

บทที่ 3

ลักษณะทางกายภาพและเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันและทางใบปาล์มหมัก

บทนำ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวขึ้นต้น 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 สีสน้ำตาลแก่ครึ่งหนึ่ง อีกครึ่งหนึ่งสีแดงเข้ม ออกผลเป็นทะลาย ให้ผลปีละประมาณ 12-15 ทะลาย ปาล์มน้ำมันออกผลปีละ 2 ครั้ง ประมาณ 6 เดือนต่อครั้ง (ธีระ และคณะ, 2548; Ishida and Abu Hassan, 1997) เมื่อพิจารณาจากองค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมัน สรุปได้ว่า ทางใบปาล์มน้ำมัน ประกอบด้วย วัตถุแห้ง 31.1-39.59 เปอร์เซ็นต์ อินทรีย์วัตถุ 94.7 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 4.2-6.25 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม 44.8 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 1.2-3.33 เปอร์เซ็นต์ ฟอสเฟต 67.6-69.5 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 4.7-10.02 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ 15.08-21.40 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 45.5-54.62 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 18.5 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน 22.52-47.35 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 0.55 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.09 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 4.9 เมกะจูลต่อกิโลกรัม (ประดิษฐ์ และคณะ, 2551; Ishida and Abu Hassan, 1997; Wan Zahari and Alimon, 2004) อย่างไรก็ตาม เนื่องจาก มีข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันหมักไม่มากนัก ดังนั้นการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาถึงลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันหมักโดยใช้ทางใบปาล์มน้ำมันที่ตัดหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาตรวจสอบลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มและทางใบปาล์มน้ำมันสดและหมัก

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

ทางใบปาล์มน้ำมัน

ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันจากต้นปาล์มน้ำมันที่มีอายุ 6, 7, 8, 9 และ 10 ปี จากสถานีวิจัยและฝึกภาคสนามเทพา คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การหมักทางใบปาล์มน้ำมัน

นำทางใบปาล์มน้ำมันที่ตัดออกระหว่างเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมัน จากต้นปาล์มน้ำมันที่มีอายุประมาณ 6-8 ปีจากสถานีวิจัยและฝึกภาคสนามเทพา คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยทำการตัดส่วนก้านที่มีหนามออก (ประมาณ 30 เซนติเมตร) นำมาสับด้วยเครื่องย่อยปุ๋ยพืชสด (ภาพที่ 3) ให้มีขนาดเล็กประมาณ 1-2 เซนติเมตร แล้วนำมาหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ในกระป๋องพลาสติกขนาด 1,500 ลูกบาศก์เซนติเมตร (ภาพที่ 4) อัดให้แน่น ปิดฝาให้สนิท และใช้ปั๊มสุญญากาศ (vacuum pump) ดูดอากาศที่อยู่ภายในกระป๋องออกจากนั้นปิดท่อปั๊มอากาศและฝากระป๋องให้สนิทให้แน่น แล้วนำกระป๋องหมักไปเก็บรักษาไว้ตามเวลาที่กำหนด (1 เดือน)



ภาพที่ 3 การสับทางใบปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องย่อยปุ๋ยพืชสด (ก) และลักษณะชิ้นส่วนของทางใบปาล์มน้ำมันที่ผ่านการสับเพื่อใช้ในการศึกษาครั้งนี้ (ข)



ภาพที่ 4 กระป๋องพลาสติกสำหรับหมักทางใบปาล์มน้ำมัน (ก) และการบรรจุทางใบปาล์มน้ำมันลงในกระป๋องพลาสติกเพื่อทำไซเรจ (ข)

สำหรับชนิดของทางใบปาล์มหมักที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาแบ่งออกเป็น 6 สูตร (ทรีทเมนต์) แบ่งออกเป็น 3 กระป๋องต่อสูตร (รวมทั้งสิ้น 150 กระป๋อง) โดยมีรายละเอียดดังนี้

- สูตรที่ 1 ทางใบปาล์มไม่เสริมกากน้ำตาล และยูเรีย (control)
- สูตรที่ 2 ทางใบปาล์มน้ำมัน + กากน้ำตาล 2%
- สูตรที่ 3 ทางใบปาล์มน้ำมัน + กากน้ำตาล 4%
- สูตรที่ 4 ทางใบปาล์มน้ำมัน + กากน้ำตาล 0% + ยูเรีย 2%
- สูตรที่ 5 ทางใบปาล์มน้ำมัน + กากน้ำตาล 2% + ยูเรีย 2%
- สูตรที่ 6 ทางใบปาล์มน้ำมัน + กากน้ำตาล 2% + ยูเรีย 4%

วิธีการทดลอง

1. การศึกษาขนาดและน้ำหนักของทางใบปาล์มน้ำมันสด: นำทางใบปาล์มน้ำมันที่ผ่านการตัดแต่งจากต้นปาล์มน้ำมันที่มีอายุ 6, 7, 8, 9 และ 10 ปี มาทำการวัดความยาว และน้ำหนัก ตามเทคนิคที่ระบุไว้ใน Dahlan (1989) จากนั้นจึงนำไปบดเพื่อนำไปตรวจวัดองค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันสด และสุ่มไปหมักเพื่อศึกษาในหัวข้อที่สนใจอื่นๆ ต่อไป

2. การศึกษาลักษณะทางกายภาพของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก: สุ่มทางใบปาล์มน้ำมันหมักทุกสัปดาห์ (0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์) จากทุกทรีทเมนต์ๆ ละ 3 กระป๋อง เพื่อนำทางใบปาล์มน้ำมันที่ได้ไปตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ตามวิธีการของ จันทนา และคณะ (2543 อ้างโดย กันยารัตน์, 2546)

ตรวจวัดค่าสี กลิ่น และการจับตัวของทางปาล์มน้ำมัน ตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก Trinder (1973) อ้างโดย บุญล้อม และบุญเสริม (2525) และตรวจวัดค่าสีในระบบ CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) ตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก Oleari (1996) โดยรายงานเฉพาะค่าความสว่าง (lightness; L^*) และค่าความเหลือง (yellowness; b^*)

3. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี: วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์ม น้ำมันสดและหมัก ได้แก่ วัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม เชื้อใยรวม และเถ้า ใช้วิธี Proximate analysis (AOAC, 1990) และการวิเคราะห์ผงแห้งเซลลูลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน ใช้วิธี Detergent method ของ Goering และ Van Soest (1970) สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ ทางใบปาล์มน้ำมันสด ได้แบ่งทางใบปาล์มน้ำมันออกเป็นสาม ส่วน ได้แก่ ทางใบปาล์มน้ำมันทั้งหมด (whole frond) ทางใบปาล์มน้ำมันไม่รวมก้านใบ (petiole) ก้านใบ ทางใบส่วนปลาย ทางใบกลาง และทางใบ ส่วนโคน

4. การวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะซิติก บิวทิริก และกรดแลคติกในทางใบปาล์มน้ำมัน หมัก แล้วนำผลที่ได้มาประเมินคุณภาพของทางใบปาล์มน้ำมันหมักตามวิธีของบุญล้อม และบุญเสริม (2525)

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ: นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ขนาดและน้ำหนักของทางใบปาล์มน้ำมัน

ทางใบปาล์มน้ำมันของต้นที่เจริญเต็มที่แล้ว (คือ ใบมีอายุประมาณ 6 เดือน) มีลักษณะใบ แบบขนนก (pinnate leaf) ซึ่งประกอบด้วยส่วนของก้านทางใบ (petiole) ส่วนนี้จะไม่มีใบย่อยแต่จะมี หนามที่ริม ในส่วนทางใบที่มีใบย่อย (เรียกว่า rachis) ประกอบด้วยใบย่อย (leaflet) (ภาพที่ 1) ซึ่งจะมี จำนวนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอายุปาล์มน้ำมัน ที่ส่วนปลายทางใบมีใบย่อยที่มีลักษณะเป็นรูปไข่ (ovate leaflet) 1-2 ใบ และเนื่องจากปาล์มน้ำมันที่ถูกตัดเพื่อเอาผลผลิตมีอายุอยู่ในช่วง 5-6 ปี เป็นต้นไป ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงทำการศึกษาในทางใบปาล์มน้ำมันที่มีอายุ 6, 7, 8, 9 และ 10 ปี ตามลำดับ โดยมีผลดังแสดง ในตารางที่ 3 โดยผลการศึกษพบว่า ปาล์มน้ำมันที่มีอายุ 6, 7, 8, 9 และ 10 ปี มีความยาวของทางใบเฉลี่ย เท่ากับ 4.62 ± 0.12 , 5.13 ± 0.18 , 5.52 ± 0.18 , 6.01 ± 0.12 และ 6.29 ± 0.11 เมตร ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยมีค่าเป็นไปในทิศทางเดียวกับรายงานของ Dahlan (1989) ที่ระบุว่า ความยาวของทางใบปาล์มน้ำมัน

เพิ่มขึ้นเมื่ออายุของปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นแบบ exponential โดยมีค่าเท่ากับ $7.00 * (1 - \exp(-0.17 * \text{อายุของต้นปาล์มน้ำมัน}))$ แต่ความยาวของทางใบปาล์มสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 7 เมตร

สำหรับน้ำหนักของทางใบปาล์มน้ำมัน พบว่า ทางใบปาล์มที่ตัดจากต้นปาล์มน้ำมันอายุ 6, 7, 8, 9 และ 10 ปี มีน้ำหนักเฉลี่ย เท่ากับ 2.58 ± 0.09 , 2.88 ± 0.11 , 3.17 ± 0.14 และ 4.03 ± 0.15 กิโลกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้ทางใบปาล์มจะมีความยาวและน้ำหนักเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามอายุที่เพิ่มขึ้น (ธีระ และคณะ, 2548)

ตารางที่ 3 ขนาด และน้ำหนักแห้งของทางใบปาล์มน้ำมันสดอายุต่างๆ

ข้อมูล	อายุของปาล์มน้ำมัน				
	6	7	8	9	10
ขนาด, ซม.					
- ความยาว	4.36-4.75 (4.62±0.12)	4.85-5.34 (5.13±0.18)	5.21-5.78 (5.52±0.19)	5.80-6.15 (6.01±0.12)	6.05-6.43 (6.29±0.11)
น้ำหนัก, กก.					
- ของทางใบปาล์มสด	2.43-2.68 (2.58±0.09)	2.70-3.03 (2.88±0.11)	3.01-3.29 (3.17±0.09)	3.31-3.79 (3.52±0.14)	3.80-4.25 (4.03±0.15)
จำนวนตัวอย่าง	20	20	20	20	20

1/ ค่าพิสัย และ (ค่าเฉลี่ย±sd)

องค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันสดและหมัก

องค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันสด

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของใบปาล์มน้ำมันแสดงไว้ในตารางที่ 4 โดยพบว่า ทางใบปาล์ม (สด) (ตัดขณะที่ยังเขียวและตากแห้งเพื่อเอาทะเลาออก) มีวัตถุแห้ง เท่ากับ 39.06% และมีปริมาณ โปรตีน ไนมัน NDF ADF ADL และเถ้า พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.83, 1.66, 68.26, 56.96, 41.56 และ 9.52 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ แต่องค์ประกอบทางเคมีโดยเฉพาะ โปรตีนและเยื่อใย (NDF และ ADF) จะผันแปรไปตามส่วนประกอบของใบ เช่น ทางใบปาล์มน้ำมันทั้งทางใบมีปริมาณเยื่อใยมากกว่าทางใบปาล์มที่ตัดส่วนก้าน ส่วนก้านใบมีปริมาณเยื่อใยมากที่สุดและมีโปรตีนต่ำสุด อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติเกษตรกร จะนิยมนำทางใบปาล์มน้ำมันทั้งทางใบมาสับเพื่อเลี้ยงสัตว์ เพราะสะดวกในการจัดการมากกว่า

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของใบปาล์มน้ำมัน

ส่วนต่างๆของ ทางใบปาล์ม ^{2/}	องค์ประกอบทางเคมี ^{1/}							
	%DM	%DM	%DM basis					
	(สด)	(แห้ง)	CP	EE	NDF	ADF	ADL	Ash
1. ทางใบปาล์ม	39.06	92.40	4.83	1.66	68.26	56.96	41.56	9.52
	±1.34	±0.98	±0.72	±1.23	±2.15	±2.59	±2.65	±1.05
2. ทางใบไม่รวม ก้านใบ	35.78	94.13	3.77	1.28	68.57	54.90	44.26	8.29
	±1.08	±1.31	±0.88	±0.23	±2.11	±1.76	1.23	±1.02
3. ก้านใบ (Petiole)	25.40	92.10	1.47	0.58	75.28	55.61	49.08	5.10
	±2.01	±1.15	±0.54	±0.10	±2.65	±2.03	±1.79	±0.92
4. ใบส่วนปลาย	44.09	93.03	7.62	2.98	62.96	52.13	38.67	14.40
	±1.81	±1.69	±0.73	±0.07	±2.50	±2.01	±1.85	±1.00
5. ใบส่วนกลาง	44.27	93.57	7.58	3.53	59.71	49.59	36.59	14.96
	±0.98	±1.21	±0.83	±0.33	±1.83	±1.34	±1.74	±0.67
6. ใบส่วนโคน	44.32	93.73	7.66	3.13	59.35	47.58	35.63	14.76
	±1.30	±1.97	0.12	±0.09	±1.23	±0.97	±1.12	±1.05

1/ CP = crude protein; EE = ether extract (crude fat); NDF = neutral detergent fibre; ADF = acid detergent fibre; ADL = acid detergent lignin; 2/ ค่าเฉลี่ย±sd ที่ได้จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ/ตัวอย่าง

ลักษณะทางกายภาพของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก

ผลการหมักทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับกากน้ำตาล (0, 2 และ 4%) และ/หรือยูเรีย (2 และ 4%) นาน 30 วัน แล้วจึงนำตัวอย่างทางใบปาล์มหมักทุกสูตรไปวิเคราะห์หาลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 5 และ 6

สำหรับลักษณะทางกายภาพของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก (ตารางที่ 5) ประกอบด้วยค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) สี กลิ่น และลักษณะการเน่าเสียได้แสดงไว้ในตารางที่ 5 ทั้งนี้ในแง่ของค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มีค่า pH เท่ากับ 4.43, 4.38, 4.40, 8.75, 8.56 และ 8.98 ตามลำดับ เห็นได้ชัดเจนว่า การหมักทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับกากน้ำตาลสูตรที่ 2 และ 3 ไม่ได้มีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างสุดท้ายของทางใบปาล์มน้ำมันมีค่าแตกต่างกัน รวมทั้งไม่แตกต่างจากสูตรที่ 1 ดังนั้น กากน้ำตาลที่เสริมลงไปจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการหมักในช่วงแรกของการหมัก มีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในสัปดาห์ที่ 2 ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรที่ 2 และ 3 มีค่าลดต่ำกว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรอื่นๆ แต่ในสัปดาห์สุดท้ายทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรที่ 1, 2 และ

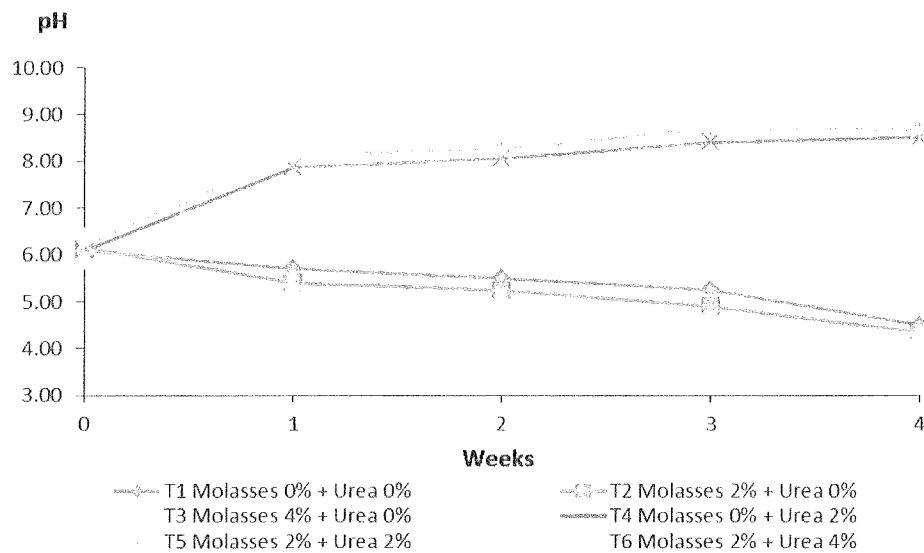
3 มีค่าความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างกัน แต่มีค่าต่ำกว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรที่ 4, 5 และ 6 ซึ่งเสริมยูเรีย (ดังแสดงในภาพที่ 5) ค่าความเป็นกรด-ด่างสุดท้ายที่ตรวจวัดได้มีค่าค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับข้อสรุปของ บุญฤๅ (2536) และสายัณห์ (2540) ที่รายงานว่า หนุ้าหมักควรมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 3.9 ถึง 4.5 ทั้งนี้จะเป็นเพราะทางใบปาล์มน้ำมันที่นำมาหมักมีค่า buffering capacity ต่ำกว่าหนุ้าพืชอาหารสัตว์ทั่วไป รวมทั้งทางใบปาล์มน้ำมันยังมีปริมาณความชื้นต่ำกว่าหนุ้าพืชอาหารสัตว์ด้วย

ตารางที่ 5 ลักษณะทางกายภาพของทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ

ลักษณะทางกายภาพ	ทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรที่ ^{1/ 2/}					
	1	2	3	4	5	6
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	4.43±0.07	4.38±0.10	4.40±0.09	8.75±0.10	8.56±0.12	9.08±0.14
สี ^{3/}	เขียวอมเหลือง	เขียวอมน้ำตาล	เขียวอมน้ำตาล	น้ำตาล	น้ำตาลคล้ำ	น้ำตาลคล้ำและมีสภาพค่อนข้างชื้น
สีในระบบ CIE ^{4/}						
L* (lightness)	49.95±1.45	49.36±1.12	47.35±1.16	45.23±2.78	44.29±1.56	42.88±2.80
b* (yellowness)	22.25±2.54	21.30±2.00	20.11±1.78	18.88±2.30	17.44±2.45	17.05±2.32
กลิ่น ^{5/}	1	1	1	2	2	2-3 (มีกลิ่นแอมโมเนียฉุนมาก และมีกลิ่นอับชื้น)
การประเมินวัตถุแห้งด้วยสายตา ^{6/}	F	F	F	E	E	E

1/ สูตรที่ 1 = ทางใบปาล์ม (OPF) ไม่เสริมสารใดๆ, สูตรที่ 2 = OPF + กากน้ำตาล 2%; สูตรที่ 3 = OPF + กากน้ำตาล 4%; สูตรที่ 4 = OPF + กากน้ำตาล 0% + ยูเรีย 2%; สูตรที่ 5 = OPF + กากน้ำตาล 2% + ยูเรีย 2%; สูตรที่ 6 = OPF + กากน้ำตาล 2% + ยูเรีย 4%; 2/ ค่าเฉลี่ย±sd ที่จำนวน 3 ซ้ำ/ตัวอย่าง; ตรวจวัดภายในเวลา 3-5 หลังจากเปิดครั้งแรก; 4/ ตรวจวัดด้วยเครื่อง Hunter ColorFlex จำนวน 5 ครั้ง/ซ้ำ; 5/ จำแนกกลิ่นออกเป็น 4 ระดับ คือ 1 = กลิ่นปกติของการหมักที่สมบูรณ์ หมายถึงมีกลิ่นคล้ายผลไม้หมัก, 2 = กลิ่นปกติ และมีกลิ่นแอมโมเนีย และ 3 = กลิ่นอับชื้น และ 4 = กลิ่นเชื้อรา (อับชื้น+รา); 6/ การประเมินวัตถุแห้งด้วยสายตา เมื่อ A = น้ำไหลออกมาขณะหีบพืชหมัก, B = น้ำไหลออกมาเมื่อบีบเบาๆ, C = น้ำไหลออกมาเมื่อบีบปานกลาง, D = น้ำไหลออกมาเมื่อบีบอย่างแรง, E = น้ำไม่ไหลออกมาเลยถึงแม้จะบีบอย่างแรงแต่ถุงมือเปียก และ F = น้ำไม่ไหลออกมาเลย และถุงมือก็ไม่เปียกแม้จะบีบเต็มแรงก็ตาม

สำหรับลักษณะสีของทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรต่างๆ (ตารางที่ 5) พบว่าทางใบปาล์ม น้ำมันหมักสูตรที่ 1, 2 และ 3 มีสีเขียวอมเหลือง สีเขียวอมน้ำตาล และสีเขียวอมน้ำตาล ตามลำดับ ขณะที่ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรที่ 4, 5 และ 6 มีสีน้ำตาล น้ำตาลคล้ำ และน้ำตาลคล้ำ ตามลำดับ (ภาพที่ 6) ในส่วนของกลิ่นทางใบปาล์มน้ำมันหมัก พบว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรที่ 1 มีกลิ่นหอมอ่อนๆ ปกติ เช่นเดียวกับหญ้าหมักทั่วไป ส่วนทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรที่ 2 และ 3 มีกลิ่นหอมปกติ และมีกลิ่นของ กากน้ำตาลเล็กน้อย ขณะที่ทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรที่ 4, 5 และ 6 มีกลิ่นของแอมโมเนียตั้งแต่จุน ไม่มาก (ระดับ 2) ในสูตรที่ 4 และ 5 และเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการเสริมยูเรียเพิ่มขึ้นในสูตรที่ 6 (ระดับ 2 ถึง 3)



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรที่ 1 = ทางใบปาล์ม (OPF) ไม่เสริมสารใดๆ, สูตรที่ 2 = OPF + กากน้ำตาล 2%; สูตรที่ 3 = OPF + กากน้ำตาล 4%; สูตรที่ 4 = OPF + กากน้ำตาล 0% + ยูเรีย 2%; สูตรที่ 5 = OPF + กากน้ำตาล 2% + ยูเรีย 2%; สูตรที่ 6 = OPF + กากน้ำตาล 2% + ยูเรีย 4%

อนึ่ง เนื่องจากทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรที่ 6 มีลักษณะค่อนข้างขี้ขาวมากกว่าทางใบปาล์ม เมื่อพิจารณาถึงค่าสีตามระบบ CIE พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรที่ 1 และ 2 มีค่าความสว่าง (L^*) สูงที่สุด (49.95 และ 49.36) และมีค่าลดลงเป็นลำดับในสูตรที่ 3, 4, 5, และ 6 (47.23, 44.29 และ 42.88 ตามลำดับ) ส่วนค่าความเหลือง (b^*) ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักนั้น พบว่าทางใบปาล์มน้ำมันสูตรที่ 1 มีค่าความเหลืองเท่ากับ 22.25 และค่านี้น้อยลงเรื่อยๆ ลดลงในทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรที่ 2 ถึง 6 ซึ่งสอดคล้องผลการประมาณสีของทางใบปาล์มน้ำมันสูตรต่างๆ ด้วยสายตา ที่พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก

สูตรที่ 1 และ 2 มีสีเขียวอมเหลือง และสีเขียวอมน้ำตาล และจะมีสีคล้ำลงในทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรที่ 4, 5 และ 6 แต่ทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรที่หมักร่วมกับยูเรีย ยังมีเมือกใส่มือซึ่งน่าจะเป็นเมือกที่เกิดจากยูเรีย

นอกจากนี้ ยังตรวจพบเชื้อราสีขาวอยู่บริเวณผิวบนติดกับฝากระป๋อง ซึ่งน่าจะเกิดจากการที่ส่วนบนของทางใบปาล์มน้ำมันหมักสัมผัสกับอากาศที่ซึมผ่านส่วนขอบของฝาถึงเข้ามา แต่ลักษณะของสีและกลิ่นของทางใบปาล์มที่ตรวจพบไปในทำนองเดียวกับข้อสรุปของ สายัณห์ (2540) ที่กล่าวว่า ลักษณะสีและกลิ่นของหญ้าพืชอาหารสัตว์หมักที่ดี จะต้องไม่มีสีเขียวอมเหลืองน้ำตาล มีกลิ่นหอม ถึงแม้ว่าจะตรวจพบเชื้อราสีขาวเจริญบริเวณส่วนบนที่ติดอยู่กับฝาถึงหมัก



ภาพที่ 6 ลักษณะสีของทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรสูตรที่ 1 = ทางใบปาล์ม (OPF) ไม่เสริมสารใดๆ, สูตรที่ 2 = OPF + กรากน้ำตาล 2%; สูตรที่ 3 = OPF + กรากน้ำตาล 4%; สูตรที่ 4 = OPF + กรากน้ำตาล 0% + ยูเรีย 2%; สูตรที่ 5 = OPF + กรากน้ำตาล 2% + ยูเรีย 2%; สูตรที่ 6 = OPF + กรากน้ำตาล 2% + ยูเรีย 4%

ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกรากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ และ/หรือยูเรียที่ระดับ 2 และยูเรียที่ระดับ 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ ครั้งนี้ พบว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรที่ 1 ถึง 3 (4.43, 4.38 และ 4.40) มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่ารายงานของ ขวัญดาว และคณะ (2549) ที่พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับ

กากน้ำตาลที่ระดับ 6 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยเท่ากับ 5.25 และ 4.78 ตามลำดับ แต่ใกล้เคียงกับผลการศึกษาของประดิษฐ์ และคณะ (2551) ที่รายงานว่ ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.29 และ 4.48 ตามลำดับ การที่ค่าความเป็นกรด-ด่างของทางใบปาล์มน้ำมันหมักสามสูตรแรกอยู่ในช่วง 4.38-4.43 ถือว่ามีค่าความเป็นกรด-ด่างในช่วงที่เหมาะสมกับการหมักไซเรจ คือมีค่าพิสัยในช่วง 3.9-4.5 (สายัณห์, 2540) ขณะที่ เมธา (2533) สรุปว่ ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ได้จากหมักพืชหมักในรูปไซเรจช่วงที่ยอมรับได้ควรมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 4.5-4.8 ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างของทางใบปาล์มน้ำมันในสูตรที่ 4, 5 และ 6 มีค่าเป็นด่าง เพราะผลของการเสริมยูเรีย ซึ่งถือว่าการหมักเช่นนี้ไม่อยู่ในนิยามของคำว่าไซเรจ อย่างไรก็ตามการหมักทางใบปาล์มน้ำมันโดยเสริมยูเรียก็สามารถนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้ (Abu Hassan and Ishida, 1991)

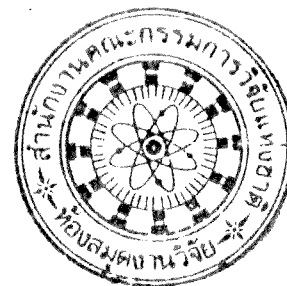
สำหรับลักษณะสี และกลิ่น ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักทั้ง 4 สูตร พบว่ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 1) มีลักษณะแน่น สีเหลือง มีกลิ่นหอมเปรี้ยวอ่อนๆ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 2) มีลักษณะแน่น สีเหลืองอมน้ำตาล มีกลิ่นหอมอ่อนๆ ส่วนทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 3) มีลักษณะแน่น สีเหลือง มีกลิ่นหอม ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของขวัญดาว และคณะ (2549) ที่รายงานว่ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักมีสีเขียวอมเหลืองและมีกลิ่นหอม ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 6 เปอร์เซ็นต์มีสีน้ำตาลอมส้ม มีกลิ่นหอมของกากน้ำตาลเล็กน้อย และ ประดิษฐ์ และคณะ (2551) ที่รายงานว่ ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ มีสีเขียวอมเหลือง กลิ่นเปรี้ยวปานกลาง

ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าจากการศึกษาในครั้งนี้ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักทั้ง 4 ชนิด มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 4.60-4.95 ลักษณะแน่น สีเหลือง และกลิ่นหอม ซึ่งเป็นลักษณะปกติของพืชหมักที่สามารถนำมาใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงสัตว์ได้

องค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก

องค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันสด (ไม่หมัก) และทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรต่างๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 6 ทั้งนี้จากผลการวิเคราะห์ทางเคมีแสดงให้เห็นว่ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรที่เสริมยูเรีย (สูตรที่ 4-6) มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ไม่เสริมยูเรีย (สูตรที่ 1-3) การเสริมกากน้ำตาลไม่มีผลทำให้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนเพิ่มขึ้น

หากเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันกับหญ้าสดที่อายุ 45 วัน ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน NDF ADF และ ADL เท่ากับ 20.2, 8.5, 1.9, 65.5, 37.6 และ 4.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศ



ไทย, 2551) พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันสด และทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรที่ 1 ถึง 3 มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนต่ำกว่า มีปริมาณ NDF ใกล้เคียงกับหญ้าหูกช้าง แต่มีเปอร์เซ็นต์ ADF และ ADL สูงกว่าหญ้าหูกช้าง และเมื่อเปรียบเทียบกับฟางข้าว ซึ่งรายงานโดย เมธา (2531) ว่ามีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง โปรตีน NDF ADF และ ADL เท่ากับ 89.9, 2.9, 79.3, 54.7 และ 5.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันที่ไม่หมักด้วยยูเรียมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่า และมีเปอร์เซ็นต์ NDF ADF และ ADL ต่ำกว่า จากตัวเลขดังกล่าวแสดงว่าทางใบปาล์มน้ำมันมีศักยภาพในการนำมาใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ดีกว่าฟางข้าวแต่ด้อยกว่าหญ้าหูกช้าง

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันสดเปรียบเทียบกับทางใบปาล์มน้ำมันหมัก

ข้อมูล	ทางใบ ปาล์ม น้ำมันไม่ หมัก	ทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรที่ ^{1/2/}					
		1	2	3	4	5	6
DM, %	39.59±2.32	39.10±1.23	38.60±0.98	38.05±2.60	42.45±1.63	43.20±1.25	43.78±0.34
CP, %DM	5.05±0.50	5.16±1.60	4.95±1.89	5.14±1.00	9.45±1.59	11.36±0.48	14.97±1.01
EE, %DM	3.13±0.70	3.03±0.50	2.86±0.90	2.98±0.56	3.14±0.45	3.12±0.79	2.74±0.26
CF, %DM	42.21±2.00	43.42±2.41	42.79±2.55	43.10±1.24	42.99±1.50	43.78±0.88	43.22±1.17
Ash, %DM	10.02±1.75	12.19±1.02	11.07±0.80	11.87±1.00	11.31±0.98	10.79±0.50	13.05±0.75
NDF, %DM	60.20±2.22	60.65±3.15	59.87±2.81	61.56±2.40	61.13±1.65	60.97±1.30	58.60±2.13
ADF, %DM	54.10±3.90	53.71±0.98	55.23±1.90	53.25±3.12	53.86±1.26	54.16±2.16	54.54±1.25
ADL, %DM	26.35±3.23	24.92±2.08	25.05±2.00	25.87±1.87	25.90±1.00	24.77±1.09	26.93±2.36

1/ สูตรที่ 1 = ทางใบปาล์มหมัก (OPF) ไม่เสริมสารใดๆ, สูตรที่ 2 = OPF + กรากน้ำตาล 2%; สูตรที่ 3 = OPF + กรากน้ำตาล 4%; สูตรที่ 4 = OPF + กรากน้ำตาล 0% + ยูเรีย 2%; สูตรที่ 5 = OPF + กรากน้ำตาล 2% + ยูเรีย 2%; สูตรที่ 6 = OPF + กรากน้ำตาล 2% + ยูเรีย 4%; 2/ ค่าเฉลี่ย±sd ที่ได้จากการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ/ตัวอย่าง

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณกรดแอซิกและกรดแลคติก แล้วนำผลที่ได้มาประเมินคุณภาพตามวิธีการของบุญล้อมและบุญเสริม (2525) จะเห็นได้ว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรที่ 1, 2 และ 3 มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมาก (very good) ขณะที่ทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรที่ 4, 5 และ 6 ซึ่งเสริมยูเรียมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างพอใช้ (rather fair) คือ มีคุณภาพในเชิงไซรเรจค่อนข้างต่ำ (ตารางที่ 7) ทั้งนี้ เพราะมีปริมาณกรดแลคติกต่ำอันเป็นผลมาจากการเสริมยูเรีย นอกจากนี้ตามลักษณะทางกายภาพ ทางใบ

ปาล์มน้ำมันหัตถ์สูตรที่เสริมยูเรียสูตรที่ 4, 5 และ 6 มีสีน้ำตาล จนถึง สีน้ำตาลคล้ำ (ตารางที่ 5) แต่ข้อดีของทางใบปาล์มน้ำมันหัตถ์สูตรที่ 4 ถึง 6 คือ มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่า (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 7 ปริมาณกรดอะซิติก โพรพิโอนิก และกรดแลคติกในทางใบปาล์มน้ำมันหัตถ์

ข้อมูล	ทางใบปาล์มน้ำมันหัตถ์สูตรที่ ^{1/2/}					
	1	2	3	4	5	6
กรดอะซิติก, %	7.96±0.97	8.54±0.92	9.07±0.52	5.91±0.97	4.92±0.91	4.00±0.76
กรดบิวทิริก, %	0.91±0.09	0.95±0.10	0.86±0.08	3.97±0.67	4.15±0.78	7.04±0.53
กรดแลคติก, %	80.5±3.52	85.03±2.11	89.55±1.98	21.54±4.32	17.50±4.30	14.10±2.81

1/ สูตรที่ 1 = ทางใบปาล์มหัตถ์ (OPF) ไม่เสริมสารใดๆ, สูตรที่ 2 = OPF + กากน้ำตาล 2%; สูตรที่ 3 = OPF + กากน้ำตาล 4%; สูตรที่ 4 = OPF + กากน้ำตาล 0% + ยูเรีย 2%; สูตรที่ 5 = OPF + กากน้ำตาล 2% + ยูเรีย 2%; สูตรที่ 6 = OPF + กากน้ำตาล 2% + ยูเรีย 4%; 2/ ค่าเฉลี่ย±sd วิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ/ตัวอย่าง

สรุป

ทางใบปาล์มน้ำมันมีน้ำหนักสดอยู่ในช่วง 2.43 ถึง 3.80 กิโลกรัม/ทางใบ เมื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันมีเปอร์เซ็นต์โปรตีน เยื่อใยรวม NDF ADF และ ADL เฉลี่ยเท่ากับ 5.05, 42.21, 60.20, 54.10 และ 26.35 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ หลังจากนำไปหมักในรูปไซเรจโดยไม่ใส่สารเสริมใดๆ เปรียบเทียบกับการหมักร่วมกับกากน้ำตาล และ/หรือยูเรีย พบว่า การหมักทางใบปาล์มน้ำมันโดยไม่ใส่ หรือไม่ใส่กากน้ำตาลไม่มีผลทำให้องค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันเปลี่ยนไป แต่การหมักทางใบปาล์มร่วมกับกากน้ำตาลในระดับ 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ และยูเรียในระดับ 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักมีสีน้ำตาลคล้ำ มีความชื้นค่อนข้างสูง และมีสภาวะของการหมักเป็นด่าง และมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบสูงกว่าการไม่เสริมยูเรีย อย่างไรก็ตาม ทางใบปาล์มน้ำมันทั้งสดและหมัก มีปริมาณเปอร์เซ็นต์ NDF ADF และ ADL สูง

ดังนั้นแม้ว่าทางใบปาล์มน้ำมันเป็นผลพลอยได้ที่มีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง แต่ทั้งนี้ก็จำเป็นต้องศึกษาเรื่องปริมาณการกินได้ และความสามารถในการย่อยได้ของทางใบปาล์มน้ำมันในสัตว์เคี้ยวเอื้องแต่ละชนิดต่อไป