับอากาศ แต่ถ้าสภาพการหมักไม่เหมาะสม กิจกรรมของจุลินทรีย์เกิดขึ้นเรื่อย ๆ พืชหมักจะถูกทำให้สลายตัวต่อไป ทำให้คุณค่าทางอาหารลดลงและเน่าเสียได้

ภาพที่ 2.1

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักระยะต่าง ๆ



ดัดแปลงจาก บุญเสริม (2539)

จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการหมัก (สายัณห์, 2547; ฉันทนา, 2543; บุญเสริม, 2539)

กระบวนการหมักเกิดขึ้นได้โดยการทำงานของจุลินทรีย์ที่ติดมากับพืชโดยจะพบในส่วนของใบมากกว่าลำต้นและจะติดอยู่ที่ผิวของพืชมากกว่าภายใน ส่วนใหญ่จะเป็นจุลินทรีย์ประเภท ที่ต้องใช้ออกซิเจนและจะมีบทบาทต่อกระบวนการหมักน้อย ส่วนใหญ่จะมีกิจกรรมอยู่ได้ไม่นานในหลุมหมักคือจะหยุดการเจริญเติบโตเมื่อออกซิเจนถูกใช้หมดไป จุลินทรีย์ที่มีบทบาทต่อการหมักประเภทที่ไม่ใช้ออกซิเจนมีอยู่หลายชนิด ทั้งชนิดที่เป็นประโยชน์ที่ต้องการมากในกระบวนการผลิตพืชหมักซึ่งก็คือ แบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตกรดแลคติค เพราะจะทำให้ได้พืชหมักที่มีคุณภาพดี มีกลิ่นหอม และได้กรดแลคติคซึ่งสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานในสัตว์เคี้ยวเอื้องได้

แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติคจะสามารถอยู่ได้ทั้งที่มีและไม่มีออกซิเจน โดยส่วนมากจะติดมากับผิวนอกของพืชสด สามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ คือ ประเภทที่มีประสิทธิภาพในการผลิตกรดแลคติค (Homofermentative) และ ประเภทที่ผลิตกรดแลคติคแล้วยังมีกรดชนิด

อื่นปนมาด้วย (Heterofermentative) หลังจากเริ่มมีการหมักแล้วแบคทีเรียกลุ่มนี้จะมีการแบ่งตัวอย่างรวดเร็วและจะย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ซึ่งได้แก่ กลูโคสและฟรุคโตสให้เป็นกรดอินทรีย์ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นกรดแลคติคและเป็นกรดที่ต้องการเพื่อจะทำให้สภาพความเป็นกรด-ด่างในพืชหมักลดลง

นอกจากนี้ยังมีจุลินทรีย์ที่มีบทบาทต่อกระบวนการหมัก แต่ไม่ต้องการให้มีมากในพืชหมักและควรกำจัดให้หมดไปโดยเร็วได้แก่

1. คลอสทริเดีย (Clostridium) เป็นพวกที่สามารถเจริญได้ในสภาพไร้ออกซิเจนเท่านั้น เจริญเติบโตได้ดีในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.0-7.4 พืชหมักที่มีความชื้นสูงมีโอกาสที่จะเกิดจุลินทรีย์กลุ่มนี้ได้ง่าย สามารถเปลี่ยนกรดอะเซติคและกรดแลคติคให้เป็นกรดบิวทีริคได้และยังสามารถสลายกรดอะมิโน

2. เอนเทอโรแบคทีเรีย (Enterobacteria) สามารถเจริญได้ดีทั้งในสภาพที่มีและไม่มีอากาศ สามารถเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นกรดอะซิติค เอทานอล ซึ่งมีผลต่อกลิ่นและรสของพืชหมักสัตว์ไม่ชอบกิน และสามารถสลายกรดอะมิโนได้ด้วย จะเจริญเติบโตมากในช่วงแรกของการหมัก แต่ถ้ามีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 5 จะชะงักการเจริญเติบโต

3. ราและยีสต์ ส่วนใหญ่จะติดมากับพืชโดยเฉพาะถ้ากระบวนการผลิตพืชหมักที่มีการจัดการในระหว่างการตัด การสับหรือหั่นต้นพืชไม่ดีพอจะทำให้เกิดการปนเปื้อนมากับดินรา ส่วนใหญ่จะเจริญในสภาพที่มีออกซิเจน และมักใช้เส้นใยชอนไชเข้าไปในผนังเซลล์พืชเพื่อหาอาหาร ส่วนยีสต์นั้นมีบทบาททำให้พืชหมักเกิดการเน่าเสีย

พืชหมักที่จะนำมาหมักจึงควรจะมีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายอย่างเพียงพอ เพื่อช่วยในการส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ในการผลิตกรดแลคติค ซึ่งจะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของพืชหมักจะลดลงอย่างรวดเร็วทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์จะหยุดทั้งหมด แต่ถ้าความเป็นกรด-ด่างไม่คงที่ แบคทีเรียพวกคลอสตริเดียที่ติดมากับพืชในรูปสปอร์ตั้งแต่แรกจะทำการแบ่งตัวแล้วใช้ประโยชน์จากกรดแลคติคและแป้งทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้น พวกคลอสทริเดียนี้จะเจริญได้ดีในสภาวะที่มีความชื้นสูง ถ้านำพืชที่มีความชื้นสูงถึง 85 เปอร์เซ็นต์ มาหมักจนได้พืชหมักที่มี ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 4 แล้วก็ตาม อาจไม่สามารถระงับกิจกรรมของจุลินทรีย์เหล่านี้ได้ (McDonald และคณะ, 1987)

คุณภาพของพืชหมัก

สายัณห์ (2547) กล่าวถึงมาตรฐานของพืชหมักที่มีคุณภาพดีควรมีคุณสมบัติดังนี้คือ มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 4.2 ปริมาณกรดแลคติค 3-13 เปอร์เซ็นต์ กรดบิวทีริคน้อยกว่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ แอมโมเนียมไนโตรเจน ต่ำกว่า 11 เปอร์เซ็นต์ (เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมด) และ Ely และคณะ (1982) กล่าวว่า ข้าวโพดหมักที่มีคุณภาพดีควรมีค่าความเป็นกรด-ด่างน้อยกว่า 4.2 มีระดับกรดแลคติค 1.5-2.5 เปอร์เซ็นต์ กรดอะซิติค 0.5-0.8 เปอร์เซ็นต์ และกรดบิวทีริคน้อยกว่า 0.14 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ ฉันทนา (2543) ยังได้กล่าวถึงลักษณะทางกายภาพของพืชหมักที่ดีคือ มีกลิ่นหอมของกรดไม่มีกลิ่นเน่าเสีย รสชาติไม่ขมหรือรสจัดเกินไป ไม่มีเชื้อราเน่าเปื่อยเป็นเมือก ความชื้นและสีมีความสม่ำเสมอโดยจะมีสีเขียวอ่อน สัตว์ชอบกินและมีการเจริญเติบโตดี

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อคุณภาพพืชหมัก

การทำพืชหมักให้ได้คุณภาพดีมีปัจจัยและเงื่อนไขเกี่ยวข้องหลายประการด้วยกัน ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของพืช และกรรมวิธีหรือการจัดการในการทำพืชหมัก ปัจจัยและเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องเหล่านี้ได้แก่

1. ชนิดของพืช

การทำพืชหมักให้ได้คุณภาพดีจะต้องคำนึงถึงชนิดของพืช เนื่องจากพืชแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติไม่เหมือนกัน พืชที่จะนำมาหมักจะต้องเป็นพืชที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสม คือ ไม่แข็งจนเกินไป สามารถตัดและนำมาบรรจุในหลุมหมักได้ง่าย มีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้หรือน้ำตาลในระดับที่เพียงพอเพื่อให้จุลินทรีย์นำไปใช้ในการสร้างกรดอินทรีย์ มีค่าต่อต้านสภาพความเป็นกรดที่ต่ำเพื่อไม่ให้เกิดการต่อต้านสภาพความเป็นกรดของพืชหมัก และมีค่าวัตถุแห้งที่เหมาะสม ถ้าหมักพืชมีความชื้นสูงเกินไปจะทำให้เกิดของเหลวที่ไหลออกมาจากพืชหมักเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะพาโภชนะออกไปด้วยทำให้มีการสูญเสียคุณค่าทางอาหารมาก นอกจากนี้ยังมักจะทำให้เกิดการเจริญของเชื้อคลอสทิเดียซึ่งเป็นเชื้อที่สร้างกรดบิวทีริค (McDonald และคณะ, (1991) การที่พืชหมักมีความชื้นและกรดบิวทีริคในปริมาณที่สูงจะทำให้สัตว์กินพืชหมักลดลง ในทางกลับกันถ้าพืชมีความชื้นต่ำเกินไป (มีวัตถุแห้งสูงเกินไป) จะทำให้อัดพืชให้แน่นเพื่อให้ได้สภาพไร้อากาศทำได้ลำบาก ดังนั้นจะมีอากาศหลงเหลืออยู่ในพืชหมักเป็น

จำนวนมากทำให้เกิดความร้อนสูง นอกจากนี้ยังทำให้การเกิดกรดหรือการลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงอย่างช้า ๆ จะทำให้พืชหมักเกิดการเน่าเสียจากการเจริญของยีสต์และเชื้อราได้ พืชแต่ละชนิดมีความเหมาะสมในการทำพืชหมักแตกต่างกัน และข้าวโพดจัดว่ามีความเหมาะสมที่สุด รองลงมาได้แก่ ข้าวฟ่างและหญ้า (ศุภมาศและคณะ, 2535)

2. อายุของพืช

อายุของพืชที่จะนำมาทำเป็นพืชหมักจะสัมพันธ์กับคุณค่าทางโภชนะการใช้ประโยชน์ได้ของสัตว์ ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ และยังเกี่ยวข้องกับความชื้นหรือวัตถุแห้งของพืชอีกด้วย ปัจจัยเหล่านี้ทำให้อายุในการตัดพืชแต่ละชนิดเพื่อทำพืชหมัก มีผลให้คุณภาพของพืชหมักมีความแตกต่างกันไป

จากการศึกษาของ Bal และคณะ (1997) พบว่าการตัดต้นข้าวโพดในอายุที่เหมาะสม ที่จะนำมาผลิตเป็นข้าวโพดหมัก คือ เมื่อเมล็ดข้าวโพดมีเส้นน้ำนมหรือรอยต่อของส่วนที่เป็นน้ำและส่วนที่เป็นแป้งของเมล็ด (Milk line) อยู่ระหว่าง 1/4-2/3 ของเมล็ด ความชื้น 65 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปเลี้ยงโค ทำให้โคมีปริมาณการกินอาหารและค่าการย่อยได้ดีที่สุด จึงทำให้ได้ผลผลิตน้ำนมสูงที่สุด

อุษา (2536) รายงานว่าข้าวฟ่างที่ตัดเมื่ออายุต่างกันจะมีคุณภาพต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8

เปอร์เซ็นต์ความชื้น โปรตีน และวัตถุแห้งของข้าวฟ่างที่ตัดเมื่ออายุต่างกัน

อายุขณะตัด (สัปดาห์)	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	โปรตีนรวม (เปอร์เซ็นต์)	วัตถุแห้งเมื่อเทียบกับวัตถุแห้งสูงสุด(เปอร์เซ็นต์)
6	83	12.3	39
8	83	9.1	62
10	80	6.7	95
12	78	4.8	100
14	73	5.4	85

ที่มา : อุษา (2536)

จากตารางที่ 2.8 ข้าวฟ่างเมื่อตัดในระยะใกล้ออกดอก (8-10 สัปดาห์) จะให้ผลผลิตที่ดีที่สุดเมื่อพิจารณาผลผลิตน้ำหนักแห้งและคุณภาพ จะมีโปรตีนประมาณ 8-10 เปอร์เซ็นต์ ในระยะที่ข้าวฟ่างมีอายุน้อยจะมีปริมาณโปรตีนจะสูงแต่ผลผลิตต่ำ และผลผลิตน้ำหนักแห้งจะสูงสุดเมื่อพืชอยู่ในระยะแป้ง (12 สัปดาห์) แต่มีระดับโปรตีนต่ำ ดังนั้น ถ้าต้องการโปรตีนมากกว่า 7 เปอร์เซ็นต์ ควรตัดพืชก่อนสิ้นสุดการออกดอก

3. ขนาดของชิ้นพืชที่หมัก

การทำให้ชิ้นพืชที่นำมาหมักมีขนาดเล็กลงจะช่วยทำให้น้ำเลี้ยงที่มีอยู่ในเซลล์พืชซึ่งมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบหลักถูกปลดปล่อยออกมาเร็วจะช่วยให้เกิดกรดแลคติคเร็วขึ้นและการหั่นพืชให้มีขนาดชิ้นที่พอเหมาะยังสะดวกในการบรรจุพืชในหลุมหมักหรือภาชนะบรรจุให้แน่นและชิ้นส่วนยังคลุกเคล้ากันได้ทั่วถึง อุษา (2536) การตัดพืชให้เป็นท่อนสั้น ๆ ยังทำให้สามารถอัดและลดอากาศในหลุมหมักหรือภาชนะบรรจุลงได้มากกว่าตัดท่อนยาว ๆ หรือการใช้ทั้งต้น ซึ่งปริมาณอากาศภายในหลุมหมักจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับคุณภาพอาหารหมัก ถ้ามีอากาศมากจะเป็นการกระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนซึ่งจะทำให้เกิดการเน่าเสียเนื่องจากมีการสร้างกรดบิวทีริค (บุญฤา, 2535) นอกจากนั้นการอัดพืชหมักให้แน่นยังส่งผลให้คุณภาพของพืชหมักดีกว่าการอัดแน่นแบบหลวม ๆ และถ้าต้องการให้กองหญ้าหมักอัดแน่นดี ขนาดความยาวของชิ้นพืชควรมีขนาด 1-5 เซนติเมตร แต่ถ้าพืชแห้งหรือมีความชื้นน้อยกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ควรสับให้เป็นชิ้นเล็กลงไปอีก โดยให้มีขนาดระหว่าง 0.5-1.5 เซนติเมตร เพื่อให้พืชหมักอัดแน่นได้ดียิ่งขึ้น (สายัณห์, 2547) ดังนั้นในการทำอาหารหมักจึงควรที่จะทำการสับหรือตัดพืชที่จะใช้ทำอาหารหมักให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ก่อนที่จะนำไปบรรจุในหลุมหมัก (บุญฤา, 2528) การตัดพืชที่จะทำเป็นอาหารหมักให้เป็นท่อนสั้น ๆ ก่อนที่จะบรรจุลงในหลุมหมัก สามารถทำให้คุณภาพของการหมักดีขึ้นคือ มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำและมีปริมาณกรดแลคติคสูงกว่าพืชหมักที่ทำโดยใช้พืชทั้งต้น (Takano,1972)

พรชัย และคณะ (2545) ได้ศึกษาอิทธิพลของความยาวของชิ้นหญ้ารูซี่ที่มีต่อคุณภาพของหญ้าหมักพบว่า หญ้าที่มีความยาว 4 นิ้ว มีการสูญเสียวัตถุแห้งมากที่สุด โดยเหลือเพียง 20.5 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าความเป็นกรด-ด่างค่าเท่ากับ 4.68 ในขณะที่หญ้าที่มีความยาว 1 นิ้ว มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 4.55 และแอมโมเนียไนโตรเจนต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ระหว่าง 8.78-9.74

4. ความชื้นของพืช

ความชื้นของพืชที่ใช้ทำพืชหมักโดยเฉพาะในขณะที่จะใส่ในหลุมหมักมีผลเกี่ยวข้องกับระดับของความเป็นกรด-ด่างและปริมาณของกรดไขมันที่ระเหยง่าย การใช้พืชอาหารสัตว์ที่มีความชื้นเหมาะสม จะทำให้ได้อาหารหมักที่มีคุณภาพดี (บุญฤา, 2536) และสายัณห์ (2540) กล่าวว่า ระดับความชื้นภายในพืชที่เหมาะสมกับการทำหญ้าหมักอยู่ระหว่าง 65-70 เปอร์เซ็นต์ ถ้าปริมาณความชื้นต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ การอัดแน่นของพืชหมักจะไม่ดีและก่อให้เกิดการขึ้นราได้ง่าย ในทางตรงกันข้ามถ้าพืชที่นำมาหมักมีความชื้นมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ แล้วโอกาสที่จะได้พืชหมักที่มีคุณภาพไม่ดีก็มีมากขึ้น เพราะของเหลวที่ไหลออกมาจากพืชที่กำลังหมักอยู่จะทำให้สูญเสียกรดและธาตุอาหารที่มีประโยชน์ต่อสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคาร์โบไฮเดรต

5. การบรรจุพืชลงในหลุมหมัก

จะต้องทำให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจนโดยเร็วที่สุด โดยตัดเก็บเกี่ยวให้เร็ว อัดให้แน่น ปิดหลุมให้เร็วและมิดชิด ป้องกันไม่ให้มีอากาศและน้ำแทรกซึมเข้าไปในหลุมหมักได้

6. ปริมาณออกซิเจน

Muck, (1991) รายงานว่า การควบคุมปริมาณออกซิเจนให้อยู่ในระดับต่ำที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการผลิตกรดของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติค แต่ไม่มากพอสำหรับการเจริญของเชื้อราและเชื้ออื่นๆ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเน่าเสียในไซเลจจะทำให้คุณภาพของพืชหมักดีขึ้น และ Blickstad (1983) พบว่า แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติคหลายชนิดสามารถผลิตกรดแลคติคได้น้อยกว่ากรดอะซิติคในสภาวะที่มีอากาศ ดังนั้นการควบคุมปริมาณออกซิเจนให้อยู่ในระดับต่ำจึงส่งผลดีต่อการหมัก นอกจากนี้หากในภาชนะหมักหรือไซโลมีปริมาณอากาศหลงเหลืออยู่มากอาจทำให้มีการสูญเสียคาร์โบไฮเดรตโดยผ่านกระบวนการหายใจและเกิดอุณหภูมิสูงเกินไป ซึ่งจะส่งผลให้คุณภาพของพืชหมักลดลงด้วย

7. ระดับคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้

ซึ่งเป็นสารอาหารที่สำคัญในการเจริญและผลิตกรดแลคติคของจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดแลคติค จากรายงานของ Dougherty (1977) พบว่า ถ้าวัตถุดิบที่ใช้หมักมีระดับคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งจะมีผลกระทบต่อการทำงานของเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus sp.* เนื่องจากถูกจำกัดโดยพลังงานและได้สรุปไว้ว่าทุก ๆ

1 เปอร์เซ็นต์ของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ที่เพิ่มขึ้นจะสามารถเพิ่มปริมาณกรดแลคติคได้ประมาณ 0.3 เปอร์เซ็นต์

8. การใช้สารเสริม

การใช้สารเสริมในการผลิตพืชหมักบางชนิด เช่น กากน้ำตาล ช่วยเพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรต ทำให้หญ้าหมักมีประสิทธิภาพดี รสชาติน่ากิน (Wilkinson, 1983) การเสริมกรดและด่าง เช่น กรดฟอร์มิค ฟอร์มัลดีไฮด์ ช่วยลดการสูญเสียวัตถุแห้งและการเกิดแอมโมเนียและยูเรีย เพิ่มประสิทธิภาพของไนโตรเจนที่มีอยู่ต่ำในพืชหมัก (Catchpoole และ Henzell, 1971) จากการศึกษาของสายชิมและนวลมณี (2535) ที่หมักต้นและเศษเหลือของข้าวโพดฝักอ่อนเปรียบเทียบการเสริมด้วยใบกระถินเพื่อใช้เป็นอาหารโคนมพบว่า มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 3.5-4.2 กรดแลคติค กรดอะซิติค และกรดบิวทีริคเท่ากับ 0.95-1.17, 0.26-0.50 และ 0.09-0.15 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เละเมื่อวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี พบว่า การผสมใบกระถิน 10-20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าวัตถุแห้ง โปรตีนรวม ไขมัน เยื่อใยรวม เถ้าและไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก (Nitrogen free extract, NFE) สูงกว่าการหมักต้นข้าวโพดฝักอ่อนที่ไม่ผสมใบกระถิน นอกจากนี้ เพ็ญศรีและคณะ (2539) ได้ศึกษาการใช้สารเสริมโดยการผสมยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ กากน้ำตาล 10 เปอร์เซ็นต์ มันเส้น 20 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับการผสมยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ กากน้ำตาล 10 เปอร์เซ็นต์ และข้าวโพดบดเป็นสารเสริมในการผลิตต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมัก พบว่าการผสมกากน้ำตาล ยูเรีย ข้าวโพดบดหรือมันเส้น สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของต้นข้าวโพดหมักให้มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น

9. อุณหภูมิ

ถ้าวัตถุดิบที่ใช้หมักมีความสดมากก็มีเซลล์ที่ยังไม่ตายมากทำให้เกิดกระบวนการหายใจของเซลล์ ทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ ความร้อน และมีการสูญเสียโภชนะต่าง ๆ มากตามไปด้วย (วิบูลย์ศักดิ์ และญาณิน, 2534) จุลินทรีย์มีอิทธิพลต่อการหมักซึ่งกระบวนการในช่วงนี้จะถูกควบคุมโดยอุณหภูมิ ถ้ามีอากาศมากจะทำให้อุณหภูมิสูงไปด้วย ถ้าอัดกองพืชหมักให้แน่นหรือ ดูดอากาศออกได้ดีก็จะทำให้มีอุณหภูมิต่ำ อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเกิดกรดแลคติคมีค่าประมาณ 38 องศาเซลเซียส (สายัณห์, 2547)

10. ระดับโปรตีน

โปรตีนเป็นโภชนะชนิดหนึ่งที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งประมาณว่า 70-90 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดที่อยู่ในหญ้าจะอยู่ในรูปของโปรตีน ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและกระบวนการทางชีวเคมีของเซลล์ในใบพืชส่วนใหญ่จะอยู่ในไซโตพลาสซึม

ของเซลล์พืช ส่วนที่เหลือประมาณ 10-25 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในรูปอื่นที่ไม่ใช่โปรตีน เช่น ไนเตรตคลอโรฟิล กรดอะมิโนอิสระ เมเมด์กลูตาไมด์ แอสพาราจิน โปรตีนโมเลกุลคู่ เป็นต้น (สายัณห์, 2522)

11. การต้านความเป็นกรด-ด่าง

ความสามารถในการต้านการเปลี่ยนแปลงความเป็น กรด-ด่าง ซึ่งแสดงค่าจำนวนพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของด่างที่จะเปลี่ยนจาก 4 ไปเป็น 6 ต่อหนึ่งกิโลกรัมของวัตถุแห้ง ทั้งนี้ เนื่องจากระดับความเป็นกรด-ด่างที่ 4.2 เป็นระดับที่สามารถเก็บถนอมอาหารสัตว์ในรูปการหมักได้นาน และพืชโดยทั่วไปจะมีระดับความเป็นกรด-ด่างประมาณ 6 หรือสูงกว่าเล็กน้อย ดังนั้นช่วงของความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมของพืชที่จะนำมาหมักประมาณ 4-6 (สายัณห์, 2540)

การใช้สารเสริมในพืชหมัก

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารหยาบหมักควรมีคุณสมบัติที่ดีเนื่องจากพืชที่นำมาทำเป็นพืชหมักนั้นบางครั้งอาจจะมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมในการทำพืชหมักให้ได้คุณภาพที่ดี เช่น มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ไม่เหมาะสมต่อกระบวนการหมักหรือมีโภชนะต่าง ๆ ไม่เหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ ดังนั้นจึงต้องมีการหากรรมวิธีต่าง ๆ มาช่วยในการปรับปรุงประสิทธิภาพการหมัก เช่น การปรับความชื้นหรือวัตถุแห้งให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ในกรณีที่พืชมีความชื้นสูงเกินไปอาจแก้ไขโดยการนำพืชมาผึ่งหรือตากแดดเพื่อลดความชื้นหรือหมักพืชร่วมกับวัสดุหรือวัตถุดิบที่สามารถดูดซับความชื้นได้ ส่วนในกรณีที่พืชมีวัตถุแห้งสูงเกินไปอาจเติมน้ำลงในพืชหมักหรือหมักพืชร่วมกับพืชที่มีความชื้นสูง ๆ แต่อย่างไรก็ตามในการผลิตข้าวโพดหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรครั้งนี้ได้ใช้ ฝุ่นข้าวโพดและกากน้ำตาลเป็นสารเสริมซึ่งคาดว่าจะสามารถดูดซับความชื้นของต้นขาวโพดเพื่อให้ได้ข้าวโพดหมักที่มีคุณภาพดี และจะส่งผลให้สามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนะและยังกระตุ้นกระบวนการหมักให้เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ จะทำให้ได้อาหารหยาบหมักที่มีคุณภาพดีขึ้น ในการใช้สารเสริมเติมลงในพืชที่นำมาหมักเพื่อช่วยรักษาคุณค่าทางอาหารนั้น McDonald และคณะ (1991) ได้จำแนกประเภทของสารเสริมที่ใช้ปรุงแต่งในพืชที่นำมาหมักออกเป็น 5 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. สารเร่งการหมัก

เป็นสารที่เติมลงไปในพืชเพื่อให้เกิดการหมักได้ดีหรือเร็วขึ้น เช่น เชื้อจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่สร้างกรด โดยส่วนใหญ่เป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลคติค มักใช้เติมในพืชที่มีเชื้อนี้อยู่

น้อย และสารที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งอาหารให้กับเชื้อจุลินทรีย์ เช่น แป้งและน้ำตาล การเสริมจุลินทรีย์ในกลุ่มที่ผลิตกรดแลคติคนี้ จะทำให้เกิดการผลิตกรดแลคติคได้โดยตรง ซึ่งจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ที่นิยมนำมาใช้ควรคำนึงถึงความสามารถของจุลินทรีย์ด้วย โดย Whittenbury (1961) ได้กล่าวถึงคุณสมบัติของจุลินทรีย์ที่จะนำมาเสริมเพื่อกระตุ้นกระบวนการหมักไว้ดังนี้

1.1 จุลินทรีย์ในกลุ่ม โฮโมเฟอเมนเตชั่น และ มีอัตราการเจริญเติบโตในอัตราที่สูงกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ

1.2. สามารถผลิตกรดแลคติคได้เร็วและมีความทนกรดได้สูง ไม่ทำปฏิกิริยากับกรดอื่น ๆ และยังสามารถเจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 50 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเกิดขึ้นในช่วงแรกกระบวนการหมัก

1.3. สามารถใช้น้ำตาลกลูโคส ฟรุกโตส และซูโครส โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องสามารถใช้น้ำตาลฟรักแทนและแพนโตแซนได้

นอกจากนี้ในการเร่งการหมัก ยังมีการใช้เอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตให้กลายเป็นน้ำตาลเพื่อเป็นอาหารของจุลินทรีย์ โดยมักใช้กับพืชที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในระดับต่ำ เนื่องจากเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติคเพราะว่าจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้จะใช้คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้เป็นแหล่งพลังงานในการเจริญและผลิตกรดแลคติคได้ดี สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกลุ่มที่ไม่พึงประสงค์ เช่น คลอสทิเดีย และ เอนเทอโรแบคทีเรีย ทำให้มีการย่อยสลายโปรตีนลดลง ซึ่งจะมีความสำคัญต่อการเก็บรักษาอาหารหมัก นอกจากนี้ กากน้ำตาลก็เป็นสารกระตุ้นการหมักที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งจะมีส่วนของน้ำตาลซูโครสในปริมาณที่สูง (ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งจุลินทรีย์นี้จะสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานได้ดี

2. สารยับยั้งการหมัก

เป็นสารที่ใช้เพื่อยับยั้งกระบวนการหมักของเชื้อจุลินทรีย์ทำให้สามารถลดการสูญเสียเนื่องจากกระบวนการหมักและบางชนิดยังสามารถยับยั้งกระบวนการหายใจและการสลายโปรตีนในเซลล์พืชได้ ได้แก่ กรดอินทรีย์ กรดอนินทรีย์ และสารประเภทอื่น ๆ เช่น สารประกอบอัลดีไฮด์ เป็นต้น

3. สารยับยั้งการเน่าเสียเมื่อสัมผัสกับอากาศ

กรณีที่มีอากาศแทรกซึมเข้าไปในหลุมหมักหรือเปิดหลุมหมัก เพื่อนำพืชหมักไปใช้เลี้ยง สัตว์นั้น จะเกิดการสูญเสียของพืชหมักเนื่องจากการสัมผัสกับอากาศได้ ซึ่งเป็นผลมา

จากการเจริญของเชื้อราและยีสต์ ทำให้พืชหมักเกิดการเน่าเสียได้ สารในกลุ่มนี้จะทำหน้าที่ในการยับยั้งการเจริญหรือชะลอการเจริญของเชื้อราและยีสต์ ทำให้พืชหมักมีอายุในรางอาหารได้นานขึ้น สารในกลุ่มนี้ ได้แก่ กรดโปรปิโอนิก และก๊าซแอมโมเนีย เป็นต้น

4. สารเพิ่มโภชนะ

ในกรณีที่พืชที่นำมาหมักมีโภชนะบางตัวต่ำเช่น ข้าวโพดโดยทั่วไปมีโปรตีนประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง มีธาตุแคลเซียมและฟอสฟอรัสต่ำ อาจเติมสารที่เพิ่มปริมาณโปรตีนให้แก่ข้าวโพดหมักได้ซึ่งได้แก่ รำข้าว กากถั่วเหลือง หรือ ยูเรีย หรือเติมสารที่เพิ่มแร่ธาตุ เช่น หินปูนหรือไดแอมเนียมฟอสเฟต เป็นต้น ซึ่งสารเพิ่มโภชนะบางชนิดยังทำหน้าที่เป็นแหล่งอาหารให้แก่จุลินทรีย์อีกด้วย

Keady (1998) ได้กล่าวไว้ว่า การเพิ่มระดับโภชนะพลังงานในอาหารหมักจะมีผลต่อความน่ากินโดยจะทำให้สัตว์มีการกินได้สูงขึ้น นอกจากนี้ สมคิดและคณะ (2542) ได้รายงานว่า การใช้เมล็ดธัญพืชหรือวัตถุดิบที่ให้พลังงานและมีความชื้นต่ำ จะช่วยปรับระดับวัตถุแห้งของอาหารหมัก และทำให้มีการผลิตกรดแลคติคเพิ่มขึ้น เป็นผลให้ได้อาหารหมักที่มีคุณภาพสูง

Ensminger (1993) รายงาน การเสริมกากน้ำตาลในอัตรา 18 กิโลกรัมต่อตัน ช่วยเพิ่มความน่ากินและคุณค่าทางอาหาร โดยที่คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในกากน้ำตาลจะเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์จึงทำให้กระบวนการหมักสมบูรณ์มากขึ้น

การใช้สารเสริมที่เป็นแหล่งโปรตีนในการผลิตพืชหมักที่ใช้วัตถุดิบที่มีโปรตีนต่ำ เช่น ผลพลอยได้ทางการเกษตร ควรมีการเพิ่มระดับโปรตีนให้มีความเหมาะสม การใช้ยูเรียเสริมในอาหารหมักก็เป็นอีกวิธีที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งการใช้ยูเรียนี้จะสามารถลดการย่อยสลายโปรตีนโดยจุลินทรีย์ เพราะการแตกตัวของยูเรียจะให้แอมโมเนียทำให้ระดับความเป็นกรด-ด่างที่สูงซึ่งจะสามารถทำลายเซลล์ของเชื้อรา *Aspergillus paraciticus* และยีสต์ *Hansenula wingi* ได้เป็นการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราและยีสต์ที่เป็นสาเหตุทำให้พืชหมักเกิดการเน่าเสีย ซึ่งจะส่งผลให้สามารถเก็บรักษาอาหารหมักได้ (Kung และคณะ, 1998)

5. สารดูดความชื้น

ในกรณีที่พืชที่จะนำมาหมักมีความชื้นสูงเกินไปการเติมสารดูดความชื้นจะช่วยลดการสูญเสียของของเหลวจากพืชหมักได้ และยังช่วยปรับรูปแบบของการหมักอีกด้วย สารดูดความชื้นบางชนิดอาจเป็นสารเพิ่มโภชนะด้วย

O'Kiely (1991) รายงานว่า ของเหลวที่เกิดจากการหมักจะมีมากที่สุดในสัปดาห์แรกของการหมัก โดยพบ 29 ลิตรต่อตันต่อวันและในการหมักหญ้าแต่ละครั้งจะมีของเหลวเกิดขึ้นอย่างน้อย 300 ลิตรต่อตัน นอกจากนี้ Pitt (1993) ยังได้รายงานว่า ของเหลวที่เกิดขึ้นจากการผลิตพืชหมักมีค่าบีโอดี 50,000 มิลลิกรัมออกซิเจนต่อลิตร ขณะที่ของเสียจากฟาร์มมีค่าบีโอดีเพียง 500 มิลลิกรัมออกซิเจนต่อลิตร เมื่อของเหลวเหล่านี้ถูกปล่อยให้ไหลลงไปในแหล่งน้ำจะทำให้เกิดมลพิษในน้ำได้ การใช้สารเสริมที่สามารถดูดซับของเหลวที่เกิดขึ้นได้จะช่วยทำให้ลดการสูญเสียธาตุอาหารและป้องกันไม่ให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำอีกด้วย

โดยทั่วไปการใช้สารเสริมในการทำหญ้าหมักนั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์เป็นการแก้ไขการขาดธาตุอาหารบางอย่างในพืชอาหารสัตว์ที่นำมาทำหญ้าหมัก ช่วยให้มีความน่ากินมากขึ้น ดูดซับของเหลวที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักในกอง มีการใช้สารเสริมเช่น หญ้าแห้งหรือฟาง ธัญพืช ยูเรีย และกากน้ำตาล ในการทำหญ้าหมัก (Ensminger, 1993)

Rydin (1964) แนะนำว่า การทำหญ้าหมักจากพืชอาหารสัตว์ที่มีวัตถุแห้ง 25 เปอร์เซ็นต์ให้เสริมด้วยหญ้าแห้งบดละเอียดหรือฟางบดละเอียด 2-4 เปอร์เซ็นต์ แต่จะทำให้มีคุณค่าทางโภชนะลดลง Norgaard, (1979) แนะนำว่า การใช้ฟาง 15 เปอร์เซ็นต์เสริมในหญ้าหมักช่วยทำให้มีความน่ากินมากขึ้นและฟางมีค่าการย่อยได้เพิ่มขึ้น แต่ค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุของหญ้าหมักลดลงจาก 75 เปอร์เซ็นต์ เป็น 56 เปอร์เซ็นต์

จากการศึกษาของ ยงยศ และคณะ (2538) พบว่า หญ้าหมักที่ไม่ใส่สารเสริมเปรียบเทียบกับการเติมข้าวโพดบดและเติมกากน้ำตาล มีผลต่อการย่อยสลายของพืชหมักในกระเพาะรูเมน ได้ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง มีค่าเท่ากับ 56.7, 60.0 และ 65.5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ วารุณี และคณะ (2538) ที่ได้ทำการศึกษาคุณค่าทางโภชนะของ หญ้าแฝกหมักที่เติมสารชนิดต่าง ๆ พบว่าในกลุ่มที่เสริมแหล่งคาร์โบไฮเดรต หลังหมักมีค่าเยื่อใย ที่ละลายได้ในสารฟอกที่เป็นกลางลดลงและมีการย่อยได้ของวัตถุแห้งเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2.9

ประเภทของสารเสริมในการผลิตพืชหมัก

สารเร่งการหมัก		สารยับยั้งการหมัก		สารยับยั้งการเน่าเสียเมื่อสัมผัสกับอากาศ	สารเพิ่มโภชนะ	สารดูดความชื้น
แบคทีเรีย	อาหารสำหรับจุลินทรีย์	กรด	สารอื่น			
ประเภท ผลิตกรด แลคติค	น้ำตาล กากน้ำตาล ธัญพืช มันสำปะหลัง เอนไซม์ย่อย แป้งและผนังเซลล์พืช	ฟอร์มิค โปรปิโอนิค อะซิติค แลคติค กรดอื่นๆ	ฟอร์มัลดีไฮด์ พาราฟอร์มัลดีไฮด์ แอมโมเนีย ยูเรีย คาร์บอนไดออกไซด์ โซเดียมไนไตรท์ โซเดียมไฮดรอกไซด์	กรดแลคติค กรดโปรปิโอนิค กรดคาร์โปอิค กรดซอร์บิค แอมโมเนีย	ยูเรีย แอมโมเนีย ไบยูเรท แร่ธาตุ	ฟางข้าว รำ มันเส้น กระดาษ

ที่มา : ดัดแปลงจาก McDonald และคณะ (1991)

ธัญพืชมีความสามารถในการดูดซับของเหลวน้อยกว่าฟางและหญ้าแห้งซึ่งมีเยื่อใยสูง แต่อย่างไรก็ตาม มีการรายงานการใช้ธัญพืชบีบอัดหรือบดในการทำหญ้าหมัก เพื่อช่วยลดของเหลว ที่เกิดขึ้นจาการหมัก Murdoch และคณะ (1955) แนะนำการให้ใช้ข้าวบาร์เลย์ 5 เปอร์เซ็นต์เป็น สารเสริมในการทำอัลฟัลฟาหมัก นอกจากนี้ Done และ Appleton (1989) ยังพบว่า การใช้ข้าวบาร์เลย์ที่บีบอัดแล้ว 4 เปอร์เซ็นต์ เสริมในการหมักหญ้าไรย์ที่มีน้ำหนักแห้ง 14 เปอร์เซ็นต์สามารถลดของเหลวที่เกิดขึ้นจาก 127 ลิตรต่อตัน เป็น 35 ลิตรต่อตัน Sporondly

(1986) รายงานการใช้ข้าวโอ๊ตอัดบีบเป็นสารเสริมในหญ้าหมักสามารถลดการเกิดของเหลว โดยพบว่าทุก ๆ 1 กรัม ของข้าวโอ๊ตที่ใส่เข้าไปในกองหญ้าหมักทำให้ของเหลวลดลง 0.5 กรัม การใช้ธัญพืชเป็นสารเสริมในหญ้าหมักทำให้หญ้าหมักมีค่าทางโภชนะและคาร์โบไฮเดรตที่พร้อมถูกใช้โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้น มีการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนแบบค่อยเป็นค่อยไปจึงสามารถลดปัญหาสภาพความเป็นกรดในกระเพาะรูเมนได้ดี ทำให้ผลผลิตในโคเนื้อและโคนมเพิ่มขึ้น (Jones และ Jones, 1996) การใช้ข้าวโพดบดในปริมาณน้อยเสริมลงในการทำหญ้าหมักจะไม่ได้ผลในการลดของเหลวที่เกิดขึ้น ยกเว้นการใส่ลงในปริมาณที่มาก ๆ จึงจำเป็นต้องมีการเพิ่มแรงงานและเครื่องมือที่เหมาะสม (Miller และ Clifton,1965) แต่อย่างไรก็ตาม Ensminger (1993) แนะนำการใช้เมล็ดข้าวโพดพร้อมซังบดละเอียดและเมล็ดธัญพืชอื่น ๆ ในอัตรา 45-136 กิโลกรัมต่อตัน จะช่วยเพิ่มพลังงานในหญ้าหมักได้มากถึง 75-85 เปอร์เซ็นต์

จากรายงานของ แพรวพรรณ และคณะ (2549) พบว่าหญ้าแพงโกล่ากลุ่มที่ไม่เสริมกากน้ำตาลมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 4.62 กลุ่มที่เสริมกากน้ำตาลที่ระดับ 2, 4, 6, และ 8 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง เป็น 4.13, 3.96, 3.91 และ 3.68 ตามลำดับ และการย่อยได้มีค่าสูงขึ้น

การสูญเสียจากกระบวนการการทำพืชหมัก

ในกระบวนการการทำพืชหมักมักเกิดการสูญเสียคุณค่าทางอาหารเนื่องจากหลายสาเหตุด้วยกัน เช่น การสูญเสียในขณะเก็บเกี่ยว การสูญเสียเนื่องจากการหายใจของพืช การสูญเสียเนื่องจากการหมัก การสูญเสียของเหลวที่ไหลออกมา และการสูญเสียระหว่างที่มีการนำพืชหมักไปใช้เลี้ยงสัตว์ การสูญเสียจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการจัดการ เช่น วิธีการเก็บเกี่ยว การบรรจุ การอัดแน่น ชนิดของไซโล หรือการใช้สารเสริม เป็นต้น โดยที่ เมธา (2533) ได้สรุปการสูญเสียโภชนะต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตพืชหมัก ไว้ดังนี้

1. การสูญเสียในช่วงเก็บเกี่ยว

มีรายงานในพืชอาหารสัตว์สดว่า ถ้ามีการเก็บเกี่ยวและหมักในวันเดียวกันปริมาณโภชนะจะสูญเสียน้อยมากหรือมีการตากลดความชื้นจะทำให้วัตถุแห้งที่สูญเสียไปจะไม่เกินกว่า 1-2 เปอร์เซ็นต์ ถ้ามีการตากนานกว่า 48 ชั่วโมง โภชนะจะสูญเสียไปมากน้อยขึ้นอยู่กับว่า ถ้าตากแดดเป็นเวลา 5 วัน จะสูญเสียวัตถุแห้งประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ ถ้าตากแดดนาน 8 วัน จะ

สูญเสียวัตถุแห้งประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งโภชนะที่มีการสูญเสียมากที่สุด คือ แป้งและโปรตีน ซึ่งถูกไฮโดรไลซ์เป็นกรดอะมิโน

2. การสูญเสียเนื่องจากการหายใจ

เป็นการสูญเสียเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ในเซลล์ของพืชสดและจุลินทรีย์ในการย่อยพวกแป้งในสภาวะที่มีออกซิเจนผลที่ได้คือ คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ปกติแล้วในการบรรจุพืชในหลุมหมักถ้าทำการอัดพืชให้แน่นเพื่อไล่อากาศออกจะมีการสูญเสียประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ การที่ส่วนของพืชหมักถูกออกซิเจนนาน โดยเฉพาะด้านข้างและด้านบนของกองหญ้าหมัก จะทำให้ส่วนนั้นเสียซึ่งสัตว์จะไม่ชอบกิน

3. การสูญเสียเนื่องจากการหมัก

การสูญเสียวัตถุแห้งจะเกิดขึ้นน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพลังงานนั้นสูญเสียมากกว่า ทั้งนี้เพราะมีการผลิตสารประกอบที่ให้พลังงานสูง เช่น เอธานอล ถ้ามีแบคทีเรียพวกคลอสทีเดียอาจจะทำให้มีการสูญเสียพลังงานมากกว่า เพราะจะมีการผลิตก๊าซต่าง ๆ ในปริมาณสูง เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจน และแอมโมเนีย

4. การสูญเสียเนื่องจากของเหลวที่รั่วไหลออก

การไหลซึมของของเหลวจากที่เก็บจะเป็นการนำเอาโภชนะออกไปด้วย การสูญเสียส่วนนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่นำมาหมัก ถ้านำพืชที่มีความชื้นประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์มาหมักจะสูญเสีย วัตถุแห้งไปประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าพืชนั้นมีความชื้นน้อยก็จะสูญเสียน้อย

Weiss (1996) กล่าวว่า ภายใต้การจัดการที่เหมาะสมจะมีการสูญเสียวัตถุแห้งจากการทำพืชหมักประมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าหากมีการจัดการที่ไม่เหมาะสมแล้วอาจมีการสูญเสียวัตถุแห้งมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป

การสูญเสียที่เกิดขึ้นบางกรณีสามารถหลีกเลี่ยงได้ เช่น การหมักระยะที่สองซึ่งเกิดขึ้นจากพืชหมักสัมผัสกับอากาศขณะนำพืชหมักไปใช้เลี้ยงสัตว์ ส่วนการสูญเสียที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ หมายถึง การสูญเสียที่จำเป็นต้องเกิดขึ้นไม่ว่าในกรณีใดก็ตามเพียงแต่จะเกิดมากหรือน้อยแตกต่างกันไป การสูญเสียดังกล่าวได้แก่ การสูญเสียในช่วงเก็บเกี่ยว การหายใจของพืช และการทำงานของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมัก เป็นต้น

McDonald และคณะ (1991) ได้สรุปและจำแนกการสูญเสียพลังงานเนื่องจากการทำ พืชหมักจากสาเหตุต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.10 ซึ่งการสูญเสียจะมีความผันแปรมากตั้งแต่

7 เปอร์เซ็นต์ถึงมากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลาย ๆ อย่างซึ่งบางอย่างสามารถควบคุมได้ แต่บางอย่างก็ไม่สามารถควบคุมได้

ตารางที่ 2.10
การสูญเสียและสาเหตุที่ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงาน

กระบวนการสูญเสีย	ประเภทของการสูญเสีย	ประมาณการสูญเสีย (%)	สาเหตุ
1. การหายใจของพืช	หลีกเลี่ยงไม่ได้	1 - 2	การทำงานของเอนไซม์ในพืช
2. กระบวนการหมัก	หลีกเลี่ยงไม่ได้	2 - 4	จุลินทรีย์
3. ของเหลวที่ไหลออกมา	หลีกเลี่ยงได้และไม่ได้	5 - <7	ปริมาณวัตถุแห้ง หรือความชื้น
4. การผึ่ง	หลีกเลี่ยงไม่ได้	2 - <5	สภาพอากาศ, วิธีการ, ชนิดพืช
5.การหมักระยะที่สอง	หลีกเลี่ยงได้	0 - <5	ความเหมาะสมของพืช, สภาพในหลุมหมัก, วัตถุแห้ง
6. การสัมผัสกับอากาศในระหว่างการเก็บ	หลีกเลี่ยงได้	0 - <10	ระยะเวลาการบรรจุ, การอัดแน่น, ชนิดไซโล, การปิดหลุม, ชนิดพืช
7. การสัมผัสกับอากาศหลังจากน้ำพืชออกจากหลุม	หลีกเลี่ยงได้	0 - <15	เช่นเดียวกับข้อ 6, วัตถุแห้ง, การนำพืชออกจากหลุม, ฤดูกาล
รวม		7 - <40	

ที่มา : ดัดแปลงจาก McDonald และคณะ (1991)

ข้อดีของการทำพืชหมัก

สายัณห์ (2540) ได้กล่าวถึง ข้อดีหลายประการโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ พืชแห้งข้อดีดังกล่าวได้แก่

1. ไม่จำเป็นต้องพึ่งพาดินฟ้าอากาศมากนัก สามารถทำได้ทุกฤดูกาล เหมาะสำหรับสภาพแวดล้อมของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูฝนที่พืชมีการเจริญเติบโตดี

2. สามารถตัดพืชและขนออกจากแปลงได้อย่างรวดเร็ว ทำให้สามารถใช้แปลงเพื่อปลูกพืชรุ่นใหม่หรือปล่อยให้พืชเจริญเติบโตหลังการตัดได้เร็วขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตชลประทาน ทำให้สามารถเก็บเกี่ยวพืชได้ปีละหลายครั้ง

3. พืชหมักมีความน่ากินสูง มีการสูญเสียโภชนะทั้งในแง่ของโปรตีน วิตามิน และแคโรทีนน้อย เนื่องจากมีการร่วงหล่นของใบและการถูกแดดเลียน้อย นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติเป็นยาระบายอย่างอ่อนด้วย

4. สามารถใช้ประโยชน์จากส่วนต่าง ๆ ของต้นพืชได้มีประสิทธิภาพมากกว่า เพราะใน การทำพืชหมักมักต้องมีการหั่นพืชลำต้นของพืชอาหารสัตว์ที่แข็ง เช่น ข้าวโพด และข้าวฟ่าง เมื่อนำมาทำหญ้าแห้งส่วนแข็งสัตว์อาจไม่กิน แต่ถ้านำมาหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ทำหญ้าหมักจะอ่อนนุ่มสัตว์กินได้หมดทุกส่วน มีส่วนที่เหลือทิ้งน้อย

5. พืชหมักช่วยลดความเป็นฝุ่นในอาหาร ทำให้อาหารมีความน่ากินขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าทำการผสมอาหารแบบที่ใช้อาหารข้นและอาหารหยาบแห้งที่สับหรืออัดเม็ดมาผสมรวมกัน ซึ่งอาหารดังกล่าวมีฝุ่นมาก การใช้พืชหมักผสมในสูตรอาหารจะช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้

6. การทำพืชหมักสามารถใช้เครื่องจักรเข้าช่วยได้ทุกขั้นตอน จึงประหยัดแรงคนและทำได้ปริมาณมากในเวลาอันรวดเร็ว

7. สามารถเก็บรักษาพืชไว้ได้เป็นเวลานานโดยไม่สูญเสียคุณค่าทางอาหารหรือสูญเสียเพียงเล็กน้อยหลังจากกระบวนการหมักสิ้นสุดแล้ว นานตราบเท่าที่การหมักยังอยู่ในสภาพดี ไม่มีอากาศเข้าไปในหลุมหมัก

8. พืชหมักช่วยลดปริมาณสารพิษที่มีอยู่ในพืชเช่น ไนเตรท หรือกรดไฮโดรไซยานิค ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสัตว์ลงได้บ้าง

9. การเลี้ยงสัตว์ด้วยพืชหมักมีข้อดีกว่าการเลี้ยงแบบปล่อยแปลงในแง่ที่

ก. ไม่ต้องเสียค่าทำรั้ว

ข. ได้ปริมาณอาหารต่อหน่วยพื้นที่มากกว่าและอาหารมีคุณภาพสม่ำเสมอกว่า เพราะสามารถตัดในช่วงที่พืชมีอายุพอเหมาะได้ทั้งหมด สัตว์มีโอกาสเลือกกินน้อย จึงเกิดการสูญเสียน้อย

ค. ไม่มีปัญหาหรือมีปัญหาน้อยเรื่องสัตว์เกิดอาการท้องอืด (bloat)

ง. ไม่เกิดการสูญเสียเนื่องจากการเหยียบย่ำของสัตว์ในแปลงพืช

10. ลดปัญหาเรื่องวัชพืชที่ติดมาและทำลายเมล็ดวัชพืชที่ติดมาด้วย

11. ลดปัญหาเกี่ยวกับไฟในขณะเก็บรักษา

12. มีต้นทุนต่อกิโลกรัมในการทำต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับการทำหญ้าแห้ง

13. ทำให้เลี้ยงสัตว์ได้มากขึ้น โดยเฉพาะในช่วงที่ขาดแคลนอาหาร โดยมิต้องจำหน่ายสัตว์ก่อนเวลาอันควร

14. เป็นวิธีการเก็บอาหารที่ถูกที่สุดใช้เนื้อที่น้อยในการเก็บรักษา และสามารถใช้หลุมที่หมักได้หลายครั้ง

ข้อด้อยของการทำพืชหมัก (สายัณห์,2540)

แม้ว่าการทำพืชหมักจะมีข้อดีหลายประการ แต่ก็มีข้อด้อยอยู่บ้าง ได้แก่

1. ต้องมีความรู้ความเข้าใจในหลักการทำที่ถูกต้องจึงจะได้พืชหมักที่มีคุณภาพดี

2. ต้องใช้ไซโลคือถังหมักหรือหลุมหมักหรืออุปกรณ์อื่นในการบรรจุพืชให้แน่นและมีสภาพไร้ออกซิเจน ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น

3. พืชที่ได้มีวิตามินดีน้อยกว่าการทำแห้งด้วยการตากแดด

4. ต้องเสียเนื้อที่ในการเก็บมาก เพราะพืชหมักมีลักษณะอวบน้ำ

5. ต้องเสียแรงงานและค่าใช้จ่ายในการขนย้ายพืชมาเลี้ยงสัตว์มากกว่าพืชแห้ง 2-3 เท่า เพราะพืชหมักมีน้ำอยู่ด้วย 60-70 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ไม่สามารถขนส่งไปไกลและผลิตในเชิงการค้าได้ยาก

6. ถ้าต้องใช้สารช่วยการหมักจะทำให้เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น

7. ได้ปริมาณสารอินทรีย์ที่จะกลับคืนลงสู่ดินน้อยกว่า เพราะโภชนะอินทรีย์บางส่วนถูกเปลี่ยนสภาพไปในระหว่างกระบวนการหมักเกิดเป็นกรดขึ้น และสามารถทำลายภาชนะที่เป็นโลหะได้

8. หลังจากเปิดหลุมต้องรีบใช้ให้หมด ในกรณีที่ใช้ไม่หมดควรมีการปิดหลุมให้มิดชิดอีกครั้ง

9. ในกรณีที่พืชอาหารสัตว์ที่นำมาทำมีความชื้นสูงอาจทำให้เป็นราเสียหายง่าย และอาจมีของเหลวไหลออกจากหลุมมาก ซึ่งเป็นพิษต่อสภาพแวดล้อม และเมื่อเอาออกจากหลุมแล้วส่วนที่เหลือสัมผัสอากาศทำให้ใช้เป็นอาหารสัตว์ไม่ได้

การประเมินคุณภาพพืชหมัก

กรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจากการะบวนการทำพืชหมัก เช่น กรดแลคติค (Lactic acid) กรดอะซิติค (Acetic acid) และ กรดบิวทีริค (Butyric acid) เป็นตัวการสำคัญที่สะท้อนให้เห็นถึงคุณภาพของพืชหมัก ปริมาณของกรดแต่ละชนิดดังกล่าวจะช่วยชี้ว่ากระบวนการหมักพืชเป็นไปตามวัตถุประสงค์เพียงใด มีการสูญเสียโภชนะที่นำมาหมักอย่างไร เมื่อการหมักพืชมีการสูญเสียมันจะสะท้อนออกมาในรูปของกลิ่นและรสชาติของพืชหมัก

คุณภาพของพืชหมักสามารถประเมินได้ด้วยกระบวนการทางเคมีและการตรวจสอบทางประสาทสัมผัสซึ่ง บุญเสริม (2539) ได้รวบรวมไว้คือ

1. พิจารณาถึงคุณภาพของพืชที่จะนำมาหมักเสียก่อน

สอบถามหรือหาข้อมูลเกี่ยวกับ อายุ ระยะการตัด ฤดูกาล ตลอดจนการให้ปุ๋ยของพืชที่จะนำมาหมัก ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อคุณภาพของพืชหมักตั้งแต่เริ่มหมัก ความแก่อ่อน การออกดอก ติดเมล็ดมีผลต่อปริมาณเยื่อใย และค่าการย่อยได้

2. ให้คะแนนตัดสินโดยใช้ประสาทสัมผัส

2.1 กลิ่น

ตารางที่ 2.11

ลักษณะของกลิ่นและการให้คะแนน

กลิ่น (ตรวจที่อุณหภูมิห้อง)	คะแนน
ปราศจากกลิ่นเน่าเสีย มีกลิ่นหอม	14
มีกลิ่นเน่าเจือปนบาง ๆ หรือกลิ่นกรดจัดหรือมีกลิ่นน้ำตาลไหม้จาง ๆ	10
กลิ่นเน่าแรงขึ้นหรือมีกลิ่นน้ำตาลไหม้ชัด	4
กลิ่นเน่าแรงหรือมีกลิ่นแอมโมเนีย กลิ่นกรดจางมาก	2
กลิ่นเน่าเสีย ขึ้นรา	0

ที่มา: ดัดแปลงจาก บุญเสริม (2539)

ถ้าพืชที่นำมาหมักผ่านการตากแดดลดความชื้นก่อน กลิ่นหมักจะมีความแตกต่างกันน้อย กลิ่นเน่าของพืชหมักพิสูจน์ได้โดยการใช้มือหยิบตัวอย่างพืชหมักประมาณ 1 กำมือ กำให้แน่นจนน้ำในพืชซึมออกมา ปล่อยให้น้ำที่ติดฝ่ามือแห้ง ดมดู อาจจะพบร่องรอยกลิ่นเน่า กลิ่นไหม้สามารถกลบกลิ่นน่าได้ กลิ่นราเกิดขึ้นจากเชื้อรา แม้ว่าการสังเกตอาจไม่พบตำแหน่งมีราขึ้น

2.2 สี

ตารางที่ 2.12

ลักษณะของสีของพืชหมักและการให้คะแนน

สี	คะแนน
มีสีของพืชหมัก ถ้าพืชหมักเป็นพืชที่มีความชื้นไม่มากสีค่อนทางน้ำตาลอ่อน	2
สีเปลี่ยนไม่มาก เหลืองค่อนไปทางน้ำตาล	1
สีผิดปกติมาก เขียวคล้ำออกดำ เหลืองซีดหรือมีรา	0

ที่มา: ดัดแปลงจาก บุญเสริม (2539)

สีของพืชที่เกิดการเปลี่ยนแปลงผิดปกติ แสดงว่ามีการเสื่อมถอยของคุณภาพ ถ้าเป็นพืชตระกูลถั่ว การเกิดสีคล้ำอาจจะไม่ได้หมายถึงการเสื่อมของคุณภาพ

3. โครงสร้าง

ตารางที่ 2.13

ลักษณะโครงสร้างของพืชหมักและการให้คะแนน

โครงสร้าง	คะแนน
มีใบและก้านครบ	4
ใบ	2
มีเมือกลื่น มีสิ่งเจือปน	1
ใบและก้านยุ่ย เปื่อยหรือปนเปื้อนมาก	0

ที่มา: ดัดแปลงจาก บุญเสริม (2539)

จากคะแนนที่ให้รวมกันทั้ง 3 ข้อ (ตารางที่ 2.11,2.12 และ2.13) แล้วประเมินผลตามเกณฑ์ดังตารางที่ 2.14

ตารางที่ 2.14

คะแนนรวม ลำดับชั้น การสูญเสียโภชนะ

คะแนนรวม	ลำดับชั้นของพืชหมัก		การสูญเสียโภชนะของพืช
20 – 16	1	ดีมาก-ดี	น้อย
15 – 10	2	เกือบดี	ปานกลาง
9 – 5	3	ปานกลาง	สูง
4 - 0	4	เน่าเสีย	สูงมาก

ที่มา: ดัดแปลงจาก บุญเสริม (2539)

ตารางที่ 2.15

คุณภาพของพืชหมักโดยพิจารณาความเป็นกรด-ด่างร่วมกับวัตถุแห้ง

ระดับคุณภาพ	วัตถุแห้ง (เปอร์เซ็นต์)					
	15	20	25	30	35	40
	← ค่าความเป็นกรด-ด่าง →					
1- ดีมาก	3.6	3.9	4.1	4.4	4.6	4.9
2- ดี	4.1	4.4	4.6	4.9	5.1	5.4
3- เกือบดี	4.6	4.9	5.1	5.4	5.6	5.9
4- พอใช้	5.1	5.4	5.6	5.9	6.1	6.4
5- เลว	5.6	5.9	6.1	6.4	6.6	6.9

ที่มา : ดัดแปลงจาก บุญเสริม (2539)

นอกจากนี้ ดรุณี (2551) ยังได้รายงานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบคุณภาพพืชอาหารสัตว์หมัก ดังต่อไปนี้

1. สี มีสีเขียวอมเหลือง หากการบรรจุและอัดพืชอาหารหมัก ไม่แน่นจะทำให้เกิดสีเขียวเข้ม-ดำและมีรา แสดงว่าพืชอาหารหมัก มีคุณภาพไม่ดี

2. กลิ่น พืชหมักที่ดีต้องมีกลิ่นไม่ฉุน หากพบกลิ่นผิดปกติ ได้แก่ กลิ่นเหม็นเน่าของกรดบิวทีริค กลิ่นแอมโมเนีย กลิ่นเหม็นอับ หรือกลิ่นแอลกอฮอล์ แสดงว่าพืชอาหารหมักมีคุณภาพไม่ดี

3. ลักษณะเนื้อและผิว พืชหมักที่ดีจะต้องมีเนื้อและผิวไม่หยาบ หากมีเนื้อและผิวหยาบแสดงว่ามีกิ่ง และส่วนของลำต้นของพืชอาหารสัตว์มากเกิน ทำให้พืชอาหารหมัก มีคุณค่าทางอาหารต่ำ หากเนื้อพืชอาหารหมัก มีเมือก และรา แสดงว่าพืชอาหารหมัก มีคุณภาพต่ำมาก

4. ความชื้น พืชหมัก ที่มีความชื้นสูง (มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์) มักจะมีการสูญเสียธาตุอาหารไปกับของเหลวที่เกิดจากการหมัก ซึ่งทดสอบโดยการบีบพืชอาหารหมัก ด้วยมือ หากพบว่ามีของเหลวไหลออกมาแสดงว่ามีคุณภาพต่ำ กรณีที่มีความชื้นมากเกินไปจะทำให้เกิดกระบวนการหมักมากขึ้นทำให้มีการย่อยสลายโปรตีนและการสูญเสียพลังงานมากขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้เกิดกระบวนการคลอสทริเดียเฟอเมนเตชั่น มีกรดบิวทีริกและแอมโมเนียเกิดขึ้นมาก ส่วน

กรณีที่มีความชื้นน้อยเกินไปจะทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นไม่ดีทำให้เกิดเชื้อรา ยีสต์ และบาซิลลัส มีอุณหภูมิสูงขึ้นมากและสามารถทำลายโปรตีนได้

5. ค่าความเป็นกรด-ด่าง พืชหมัก ที่ดีจะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า 4.5 แต่พืชอาหารหมักที่มีคุณภาพต่ำจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 5.0 การวัดค่าความเป็นกรด-ด่างโดยใช้ พืชอาหารหมัก 1 ส่วน และน้ำ 1 ส่วน คนให้เข้ากันแล้ววัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่างหรือกระดาษลิตมัส หากที่ผิวนอกของกองพืชอาหารหมักมีค่าสูง แต่ด้านนอกกองมีค่าต่ำ บ่งบอกการจัดการในการนำไปให้สัตว์กินไม่ดีพอ

6. อุณหภูมิ วัดอุณหภูมิภายนอกกองพืชอาหารหมัก ลึกประมาณ 2 ฟุต หากผิวด้านนอกมีอุณหภูมิสูงแต่ด้านในมีอุณหภูมิต่ำ บ่งบอกปัญหาการจัดการนำไปให้สัตว์กิน

7. ผลที่เกิดจากการหมัก ได้แก่ กรดแลคติค และ กรดไขมันที่ระเหยง่าย โดยมี กรดแลคติค4-10 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง

8. แอมโมเนีย หากปริมาณสูงบ่งบอกว่ากระบวนการหมักเกิดขึ้นไม่ดีพอทำให้เกิดการเจริญของคลอสทริเดียและเอนเทอโรแบคทีเรียในพืชหมัก

9. เถ้า หากมีสูงกว่าปกติจะบ่งบอกการปนเปื้อนของดินหรือเกิดการสูญเสียวัตถุแห้งจาก กระบวนการหมัก