บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

พื้นที่การปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทย

ในช่วงปี พ.ศ. 2546-2550 พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2546 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน 1.7 ล้านไร่ และเพิ่มขึ้นเป็น 2.6 ล้านไร่ ในปี พ.ศ. 2550 (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2552) ส่วนในปี พ.ศ. 2550-2551 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทั้งหมด 3.2 ล้านไร่ ต่อมาในปี พ.ศ. 2552 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทั้งสิ้น 3.9 ล้านไร่ พื้นที่ที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันมากที่สุด คือ ภาคใต้ มีพื้นที่ปลูก 3.4 ล้านไร่ สำหรับจังหวัดที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ จังหวัดกระบี่ สุราษฎร์ธานี และชุมพร มีพื้นที่ปลูก 977,815, 976,424 และ 762,262 ไร่ ตามลำดับ หรือ คิดเป็นร้อยละ 25.15, 25.11 และ 19.60 ของพื้นที่ปลูกทั้งประเทศ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) ทั้งนี้เนื่องจากผลตอบแทนจากการปลูกปาล์มน้ำมันดีกว่าการปลูกพืชชนิดอื่น จึงเป็นแรงจูงใจให้เกษตรกรขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มมากขึ้น และเนื่องจากรายงานผลการศึกษาของ ธีระ และคณะ (2548) ได้สรุปว่า พื้นที่ 1 ไร่ สามารถปลูกปาล์มน้ำมันได้ 22 ต้น โดยมีทางใบปาล์มน้ำมันอย่างน้อย 2 ทางใบถูกตัดออกทุกครั้งที่มีการเก็บทะลายปาล์ม และโดยทั่วไปเกษตรกรจะเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มทุกๆ 15 วัน ดังนั้นในปี พ.ศ. 2552 ภาคใต้ซึ่งมีพื้นที่ปลูกปาล์มที่ให้ผลผลิต 2,883,327 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) จึงมีทางใบปาล์มน้ำมันที่ถูกตัดออกเมื่อเกษตรกรเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มประมาณ 126,866,388 ทางใบต่อเดือน

ตารางที่ 1 พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทย

เขต	รหัส	จังหวัด	เนื้อที่ยืนต้น (ไร่)	เนื้อที่ให้ผล (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)
	1	รวมทั้งประเทศ	3,888,403	3,188,832	8,162,379	2,560
	2	ภาคเหนือ	8,390	2,153	1,021	474
	3	ตะวันออกเฉียงเหนือ	46,739	25,077	17,606	702
	4	ภาคกลาง	411,953	278,275	678,869	2,440
	5	ภาคใต้	3,421,321	2,883,327	7,464,883	2,589

ตารางที่ 1 (ต่อ)

เขต	รหัส	จังหวัด	เนื้อที่ยืนต้น (ไร่)	เนื้อที่ให้ผล (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)
8	630	ชุมพร	762,262	691,432	1,804,443	2,610
8	640	ระนอง	73,907	62,600	146,484	2,340
8	670	ภูเก็ต	1,145	1,133	2,126	1,876
8	680	กระบี่	977,815	827,437	2,308,259	2,790
9	690	ตรัง	114,632	98,273	248,238	2,526
8	700	นครศรีธรรมราช	182,865	114,929	284,794	2,478
9	710	พัทลุง	12,170	8,450	18,218	2,156
9	720	สงขลา	28,340	19,558	44,788	2,290
9	730	สตูล	112,156	94,114	201,875	2,145
9	740	ปัตตานี	16,721	9,276	9,526	1,027
9	750	ยะลา	11,778	5,431	6,824	1,256
9	760	นราธิวาส	41,652	32,452	59,738	1,841

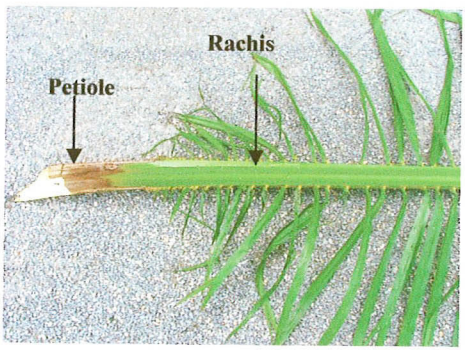
ที่มา : ดัดแปลงจาก สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2552)

ลักษณะทางกายภาพของทางใบปาล์มน้ำมัน

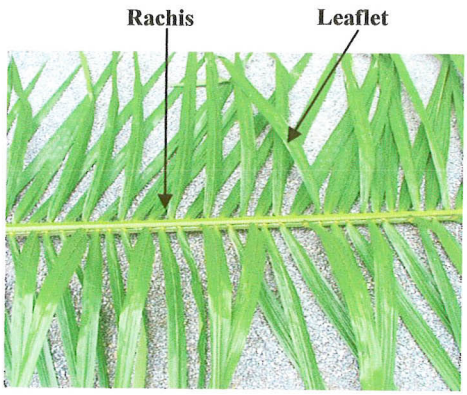
ปาล์มน้ำมัน เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวยืนต้น ลำต้นตั้งตรง มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 45-60 เซนติเมตร และมีความสูงประมาณ 15-18 เมตร ลำต้นมีกาบใบปกคลุม ทำให้มองไม่เห็นข้อปล้อง เมื่อกาบหลุดพืชอื่นจึงมาเกาะอยู่ตามต้น ปาล์มน้ำมันออกใบคล้ายมะพร้าว ใบประกอบแบบขนนก เรียงสลับ ใบย่อยรูปดาบ กว้าง 3.5-5 เซนติเมตร ยาว 45-120 เซนติเมตร ทางใบยาวประมาณ 6-9 เมตร ทางใบหนึ่งมีใบย่อยประมาณ 150 คู่ ใบอ่อนสีเขียวและเป็นมัน ขอบก้านใบมีหนามทั้งสองข้างแหลมเล็กเหมือนกับฟันเลื่อย ดอกช่อ เป็นช่อระหว่างกาบใบ แยกเพศอยู่บนต้นเดียวกัน กลีบดอกสีขาวนวล เมื่อผสมติดก็จะติดผล ช่อหนึ่งมีผล 200-300 ผล ผลลักษณะคล้ายหมากแต่เล็กกว่า สีน้ำตาลแก่ครึ่งหนึ่ง อีกครึ่งหนึ่งสีแดงเข้ม ออกผลเป็นทะลาย ให้ผลปีละประมาณ 12-15 ทะลาย ปาล์มน้ำมันออกผลปีละ 2 ครั้ง ประมาณ 6 เดือนต่อครั้ง (ธีระ และคณะ, 2548; Ishida and Abu Hassan, 1997)

ต้นปาล์มที่เจริญเต็มที่

ทางใบปาล์ม (Frond)

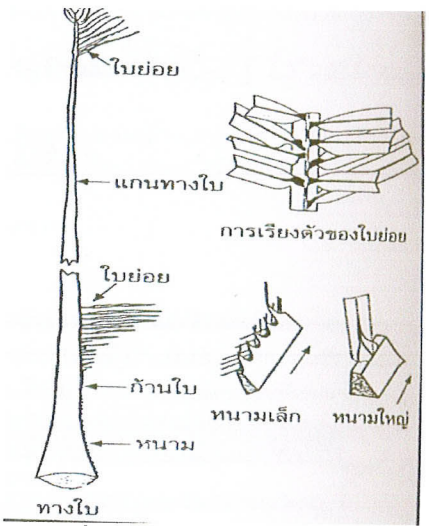


ส่วนโคนทางใบ



ส่วนกลางทางใบ

ภาพที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของทางใบปาล์มน้ำมัน



ภาพที่ 2 ลักษณะใบปาล์มน้ำมัน

ที่มา : ธีระ และคณะ (2545)

องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะของทางใบปาล์มน้ำมัน

ตามปกติทางใบปาล์มน้ำมันที่ตัดแต่งออก จะถูกวางทิ้งไว้คลุมดินหรือวางทิ้งไว้ระหว่างแถวปาล์ม เพื่อช่วยรักษาความชื้นในดิน ลดการชะล้างของหน้าดิน หรือปล่อยให้จุลินทรีย์เข้าย่อยสลายนานกว่า 6 เดือน จึงจะกลายเป็นปุ๋ยเพื่อให้ธาตุอาหารที่ปาล์มน้ำมันนำไปใช้ประโยชน์ได้ (ธีระ และคณะ, 2548) หากพิจารณาจากองค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมัน (ตารางที่ 2) อาจสรุปได้ว่า ทางใบปาล์มน้ำมัน ประกอบด้วย วัตถุแห้ง (dry matter) 31.1-39.59 เปอร์เซ็นต์ อินทรียวัตถุ 94.7 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 4.2-6.25 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม 44.8 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม (crude fat) 1.2-3.33 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 67.6-69.5 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 4.7-10.02 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (soluble carbohydrate) 15.08-21.40 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 45.5-54.62 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) 18.5 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน 22.52-47.35 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม (calcium) 0.55 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส (phosphorus) 0.09 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 4.9 เมกะจูลต่อกิโลกรัม (ประดิษฐ์ และคณะ,2551; Ishida and Abu Hassan, 1997; Khamseekhiew *et al.*, 2002; Wan Zahari and Alimon, 2004) จะเห็นได้ว่าทางใบปาล์มน้ำมันสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์โภชนะที่ย่อยได้รวม และการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (*in vitro* dry matter digestibility) ของทางใบปาล์มน้ำมันมีค่าค่อนข้างต่ำ โดยทางใบ-ปาล์มน้ำมันมีเปอร์เซ็นต์โภชนะที่ย่อยได้รวม และการย่อยได้ของวัตถุแห้ง เท่ากับ 35.1 และ 35.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Ishida and Abu Hassan, 1997; Wan Zahari and Alimon, 2004) ขณะที่หญ้าขนมีโภชนะที่ย่อยได้รวม 51.4-52.0 เปอร์เซ็นต์ (ทิศสานติ์, 2544) ดังนั้นหากนำทางใบปาล์มน้ำมันสดมาผ่านการปรับปรุงคุณภาพ เช่น เพิ่มคุณค่าทางโภชนะ นำไปหมักในรูปทางใบปาล์มน้ำมันหมัก (oil palm frond silage) นำไปอัดเม็ด (oil palm frond pellet) ก็จะช่วยเพิ่มปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ของโภชนะในสัตว์ได้ (Dahlan *et al.*, 2000; Islam *et al.*, 2000)

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง) ของทางใบปาล์มน้ำมัน

Composition	1	2	3	4
Dry matter	31.10	-	36.40	38.20
Organic matter	-	94.70	-	-
Crude protein	4.20	6.25	5.80	5.30
Crude fiber	-	-	44.80	-
Ether extract	2.00	-	1.20	2.67
Ash	4.70	5.30	6.60	8.24
Soluble carbohydrate[1/]	19.6	-	-	15.08
Organic cell contents	25.70	-	-	-
Neutral detergent fiber	69.50	67.60	-	68.71
Acid detergent fiber	-	45.50	-	54.62
Hemicellulose	18.50	-	-	-
Lignin	-	26.60	-	22.52
Tannin	-	8.50	-	-
Calcium	-	-	0.55	-
Phosphorus	-	-	0.09	-
Total digestible nutrient	-	-	35.10	-
IVDMD	35.60	-	-	-
ME (MJ/kg^{-1})	-	-	4.90	-
เอกสารอ้างอิง	Ishida และ Abu Hassan (1997)	Khamsee khiew และ คณะ (2002)	Wan Zahari และ Alimon (2004)	ประดิษฐ์ และคณะ (2551)

IVDMD : *In vitro* dry matter digestibility : การย่อยได้ของวัตถุแห้งนอกตัวสัตว์

- : ไม่มีข้อมูลการศึกษา

1/ Soluble carbohydrate = 100-(% Crude protein+% Ether extract+% Neutral detergent fiber+%Ash)

พืชหมัก (silage)

สายัณห์ (2540) รายงานว่า พืชหมัก หมายถึง พืชอาหารสัตว์ต่างๆ เช่น ต้นข้าวโพด ต้นข้าวฟ่าง หญ้า และถั่วต่างๆ ที่เก็บเกี่ยวในขณะที่มีความชื้นพอเหมาะ นำมาหมักเก็บไว้ในสภาพสุญญากาศ เก็บถนอมไว้ในสภาพหมักดอง เมื่อพืชอาหารสัตว์สดๆ เหล่านี้ได้เปลี่ยนสภาพเป็นพืชหมักแล้ว จะสามารถอยู่ได้เป็นเวลานาน โดยคุณค่าทางอาหารไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งพืชที่นำมาหมัก ควรมีความชื้นประมาณ 60-75 เปอร์เซ็นต์ มีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ ไม่ต่ำกว่า 15 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง มีค่า buffering capacity ต่ำ ซึ่งจะทำให้พืชหมักเป็นกรดเร็วขึ้น นอกจากนี้พืชที่นำมาหมักควรมีขนาดประมาณ 3-5 เซ็นติเมตร (เมธา, 2533; สายัณห์, 2547) พืชหมักมีข้อดี คือ สามารถทำได้ทุกฤดูกาล และเป็นการถนอมและเก็บรักษาพืชอาหารสัตว์ให้สามารถใช้ได้ตลอดปี โดยการหมักจะทำให้ลำต้นของพืชอาหารสัตว์ที่แข็ง อ่อนนุ่ม ช่วยเพิ่มความน่ากิน ทำให้สัตว์กินอาหารเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ถ้านำพืชหมักให้ร่วมกับอาหารที่มีลักษณะแห้ง จะช่วยลดความเป็นฝุ่นของอาหารนั้นได้ สำหรับข้อเสียของพืชหมัก เช่น ก่อนนำพืชอาหารสัตว์มาหมัก ต้องสับพืชอาหารสัตว์ก่อน เพื่อป้องกันสัตว์เลือกกิน และในกรณีที่อากาศร้อน ถ้าสัตว์กินพืชหมักไม่หมด จะทำให้เกิดเชื้อราและเน่าเสียได้ง่าย (สายัณห์, 2547; เมธา, 2533)

กระบวนการหมัก

กระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายหลังการปิดถังหรือหลุมหมัก แบ่งได้ 2 กระบวนการใหญ่ คือ กระบวนการที่ต้องใช้ออกซิเจน และกระบวนการที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจน โดยสายัณห์ (2547) กล่าวว่า กระบวนการดังกล่าวจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ การทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ปริมาณอากาศที่ยังเหลือภายหลังการนำพืชเข้าถังหมักแล้ว และองค์ประกอบต่างๆ ภายในพืชที่นำมาทำพืชหมัก เช่น ปริมาณน้ำตาล ความชื้น และแร่ธาตุอาหาร เป็นต้น โดย Oude Elferink และคณะ (2000) สรุปว่า กระบวนการหมักพืชหมักสามารถแบ่งออกเป็น 4 ระยะ คือ

1. Aerobic phase ปกติจะเกิดขึ้น 2-3 ชั่วโมงแรก โดยหลังจากที่ทำการอัดพืชหมักลงในถังหมักแล้ว ออกซิเจนที่เหลืออยู่ภายในถังหมัก จะถูกเซลล์ของพืชที่มีชีวิตอยู่ ใช้ในกระบวนการหายใจ ในขณะที่จุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน เช่น ยีสต์ (yeast) และ enterobacteria จะเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และความร้อน (สายัณห์, 2547) นอกจากนี้เอ็นไซม์ในพืช เช่น โปรติเอส (proteases) และ คาร์โบไฮเดรส (carbohydrases) จะทำงานในช่วงนี้ด้วย โดยความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต้องอยู่ในช่วง 6.5-6.0

2. Fermentation phase ระยะนี้จะเริ่มขึ้น เมื่อออกซิเจนภายในถังหมักถูกใช้จนหมดหรืออยู่ในสภาพไร้ออกซิเจน (anaerobic) โดยเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องหลายวันและหลายสัปดาห์ ขึ้นอยู่กับ

คุณสมบัติของพืชที่นำมาหมัก และสภาวะของถังหมัก หากกระบวนการหมักเกิดสมบูรณ์ จุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลกติก (lactic acid bacteria, LAB) จะเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนมากขึ้น ทำให้เกิดการผลิตกรดแลกติก และกรดอื่นๆ ส่งผลทำให้ความเป็นกรด-ด่างลดลงอยู่ในช่วง 3.8-5.0

3. Stable phases ระยะนี้ไม่มีปฏิกิริยาใดเกิดขึ้น โดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในระยะ fermentation phase จะลดจำนวนลงอย่างช้าๆ ในขณะที่จุลินทรีย์ที่ทนกรดจะอยู่รอด การทำงานของเอ็นไซม์โปรติเอส เอ็นไซม์คาร์โบไฮเดรส และจุลินทรีย์บางชนิด เช่น *lactobacillus buchneri* จะลดลง

4. Aerobic spoilage phase จะเริ่มเมื่อพืชหมักโดนอากาศ ระหว่างที่นำออกมาจากถังหมัก โดยอาจเกิดการหมักย่อยกรดอินทรีย์ (organic acid) โดย ยีสต์ และ acetic acid bacteria ทำให้ความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้น และเกิดจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ และการทำงานของจุลินทรีย์ เช่น *Bacilli* และจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจน เช่น เชื้อรา และ *Enterobacteria*

ปัจจัยที่ควบคุมคุณภาพของพืชหมัก

สายัณห์ (2547) กล่าวว่า ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทำพืชหมัก และมีอิทธิพลต่อคุณภาพของพืชหมัก ตลอดจนปฏิกิริยาต่างๆที่เกิดขึ้นในการหมัก ได้แก่

1. ชนิดและอายุพืชขณะตัด พืชแต่ละชนิดมีความเหมาะสมในการนำมาหมักแตกต่างกัน เช่น ข้าวโพดควรตัดมาทำพืชหมักเมื่อข้าวโพดกำลังอยู่ในระยะเป็นน้ำนม ก่อนเมล็ดจะแข็ง ข้าวฟ่างควรตัดในระยะก่อนที่พืชจะสิ้นสุดระยะการออกดอก เป็นต้น

2. ขนาดของชิ้นพืชที่หมัก การทำให้ชิ้นของพืชที่นำมาหมักมีขนาดเล็กลง ทำให้น้ำตาลถูกปล่อยออกมาเร็ว ส่งผลให้เกิดกรดแลกติกเร็วขึ้น ทำให้อัดได้แน่น และชิ้นส่วนของพืชยังสามารถคลุกเคล้ากันได้ทั่วถึง โดยความยาวของชิ้นพืชที่นำมาหมัก ถ้าต้องการให้พืชหมักอัดแน่นดีควรมีความยาว 1-5 เซนติเมตร แต่ถ้าพืชมีความชื้นน้อยกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ควรสับให้มีขนาดระหว่าง 0.5-1.5 เซนติเมตร เพื่อให้พืชอัดแน่นได้ดียิ่งขึ้น

3. การปรับระดับความชื้นในพืช ระดับความชื้นในพืชที่เหมาะสมกับการทำพืชหมักอยู่ระหว่าง 65-70 เปอร์เซ็นต์ ถ้าความชื้นต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ การอัดแน่นของพืชหมักจะไม่ดี และเกิดเชื้อราขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าความชื้นมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ โอกาสที่จะได้พืชหมักที่มีคุณภาพเลวมีมาก เพราะของเหลวที่ไหลออกมาจากพืชที่กำลังหมักอยู่ทำให้สูญเสียกรดและธาตุอาหารที่มีประโยชน์ต่อสัตว์โดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรต

4. การควบคุมอุณหภูมิและการเกิดกรด ในช่วงแรก ผลของการหายใจของเซลล์พืชจะได้คาร์บอนไดออกไซด์ และความร้อน หลังจากเซลล์ของพืชตาย เชื้อราและยีสต์จะเจริญขึ้นทำให้พืชหมักมีคุณภาพไม่ดี โดยปกติเมื่ออากาศถูกใช้ไปหมด เซลล์พืชจะตายเชื้อแบคทีเรียที่อยู่บนใบและลำต้นจะ

ผลิตกรดแลกติกช่วยให้พืชอยู่ในรูปของสิ่งหมักดอง ดังนั้นหากอัดกองพืชหมักให้แน่นและอากาศหลงเหลืออยู่น้อยอุณหภูมิที่เกิดขึ้นก็จะต่ำ อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการก่อให้เกิดกรดแลกติกมีค่าประมาณ 38 องศาเซลเซียส

5. การใช้สารเสริม (additive) สารเสริมอาจจะไปชะงักการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียทางตรงหรือทางอ้อม กระตุ้นให้เกิดการหมักดองธรรมชาติ (nature fermentation) เร็วขึ้น ซึ่งแบ่งสารเสริมที่ใช้ในการหมักพืชออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

5.1 สารกระตุ้นหรือเร่งกระบวนการหมัก ช่วยทำให้เกิดการหมักเร็วขึ้น โดยเพิ่มปริมาณของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติก เช่น การใส่เชื้อแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติกลงในพืชหมักโดยตรงหรือใส่เอนไซม์ต่างๆ นอกจากนี้ยังมีการใช้กากน้ำตาล โดยใช้กับพืชอาหารสัตว์ที่มีระดับโปรตีนสูงและระดับน้ำตาลต่ำ ในแถบยุโรปมีการแนะนำให้ใช้กากน้ำตาลในอัตรา 7 กิโลกรัมต่อหญ้าแห้งหนึ่งตัน และอาจสูงถึง 22 กิโลกรัมต่อหญ้าอ่อนหนึ่งตัน ในแถบประเทศอเมริกาแนะนำให้ใช้กากน้ำตาลในอัตรา 30-50 กิโลกรัมต่อหญ้าหมักหนึ่งตัน (Catchpoole and Henzell, 1970 อ้างโดย สายัณห์, 2547) ส่วนพืชอาหารสัตว์เขตร้อนเนื่องจากมีระดับคาร์โบไฮเดรต-ที่ละลายน้ำได้ต่ำ Crowder (1982) อ้างโดย สายัณห์ (2547) แนะนำให้ใช้กากน้ำตาลสูงถึง 80 กิโลกรัมต่อน้ำหนักหญ้าสดหนึ่งตัน เพ็ญศรี และคณะ (2538) อ้างโดย สายัณห์ (2547) ใส่กากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ ลงในพืชหมักที่ทำจากหญ้าไข่มุกที่ตัดในระยะต่างๆ กัน พบว่า ช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์กรดแลกติกในหญ้าหมักในทุกระยะการเจริญเติบโต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะที่หญ้าไข่มุกตั้งท้อง และช่วยให้ ความเป็นกรด-ด่างลดต่ำลงจนพอที่จะรักษาหญ้าหมักได้ Catchpoole และ Henzell (1971) อ้างโดย สายัณห์ (2547) รายงานว่า พืชหมักที่ทำจากหญ้าซีตาเรียและหญ้าโร้ด หากใส่กากน้ำตาลในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อหญ้าหนึ่งตัน พบว่า หญ้าหมักมี ความเป็นกรด-ด่าง 3.8 และมีกรดแลกติก 6-9 เปอร์เซ็นต์

5.2 สารเสริมที่เพิ่มความเป็นกรดให้กับพืชหมักโดยตรง เพื่อป้องกันแบคทีเรียในกลุ่ม clostridium ลดการสูญเสียโปรตีนและป้องกันการเกิดแอมโมเนีย (กรดที่ใช้ ได้แก่ กรดฟอร์มิก กรดเกลือ และกรดกำมะถัน เป็นต้น)

5.3 สารเสริมที่ช่วยชะงักหรือยับยั้งกระบวนการหมัก ได้แก่ ฟอร์มาลดีไฮด์ (formaldehyde) และโซเดียมเมทาไบซัลไฟต์ (sodium metabisulphite) ซึ่งช่วยชะงักหรือยับยั้งจุลินทรีย์ไม่ให้ทำงาน

5.4 สารเคมีที่ยับยั้งเชื้อ clostridium โดยตรง เช่น โซเดียมไนเตรต (sodium nitrate) และสารปฏิชีวนะ เป็นต้น

5.5 สารที่ช่วยดูดซับความชื้น เช่น การใช้ธัญพืชเพื่อช่วยซับความชื้นจากพืชที่มีมากเกินไป นอกจากนี้ยังช่วยเร่งให้เกิดกรดแลกติกเร็วขึ้น

ลักษณะทางกายภาพของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก

ปัจจุบันมีการนำทางใบปาล์มน้ำมันมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยมีรูปแบบการใช้ เช่น ทางใบปาล์มน้ำมันสด และทางใบปาล์มน้ำมันหมัก เป็นต้น การหมักทางใบปาล์มน้ำมัน เป็นการเก็บรักษาทางใบปาล์มน้ำมันให้ใช้ได้นาน จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ ขวัญดาว และคณะ (2549) รายงานว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล 6 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล 6 เปอร์เซ็นต์ และยูเรีย 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 วัน มีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยเท่ากับ 5.25, 4.78 และ 4.75 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาสีและกลิ่นของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักมีสีเขียวอมเหลืองและมีกลิ่นหอม ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล 6 เปอร์เซ็นต์มีสีน้ำตาลอมส้ม มีกลิ่นหอมของกากน้ำตาลเล็กน้อย ส่วนทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล 6 เปอร์เซ็นต์ และยูเรีย 2 เปอร์เซ็นต์มีสีน้ำตาลเข้ม และมีกลิ่นฉุนของแอมโมเนีย นอกจากนี้ยังพบว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมักทั้ง 3 สูตร มีเชื้อราเกิดขึ้นบริเวณส่วนบนของถัง ซึ่งอาจเกิดจากการสัมผัสกับอากาศ มีผลทำให้กระบวนการหมักไม่สมบูรณ์ และมีเชื้อราขาวเกิดขึ้น นอกจากนี้ ประดิษฐ์ และคณะ (2551) รายงานว่า จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก หลังหมักแล้ว 50 วัน พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบปาล์ม-น้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล 2 เปอร์เซ็นต์ มีสีเขียวอมเหลือง กลิ่นเปรี้ยวปานกลาง และมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.29 และ 4.48 ตามลำดับ ส่วนทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล 2 เปอร์เซ็นต์ และยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ มีสีน้ำตาลเข้ม กลิ่นฉุน และมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.77

ผลการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันรูปแบบต่างๆ ต่อปริมาณการกินได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และการย่อยได้ของโภชนะในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

Dahlan และคณะ (2000) ศึกษาผลการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันรูปแบบต่างๆ ต่อ ปริมาณอาหารที่กินได้และการย่อยได้ของโภชนะในแพะพื้นเมืองของมาเลเซีย เพศผู้ โดยใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสด ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักผสมกากน้ำตาล 15 เปอร์เซ็นต์ ทางใบปาล์มน้ำมันสดอัดเม็ด และทางใบปาล์มน้ำมันสดสับผสมกากเนื้อในเมล็ดปาล์ม-น้ำมัน รำข้าว เปลือกถั่วเหลือง กากน้ำตาล ปลาป่น ยูเรีย แร่ธาตุผสม และเกลือ (NaCl) ในรูปอาหารผสมสำเร็จรูปแล้วนำมาอัดเม็ด โดยให้แพะได้รับอาหารข้นอัดเม็ดเสริมในปริมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันรูปแบบต่างๆ พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันสดอัดเม็ด และอาหารผสมสำเร็จรูปอัดเม็ดที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดเป็นส่วนประกอบ มีวัตถุแห้ง 923.1 และ 888.2 กรัม ตามลำดับ สูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมันสด ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบปาล์มน้ำมันหมักผสม

กากน้ำตาล (458.2, 399.5 และ 376.6 กรัม ตามลำดับ) เนื่องจากการอัดเม็ดทำให้ความชื้นลดลง ส่งผลทำให้วัตถุแห้งเพิ่มมากขึ้น ทางใบปาล์มน้ำมันทั้ง 5 รูปแบบ มีอินทรียวัตถุอยู่ระหว่าง 912-935 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง โดยทางใบปาล์มน้ำมันสด และทางใบปาล์มน้ำมันหมัก มีอินทรียวัตถุ (933.0 และ 935.0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง) สูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมันรูปแบบอื่นๆ การหมักและการอัดเม็ดทางใบปาล์มน้ำมันมีผลทำให้ระดับโปรตีนรวมของทางใบปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้น ในขณะที่ระดับลิกโนเซลลูโลสในทางใบปาล์มน้ำมันสด และทางใบปาล์มน้ำมันสดอัดเม็ด (524.7 และ 525.8 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ) สูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักผสมกากน้ำตาล และอาหารผสมสำเร็จรูปอัดเม็ดที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดเป็นส่วนประกอบ (479.9, 478.7 และ 314.1 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุ-แห้ง ตามลำดับ)

ส่วนปริมาณการกินได้ของโภชนะ Dahlan และคณะ (2000) พบว่า ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งของทางใบปาล์มน้ำมัน ในแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสดอัดเม็ด และอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดเป็นส่วนประกอบ (49.6 และ 55.7 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแท-บอลิก ตามลำดับ) สูงกว่าแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสด ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบปาล์มน้ำมันหมักผสมกากน้ำตาล (29.7, 33.6 และ 34.7 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้แพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสด-อัดเม็ด และอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดเป็นส่วนประกอบ มีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งทั้งหมด (73.0 และ 79.3 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก ตามลำดับ) ปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุทั้งหมด (67.3 และ 73.1 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก ตามลำดับ) และปริมาณการกินได้ของโปรตีนรวมทั้งหมด (12.4 และ 13.5 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก ตามลำดับ) สูงกว่า แพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสด ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบปาล์มน้ำมันหมักผสมกากน้ำตาล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แสดงให้เห็นว่าการอัดเม็ดทางใบ-ปาล์มน้ำมัน ส่งผลให้ระดับความชื้นในทางใบปาล์มน้ำมันลดลง และความหนาแน่นของอาหารเพิ่มขึ้น ทำให้สัตว์กินได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้การเสริมวัตถุดิบแหล่งโปรตีน เช่น ปลาป่น กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน เป็นต้น และแหล่งไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน เช่น ยูเรีย ร่วมกับทางใบปาล์มน้ำมัน แล้วนำมาอัดเม็ดส่งผลให้สัตว์ได้รับโปรตีนจากอาหารเพิ่มขึ้น

สำหรับการย่อยได้ของโภชนะ Dahlan และคณะ (2000) พบว่า แพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักผสมกากน้ำตาล และทางใบปาล์มน้ำมันสดอัดเม็ด มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะใกล้เคียงกัน แต่สูงกว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะของแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสด ในขณะที่แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดเป็นส่วนประกอบ มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม และลิกโนเซลลูโลสเพิ่มขึ้น 29, 15, 68 และ 89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสด นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะในแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดเป็นส่วนประกอบ ยังสูงกว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะในแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ปาล์มน้ำมันหมักผสมกากน้ำตาล และทางใบปาล์มน้ำมันสดอัดเม็ด อาจเนื่องจากการเสริมยูเรียซึ่งเป็นแหล่งไนโตรเจนที่หมักย่อยได้ง่าย รวมทั้งการเสริมกากน้ำตาลซึ่งเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้และปลาป่นซึ่งเป็นแหล่งให้โปรตีนไหลผ่าน ร่วมกับทางใบปาล์มน้ำมัน ทำให้สัตว์ได้รับโภชนะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การกินได้และการย่อยได้ของโภชนะเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนปริมาณโภชนะที่ย่อยได้และน้ำหนักมีชีวิตของแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันรูปแบบต่างๆ พบว่า แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดเป็นส่วนประกอบ มีปริมาณโภชนะที่ย่อยได้สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารสูตรอื่นๆ ปริมาณวัตถุแห้งที่ย่อยได้ และ ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ ของแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสด และทางใบปาล์มน้ำมันหมัก มีค่าไม่แตกต่างกัน แต่ปริมาณโปรตีนที่ย่อยได้ และปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่ย่อยได้ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดเป็นส่วนประกอบ สูงกว่าแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันรูปแบบอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

Khamseekhiew และคณะ (2002) ทำการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะและกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมือง ที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสดสับอัดเม็ดเสริมถั่วลิสงเถา (*Arachis pintoi*) ในอัตราส่วน 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 ในปริมาณ 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว พบว่าระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสดสับอัดเม็ดเสริมถั่วลิสงเถาที่ 50 เปอร์เซ็นต์ (91.9 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร) มีค่าสูงกว่าโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสดสับอัดเม็ดเสริมถั่วลิสงเถาที่ 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ (43.6, 74.2 และ 88.9 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้ระดับถั่วลิสงเถาที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมนมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสดสับอัดเม็ดเสริมถั่วลิสงเถา 50 เปอร์เซ็นต์ มีระดับกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมนสูงสุด คือ 69.2 มิลลิโมลต่อลิตร ซึ่งระดับกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในของเหลวในกระเพาะรูเมนมีความสัมพันธ์กับอัตราการหมักในกระเพาะรูเมน สำหรับการศึกษาการย่อยได้ของวัตถุแห้งและผนังเซลล์ของทางใบปาล์มน้ำมันสดสับอัดเม็ดในกระเพาะรูเมนของโค โดยใช้เทคนิคถุงไนล่อน (nylon bag) พบว่าโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสดสับอัดเม็ดเสริมถั่วลิสงเถาที่ 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราการสลายได้ของวัตถุแห้งของทางใบปาล์มน้ำมันสดสับอัดเม็ด (42.8 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสดสับอัดเม็ดเสริมถั่วลิสงเถาที่ 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ (38.4, 41.7 และ 41.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ในขณะที่ค่าอัตราการสลายได้ของผนังเซลล์ของทางใบปาล์มน้ำมันสดสับอัดเม็ดในโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสดสับอัดเม็ดเสริมถั่วลิสงเถา 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ย 34.2, 34.4 และ 32.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สูงกว่าค่าอัตราการสลายได้ของผนังเซลล์ของทางใบปาล์มน้ำมันสดสับอัดเม็ดในโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสดสับอัดเม็ดเสริมถั่ว-ลิสงเถา 20 เปอร์เซ็นต์ (26.9 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ขณะที่ Islam (1999) อ้างโดย Khamseekhiew และคณะ (2002) รายงานว่า ทางใบ (frond) ของปาล์มน้ำมันมีผนังเซลล์สูงกว่าใบ (leaf) ทาง (petiole) และเส้นกึ่งกลางใบ (midrib) ของปาล์มน้ำมัน ทำให้การย่อยได้ของ วัตถุแห้งและผนังเซลล์ค่อนข้างต่ำ ซึ่งการเสริมถั่วลิสงเถา

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
รับที่ - 6 มิ.ย. 2555
เลขทะเบียน 246026

ในระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไปร่วมกับทางใบปาล์มน้ำมันสดสับอัดเม็ด จะช่วยให้การย่อยได้ของวัตถุแห้งและผนังเซลล์ของทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ดสูงขึ้น เนื่องจากจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนได้รับไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจากถั่วลิสงเถา ส่งผลให้กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนเกิดได้ดีขึ้น

Abu Hassan และ Ishida (1991) ทำการศึกษาผลการหมักทางใบปาล์มน้ำมันด้วยน้ำ กากน้ำตาล และยูเรียต่อคุณภาพกระบวนการหมัก และความน่ากินของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก โดยมีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก 4 รูปแบบ คือ ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมัน 94.1 เปอร์เซ็นต์ หมักร่วมกับน้ำ 5.9 เปอร์เซ็นต์ ทางใบปาล์มน้ำมัน 91.3 เปอร์เซ็นต์ หมักร่วมกับน้ำ 5.8 เปอร์เซ็นต์ และกากน้ำตาล 2.9 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมัน 92.2 เปอร์เซ็นต์ หมักร่วมกับน้ำ 5.8 เปอร์เซ็นต์ และยูเรีย 2 เปอร์เซ็นต์ ใช้ระยะเวลาในการหมักประมาณ 6 เดือน พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับน้ำและยูเรีย มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (7.38) สูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับน้ำ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับน้ำและกากน้ำตาล มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (4.02, 3.93 และ 3.93 ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อพิจารณาปริมาณกรดอินทรีย์ พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับน้ำและกากน้ำตาล มีปริมาณกรดแลกติก (3.55 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับน้ำและยูเรีย มีปริมาณกรดแอซิติกและกรดบิวทีริก (1.51 และ 1.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) สูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ของเชื้อราที่เกิดขึ้น พบว่าเชื้อราจะเกิดขึ้นตรงบริเวณส่วนบนของอาหารหมัก อันเป็นผลเนื่องมาจากมีอากาศหลงเหลืออยู่ ซึ่งเป็นผลให้เกิดเชื้อรา และพบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับน้ำ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับน้ำและกากน้ำตาล มีเปอร์เซ็นต์ของเชื้อรา (13.9, 9.0 และ 1.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่สูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับน้ำและยูเรีย (0.0 เปอร์เซ็นต์) และเมื่อทดสอบปริมาณการกินได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักทั้ง 4 รูปแบบ โดยใช้โคพื้นเมืองประเทศมาเลเซียพันธุ์ Kedah-Kelentan เพศผู้ น้ำหนัก 300 กิโลกรัม พบว่า ปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ของโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักทั้ง 4 รูปแบบ เท่ากับ 2.6, 3.8, 2.8 และ 2.0 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ($P>0.05$)

Ishida และ Abu Hassan (1997) ได้ทำการศึกษาเพื่อปรับปรุงคุณภาพของทางใบปาล์มน้ำมันด้วยวิธีการหมักโดยใช้สารเสริมในการหมัก ได้แก่ กากน้ำตาล และยูเรีย เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ใช้สารเสริมในการหมัก พบว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมักกลุ่มควบคุมมีระดับความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่าพืชอาหารสัตว์หมักทั่วไป (4.02 เปอร์เซ็นต์ กับ 4.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) แต่ทางใบปาล์มน้ำมันหมักกลุ่มควบคุมมีกรดแลกติกสูงกว่าพืชอาหารสัตว์หมักประมาณ 78.95 เปอร์เซ็นต์ (1.9 เปอร์เซ็นต์ กับ 1.5 เปอร์เซ็นต์ บนฐานวัตถุแห้ง ตามลำดับ) จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมักกลุ่มควบคุมมีคุณภาพดีและสามารถนำไปใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ อย่างไรก็ตาม การหมักตามปกติเมื่อเปิดถังหมักมักจะพบเชื้อราอยู่บริเวณด้านบนปากถัง เนื่องจากมีอากาศบางส่วนซึมผ่านเข้าไปภายใน

ถังหมักบริเวณฝาถัง ซึ่งอาจมีผลทำให้คุณภาพของการหมักลดลง ยิ่งถ้าอยู่ในสภาพร้อนชื้นก็ยิ่งทำให้เกิดผลเสียต่อการหมักมากขึ้น ดังนั้นการหมักพืชอาหารสัตว์ในภาชนะที่ปิดสนิทภายใต้สภาพไร้ออกซิเจนสามารถป้องกันการเกิดเชื้อราได้

Wan Zahari และคณะ (2000) ได้ศึกษาปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของทางใบ-ปาล์มน้ำมันอัดเม็ด ทางใบปาล์มน้ำมันสดสับ ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide, NaOH) ในโคสาวลูกผสม โดยผสมทางใบปาล์มน้ำมันสูตรต่างๆ กับอาหารข้นในอัตราส่วน 25, 40, 60 และ 75 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารผสมที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์มีค่าสูงกว่าอาหารผสมที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดสับ และอาหารผสมที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งของอาหารผสมที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดสับที่อัตราส่วน 25, 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์สูงกว่าอาหารผสมที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่อัตราส่วนเดียวกัน แต่การย่อยได้ของวัตถุแห้งมีค่าใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งของอาหารผสมที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดสับจะลดลงเมื่ออัตราส่วนของทางใบปาล์มน้ำมันสดสับในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น โดยปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งของอาหารผสมที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดสับอัตราส่วน 75 เปอร์เซ็นต์ ลดลง 58 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งของอาหารผสมที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดสับที่อัตราส่วน 25 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การอัดเม็ดทางใบปาล์มน้ำมันจะทำให้ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งเพิ่มขึ้น แต่ส่งผลทำให้การย่อยได้ของวัตถุแห้งลดลง เนื่องจากอัตราการไหลผ่านในกระเพาะรูเมนเร็วขึ้น

Islam และคณะ (2000) ศึกษาผลของการหมักและการอัดเม็ดต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะของทางใบปาล์มน้ำมัน ในแพะลูกผสมพื้นเมือง อายุ 10-12 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 20.5±0.5 กิโลกรัม โดยใช้ทางใบปาล์มน้ำมัน 3 รูปแบบ คือ ทางใบปาล์มน้ำมันสดสับ ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบ-ปาล์มน้ำมันสดสับแล้วอัดเม็ด ให้แพะได้รับอาหารข้นอัดเม็ดเสริมในปริมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันสดสับ มีวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม และ เยื่อใยรวม 418.6, 960.8, 65.3 และ 476.1 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ ซึ่งการอัดเม็ดทางใบปาล์มน้ำมันส่งผลให้วัตถุแห้ง และโปรตีนรวมของทางใบปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้น (933.1 และ 92.6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ) แต่มีอินทรียวัตถุ และเยื่อใยรวมลดลง (931.3 และ 458.5 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ) นอกจากนี้การหมักและการอัดเม็ดทางใบปาล์มน้ำมันยังมีผลทำให้เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และซิลิกา ในทางใบปาล์มน้ำมันลดลงเล็กน้อย ($P>0.05$) เมื่อพิจารณาปริมาณทางใบปาล์มน้ำมันที่แพะกินเหลือ พบว่า แพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสดสับหรือหมักกินทางใบปาล์มน้ำมันเหลือประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ดกินทางใบปาล์มน้ำมันเหลือประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาณการกินได้ของทางใบปาล์มน้ำมันของแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสดสับ ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบ-ปาล์มน้ำมันอัดเม็ด มีค่า 29.69, 33.62 และ 49.62 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก ตามลำดับ โดยการอัดเม็ดจะเพิ่มปริมาณการกินได้ของทางใบปาล์มน้ำมันประมาณ 67 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การหมักเพิ่ม

ปริมาณการกินได้ของทางใบปาล์มน้ำมันประมาณ 13 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ด มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวม (66.39 เปอร์เซ็นต์) และลิกโนเซลลูโลส (33.98 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมันรูปแบบอื่นๆ และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (52.65 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสดสับ (46.77 เปอร์เซ็นต์) แต่ไม่แตกต่างจากแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมัก (50.96 เปอร์เซ็นต์) ส่วนสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุของแพะทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) นอกจากนี้ปริมาณวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม และลิกโนเซลลูโลสที่ย่อยได้ ของแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ดมีค่าสูงกว่าแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันรูปแบบอื่นๆ ด้วย

ประดิษฐ์ และคณะ (2551) ได้ศึกษาปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ของทางใบ-ปาล์มน้ำมันสด และทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลและยูเรียระดับต่างๆ โดยใช้แพะลูกผสมแองโกล-นูเบียน 75 เปอร์เซ็นต์ x พื้นเมือง 25 เปอร์เซ็นต์ อายุ 8-10 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 12 กิโลกรัม พบว่าทางใบปาล์มน้ำมันสด ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล 2 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล 2 เปอร์เซ็นต์ และยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ มีองค์ประกอบทางเคมี เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ดังนี้ วัตถุแห้ง 38.20, 43.90, 45.96 และ 50.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โปรตีนรวม 5.30, 7.25, 7.32 และ 18.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไขมันรวม 2.67, 3.85, 2.46 และ 3.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เถ้า 8.24, 8.18, 8.60 และ 8.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผนังเซลล์ 68.71, 59.23, 61.16 และ 57.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ลิกโน-เซลลูโลส 54.62, 49.12, 50.60 และ 47.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และลิกนิน 22.52, 22.77, 23.16 และ 24.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลการศึกษาดังกล่าวยังพบว่าปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และผนังเซลล์ของแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันทั้ง 4 รูปแบบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล 2 เปอร์เซ็นต์ และยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน (75.76 เปอร์เซ็นต์) ใกล้เคียงกับแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล 2 เปอร์เซ็นต์ (64.21 และ 64.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) แต่สูงกว่าแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสด (55.02 เปอร์เซ็นต์) (P<0.05)

Paengkoum และคณะ (2006) ศึกษาผลการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันอบไอน้ำเสริมด้วยยูเรียที่ระดับ 10, 20, 30, 40 และ 50 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ต่อปริมาณกรดไขมันที่ระเหยง่ายในกระเพาะ-รูเมนของแพะนมพันธุ์ซาเนน (Saanen) อายุ 4.6 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 21.4±1.6 กิโลกรัม พบว่า ปริมาณกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันอบไอน้ำเสริมด้วยยูเรีย 20 และ 30 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง (44.0 และ 49.1 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ) สูงกว่าแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันอบไอน้ำเสริมด้วยยูเรีย 10, 40 และ 50 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง (37.2, 37.9 และ 32.5 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) อย่างไรก็ตาม แพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันอบไอน้ำเสริมด้วยยูเรีย 10, 20, 30, 40 และ 50 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีปริมาณกรด

แอซิติก (63.0, 64.6, 63.7, 65.1 และ 29.6 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ) กรดโพรพิโอนิก (24.7, 23.7, 22.0, 21.7 และ 27.1 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ) กรดไอโซบิวทีริก (1.6, 1.4, 1.7, 1.6 และ 1.7 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ) กรดวาเลอริก (5.2, 5.1, 4.7, 4.8 และ 5.2 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ) และสัดส่วนของกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิโอนิก (2.6, 2.8, 2.9, 3.1 และ 2.4 ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ปริมาณกรดบิวทีริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันอบไอน้ำเสริมด้วยยูเรีย 30, 40 และ 50 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง (7.9, 6.7 และ 6.4 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ) สูงกว่าแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันอบไอน้ำเสริมด้วยยูเรีย 10 และ 20 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง (5.6 และ 5.3 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จากการรวบรวมผลงานวิจัยข้างต้น จึงสรุปได้ว่า ทางใบปาล์มน้ำมันสามารถนำมาใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ แต่การประโยชน์ทางใบปาล์มน้ำมันที่ดีที่สุดไม่ควรให้สัตว์กินในรูปสด แต่ควรพัฒนาทางใบปาล์มน้ำมันให้อยู่ในรูปที่จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถเข้าสลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งสัตว์จะต้องได้รับโภชนะต่างๆ อย่างเพียงพอ

การใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส ในการประเมินคุณค่าทางโภชนะ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

เนื่องจากการหาการย่อยได้ของอาหารในตัวสัตว์ (*in vivo* digestibility) เป็นงานที่สิ้นเปลืองแรงงานและค่าใช้จ่ายมาก จึงได้มีการพยายามวัดการย่อยได้ของอาหารในหลอดทดลอง โดยเลียนแบบปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในทางเดินอาหารของสัตว์ วิธีการแบบนี้เรียกว่า *in vitro* technique ในกรณีของสัตว์เคี้ยวเอื้อง การหาการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการทำได้หลายวิธี เช่น วิธีการ 2 ขั้นตอน (two-stages *in vitro* method) วิธีใช้เอนไซม์เพปซินและเซลลูเลส (pepsin-cellulase method) วิธีวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น (gas production method) หรือเทคนิคผลผลิตแก๊ส (*In vitro* gas production techniques) และการหาการย่อยได้โดยวิธีใช้ถุงไนล่อนแช่ในรูเมน (nylon bag) เป็นต้น ซึ่งวิธีการเหล่านี้ค่อนข้างจะเป็นที่นิยม เนื่องจากช่วยประหยัดเวลา แรงงาน และค่าใช้จ่ายได้ดีกว่าการทดลองกับตัวสัตว์จริง เพราะสามารถทำพร้อมๆ กันได้ครั้งละหลายตัวอย่างในระยะเวลารวดเร็ว ค่าที่ได้แม้ว่าจะไม่เท่ากับวิธีที่ทดลองกับตัวสัตว์จริง แต่ก็พอจะบอกคุณภาพอาหารได้ วิธีเหล่านี้เหมาะสำหรับการจัดลำดับอาหาร (ranking) หรือการคัดเลือกอาหาร (screening test) ให้เหลือน้อยชนิด ก่อนที่จะไปทำการทดลองกับตัวสัตว์ต่อไป (บุญล้อม, 2541)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

เทคนิคผลผลิตแก๊ส เป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยในการหาการย่อยได้ของอาหาร โดย Menke และคณะ (1979) และ Menke และ Steingass (1988) ได้พัฒนาวิธีการนี้ขึ้น โดยมีหลักการว่า การหมักอาหารของจุลินทรีย์ในกระเพาะส่วนหน้าทำให้เกิดแก๊สขึ้น ซึ่งปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอัตราการย่อยได้ของอาหาร ดังนั้นปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจะสามารถใช้คำนวณการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ในอาหาร

อัจฉรา และคณะ (2550) ทำการประเมินคุณภาพยอดอ้อยหมักในกลุ่มที่มีการใช้สารเสริมกับกลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริมโดยวิธีการเทคนิคผลผลิตแก๊ส โดยใช้ของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโค พบว่า ยอดอ้อยหมักไม่ใส่สารเสริม ยอดอ้อยหมักด้วยยูเรีย (1.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสด) ยอดอ้อยหมักร่วมกับกากน้ำตาล (8 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสด) และยูเรีย (1.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสด) ยอดอ้อยหมักร่วมกับใบกระถิน (10 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสด) ยอดอ้อยหมักร่วมกับใบมัน (10 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสด) ยอดอ้อยหมักร่วมกับใบกระถิน (5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสด) และใบมัน (5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสด) มีค่าการผลิตแก๊ส เท่ากับ -2.47, -1.55, -0.80, -1.44, 2.05 และ -0.85 มิลลิลิตร ตามลำดับ ค่าปริมาณการผลิตแก๊ส เท่ากับ 61.10, 68.10, 57.05, 62.98, 58.62 และ 62.74 มิลลิลิตร ตามลำดับ และอัตราการผลิตแก๊ส เท่ากับ 0.026, 0.021, 0.016, 0.020, 0.020 และ 0.021 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยยอดอ้อยหมักร่วมกับใบมัน มีค่าการผลิตแก๊สสูงที่สุด ส่วนปริมาณการผลิตแก๊ส พบว่า ยอดอ้อยหมักด้วยยูเรีย มีค่าสูงที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า ยอดอ้อยหมักไม่ใส่สารเสริม มีอัตราการผลิตแก๊สสูงที่สุด และเมื่อพิจารณาค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่ได้จากการคำนวณ พบว่า ยอดอ้อยหมักไม่ใส่สารเสริมมีค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้สูงที่สุด รองลงมา คือ ยอดอ้อยหมักด้วยยูเรีย ยอดอ้อยหมักร่วมกับใบมัน ยอดอ้อยหมักร่วมกับใบกระถินและใบมัน ยอดอ้อยหมักร่วมกับใบกระถินและยอดอ้อยหมักร่วมกับกากน้ำตาลและยูเรีย (8.15, 8.12, 7.86, 7.76, 7.20 และ 5.72 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ)

ทรงศักดิ์ และคณะ (2548) ได้ศึกษาการใช้เทคนิคผลผลิตแก๊สในการประเมินคุณค่าทางโภชนะของ ข้าวโพดบด มันเส้น ปลายข้าว รำละเอียด และรำหยาบ โดยใช้ของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคลูกผสมบราห์มันพื้นเมือง เพศผู้ตอน เพื่อเป็นแหล่งจุลินทรีย์ในหลอดทดลอง พบว่า จลศาสตร์การย่อยสลายของวัตถุดิบอาหารพลังงานมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยค่าการผลิตแก๊ส ของรำหยาบมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ รำละเอียด ข้าวโพดบด ปลายข้าว และมันเส้น มีค่าเท่ากับ -3.39, -21.67, -32.33, -34.02 และ -50.98 มิลลิลิตร ตามลำดับ และพบว่า มันเส้น เป็นวัตถุดิบที่มีค่าของส่วนที่ละลายน้ำได้สูงที่สุด เมื่อพิจารณาค่าปริมาณการผลิตแก๊ส พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยค่าปริมาณการผลิตแก๊สของมันเส้น (150.98 มิลลิลิตร) มีค่าสูงที่สุด รองลงมา คือ ปลายข้าว ข้าวโพดบด รำละเอียด และรำหยาบ มีค่าเท่ากับ 134.02, 132.39, 119.09 และ 62.66 มิลลิลิตร ตามลำดับ และพบว่า ค่าอัตราการผลิตแก๊ส แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยมันเส้นมีค่าสูงที่สุด (0.185 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง) รองลงมาคือ ข้าวโพดบด รำละเอียด ปลายข้าว และรำหยาบ

มีค่า 0.12, 0.11, 0.08 และ 0.06 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง ตามลำดับ ศักยภาพในการผลิตแก๊ส พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยมันเส้นมีค่าสูงที่สุด (201.97 มิลลิลิตร) ทั้งนี้เนื่องมาจากมันเส้นมีผนังเซลล์ต่ำที่สุด จึงทำให้สามารถย่อยสลายได้สูงที่สุด ปริมาณแก๊สสะสมในชั่วโมงที่ 24 ของมันเส้นมีค่าสูงที่สุด (150.38 มิลลิลิตร) รองลงมา ได้แก่ ข้าวโพดบด ปลายข้าว รำละเอียด และรำหยาบ มีค่า 123.0, 97.0, 91.88 และ 45.75 มิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วนปริมาณแก๊สสะสมที่ชั่วโมงที่ 48 และ ชั่วโมงที่ 96 ให้ผลที่มีรูปแบบและทิศทางเช่นเดียวกับในชั่วโมงที่ 24 นอกจากนี้มันเส้นมีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่ประเมินจากผลผลิตแก๊สที่ชั่วโมงที่ 24 สูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ข้าวโพดบด รำละเอียด ปลายข้าว และรำหยาบ โดยมีค่าเท่ากับ 10.48, 9.37, 8.01, 7.92 และ 5.71 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ

Getachew และคณะ (2004) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางเคมี การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และผลผลิตแก๊ส ของวัตถุดิบอาหารสัตว์เขตร้อนจำนวน 38 ชนิด โดยใช้ของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคพันธุ์โฮลสไตน์ พบว่า วัตถุดิบอาหารสัตว์เขตร้อน มีโปรตีนอยู่ระหว่าง 63-541 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง และวัตถุดิบอาหารสัตว์เขตร้อนกว่าครึ่งหนึ่งมีโปรตีนมากกว่า 200 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง นอกจากนี้ปริมาณแก๊สที่ผลิตได้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์เขตร้อน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.0001$) โดยเมล็ดข้าวโพด และข้าวโพดกะเทาะเปลือกออก มีค่าปริมาณแก๊สที่ผลิตได้สูงที่สุด (391.9 และ 377.8 มิลลิลิตร ตามลำดับ) ในขณะที่อัตราผลผลิตแก๊สของวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้งหมด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อพิจารณาการย่อยได้ของวัตถุแห้ง การย่อยได้ของผนังเซลล์ และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้งหมด มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.0001$) โดยเมล็ดข้าวโพด และกากถั่วเหลือง มีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงที่สุด (0.950 และ 0.985 ตามลำดับ) การย่อยได้ของผนังเซลล์อยู่ในช่วง 0.333-0.865 และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้อยู่ในช่วง 8.8-13.1 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง โดยหัวบีท เมล็ดข้าวโพด ข้าวโพดกะเทาะเปลือกออก เมล็ดข้าว และกากถั่วเหลือง มีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้สูงที่สุด (12.7, 13.1, 13.0, 12.3 และ 13.0 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ) และฟางข้าวหมัก และอัลฟัลฟ่าหมัก มีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ต่ำที่สุด (8.8 และ 9.3 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ)

Abdulrazak และคณะ (2001) ใช้เทคนิคผลผลิตแก๊สประเมินการใช้ประโยชน์ได้ของพืชตระกูลถั่วซึ่งประกอบด้วย *Acacia tortilis, Acacia nilotica, Acacia mellifera, Acacia brevispica, Acacia senegal* และ *Leucaena leucocephala* โดยใช้ของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแกะ พบว่า *A. mellifera* และ *A. brevispica* มีปริมาณแก๊สที่ชั่วโมงที่ 24 (32.0 และ 30.0 มิลลิลิตรต่อ 200 มิลลิกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ) และปริมาณแก๊สที่ชั่วโมงที่ 48 (37.2 และ 36.4 มิลลิลิตรต่อ 200มิลลิกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ) สูงที่สุด และเมื่อคำนวณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้พบว่าอยู่ในช่วง 46.8-54.1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง *A. mellifera* และ *A. brevispica* มีค่าอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ 54.1 และ 53.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สูงกว่าอาหารหยาบตัวอื่นๆ ขณะที่ *A. nilotica* มีค่าอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ 46.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำที่สุด

การใช้เอนไซม์ย่อยเยื่อใยเพื่อการย่อยได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก

การใช้เอนไซม์เสริมในอาหารสัตว์เป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยทำให้ร่างกายสัตว์สามารถใช้ประโยชน์ของโภชนะได้เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะเอนไซม์จะช่วยย่อยโภชนะและสารขัดขวางการใช้ประโยชน์ของโภชนะ (anti-nutritional substance) ที่มีในวัตถุดิบอาหารสัตว์ สำหรับการเสริมเอนไซม์ในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องนี้ Beauchemin และคณะ (2003) รายงานว่าการเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย (fibrolytic enzymes) ในอาหารโคเนื้อและโคนมจะช่วยให้การใช้ประโยชน์ของอาหารหยาบเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้การเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องยังช่วยให้สภาวะภายในกระเพาะรูเมน จำนวนประชากรจุลินทรีย์ และการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนแตกต่างกัน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของสัตว์ ชนิดของอาหารที่สัตว์ได้รับ อัตราส่วนระหว่างอาหารข้นและอาหารหยาบ รูปแบบ ชนิด และระดับของเอนไซม์ที่เสริมให้แก่สัตว์ รวมทั้งวิธีการเสริม (Beauchemin et al., 1995; Rode et al., 1999; Yang et al., 1999) ซึ่งส่วนใหญ่นิยมเสริมโดยเสริมในอาหารโดยตรง (direct feed) เช่น โดยฉีดพ่นลงในอาหาร (spray) หรือผสมกับอาหาร (mixed) ทั้งในอาหารข้น อาหารหยาบ อาหารผสมสำเร็จ และหญ้าหมัก เป็นต้น (Feng et al., 1996)

เอนไซม์ทางการค้าที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมผลิตสัตว์มี 2 ประเภท คือ เอนไซม์จากเนื้อเยื่อของพืชหรือสัตว์โดยธรรมชาติ เรียกว่า endogenous enzyme และเอนไซม์ที่เติมลงไปในอาหารสัตว์เพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์ได้ของอาหารสัตว์ เรียกว่า exogenous enzyme (ชรินทร์, 2539) ซึ่งเอนไซม์ย่อยเยื่อใยส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มเซลลูเลส (cellulose) ไซแลนเนส (xylanase) ซึ่งชนิดและลักษณะการทำงานจะแตกต่างกันตามสายพันธุ์ของจุลินทรีย์ที่ผลิต และซับสเตรตที่ใช้ แต่ส่วนใหญ่เอนไซม์ที่ใช้เสริมในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องมาจากเชื้อรา *Trichoderma longbranchiatum*, *Aspergillus nigers*, *Aspergillus oryzae* และจากเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* spp. (Colombatto et al., 2003)

เนื่องจากทางใบปาล์มน้ำมันมีปริมาณเยื่อใยมาก (ตารางที่ 2) การเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยจึงน่าจะช่วยให้การย่อยสลายเยื่อใย และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในสัตว์เคี้ยวเอื้องดีขึ้น อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อมูลเกี่ยวการนำเอนไซม์ย่อยเยื่อใยมาผสมกับอาหารผสมสำเร็จเพื่อใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยว-เอื้องในประเทศไทย