



วิทยานิพนธ์

ศักยภาพของทางปาล์มน้ำมันในการใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

**POTENTIAL OF OIL PALM FRONDS FOR RUMINANTS
FEED**

นางสาวจารุณี อิมเอิบ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

.....
สัตวบาล

.....
สัตวบาล

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ศักยภาพของทางปาล์มน้ำมันในการใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

Potential of Oil Palm Fronds for Ruminants Feed

นามผู้วิจัย นางสาวจรรณี อิ่มเอิบ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....
(รองศาสตราจารย์อังคณา หาญบรรจง, วท.ม.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อ้ออาจ อินทร์สังข์, Dr. sc. agr.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรุณี อิงคากุล, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

.....
(รองศาสตราจารย์ชัยภูมิ ปัญาศักดิ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....
(รองศาสตราจารย์วินัย อัจจงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ศักยภาพของทางปาล์มน้ำมันในการใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

Potential of Oil Palm Fronds for Ruminants Feed

โดย

นางสาวจารุณี อิ่มเอิบ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2551

จารุณี อิ่มเอิบ 2551: ศึกษาสภาพของทางปาล์มน้ำมันในการใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาสัตวบาล ภาควิชาสัตวบาล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์อังคณา หาญบรรจง, วท.ม. 133 หน้า

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพของทางปาล์มน้ำมันในการใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง
ได้ศึกษาปริมาณผลผลิต องค์ประกอบทางเคมี การกินได้และค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบและ
อินทรีย์วัตถุ ค่าการสลายตัวของวัตถุดิบและอินทรีย์วัตถุในกระเพาะรูเมน และผลของการใช้ทางปาล์มเป็น
อาหารหยาบต่อปริมาณและองค์ประกอบของน้ำนมและค่าทางชีวเคมีในเลือดของแพะ ผลการศึกษาสรุปได้ว่า
ปริมาณผลผลิตส่วนต่างๆของทางปาล์มจากต้นที่มีอายุการให้ผลผลิตจาก 1 ถึง 15 ปีมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น
($P < 0.01$) ผลผลิตน้ำหนักรีดของส่วนที่เป็นแกนทาง และของทางปาล์มทั้งทาง และปริมาณวัตถุแห้งของใบและ
ก้านใบจากต้นที่มีช่อดอกที่ต่างเพศกันก็มีปริมาณแตกต่างกัน ($P < 0.01$) รวมทั้งปริมาณอินทรีย์วัตถุและเถ้าจาก
ส่วนของใบ ก้านใบ และส่วนของทางปาล์มน้ำมันทั้งทางจากต้นที่มีช่อดอกที่ต่างเพศกันก็มีปริมาณแตกต่างกัน
($P < 0.01$) ด้วยเช่นกัน แต่ทางปาล์มบนต้นเดียวกันที่อยู่ในตำแหน่งที่ต่างลำดับชั้นกันมีปริมาณอินทรีย์วัตถุและเถ้า
ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีระหว่างส่วนของใบปาล์ม กับทางปาล์มน้ำมัน
ทั้งทางพบว่าปริมาณ CP, CF, EE, NDF, ADF และ Ash แตกต่างกัน ($P < 0.01$) เช่นเดียวกับปริมาณ ADL ที่แตกต่าง
กัน ($P < 0.05$) ด้วยเช่นกัน และการหมักทางปาล์มด้วยกรรมวิธีต่างกันก็มีผลให้ค่า CF, EE, NDF, ADF, Ash และ pH
ของทางปาล์มมีความแตกต่างกัน ($P < 0.01$) ขณะที่ CP และ ADL ก็แตกต่างกัน ($P < 0.05$) ด้วยเช่นกัน และพบว่า
อิทธิพลของส่วนของใบปาล์มน้ำมันและกรรมวิธีการหมักไม่มีผลต่อค่าศึกษาการสลายตัวของวัตถุดิบใน
กระเพาะรูเมน ($P > 0.05$) แต่มีผลต่อค่าศึกษาการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ ($P < 0.05$) และเมื่อให้สัตว์ได้รับใบ
และทางปาล์มน้ำมันทั้งทางหมักก็มีผลทำให้ปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบแห้งเฉลี่ยต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว
แตกต่างกัน ($P < 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบแห้งและอินทรีย์วัตถุเฉลี่ยต่อวัน เฉลี่ยต่อน้ำหนัก
ตัว^{0.75} และต่อค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบแห้งและอินทรีย์วัตถุ ($P > 0.05$) ขณะที่การใช้ทางปาล์มที่ผ่านการหมักด้วย
กรรมวิธีที่ต่างกันมีผลทำให้ค่าปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบแห้ง อินทรีย์วัตถุ รวมทั้งค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบแห้ง
และอินทรีย์วัตถุแตกต่างกัน ($P < 0.01$) องค์ประกอบของน้ำนมที่เป็นไขมัน โปรตีน แลคโตส ของแข็งทั้งหมด
และของแข็งทั้งหมดไม่รวมไขมัน ตลอดจนค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าความถ่วงจำเพาะ ความหนาแน่น และ
จำนวนโซมาติกเซลล์ในน้ำนม ของแพะที่ได้รับทางปาล์มน้ำมันหมัก และเสริมด้วยอาหารชั้นที่ระดับ 0, 0.25,
0.50 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) เช่นเดียวกับค่าระดับยูเรีย น้ำตาล
กลูโคส และฮอร์โมนไทรโอไอโดไทโรนินในเลือดก็ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) เช่นกัน ผลจากการศึกษานี้
แสดงให้เห็นได้ว่าทางปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งอาหารหยาบที่มีศึกษาทั้งในทางปริมาณชีวมวล องค์ประกอบ
ทางเคมี ค่าการย่อยได้ และความเป็นประโยชน์ในการใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ดีแหล่งหนึ่ง

Jarunee Aim-Oeb 2008: Potential of Oil Palm Fronds for Ruminants Feed.

Master of Science (Agriculture), Major Field: Animal Science, Department of Animal Science. Thesis Advisor: Associate Professor Angkana Hanbunchong, M.S. 133 pages.

The research was conducted to evaluate the potential of use of oil palm fronds (OPF) for ruminants feed. Yield, chemical composition, feed intake and dry matter and organic matter digestibility, the ruminal dry matter and organic degradability, acceptability and the impact of use for feed on milk yield and compositions and on blood parameters of goat offered with OPF were evaluated. It was found that yield of part of OPF getting from 1-15 harvesting year old of oil palm tree was increased with increasing the age of harvesting. Total frond weigh, weight of the petiole, the dry matter weight of leaf blade and rachis of the OPF getting from the stem with had the different inflorescence, differ significantly ($P<0.01$). The organic matter and ash content of the OPF getting from the same stem but different in position were not significantly different ($P>0.05$). The crude protein (CP), crude fiber (CF), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and ash content between total OPF and leaf blade was significantly different ($P<0.01$). Different ensilage method provided different ($P<0.01$) in CF, EE, NDF, ADF and ash content as well as the pH value of the ensiled OPF. However, part of OPF and ensilage method had no influences in ruminal dry matter degradation parameters ($P>0.05$), but influenced on the organic matter degradation parameters ($P<0.05$). Dry matter intake expressing as body weight percentage was influenced by part of frond ($P<0.05$) and by ensilage method ($P<0.01$). Feeding the goat with ensilage OPF at deferent level of concentrate supplementation, provided milk with not significantly different ($P>0.05$) in fat, protein, lactose, total solid, solid not fat, pH value, specific gravity, density as well as somatic cell count and provided blood with not significant different in urea, glucose and Triiodothyronine. This research result implies that OPF had very high potential in biomass, chemical composition, digestibility and availability for ruminant feed resources in Thailand.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่องศักยภาพของทางปาล์มน้ำมันในการใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีโดยได้รับความช่วยเหลือจากรองศาสตราจารย์อังคณา หาญบรรจง ประธานกรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. งามอาจ อินทร์สังข์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรุณี อิงคากุล กรรมการร่วม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา และการเรียบเรียงวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ และรองศาสตราจารย์ ดร. พรศรี ชัยรัตน์นายฤทธิ์ ประธานในการสอบ และรองศาสตราจารย์ ดร. ไพโชค ปัญจะ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกที่กรุณาให้คำแนะนำ และตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

วิทยานิพนธ์เรื่องนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากทุนสนับสนุนคุณภาพงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปี 2550 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และจากโครงการวิจัยเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโคนม และรูปแบบการผลิตนมใน ฟาร์มโคนม ร่วมกับการใช้ประโยชน์จากพืชอาหารสัตว์ จากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ข้าพเจ้าจึงขอขอบคุณแหล่งทุนดังกล่าว

ขอขอบคุณแผนกโคนมสาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช สไลใหญ่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ และสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งขอขอบคุณคณาจารย์ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรชั้นสูง และระดับปริญญาตรี ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัยเพื่อใช้ในการเขียนวิทยานิพนธ์นี้ จนสามารถดำเนินการวิจัยจนแล้วเสร็จจนถึงวันนี้

ขอขอบพระคุณ คุณแม่ผู้มีพระคุณ และน้องๆ ที่คอยให้กำลังใจ ให้การสนับสนุนค่าใช้จ่ายทั้งหมด และให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา กุศลผลบุญที่ได้จากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ขออุทิศให้กับคุณพ่อผู้ซึ่งได้จากโลกนี้ไปอย่างไม่มีวันกลับ และขอขอบพระคุณ ครูบาอาจารย์ และผู้มีพระคุณทั้งหลายที่ประสาทความรู้แก่ข้าพเจ้าตลอดมา และขอขอบคุณสืบตำรวจโทชัยรัตน์ หนูละออง ซึ่งเป็นผู้ที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จในครั้งนี้ และหากคุณประโยชน์ที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์เรื่องนี้มีจริง ข้าพเจ้าขอขอบแต่ทุกๆ ท่านที่มีความสนใจในเรื่องนี้และหวังว่าจะเป็นประโยชน์และเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาการวิจัยให้ดียิ่งขึ้นต่อไปในอนาคต

จารุณี อิมเอิบ

มีนาคม 2551

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	36
ผลและวิจารณ์	57
สรุป	109
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	111
ภาคผนวก	132
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	133

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ลักษณะพันธุ์ปาล์มน้ำมัน	7
2	น้ำหนักก้านทางใบปาล์มน้ำมันจำแนกตามช่วงอายุ	13
3	องค์ประกอบทางเคมี (% วัตถุแห้ง) และค่าโภชนะของทางปาล์มน้ำมันและผลพลอยได้อื่นๆของปาล์มน้ำมัน	15
4	องค์ประกอบทางเคมีของทางปาล์มน้ำมันเปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์	15
5	คุณค่าทางโภชนาการของอาหารสัตว์ชนิดต่างๆที่ใช้ผลพลอยได้จากทางปาล์มน้ำมันเป็นวัตถุดิบในการผลิตในรูปแบบที่ต่างกัน	16
6	การเจริญเติบโตของโคลูกผสม Kedah-Kelantan ที่ได้รับทางปาล์มน้ำมันที่ผ่านกรรมวิธีการเตรียมและระดับการใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารที่ต่างกัน	17
7	ผลของการใช้ทางปาล์มน้ำมันหมักระดับต่างๆในอาหาร ต่อสมรรถภาพการให้ผลผลิตของโคนมลูกผสมชาวาล-ฟรีเซียล (Sahiwal-Friesian) ในระยะให้นม	19
8	ปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของอาหารที่ใช้ทางปาล์มน้ำมัน ซึ่งผ่านกรรมวิธีการเตรียมที่ต่างกันในระดับต่างๆ	21
9	ค่าเฉลี่ยของ % วัตถุแห้ง โปรตีน และค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DMD - <i>in vivo</i>) ของทางปาล์มน้ำมันที่ผ่านกรรมวิธีการเตรียมที่ต่างกัน	24
10	ส่วนประกอบของอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้ทางปาล์มหมัก	25
11	ความถี่และค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดไขมันในน้ำมันแพะ โค กระบือ และแกะ (%)	27
12	วิตามินและแร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบของน้ำมันชนิดต่างๆ	33
13	แผนการเปลี่ยนทรिटเมนต์ในแต่ละช่วงของการทดลอง (Experimental layout)	50
14	แผนการเปลี่ยนทรिटเมนต์ในแต่ละช่วงของการทดลอง (Experimental layout)	55
15	ผลผลิตในรูปน้ำหนักสดของทางปาล์มน้ำมันในแต่ละอายุการให้ผลผลิตจากปีที่ 1 ถึงปีที่ 15	59
16	ค่าเฉลี่ยค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของผลผลิตทางปาล์มน้ำมันส่วนต่างๆ	62
17	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่างๆของทางปาล์มน้ำมัน	63

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
18	สมการทำนายปริมาณผลผลิต (predicted equation) ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (coefficient of determination: R^2) ของปาล์มน้ำมัน	64
19	ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำหนักรีด และวัตถุแห้ง ของทางปาล์มน้ำมันจากต้นที่มีช่อดอกเพศผู้ และเมีย ในลำดับชั้นต่างๆ (กรัม/ทาง)	66
20	ค่าเฉลี่ยของปริมาณอินทรีย์วัตถุ และเถ้า ของทางปาล์มน้ำมันจากต้นที่มีช่อดอกเพศผู้ และเมีย ในลำดับชั้นต่างๆ (กรัม/ทาง)	68
21	ค่าเฉลี่ยของความชื้น และวัตถุแห้งของทางปาล์มน้ำมันจากต้นที่มีช่อดอกเพศผู้และช่อดอกเพศเมียในลำดับชั้นต่างๆ	70
22	ค่าเฉลี่ยของอินทรีย์วัตถุ และเถ้า ของทางปาล์มน้ำมันจากต้นที่มีช่อดอกเพศผู้ และช่อดอกเพศเมียในลำดับชั้นต่างๆ	72
23	เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของปริมาณน้ำหนักรีด และวัตถุแห้งของทางปาล์มน้ำมันส่วนต่างๆที่มีเพศและลำดับชั้นของใบที่ต่างกัน (%)	74
24	เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของปริมาณอินทรีย์วัตถุ และเถ้า ของทางปาล์มน้ำมันส่วนต่างๆที่มีเพศและลำดับชั้นของใบที่ต่างกัน (%)	76
25	องค์ประกอบทางเคมีของทางปาล์มน้ำมันที่ใช้ส่วนของทางและกรรมวิธีการหมักที่ต่างกัน (% บนฐานวัตถุแห้ง)	79
26	องค์ประกอบทางเคมีทางปาล์มน้ำมันที่ใช้ส่วนของทางและกรรมวิธีการหมักที่ต่างกัน (% บนฐานวัตถุแห้ง)	80
27	อิทธิพลของตำแหน่งของใบปาล์มและกรรมวิธีการหมักทางปาล์มน้ำมันต่อปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุในแพะ	93
28	ค่าการสลายตัวของในกระเพาะรูเมนของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมนของส่วนต่างๆของทางปาล์มน้ำมันที่ผ่านกรรมวิธีการหมักที่แตกต่างกัน	98
29	ค่าการสลายตัวของในกระเพาะรูเมนของอินทรีย์วัตถุในกระเพาะรูเมนของส่วนต่างๆของทางปาล์มน้ำมันที่ผ่านกรรมวิธีการหมักที่แตกต่างกัน	100
30	ปริมาณ คุณสมบัติและองค์ประกอบของน้ำนมของแพะที่ได้รับทางปาล์มหมักเสริมด้วยอาหารชั้นระดับต่างๆ	102
31	ค่ายูเรียใน โตรเจน กลูโคส และฮอร์โมน ไตรไอโอโดไทโรนินในเลือดของแพะที่ได้รับทางปาล์มหมักด้วยกากน้ำตาลที่เสริมด้วยอาหารชั้นระดับต่างๆ	107

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ต้นปาล์มน้ำมันและองค์ประกอบของทางปาล์มน้ำมัน	6
2	ลักษณะเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันสายพันธุ์เทเนอรา คูรา และฟีลีเฟอรา	8
3	ส่วนประกอบของลำต้นปาล์มน้ำมัน	8
4	ลักษณะทางใบของปาล์มน้ำมัน (frond)	9
5	ผลและทะลายของปาล์มน้ำมัน	10
6	ประมาณการองค์ประกอบของต้นปาล์มและผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ไทยผลิตได้ ณ สิ้นสุดเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2546	11
7	แผนภูมิแสดงการตัดเก็บผลผลิตและวัสดุเหลือทิ้งจากปาล์มน้ำมัน	12
8	องค์ประกอบของน้ำมันมะพร้าว	28
9	เปอร์เซ็นต์โปรตีนของน้ำมันมะพร้าว	30
10	โรงเรือนที่ใช้ในการทดลอง	39
11	แสดงการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของรอยตัดตามแนวขวางของทางปาล์มน้ำมัน	43
12	แสดงการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของรอยตัดตรงตำแหน่งรอยตัดส่วนที่ตัดทิ้ง โดยตัดตามแนวขวางของทางปาล์มน้ำมัน	43
13	คอกทดลอง ซึ่งเป็นคอกที่ใช้ในการทดลอง	49

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

DM	= ปริมาณวัตถุแห้ง (Dry matter)
OM	= ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic matter)
Ash	= เถ้า (Ash)
CP	= โปรตีนรวม (Crude protein)
EE	= ไขมัน (Ether extract)
NFE	= คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ง่าย (Nitrogen free extractives)
NDF	= ปริมาณผนังเซลล์ทั้งหมด (Cell wall neutral detergent fiber)
ADF	= ปริมาณเยื่อใย lignocelluloses (Acid detergent fiber)
ADL	= ปริมาณลิกนิน (Acid detergent lignin)
ME	= พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (Metabolisable energy)
FS	= ตัวอย่างสด (Fresh sample)
EN	= การถนอมอาหารแบบหมักธรรมดา (Ensilage normal)
EM	= การถนอมอาหารแบบหมักด้วยกากน้ำตาล (Ensilage molasses)
LB	= ใบปล้ำมน้ำมัน (Leaf blade)
PT	= แกนทางปล้ำมน้ำมัน (Petiole)
TOF	= ทางปล้ำมน้ำมันทั้งทาง (Total fronds)
OPF	= ทางปล้ำมน้ำมัน (Oil palm fronds)
a	= ส่วนของวัตถุแห้งที่ละลายน้ำได้ง่าย (Water soluble fraction)
b	= ส่วนของวัตถุแห้งที่ไม่ละลายน้ำแต่สามารถถูกสลายได้ในระยะเวลา 'c' (The potential degradability of the component of dry matter, which will, in time be degraded)
c	= อัตราการสลายตัวคงที่ (The rate constant for the degradation of 'b')
Washingloss	= ส่วนของวัตถุแห้งที่สูญเสียระหว่างการล้างก่อนการย่อยละลายได้ในน้ำ
PTDG	= ค่าศักยภาพการสลายตัวของวัตถุแห้ง (Potential degradability)
Lagtime	= ช่วงระยะเวลาตั้งแต่อาหารตกลงสู่กระเพาะรูเมนจนถึงเวลาที่อาหารเริ่มถูกย่อยสลาย (ชั่วโมง)

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

ed2	= ประสิทธิภาพการสลายตัวของวัตถุแห้งภายในกระเพาะรูเมนที่อัตราเร็วการไหลผ่าน 0.05 Fraction/Hour (Effective degradation in the rumen at 0.05 fraction/h passage rate)
DM of Fresh Wg	= ปริมาณวัตถุแห้งของน้ำหนักสด (Dry matter of fresh weigh)
DM Intake (g/d)	= ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งกรัมต่อวัน (Dry matter intake g/d)
DM Intake (%BW)	= ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งเฉลี่ยต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว (%BW)
DM Intake (BW^{0.75})	= ปริมาณการกินอาหารในรูปวัตถุแห้งเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัว ^{0.75} (Dry matter intake metabolic body weight: BW ^{0.75})
OM Intake (g/d)	= ปริมาณการกินได้ของอินทรีย์วัตถุกรัมต่อวัน (Organic matter intake g/d)
OM Intake (%BW)	= ปริมาณการกินได้ของอินทรีย์วัตถุเฉลี่ยต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว (%BW)
OM Intake (BW^{0.75})	= ปริมาณการกินอาหารในรูปอินทรีย์วัตถุเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัว ^{0.75} (Organic matter intake metabolic body weight: BW ^{0.75})
DOMD, D-Value	= ค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุเฉลี่ยต่อปริมาณวัตถุแห้ง (Digestibility organic matter in the dry matter)
DM Digestibility	= ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง
OM Digestibility	= ค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ
BW^{0.75}	= Metabolic body weight ค่าเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัวสัตว์ทดลองที่ระดับ 0.75
SEM	= ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (Standard error of the mean)

ศักยภาพของทางปาล์มน้ำมันในการใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

Potential of Oil Palm Fronds for Ruminants Feed

คำนำ

ปัญหาที่สำคัญของการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องทั้งโคเนื้อ โคนม แพะ และแกะคือการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพดี และมีปริมาณเพียงพอตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง ซึ่งปัญหาดังกล่าวจำเป็นต้องได้รับการแก้ไขเป็นประการแรก ทั้งนี้เพื่อเป็นหลักประกันว่าสัตว์ที่เลี้ยงจะต้องมีอาหารหยابที่พอเพียงต่อความต้องการเพื่อให้สามารถตอบสนองต่อการผลิตได้ตามที่พันธุกรรมของสัตว์นั้นๆกำหนดเอาไว้ แต่ด้วยเหตุเพราะว่าเกษตรกรไทยมีพื้นที่จำกัดในการปลูกพืชอาหารสัตว์ เช่นในกรณีของฟาร์มโคนม ซึ่งเกษตรกรมีพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกหญ้าเฉลี่ยทั้งประเทศเพียง 0.65 ไร่ต่อตัวหรือประมาณ 13 ไร่ต่อฟาร์ม ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่ถูกใช้เพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจอย่างอื่น ดังนั้นพื้นที่ที่เป็นทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์สำหรับโคและกระบือจึงมีไม่พอต่อการใช้ในการผลิตพืชอาหารสัตว์ให้ได้ปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ได้ (สายพันธ์, 2547)

ปัญหาการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ดังกล่าวสามารถแก้ไขได้หลายแนวทางได้แก่ การเพิ่มการปลูกพืชอาหารสัตว์โดยการเปลี่ยนอาชีพบางอาชีพ เช่น เปลี่ยนจากอาชีพการปลูกมันสำปะหลังเป็นการปลูกพืชอาหารสัตว์ เป็นต้น การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรให้มากขึ้น รวมทั้งการปรับปรุงคุณภาพวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยاب ซึ่งการแก้ปัญหาด้วยวิธีดังกล่าวมีข้อดีข้อเสียและข้อจำกัดในทางปฏิบัติที่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะภาคใต้ของประเทศไทยแล้ว พบว่าแนวทางการเพิ่มปริมาณการผลิตพืชอาหารสัตว์ นอกจากจะทำได้ตามวิธีการต่างๆเหล่านั้นแล้ว การพัฒนาการใช้ทางปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งอาหารหยابของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ก็จะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่มีความเป็นไปได้สูงมาก ทั้งนี้เนื่องจากในเขตภาคใต้ มีแนวโน้มที่จะเพิ่มพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งจะมีผลพลอยได้ที่เป็นทางปาล์มจำนวนมาก ปกติเกษตรกรจะใช้ทางปาล์มดังกล่าวในการคลุมดิน ซึ่งก็จะเป็นประโยชน์ในการอนุรักษ์และบำรุงดิน แต่ถ้าหากสามารถนำส่วนดังกล่าวมาพัฒนาเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องก็จะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ด้วย ดังเช่นบางประเทศในแอฟริกา หรือในประเทศมาเลเซีย (Abu Hassan, 1995; Wan Zahari *et al.*, 2005; Mohd Sukri, 2003; Eng *et al.*, 2005) ได้นำมาพัฒนาเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องแล้ว

ในประเทศไทยก็มีการนำทางปาล์มน้ำมันมาใช้เป็นอาหารสัตว์กันแล้วในระดับหนึ่ง แต่ยังคงขาดการศึกษาถึงศักยภาพของทางปาล์มในการใช้เป็นอาหารสัตว์อย่างจริงจังทั้งในด้านปริมาณการให้ผลผลิตในแต่ละอายุการผลิต ปริมาณและคุณค่าของผลผลิตส่วนต่างๆของทางปาล์ม ผลของกรรมวิธีการถนอมที่มีต่อคุณค่า องค์ประกอบทางเคมี และค่าความเป็นประโยชน์ต่อสัตว์ การกินได้ และค่าการย่อยได้ของสัตว์ ตลอดจนการพัฒนาการใช้เป็นอาหารในรูปแบบต่างๆ ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เกษตรกรสามารถนำไปประยุกต์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์จากทางปาล์มได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงสมควรที่จะศึกษาศักยภาพของทางปาล์มน้ำมันในการใช้เป็นอาหารสัตว์เลี้ยงเอื้อง

วัตถุประสงค์

การศึกษาศักยภาพของทางปาล์มน้ำมันในการใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ทำการศึกษาถึงปริมาณวัตถุแห้งของผลผลิตทางปาล์มในแต่ละส่วนที่สามารถนำมาใช้เป็นอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ ทั้งในสภาพสด และปรับปรุงคุณภาพด้วยการหมักด้วยกรรมวิธีต่างๆ ตลอดจนศึกษาแนวทางในการใช้เป็นอาหารในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้สามารถใช้ทางปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งอาหารหยาบของสัตว์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสัตว์มีการยอมรับที่ดี ให้ผลผลิตที่มีคุณภาพดี ตลอดจนไม่มีผลกระทบในเชิงลบต่อสุขภาพของสัตว์ โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. ศึกษาผลผลิต องค์ประกอบทางเคมีและค่าความเป็นประโยชน์ของทางปาล์มน้ำมันทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพ โดยการหมักด้วยกรรมวิธีต่างๆ
2. ศึกษาผลของการใช้ทางปาล์มน้ำมันที่ผ่านกรรมวิธีการปรับปรุงคุณภาพ โดยการหมักด้วยกรรมวิธีการต่างๆ ที่มีผลต่อปริมาณการกินได้และค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ ตลอดจนค่าศักยภาพการสลายตัวของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง
3. ศึกษาผลของการใช้ทางปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับอาหารชั้นระดับต่างๆ ที่มีต่อปริมาณและคุณภาพของน้ำนมแพะ

การตรวจเอกสาร

ปาล์มน้ำมัน

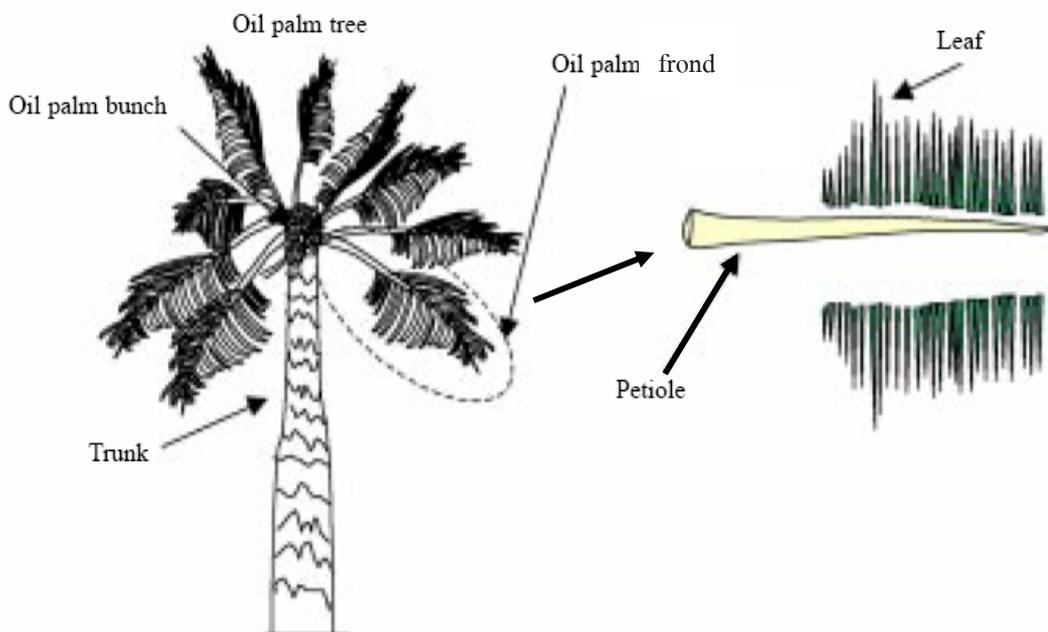
ปาล์มน้ำมัน (Oil palm) (*Elaeis guineensis* Jacq.) มีถิ่นกำเนิดในแอฟริกา โดยมีหลักฐานทางประวัติศาสตร์ว่าชาวพื้นเมืองแถบแอฟริกา มีการเพาะปลูกปาล์มน้ำมันกันมาช้านาน (Chevalier, 1934) แต่การปลูกในระยะแรกนั้นยังมิได้มีการปลูกแบบเป็นการค้า ซึ่งเริ่มมีการปลูกเป็นการค้าครั้งแรกราวคริสต์ศตวรรษที่ 16 ต่อจากนั้นการเพาะปลูกปาล์มน้ำมันในทวีปแอฟริกาได้ขยายตัวออกไปในประเทศแถบแอฟริกาตะวันตก และมีการขยายตัวมาถึงประเทศมาเลเซีย (Zaven, 1965; Espinal, 1986; Garza, 1986) ซึ่งได้เริ่มปลูกปาล์มน้ำมันครั้งแรกในราวปี พ.ศ. 2413 ต่อมาก็ได้รับความสนใจ และมีการค้นคว้าวิจัยครั้งแรกที่กรมวิชาการเกษตรในรัฐ Selangor ทำให้การปลูกปาล์มน้ำมันเป็นการค้าครั้งแรกในประเทศมาเลเซีย เริ่มในปี พ.ศ. 2460 ที่ Tennamaran Estate และที่ Estate ของรัฐ Selangor และเริ่มเข้าสู่ประเทศไทยโดยการนำมาปลูกเป็นครั้งแรกโดยพระยาประคิพัทธ์ ภูบาล เมื่อ พ.ศ. 2472 โดยปลูกเป็นไม้ประดับที่สถานีทดลองยางคองหงส์ จังหวัดสงขลา และสถานีกสิกรรมพลั่ว จังหวัดจันทบุรี (ศักดิ์ศิลป์ และคณะ, 2545; ชีระ, 2547) ส่วนการส่งเสริมการปลูกเป็นพื้นที่ใหญ่เริ่มเมื่อ พ.ศ. 2511 โดยโครงการนิคมสร้างตนเองพัฒนาภาคใต้ จังหวัดสตูล ประมาณ 20,000 ไร่ และโครงการบริษัทอุตสาหกรรมน้ำมันและสวนปาล์มจำกัด (สวนเจียร วานิช) ตำบลปลายพระยา อำเภออ่าวลึก จังหวัดกระบี่ ประมาณ 20,000 ไร่ หลังจากนั้นก็มีการขยายพื้นที่ปลูกอย่างรวดเร็ว (ชายและคณะ, 2547)

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีศักยภาพในการแข่งขันสูงกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ ทั้งด้านการผลิตและการตลาด ส่วนแบ่งการผลิตน้ำมันปาล์มต่อน้ำมันพืชของโลกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็วจากร้อยละ 11.7 ในช่วงปี 2519-2543 เพิ่มเป็นร้อยละ 27.5 ในช่วงปี 2544-2548 และคาดว่าจะเพิ่มสูงขึ้นเป็นร้อยละ 31.2 ในช่วงปี 2559-2563 โดยมีประเทศผู้ผลิตที่สำคัญคือมาเลเซีย และอินโดนีเซีย (พรรณีย์, 2548) ซึ่งรวมกันมีพื้นที่ปลูกที่ให้ผลผลิตแล้วจำนวน 37.04 ล้านไร่ มีผลผลิตน้ำมันปาล์มคิดเป็นร้อยละ 83 ของปริมาณการผลิตทั้งหมดและมีปริมาณส่งออกน้ำมันปาล์มร้อยละ 90 ของปริมาณที่ผลิตได้ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 48 ของตลาดน้ำมันโลกถึงแม้ว่าการปลูกปาล์มน้ำมันเพื่อการค้าในประเทศไทยจะเพิ่งมีเมื่อ พ.ศ. 2511 นี้ก็ตาม แต่ด้วยเพราะเป็นพืชที่ให้ผลตอบแทนแก่เกษตรกรเป็นอย่างดี จึงทำให้มีผู้สนใจและมีบริษัทปลูกปาล์มเกิดขึ้นมาก (ศักดิ์ศิลป์ และคณะ, 2545)

จากข้อมูลของปี พ.ศ. 2546 พบว่ามีพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิตทะลายน้ำมันสด จำนวน 1,750,000 ไร่ จากพื้นที่ปลูกปาล์มทั้งหมด 2,100,000 ไร่ (ชายและคณะ, 2547) ในส่วนนี้พบว่าภาคใต้มีพื้นที่ปลูกมากที่สุด ซึ่งได้แก่ จังหวัดกระบี่ สุราษฎร์ธานี ชุมพร สตูลและตรัง โดยจังหวัดกระบี่ปลูกมากที่สุดจำนวน 537,637 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 39.40 และรองลงมาได้แก่จังหวัดสุราษฎร์ธานี 405,213 ไร่ และจังหวัดชุมพร 216,798 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 29.70 และ 15.89 ของพื้นที่ปลูกทั้งประเทศ ปัจจุบันคาดว่ามีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันประมาณ 2,000,000 ไร่ จาก 20 จังหวัด จำนวนเกษตรกรประมาณ 53,800 ครอบครัว และในจำนวนนี้ประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ และเกษตรกรจะอยู่ใน 3 จังหวัดคือ จังหวัดกระบี่ สุราษฎร์ธานี และชุมพร (ปรัชญา, 2548; ประยงค์, 2548) และเนื่องจากการขาดแคลนพลังงานจึงทำให้ภาครัฐมีนโยบายเพิ่มปริมาณการปลูกปาล์มน้ำมันขึ้นเรื่อยๆจึงทำให้มีผลพลอยได้จากปาล์มน้ำมันที่ต้องทิ้งเป็นจำนวนมาก ซึ่งควรที่จะหาช่องทางเพื่อนำปริมาณชีวมวล (biomass) ดังกล่าวมาใช้ในแนวทางที่เหมาะสมได้

ลักษณะทั่วไปของปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันเจริญเติบโตในสภาพร้อนชื้นมีฝนตกชุกในทวีปแอฟริกา อเมริกาใต้ และแถบเอเชีย (Abu Hassan *et al.*, 1994) ซึ่งพืชตระกูลปาล์ม (*Palmae*) จะมีลักษณะเช่นเดียวกับมะพร้าว สกุล *Elaeis* ซึ่งมีอยู่ 3 ชนิด คือ *Elaeis guineensis* (African oil palm), *Elaeis oleifera* (South american oil palm) *Elaeis odora* (American oil palm) โดย *Elaeis guineensis* เป็นปาล์มน้ำมันที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ นิยมปลูกเป็นการค้าเพราะให้ผลผลิตสูง ส่วนอีก 2 ชนิดไม่นิยมปลูกเพราะเจริญเติบโตช้า (ศักดิ์ศิลป์ และคณะ, 2545) ลำต้นของปาล์มมีลักษณะเป็นต้นเดี่ยวรูปร่างทรงกระบอกมีเนื้อเยื่อเจริญเฉพาะตรงปลายยอด ลำต้นอาจสูงถึง 20-30 เมตร เมื่ออายุมากกว่า 10 ปี ขึ้นไป จะมีทางใบ (frond) เกิดขึ้นที่รวบยอด (crow) ประมาณ 40-50 ทาง โดยจะมีการสร้างประมาณเดือนละ 2 ทาง ซึ่งเป็นลักษณะจำเพาะมีระเบียบในแต่ละข้างของก้านใบ (rachis) แขนทางใบ (petiole) ที่ริมทั้งสองข้างมีหนาม ใบย่อย (leaflet) (ภาพที่ 1) ประมาณ 150-250 ใบ โดยเรียงอยู่ในลักษณะสองระดับเหลื่อมกันอย่างเป็นระเบียบในแต่ละข้างของแกนทางใบ (ศักดิ์ศิลป์ และคณะ, 2541)



ภาพที่ 1 ต้นปาล์มน้ำมันและองค์ประกอบของทางปาล์มน้ำมัน

ที่มา: คัดแปลงจาก Wan Zahari *et al.*, (2003)

พันธุ์ปาล์มน้ำมัน

ต้นปาล์มน้ำมันมีลักษณะของผล แตกต่างกันซึ่งเป็นผลมาจากยีนควบคุมความหนาของกะลา 1 คู่ (single gene) จำแนกลักษณะผล (fruit type) ซึ่งพันธุ์ปาล์มน้ำมันจะมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ โดยพิจารณาจากลักษณะผล คือ ความหนาของกะลาในผลปาล์มเป็นลักษณะสำคัญ (ตารางที่ 1) เพื่อแยกความแตกต่างในแต่ละพันธุ์จะแบ่งชนิดปาล์มได้ 3 แบบดังนี้ (ภาพที่ 2) (เรวัต, 2541; อรรถัน และคณะ, 2547; ปรัชญา, 2548; ประยงค์, 2548)

1. พันธุ์ดुरา (Dura) มีชั้นนอกของเปลือกที่ให้น้ำมันร้อยละ 35-60 ของน้ำหนักผลปาล์ม พันธุ์ปาล์มน้ำมันดुरาที่ตีพบในแถบตะวันออก เรียกว่า Deli Dura (วินาภรณ์ และคณะ, 2541) ซึ่งให้น้ำมันต่อทะลายประมาณร้อยละ 18-19.5 กะลาหนาประมาณ 2-8 มิลลิเมตร หรือร้อยละ 25-30 ของน้ำหนักผล และมีเปลือกชั้นนอกหนา 20-60 มิลลิเมตร ปาล์มน้ำมันดुरามีกะลาหนามากๆ 4-8.5 มิลลิเมตร หรือร้อยละ 50 ของน้ำหนักผล ล้อมรอบเนื้อเยื่อในเมล็ด มีส่วนเปลือกนอกบาง

ในประเทศมาเลเซียส่วนใหญ่เป็นพวก Deli Dura ซึ่งแตกต่างไปจาก African Dura ตรงที่ผลมีความหนาของเปลือกชั้นนอกมากกว่า ปัจจุบันไม่ค่อยนิยมปลูกกันมากนักเพราะให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ แต่พันธุ์คูรานี้ใช้เป็นแม่พันธุ์สำหรับผลิตลูกผสมพันธุ์เทนอรา

2. พันธุ์ฟีลีเฟอรา (Pisifera) ลักษณะของผล มีเปลือกชั้นนอกหนากว่าพันธุ์คูรา (ประมาณ 5-10 มิลลิเมตร) กะลาบาง มีจำนวนทะลายต่อต้นมากกว่าพันธุ์คูรา แต่ขนาดของทะลายเล็กกว่า มีข้อเสียคือ ขนาดของผลเล็ก ช่อดอกตัวเมียมักเป็นหมัน กะลาที่ล้อมรอบเนื้อเมล็ดในบาง ปัจจุบันไม่นิยมปลูกเป็นการค้า เพราะพันธุ์ฟีลีเฟอราให้จำนวนทะลายต่อต้นน้อย เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์การฟ่อของดอกตัวเมียสูง ปัจจุบันใช้พันธุ์นี้เป็นพ่อพันธุ์สำหรับผลิตพันธุ์ลูกผสมเทนอรา

3. พันธุ์เทนอรา (Tenera) พันธุ์นี้แนะนำให้ปลูกเป็นพันธุ์ผสมระหว่างพันธุ์คูรากับพันธุ์ฟีลีเฟอรา โดยวิธีการผสมพันธุ์ใช้ละอองเกสรตัวผู้จากพันธุ์ฟีลีเฟอราเป็นต้นพ่อพันธุ์กับดอกตัวเมียพันธุ์คูราเป็นต้นแม่พันธุ์ (DXP) พันธุ์เทนอรามีกะลาบาง (0.5-4 มิลลิเมตร) และมีน้ำหนักทะลายประมาณ 22-25 กิโลกรัม มีทะลายดกกว่าพันธุ์คูราประมาณร้อยละ 25 จึงมักปลูกเป็นการค้า ลักษณะผลดิบสีดำ เมื่อสุกเปลือกนอกมีสีส้มแดง กะลาบาง ให้น้ำมันปาล์มสูง (วินากรม์ และคณะ, 2541) และเมล็ดพันธุ์เทนอราที่ผลิตได้ในปัจจุบัน กระทำด้วยวิธีการขยายพันธุ์โดยใช้เทคนิคการเลี้ยงเนื้อเยื่อจากส่วนของราก ขอดอ่อนและช่อดอก ให้เป็นต้นกล้าปาล์มได้ แต่ยังไม่นิยมปลูกเป็นการค้า เพราะการพัฒนาของดอกในบางสายพันธุ์ยังมีลักษณะผิดปกติอยู่มาก

ตารางที่ 1 ลักษณะพันธุ์ปาล์มน้ำมัน

ลักษณะ	คูรา	เทนอรา	ฟีลีเฟอรา
1. ความหนากะลา (มม.)	2-8	0.5-4	บางมาก
2. เส้นใยรอบกะลา	-	มี	มี
3. ผล/ทะลาย (%)	60	60	มักเป็นหมัน
4. เปลือกนอก/ ผล (%)	60-65	75-85	92-97
5. กะลา/ ผล (%)	4-20	3-28	3-8
6. น้ำมัน/ เปลือกนอก (%)	50	50	50
7. น้ำมัน/ ทะลาย (%)	18-19.5	22.5-25.5	25-30

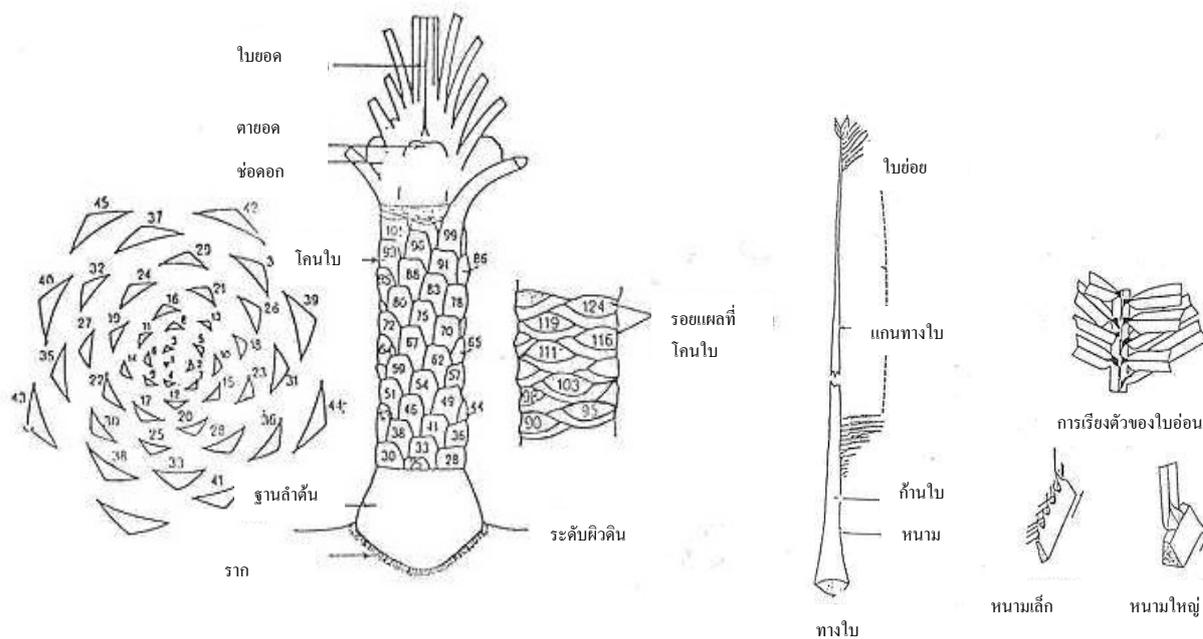
ที่มา: วิชัย และคณะ (2546)



ภาพที่ 2 ลักษณะเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันสายพันธุ์ เทเนอรา คูรา และ ฟิลิเฟอรา
ที่มา: คัดแปลงจากออร์ตัน และคณะ (2547)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

พันธุ์ที่นิยมปลูกโดยทั่วไปคือพันธุ์เทเนอรา ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสมมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ดังนี้ (เกียรติเกษตร และคณะ, 2531; กลุ่มเกษตรสัญจร, 2543) (ภาพที่ 3)

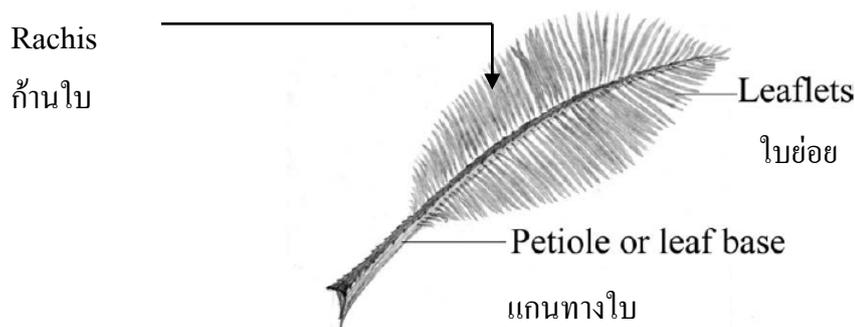


ภาพที่ 3 ส่วนประกอบของลำต้นปาล์มน้ำมัน
ที่มา: คัดแปลงจากศักดิ์ศิลป์ และคณะ (2545)

ราก ระบบรากเป็นแบบรากฝอย (fibrous root system) แยกประสานไปมาอย่างหนาแน่น รากที่อยู่เกือบทั้งหมดจะเจริญอยู่ตามแนวนอน ในระดับใกล้ผิวดินที่มีความลึกประมาณ 2 เมตร ส่วนฐานของลำต้นเป็นรากใหญ่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1-6 มิลลิเมตร

ลำต้น เป็นลำต้นเดี่ยวตั้งตรง ภายในประกอบไปด้วยเส้นใย ไม่มีเนื้อเยื่อเจริญ จึงมักพบว่าหากลำต้นของปาล์มเกิดมีบาดแผลจะไม่มีเนื้อไม้งอกขึ้นมาแทนที่ ขณะเดียวกันหากส่วนยอดของปาล์มถูกทำลายจะด้วยเหตุใดก็ตาม จะเป็นเหตุทำให้ต้นตายได้ง่าย เนื่องจากต้นปาล์มจะมีเนื้อเยื่อเจริญอยู่ที่บริเวณยอดเพียงจุดเดียว

ใบ การเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันในช่วงระยะ 3 ปีแรก จะมีการเจริญเติบโตทางด้านข้างก่อนคือ จะมีการสร้างทางใบใหม่ขึ้นเรื่อยๆ ต่อเมื่อมีอายุหลังจาก 4 ปีไปแล้ว ทางใบของปาล์มน้ำมันมีลักษณะคล้ายกับทางใบของมะพร้าว เป็นรูปขนนก (pinnate) ในแต่ละทางใบจะแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนแกนกลางที่มีใบย่อยอยู่ 2 ข้าง และส่วนก้านทางใบ ซึ่งมีขนาดสั้นกว่าส่วนแรก และมีหนามสั้นๆอยู่ 2 ข้าง แต่ละทางมีใบย่อย 100-160 คู่ ในแต่ละใบย่อยยาว 100-120 เซนติเมตร กว้าง 4-6 เซนติเมตร (ภาพที่ 4) การสร้างทางใบตามปกติของปาล์มน้ำมันจะมีอยู่ประมาณ 20-39 ทางใบต่อต้นต่อปี



ภาพที่ 4 ลักษณะทางใบของปาล์มน้ำมัน (frond)

ที่มา: Bergert (2000)

ช่อดอก ปาล์มน้ำมันเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่มีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกกันอยู่คนละดอก แต่อยู่ในต้นเดียวกัน ดอกตัวผู้มีความยาวประมาณ 3-6 มิลลิเมตร กว้าง 2 มิลลิเมตร ดอกตัวเมียมีสีขาวยาวประมาณ 14 มิลลิเมตรและกว้าง 8 มิลลิเมตร

ผลหรือทะลายน้ำมันหนึ่งทะลายประกอบด้วย ก้านทะลาย ช่อทะลายย่อย และผล ในการปลูกปาล์มน้ำมันเพื่อเป็นการค้าส่วนใหญ่จะต้องการทะลายปาล์มที่มีน้ำหนัก 10-25 กิโลกรัม ผลปาล์มน้ำมันจัดอยู่ในประเภทผลไม้ที่ไม่มีเมล็ดแข็ง ไม่มีก้าน รูปร่างของผลมีหลายแบบตั้งแต่รูปรียาวเหลี่ยมไปจนถึงรูปไข่ยาวรี (ภาพที่ 5) (กลุ่มเกษตรสัญจร, 2543)



ภาพที่ 5 ผลและทะลายของปาล์มน้ำมัน

ที่มา: อรรถัน และคณะ (2547)

ลักษณะโดยทั่วไปของทางปาล์มน้ำมัน

ต้นปาล์มน้ำมันจะให้ผลผลิตที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ ดังนั้นทางปาล์มน้ำมันซึ่งเป็นผลพลอยได้หลักจากอุตสาหกรรมทางการเกษตรของปาล์มน้ำมันในรูป ใบ และแกนทาง จึงมีค่อนข้างมาก ปัจจุบันได้มีนักวิจัยที่ให้ความสำคัญในการนำมาเป็นอาหารหยาบของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Abu Hassan, 1995; Wan Zahari *et al.*, 2005; Mohd Sukri, 2003; Eng *et al.*, 2005) เนื่องจากต้นปาล์มน้ำมันสามารถสร้างทางใบโดยเฉลี่ยประมาณปีละ 18 – 25 ทาง มีทางใบเหลือบนต้นประมาณ 35 – 50 ทาง ใบที่แก่จะแห้งหรือหลุดไปจากต้น ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับอายุของต้นปาล์ม ต้นปาล์มที่อายุน้อยจะมีจำนวนทางใบเหลือมาก ต้นปาล์มอายุมากจะมีจำนวนทางใบเหลือน้อย ในทางทฤษฎีต้องการตัดทางใบออกให้น้อยที่สุด หรือให้เหลือทางใบบนต้นมากที่สุด เพื่อช่วยในการปรุงอาหาร แม้พบว่าการตัดทางใบออกเป็นจำนวนมาก จะทำให้พืชสร้างช่อดอกเพิ่มมากขึ้น แต่ในทางปฏิบัติมักตัดทางใบให้

เหลือรองรับทะลายปาล์มเพียง 2 ทาง ซึ่งนิยมทำในขณะที่เก็บเกี่ยว ถ้าปล่อยให้ทางใบเหลือบนต้นมากเกินไป จะทำให้เก็บเกี่ยวไม่สะดวก (ศูนย์วิจัยพืชสวนสุราษฎร์ธานี, 2532)

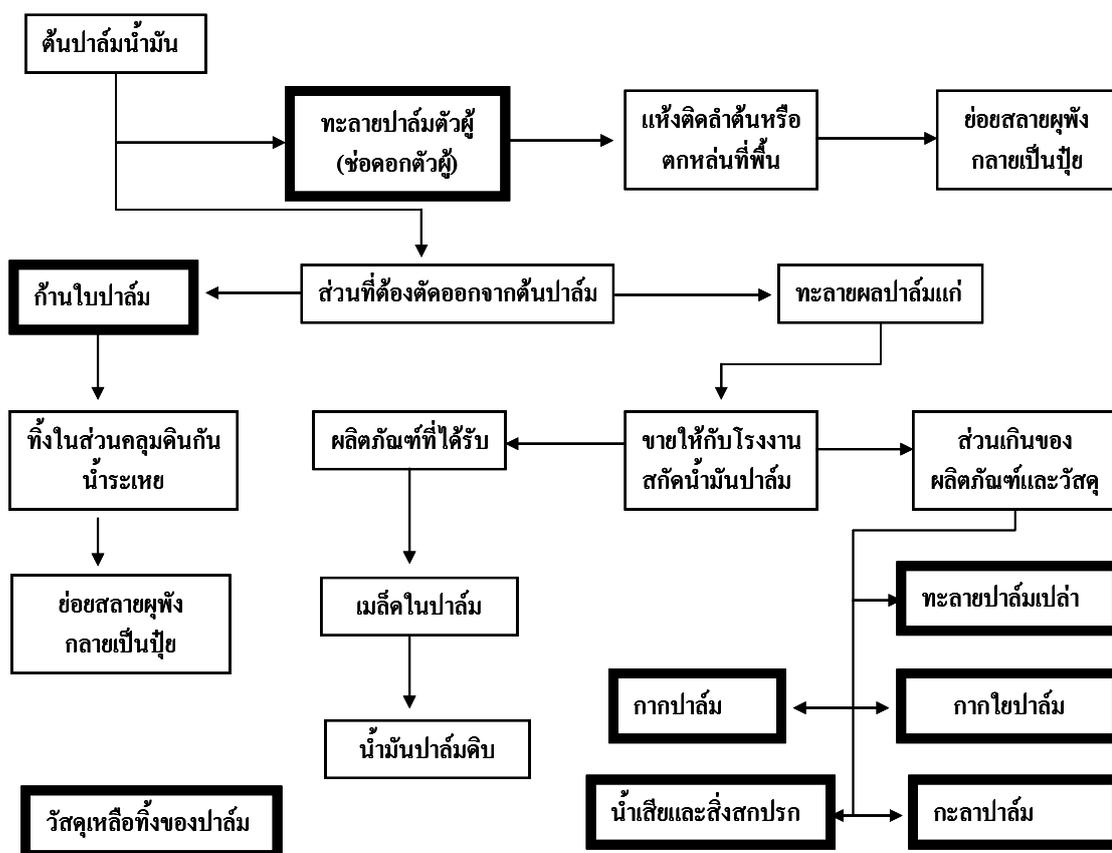
เนื่องจากปาล์มน้ำมันสามารถให้ผลผลิตตลอดทั้งปี ปาล์มเล็กสามารถผลิตทางใบประมาณ 3 ทาง/เดือน และเมื่อปาล์มมีอายุมากขึ้น อัตราการผลิตทางใบจะลดลงเหลือประมาณ 1.6 ถึง 2.0 ทาง/เดือน (ชัยรัตน์ และคณะ, 2538) จากรายงานธีระ และคณะ (2546) พบว่าพื้นที่ปลูกปาล์มทั้งหมดใน พ.ศ. 2546 มีจำนวน 1,800,000 ไร่ มีพื้นที่เก็บเกี่ยว 1,350,000 ไร่ มีปริมาณต้นปาล์มน้ำมันทั้งประเทศ 39,600,000 ต้น (คิดที่ 22 ต้น/ไร่) น้ำหนักของใบที่ตัดทิ้ง 1,336,500 ตัน/ปี (ตัดทิ้ง 15 ทางใบ/ต้น/ปี คิดที่ 3 กก./ทางใบ) (ภาพที่ 6) ซึ่งทางใบปาล์มที่ต้องตัดทิ้งคิดเป็น 70 เปอร์เซ็นต์ (Mohd Sukri, 2003; Eng *et al.*, 2005) ของผลผลิตผลพลอยได้จากต้นปาล์ม และจำนวนทางปาล์มน้ำมันนั้นจะแปรผันไปตามอายุของปาล์มด้วย (ตารางที่ 2) สำหรับในประเทศไทยมาเลเซีย Wan Zahari *et al.*, (2005) ได้รายงานผลผลิตในรูปวัตถุแห้งของทางปาล์มน้ำมันประมาณ 36 ล้านตันต่อปี ที่เหลือจากการตกแต่งต้นปาล์มทั้งหมด



ภาพที่ 6 ประมาณการองค์ประกอบของต้นปาล์มและผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ประเทศไทยผลิตได้ ณ สิ้นสุดเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2546

ที่มา: ธีระ (2547)

ดังนั้นการใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากทางปาล์มน้ำมันก็เป็นประเด็นที่น่าสนใจ โดยส่วนที่เกษตรกรจะต้องตัดออกจากต้นปาล์มมี 2 ส่วนคือ ทางใบปาล์ม ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่จะตัดแล้วนำมากองไว้ในร่องสวนเพื่อกั้นการระเหยของน้ำในดิน และทะลายปาล์มแก่ซึ่งเกษตรกรจะตัดส่งขายให้โรงงาน เพื่อสกัดน้ำมันปาล์มและเมล็ดในปาล์ม ส่วนที่เหลือได้แก่ทะลายปาล์มเปล่า กากใบปาล์ม กะลาปาล์ม และกากปาล์ม (ภาพที่ 7) ดังนั้นวัสดุเหลือทิ้งจากต้นปาล์มน้ำมันจึงมีจำนวนมาก แต่ที่น่าสนใจก็คือทางปาล์มน้ำมัน (วิชัย และคณะ, 2546) เนื่องจากข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ผลพลอยได้จากทางปาล์มน้ำมันเป็นอาหารสัตว์ในประเทศไทยยังมีค่อนข้างน้อย โดยเฉพาะข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ทางปาล์มหมักแทบจะไม่มีออกมาให้เห็นเลย เท่าที่ปรากฏจะมีจำกัดอยู่เพียงพืชหมักบางชนิดเท่านั้น เช่น ข้าวโพดหมัก หญ้าเนเปียร์หมัก (องอาจ, 2547) หรือหญ้าชนิดอื่นๆ และเมื่อพิจารณาการนำทางปาล์มน้ำมันมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมสำหรับโคเนื้อ โคนม แพะ และแกะ ซึ่งเป็นเรื่องที่มีความจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาเป็นอย่างยิ่ง ทั้งนี้เพื่อที่จะได้ข้อมูลที่สามารถใช้ผลพลอยจากปาล์มน้ำมันที่มีในท้องถิ่นมาประยุกต์ใช้ในการเลี้ยงสัตว์ก็จะเป็นโอกาสที่ดี



ภาพที่ 7 แผนภูมิแสดงการตัดเก็บผลผลิตและวัสดุเหลือทิ้งจากปาล์มน้ำมัน

ที่มา: ดัดแปลงจากวิชัย และคณะ (2546)

ตารางที่ 2 น้ำหนักก้านทางใบปาล์มน้ำมันจำแนกตามช่วงอายุ

อายุ ปาล์ม น้ำมัน ก้าน (ปี)	จำนวน ตัวอย่าง ก้านปาล์ม	น.น. รวมทั้งก้านใบ (กก.)		น.น. เฉพาะก้าน (กก.)		น.น. เฉพาะใบ (กก.)	
		น.น. รวม	เฉลี่ย/ใบ	น.น. รวม	เฉลี่ย/ใบ	น.น. รวม	เฉลี่ย/ใบ
3	18	59.4	3.3	45.0	2.5	14.4	0.8
4	18	75.6	4.2	59.4	3.3	16.2	0.9
5	24	112.8	4.7	84.0	3.5	28.8	1.2
6	15	130.0	5.2	97.5	3.9	32.5	1.3
7	48	283.2	5.9	211.2	4.4	72.0	1.5
8	78	546.0	7.0	421.2	5.4	124.8	1.6
9	33	293.7	8.9	231.0	7.0	62.7	1.9
10	39	401.7	10.3	315.9	8.1	85.8	2.2
11	12	144.0	12.0	114.0	9.5	30.0	2.5
12	33	415.8	12.6	326.7	9.9	89.1	2.7
13	9	116.1	12.9	92.7	10.3	23.4	2.6
14	18	237.6	13.2	187.2	10.4	50.4	2.8
15	3	39.3	13.1	31.2	10.4	8.1	2.7
16	6	78.0	13.0	61.8	10.3	16.2	2.7
17	3	39.3	13.1	30.9	10.3	8.4	2.8
18	6	78.0	13.0	61.8	10.3	16.2	2.7
รวม/ เฉลี่ย	390	3,050.5	7.8	2,371.5	6.1	679.0	1.7

ที่มา: วิจัย และคณะ (2546)

การใช้ทางปาล์มน้ำมันเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

การใช้ทางปาล์มเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง สามารถใช้ได้ทั้งรูปสด หมัก หรือใช้ร่วมกับอาหารอื่น (Abu Hassan *et al.*, 1995; Ishida and Abu Hassan 1997; Oshio *et al.*, 1999) เนื่องจากทางปาล์มน้ำมันมีองค์ประกอบของวัตถุแห้งประมาณ 31 เปอร์เซ็นต์ มีรายงานว่าการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการจะมีค่าอยู่ประมาณ 35.6 เปอร์เซ็นต์ (Abu Hassan and Ishida, 1991) ทางปาล์มน้ำมันจะมีส่วนของเฮมิเซลลูโลสประมาณ 18.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความชื้นที่ประกอบในส่วนใบและทางจะอยู่ระหว่าง 54-56 และ 75-79 เปอร์เซ็นต์ จากรายงานของ Idris and Mohd Najib (2003) การนำทางปาล์มน้ำมันและผลพลอยได้จากการปลูกปาล์มน้ำมันมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า มีโปรตีน (crude protein: CP) เยื่อใย (crude fiber: CF) ผนังเซลล์ (neutral detergent fiber: NDF) กรดอินทรีย์ (acids detergent fiber: ADF) (ether extract: EE) เถ้า (ash) และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (metabolisable energy: ME) เท่ากับ 4.7, 38.5, 78.7, 55.6, 2.1, 3.2 และ 5.65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3) แต่เมื่อนำทางปาล์มน้ำมันมาหมักจะมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนรวมสูงถึง 6.7 เปอร์เซ็นต์ (Idris and Najib, 2003.) ขณะที่ Mohd Sukri (2003) ได้วิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์กับทางปาล์มน้ำมัน (ตารางที่ 4) เพื่อนำมาใช้เลี้ยงโคเนื้อ ซึ่งจะเห็นว่าใบปาล์มน้ำมัน (leaflets) มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนและแคลเซียมสูงกว่าหญ้าเนเปียร์ ธรรมชาติส่วนแกนทางปาล์มน้ำมัน (petioles) มีปริมาณของเยื่อใยและโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (TDN) สูง ซึ่งค่า TDN ที่สูงในส่วนแกนทางปาล์มนั้นเนื่องจากมีองค์ประกอบของแป้งโดยเฉพาะเมื่อมีการสับในสภาพสด จึงทำให้ค่าดังกล่าวสูง

การใช้ทางปาล์มเป็นอาหารสัตว์โดยที่ไม่ผ่านการถนอมควรใช้ทางปาล์มสับขนาด 2 เซนติเมตร ให้กินในสภาพสดเสริมด้วยอาหารอื่น (วันวิสาข์, 2549) หรืออาจจะหมักทางใบปาล์มร่วมกับวัตถุดิบแหล่งพลังงาน เช่น กากน้ำตาล ข้าวโพดบด เป็นต้น เพื่อช่วยให้กระบวนการหมักเกิดได้ดีขึ้น การหมักทำให้โปรตีนในทางใบปาล์มหมักสูงขึ้นเป็นร้อยละ 6-7 และหากมีการเสริมยูเรียร้อยละ 1-2 ลงไปหมักร่วมกับทางใบปาล์ม จะทำให้ระดับโปรตีนในทางใบปาล์มหมักเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 12 (วันวิสาข์, 2549) Mohd Sukri (2003) ก็ได้รายงานว่า การหมักทางปาล์มน้ำมันด้วยยูเรียในระดับที่เหมาะสมจะทำให้อัตราการเน่าค้ำและกระบวนการหมักดีขึ้น แต่การหมักด้วยยูเรียจะให้ค่า pH และกรดอะซิติกสูง เนื่องจากทางปาล์มน้ำมันประกอบด้วยไนโตรเจนหรือโปรตีนค่อนข้างต่ำ ดังนั้นถ้านำมาหนึ่งด้วยความดันสูงก็จะช่วยในด้านการย่อยได้ของสัตว์

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมี และค่าโภชนะของทางปาล์มน้ำมันและผลพลอยได้อื่นๆของ
ปาล์มน้ำมัน (% วัตถุแห้ง)

ผลพลอยได้จากปาล์มน้ำมัน	CP	CF	NDF	ADF	EE	Ash	ME (MJ/kg)
กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน	17.2	17.1	74.3	52.9	1.5	4.3	11.13
กากตะกอนปาล์มน้ำมัน	12.5	20.1	63.0	51.8	11.7	19.5	8.37
เส้นใยปาล์มน้ำมัน	5.4	41.2	84.5	69.3	3.5	5.3	4.21
ทางปาล์มน้ำมัน	4.7	38.5	78.7	55.6	2.1	3.2	5.65
ต้นปาล์มน้ำมัน	2.8	37.6	79.8	52.4	1.1	2.8	5.95
ผลปาล์มน้ำมัน	3.7	48.8	81.8	61.6	3.2	-	-

ที่มา: คัดแปลงจาก Wan Zahari *et al.*, (2003)

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของทางปาล์มน้ำมันเปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์

รายการ	DM (%)	CP (%)	EE (%)	NFE (%)	CF (%)	Ash (%)	Ca (%)	P (%)	TDN (%)	ME (MJ/kg)
OPF (ใบ)	42.5	10.0	1.8	46.5	34.9	5.9	0.54	0.25	33.5	4.62
OPF (ทาง)	34.9	2.1	0.6	44.5	47.3	5.5	0.32	0.05	36.1	5.14
OPF (ใบ+ทาง)	36.4	5.8	1.2	43.3	44.8	6.6	0.55	0.09	35.1	4.90
หญ้าเนเปียร์	31.6	6.2	1.9	46.2	46.9	6.8	0.36	0.14	41.6	5.95

ที่มา: คัดแปลงจาก Mohd Sukri (2003)

Asada *et al.*, (1991) ได้ทำการทดลอง ใช้ทางปาล์มน้ำมันอัดเม็ดขนาด 9 มิลลิเมตร ยาว 3-5 เซนติเมตร ในสูตรอาหาร 33.3 เปอร์เซ็นต์ ให้การย่อยได้ของโภชนะในโคเฉลี่ย 0.93 กิโลกรัมต่อวัน และเมื่อผสมทางปาล์มน้ำมันอัดเม็ดที่ 30 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้สามารถให้นมได้ถึง 21.8 ลิตรต่อวัน การกินได้ประมาณ 14 กิโลกรัมต่อวัน ทำให้มีอัตราการเจริญเติบโต 0.8-0.9 กิโลกรัมต่อวัน แต่ถ้าให้โคเนื้อกินก็สามารถกินได้ประมาณ 7 กิโลกรัมต่อวัน (Abu Bakar *et al.*, 2001; Mohd Sukri *et al.*, 1999; Wan Zahari *et al.*, 2003) สำหรับการอัดเม็ดทางปาล์มน้ำมันแล้วนำมาเลี้ยงแพะและแกะก็จะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเช่นกัน ดังตารางที่ 5 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของทางปาล์มน้ำมันเมื่อนำมาอัดเม็ด (pellet) และเป็นแท่ง(cube) ที่เหมาะสำหรับเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจากจะทำให้อัตราการไหลผ่านในลำไส้เร็วขึ้น และขนาดของก้อน (cube) ประมาณมากกว่า 15 มิลลิเมตร และสำหรับการอัดเม็ดมีขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร ซึ่งเหมาะสมสำหรับประสิทธิภาพการย่อยได้ของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (Wan Zahari *et al.*, 2003)

ตารางที่ 5 คุณค่าทางโภชนาการของอาหารสัตว์ชนิดต่างๆที่ใช้ผลพลอยได้จากทางปาล์มน้ำมันเป็นวัตถุดิบในการผลิตในรูปแบบที่ต่างกัน

โภชนะ (เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบ)	โคเนื้อ อัดเม็ด	โคเนื้อ อัดแท่ง	แพะ/แกะ อัดเม็ด	โคนม อัดแท่ง	100 % ทางปาล์ม อัดเม็ด/อัดแท่ง
วัตถุดิบ	89.2	90.1	89.6	89.4	90.0
โปรตีนรวม	15.6	14.0	14.9	16.8	4.7
ไขมัน	3.6	2.1	3.2	3.1	2.1
เยื่อใยรวม	26.8	23.1	20.7	18.9	45.0
เถา	6.4	6.6	7.4	6.4	3.2
แคลเซียม	0.20	0.13	0.81	0.68	0.06
ฟอสฟอรัส	0.36	0.37	0.59	0.52	0.05
พลังงานใช้ประโยชน์ได้	8.3	9.1	9.1	8.4	5.6

ที่มา: คัดแปลงจาก Wan Zahari *et al.*, (2003)

Mohd Sukri (2003) ก็ได้ศึกษาทางปาล์มน้ำมันเมื่อนำมาอัดเม็ด (pellet) และอัดแท่ง (cube) ที่ 15 เปอร์เซ็นต์ และ 30 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารสำหรับโคลูกผสม Kedah-Kelantan (ตารางที่ 6) ผลปรากฏว่า อัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นใน 1 ปี และประสิทธิภาพการใช้อาหารในโคเพศผู้มีค่าสูงกว่าโคเพศเมีย ซึ่งน้ำหนักตัวเฉลี่ยในแต่ละเดือนมีค่าเพิ่มขึ้นในแต่ละกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ต่างกัน กลุ่มที่เสริมด้วย 30 เปอร์เซ็นต์ทางปาล์มอัดแท่งมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวที่คงที่เมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น กลุ่มที่ได้รับ 15 เปอร์เซ็นต์ทางปาล์มอัดเม็ดมีน้ำหนักตัวสูงในช่วงสองเดือนแรก แต่ในช่วงเดือนที่ 3 และ 4 จะลดลงกว่ากลุ่มที่ได้รับ 30 เปอร์เซ็นต์ทางปาล์มอัดแท่ง ซึ่งน้ำหนักตัวของโคมีการเปลี่ยนแปลงมาก เนื่องจากส่วนประกอบของทางปาล์มน้ำมันในสูตรอาหาร กลุ่มที่ได้รับ 30 เปอร์เซ็นต์ทางปาล์มอัดแท่งจะมีส่วนของเยื่อใยสูง ทำให้อัตราการไหลผ่านของอาหารในระบบการย่อยอาหารของสัตว์ช้า จึงทำให้มีการย่อยได้ของอาหารที่ดีกว่า ส่วนกลุ่มที่ได้รับอาหารอัดเม็ดจะมีอัตราการไหลผ่านในระบบทางเดินอาหารและการกินได้ที่เร็ว จึงทำให้มีการย่อยได้ที่น้อยกว่า ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Mohd Sukri *et al.*, (1999) ที่ศึกษาทางปาล์มน้ำมันที่ตัดสด (green-chopped OPF) ที่เสริมในสูตรอาหารของโคเนื้อพบว่าเมื่อเสริมที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) มีค่าเท่ากับ 0.75 กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ มีค่า ADG เท่ากับ 0.60 กิโลกรัม ดังนั้นสำหรับโคเนื้อนั้นควรมีการเสริมทางปาล์มน้ำมันที่ 30 เปอร์เซ็นต์ จึงจะทำให้โคมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น

ตารางที่ 6 การเจริญเติบโตของโคลูกผสม Kedah-Kelantan ที่ได้รับทางปาล์มน้ำมันที่ผ่านกรรมวิธีการเตรียมและระดับการใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารที่ต่างกัน

รายการ	ทางปาล์มน้ำมันอัดเม็ด		ทางปาล์มน้ำมันอัดแท่ง	
	15%	30%	15%	30%
น.น. เริ่มต้น (กก.)	224.0	258.8	261.6	247.2
น.น. ตัวหลัง 4 เดือน (กก.)	312.4	334.0	346.6	333.4
น.น. ตัวที่เพิ่มขึ้น (กก.)	88.4	75.2	85.0	86.2
น้ำหนักตัวเพิ่มเฉลี่ย/วัน (กก.)	0.74	0.63	0.71	0.72
ปริมาณการกินอาหาร/วัน (กก.)	8.8	7.8	7.8	8.1
อัตราการเปลี่ยนอาหาร	10.0	12.4	11.0	11.3

ที่มา: คัดแปลงจาก Mohd Sukri (2003)

ขณะที่ Ishida and Abu Hassan (1995) ได้ทำการทดลองเสริมทางปาล์มน้ำมันหมักที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ และ 50 เปอร์เซ็นต์ ในโคเพศผู้ตอนสายพันธุ์ Kedah-Kelantan (KK) และ โคนมสายพันธุ์ Sahiwal-Friesian (ตารางที่ 7) ผลปรากฏว่า โภชนะของทางปาล์มน้ำมันหมักมีค่าสูงใกล้เคียงกับฟางและเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของทางปาล์มน้ำมันหมักเป็น 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้คุณสมบัติของซาก เช่น น้ำหนักซาก เปอร์เซ็นต์การตัดแต่งของซากลดลง แต่สิ่งที่บ่งชี้ถึงค่าพลังงานของทางปาล์มน้ำมันที่เสริมลงในสูตรอาหารก็คือการให้ผลผลิตของเนื้อที่เพิ่มขึ้นสำหรับโคเพศผู้ตอนสายพันธุ์ Kedah-Kelantan ส่วนประสิทธิภาพการใช้พลังงานจากอาหารเพื่อนำไปสร้างเป็นผลผลิตของนมในกลุ่มที่เสริมทางปาล์มน้ำมันหมัก ในระดับ 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าที่สูงกว่าการเสริมหญ้าในเขตร้อนที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นว่าการเสริมทางปาล์มน้ำมันสามารถให้คุณค่าไม่น้อยไปกว่าพืชอาหารสัตว์ในเขตร้อน ขณะที่ Khamseekhiew *et al.*, (2002) ได้ศึกษาระดับการเสริมถั่วลิสงเถา (*Arachis pintoi*) ที่มีผลต่อการย่อยได้ของทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ด (oil palm frond, OPF) ในโคพื้นเมืองพันธุ์ Kedah-Kelantan ซึ่งปรากฏว่าการเสริมถั่วลิสงเถามีผลต่อการย่อยได้ของวัตถุแห้งและผนังเซลล์ของใบปาล์มน้ำมันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งทำให้อธิบายได้ว่าการเสริมถั่วลิสงเถาสามารถใช้เป็นโปรตีนเสริมเพื่อช่วยในการย่อยเชื้อใยของทางปาล์มน้ำมันอัดเม็ดในโคได้ ซึ่งจะเห็นว่ามีเมื่อมีการปรับปรุงกรรมวิธีในการผลิต เช่นการหมัก การตัดให้มีขนาดเล็กลง หรือการอัดเม็ดของทางปาล์มน้ำมันก็จะเป็อาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ 7 ผลของการใช้ทางปาล์มน้ำมันหมักระดับต่างๆในอาหาร ต่อสมรรถภาพการให้ผลผลิตของโคนมลูกผสมชาฮาวาล-ฟรีเซียล (Sahiwal-Friesian) ในระยะให้นม

รายการ	สูตรอาหาร		
	ทางปาล์มน้ำมัน	ทางปาล์มน้ำมัน	หญ้า
	30%	50%	
จำนวนโค (ตัว)	9	9	9
น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	417	451	450
ส่วนประกอบในอาหาร (% วัตถุดิบแห้ง)			
ทางปาล์มน้ำมัน	30	50	
พืชอาหารสัตว์เขตร้อน ¹	-	-	50
อาหารข้น	70	50	50
ปริมาณการกินได้และผลผลิตน้ำนม			
การกินได้ของวัตถุดิบแห้ง (กก./วัน)	6.46 ^b	5.86 ^c	8.28 ^a
ปริมาณไขมันนม (กิโลกรัม) ²	6.93	5.73	6.48
สัดส่วนไขมันนมต่อการกินได้ของ	0.109 ^a	0.088 ^b	0.096 ^b
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (kg/MJ)			

¹ อาหารข้นประกอบด้วยโปรตีน 24.0% และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ 11.28 MJ/kg

² ปริมาณไขมันนม (ที่ปรับค่าไขมันนมมาตรฐานที่ 4% แล้ว)

^{a b c} ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยพยัญชนะที่ต่างกันมีความแตกต่างกัน (P<0.05)

ที่มา: ดัดแปลงจาก Ishida and Abu Hassan (1995)

การย่อยได้ของทางปาล์มน้ำมัน

เนื่องจากทางปาล์มน้ำมันมีส่วนของเยื่อใยค่อนข้างสูงจึงต้องมีวิธีการเพิ่มความน่ากินให้กับสัตว์ ซึ่งอาจมีทั้งการอัดเม็ด (OPF pellets) การสับหรือตัดเป็นชิ้นเล็กๆ (chopped OPF) การหมัก (OPF silage) เพื่อเพิ่มความย่อยได้ของอาหาร (ตารางที่ 8) เนื่องจากนอกจากปริมาณ โภชนะที่สัตว์ได้รับต่อวันแล้ว อัตราการย่อยได้และการนำไปใช้ประโยชน์ของโภชนะที่ย่อยได้นับเป็นสิ่งสำคัญที่จะชี้ให้เห็นการใช้ประโยชน์ได้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ Wan Zahari *et al.*, (2004) จึงได้ศึกษาค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งในโคสาวน้ำหนักเฉลี่ย 160 กิโลกรัมที่ได้รับทางปาล์มน้ำมันทั้ง 4 กรรมวิธีที่ 4 ระดับคือ 25, 40, 60 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัวเป็นแหล่งอาหารหยาบเพื่อศึกษาการเจริญเติบโต พบว่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งของทางปาล์มน้ำมันอัดเม็ดที่ระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำเช่นเดียวกับการย่อยได้ระดับพื้นฐาน ในขณะที่ทางปาล์มน้ำมันที่ผ่านการตัดและการหมักมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งที่ไม่ต่างกัน ปริมาณการกินได้ในรูป metabolic body weight ($\text{g}/\text{DM}/\text{kg}^{-0.75}$) ของทางปาล์มน้ำมันที่ผ่านการตัดมีค่าสูงกว่าทางปาล์มน้ำมันหมัก แต่ทว่าการกินได้ในรูปดังกล่าวในระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ ของทางปาล์มน้ำมันที่ผ่านการตัด มีค่าต่ำเพียง 57.2 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ ที่มีค่าสูงถึง 97.8 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าการกินได้และค่าการย่อยได้ของทางปาล์มน้ำมันที่หมักด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH-OPF) มีค่าที่สูง อย่างไรก็ตามการบดและการอัดเม็ดมีค่าการย่อยได้ที่ต่ำแต่มีอัตราการไหลผ่านในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสม หากมีกระบวนการผลิตที่เหมาะสมจะทำให้ปริมาณการกินได้สูงขึ้น แต่จะไม่ทำให้การย่อยได้เพิ่มขึ้น ขณะที่ Azizan *et al.*, (2003) ได้ศึกษาการเสริมทางปาล์มน้ำมันหมัก 30 เปอร์เซ็นต์ ต่ออาหารชั้น 70 เปอร์เซ็นต์ ทำให้โคนมมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นประมาณ 0.73 ± 0.21 กิโลกรัม/ตัว/วัน ความสามารถในการย่อยของทางปาล์มน้ำมันโดยวิธีที่ใช้ NaOH จะให้ผลผลิตที่สูงกว่าการหั่น หรือการหมักแบบธรรมดาที่ใช้เป็นแหล่งอาหารสัตว์ ซึ่งสอดคล้องกับ Idris and Mohd Najib (2003) ที่รายงานว่าทางปาล์มน้ำมันหมักมีผลต่อความน่ากินและทำให้สมรรถนะการผลิตของสัตว์ดีขึ้น

ตารางที่ 8 ปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของอาหารที่ใช้ทางปาล์มน้ำมัน ซึ่งผ่านกรรมวิธีการเตรียมที่ต่างกันในระดับต่างๆ

ระดับของทาง ปาล์ม	ทางปาล์มอัดเม็ด		ทางปาล์มลัม		ทางปาล์มหมัก		ทางปาล์มเสริมด้วยNaOH	
	DM intake g/DM/kg ^{0.75}	DM dig. %						
ระดับปริมาณการกินได้								
25%	104.5	63.7	97.8	61.8	89.7	61.2	104.3	62.1
40%	101.7	56.1	83.0	57.6	74.6	59.4	87.7	60.9
60%	107.9	47.4	65.4	56.2	59.0	57.3	77.1	59.6
75%	87.6	35.8	57.2	51.0				
ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (%) ของทางปาล์มน้ำมันที่ผ่านกรรมวิธีการเตรียมที่ต่างกันที่ให้แก่สัตว์ในระดับเพื่อการดำรงชีพ								
อาหารฐาน								
	69.5	33.3		38.6		41.6		53.4

DM intake g. DM/kg^{0.75}: ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งในรูป metabolic body weight; DM dig: การย่อยได้ของวัตถุแห้ง

ที่มา: ดัดแปลงจาก Wan Zahari *et al.*, (2004)

การใช้ทางปาล์มน้ำมันเพื่อเป็นอาหารแพะ

แพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องที่เลี้ยงกันมากในภาคใต้ของประเทศไทย ปัจจุบันมีแนวโน้มว่าเกษตรกรให้ความสนใจอาชีพการเลี้ยงแพะกันมากขึ้น เนื่องจากแพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กเลี้ยงดูง่าย สามารถกินพืช และใบไม้ได้หลายชนิด (Devendra and Owen, 1983) ใช้พื้นที่การเลี้ยงดูน้อย เจริญเติบโตเร็ว สามารถผสมพันธุ์ได้ตั้งแต่อายุ 8 เดือน โดยใช้เวลาอุ้มท้องเพียง 5 เดือน และแม่แพะใช้เวลาเลี้ยงลูกสุกสั้น ทำให้ตั้งท้องใหม่ได้เร็ว ซึ่งภายใน 2 ปี สามารถให้ผลผลิตได้ถึง 3 ครั้ง แต่ปัจจุบันพบว่าปริมาณแพะยังมีไม่เพียงพอต่อความต้องการและยังมีราคาแพง ซึ่งใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้เป็นบริเวณที่มีการเลี้ยงแพะมากที่สุด (วินัย, 2542)

แพะมีความสามารถในการกินเก่ง กินได้มากกว่าแกะและโค ถ้าคิดตามน้ำหนักตัวแล้วแพะจะกินได้ 6.5-11 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (วัตถุแห้ง) (เอกชัย, 2546) ในสภาพขังกรงแม่แพะที่มีน้ำหนักตัว 40 กิโลกรัม ต้องการพลังงาน TDN วันละ 448 กรัม (หรือ 1.61 Mcal ME หรือ 0.91 Mcal NE) (NRC, 1981) แต่ถ้าแพะใช้พลังงานเพื่อการเคลื่อนไหวหรือแทะเล็มอาหารจะต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพเพิ่มขึ้น (บุญเสริม, 2546) ซึ่งแพะสามารถกินอาหารหยาบสดได้ 5-10 กิโลกรัมต่อวัน แต่โดยปกติแล้วแพะชอบกินหญ้าที่มีลักษณะลำต้นและใบไม่หยาบหรือต้นไม้โตนึ่ง ถ้าจะเรียงลำดับตามความชอบกินของแพะและความเหมาะสมต่อสภาพของเมืองไทยแล้วหญ้าที่แพะชอบมากที่สุดก็คือ หญ้าขน รองลงไปคือ หญ้าเนเปียร์ และหญ้าลูซี่ ส่วนพืชตระกูลถั่วพบว่าแพะชอบถั่วฮามาต้ามากที่สุด แหล่งอาหารที่กำลังได้รับความสนใจและควรพิจารณานำมาให้แพะกินได้อีกก็คือ การใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหรืออุตสาหกรรมในการเลี้ยงสัตว์ เช่น การใช้กากปาล์ม กากยางพารา กากมะพร้าว กากสับปะรด ฟางข้าว ลำหูล้า และทางปาล์มน้ำมัน เป็นต้น

นอกจากนี้แพะยังสามารถกินอาหารหมักได้ด้วย ดังนั้น จึงควรใช้หญ้าสด ถั่วสด หรือใบพืชอื่นๆ ที่มีมากในฤดูฝนมาทำเป็นอาหารหมักไว้ให้แพะกิน แต่โดยทั่วไปแล้วหญ้าในเขตร้อนจะมีคุณภาพไม่ดีนัก ดังนั้นการที่ให้แพะกินเฉพาะหญ้าอย่างเดียวอาจจะเพียงพอเพื่อการดำรงชีพเท่านั้น ในฤดูแล้งคุณภาพหญ้ายิ่งเลวลงหรือหญ้าสดมีไม่เพียงพอ จะทำให้น้ำหนักตัวแพะลดลง ในช่วงนี้จึงต้องให้อาหารข้นเสริม แต่การให้อาหารข้นเสริมก็ควรจัดให้ตามความจำเป็นเพื่อให้สัตว์ได้รับโภชนาเพียงพอตามความต้องการเท่านั้น (Morand-Fehr, 1981) ซึ่ง Lu *et al.*, (1984) รายงานว่าปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง (DMI) ในแพะนมอยู่ระหว่าง 5-8 เปอร์เซ็นต์ หรือ 4.5 ± 1.2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว

การใช้ทางปาล์มน้ำมันเป็นอาหารแพะมีการใช้ทั้งในรูปสดและทางใบปาล์มหมักแต่ไม่ควรใช้มากกว่าร้อยละ 60 เพราะมีผลทำให้การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของสัตว์ลดลง สำหรับแพะนมและโคนมสามารถใช้ทางใบปาล์มหมักร้อยละ 30 ร่วมกับการเสริมอาหารขึ้น และหากใช้ทางปาล์มร่วมกับยูเรียและพลังงานในแพะที่ได้รับทางปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งอาหารหยาบ พบว่าการใช้พลังงานในระดับต่ำร่วมกับการใช้ยูเรียระดับสูง ทำให้การเจริญเติบโตของแพะมีแนวโน้มลดลง แต่เมื่อใช้พลังงานในระดับสูงกลับทำให้แพะมีการเจริญเติบโตได้ดีและยังสามารถใช้ร่วมกับยูเรียในระดับสูงได้ถึง 4 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเสริมยูเรียถึง 5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้การเจริญเติบโตลดลง สอดคล้องกับตัวชี้วัดอื่นๆ เช่น ปริมาณการกินได้ การย่อยได้ การสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน (วันวิสาข์, 2549) อีกทั้งการใช้ยูเรียและพลังงานที่ไม่สอดคล้องกัน ยังทำให้การขับออกของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงกว่ากลุ่มที่มีความสมดุลซึ่งมีผลต่อสิ่งแวดล้อมในด้านการสะสมของเสีย

วันวิสาข์ (2549) ได้ทดลองเสริมยูเรีย 5 ระดับ คือ 1, 2, 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับทางปาล์มน้ำมันในอาหารแพะ ซึ่งพบว่าแพะมีการเจริญเติบโตสูงขึ้นตามปริมาณไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น จนถึง 3 เปอร์เซ็นต์ คือ 48.6 กรัม/วัน แต่มีแนวโน้มลดลงเมื่อเสริมถึง 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้น้ำหนักลดลง ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วย ระดับปริมาณการกินได้ การย่อยได้ การสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนในกระเพาะรูเมน รวมทั้งสมดุลของโปรตีนและพลังงาน แต่ทั้งนี้ยังถือว่าอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ซึ่งอาจจะเนื่องจากระดับพลังงานไม่เพียงพอกับไนโตรเจน โดยเฉพาะจากยูเรีย ซึ่งย่อยได้อย่างรวดเร็วในกระเพาะรูเมน และช่วยป้องกันการเกิดเชื้อราได้ด้วย (วันวิสาข์, 2549) ขณะที่ Abu Hassan *et al.*, (1994) รายงานว่า เมื่อนำทางปาล์มน้ำมันมาหมักด้วยยูเรียที่ 3 และ 6 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการเพิ่มยูเรียในการหมักทางปาล์มน้ำมันทำให้มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่สูงขึ้น แต่ค่าการย่อยได้จะลดลง (ตารางที่ 9) และระดับที่เหมาะสมที่สุดในการเสริมทางปาล์มน้ำมัน (บนพื้นฐานวัตถุแห้ง) ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ สำหรับโคเนื้อ และ 30 เปอร์เซ็นต์ ของโครีดนม แพะ และแกะ

สำหรับการใช้ทางปาล์มร่วมกับโปรตีนไหลผ่าน ซึ่งได้จากการใช้กากถั่วเหลืองในระดับสูง ขึ้นตามลำดับ โดยคำนวณให้มีโปรตีนไหลผ่านที่เสริม 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารที่ใช้ทางปาล์มน้ำมัน ซึ่งพบว่าแพะเจริญเติบโตสูงขึ้นตามลำดับ แต่ทั้งนี้ในระดับ 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังนั้นด้วยเหตุผลทางเศรษฐกิจจึงกล่าวได้ว่าที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ น่าจะเป็นตัวเลขที่นำมาใช้สำหรับการคำนวณสูตรอาหารให้แพะ (วันวิสาข์, 2549)

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์วัตถุดิบ โปรตีน และค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบ (DMD - *in vivo*) ของทางปาล์มน้ำมันที่ผ่านกรรมวิธีการเตรียมที่ต่างกัน

กรรมวิธีการเตรียม	เปอร์เซ็นต์		
	วัตถุดิบ	โปรตีนรวม	การย่อยได้ของวัตถุดิบ
หมักธรรมดา	30.02	5.67	45.00 ^a
หมักกับยูเรีย 3%	30.58	12.50	44.20 ^a
หมักกับยูเรีย 6%	28.58	20.89	35.80 ^b

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกัน ($P < 0.05$)

ที่มา: คัดแปลงจาก Abu Hassan *et al.*, (1994)

พฤษินันท์, (2549) ใช้ทางปาล์มหนึ่งไอน้ำร่วมกับใบพืชโปรตีนศึกษาในแพะนมพันธุ์ซาเนนที่ได้รับทางปาล์มน้ำมันเป็นอาหารหยาบร่วมกับการเสริมโปรตีนจากใบพืชต่างๆซึ่งผ่านการทดสอบและคัดเลือกมาใช้ 2 ชนิด คือมันสำปะหลังและปอ ทั้งนี้โดยอาศัยลักษณะด้านการย่อยได้ในรูเมนและระดับโปรตีนไหลผ่านเป็นเกณฑ์การคัดเลือก ซึ่งพืชเหล่านี้มีโปรตีนที่จับกับแทนนิน (tannins bounding protein) ซึ่งไม่ถูกย่อยในรูเมนแต่แทนนินจะคลายโปรตีนออก เมื่ออยู่ในภาวะที่เป็นกรดที่กระเพาะจริงและถูกดูดซึมไปใช้ประโยชน์ต่อไป

สำหรับการใช้ทางปาล์มน้ำมันประกอบในสูตรอาหารผสมสำเร็จ (total mixed ration: TMR) ซึ่งประกอบด้วยทางใบปาล์มสด หรือทางใบปาล์มหมักร่วมกับวัตถุดิบอื่นๆ สำหรับเลี้ยงแพะเนื้อ แพะนมทำให้แพะกินได้และย่อยได้สูงกว่าการใช้ทางใบปาล์มสด ซึ่งส่วนประกอบของอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้ทางใบปาล์มเป็นองค์ประกอบหลักแสดงดังตารางที่ 10 ขณะที่ Wan Zahari *et al.*, (2003) รายงานว่าวัตถุดิบของทางใบปาล์มเท่ากับ 31.0 เปอร์เซ็นต์ และค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบนอกตัวสัตว์ (*in vitro* digestibility) ของใบ และทางปาล์มเท่ากับ 35.6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหากนำส่วนดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการทำอาหารผสมสำเร็จ (TMR) ก็จะเป็นประโยชน์ต่อสัตว์ เนื่องจากอาหารผสมสำเร็จสามารถควบคุมระดับความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนให้คงที่ได้ดีกว่าการให้อาหารแยกกัน และจะช่วยเพิ่มปริมาณการกินได้ และลดการเลือกกินอาหารการลดขนาดของอาหารหยาบจะทำให้ลดการเคี้ยวเอื้อง การหมุนเวียนของน้ำลายน้อยลง ซึ่งจะมีผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน

ตารางที่ 10 ส่วนประกอบของอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้ทางปาล์มหมักเป็นส่วนประกอบหลัก

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (กิโลกรัม)
ทางใบปาล์มหมัก	50
กากปาล์มน้ำมัน	15
รำ	6
กากถั่วเหลือง	6
ปลาป่น	2
กากน้ำตาล	16
เกลือ	1
ยูเรีย	3
แร่ธาตุ	1

ที่มา: วันวิสาข์ (2549)

อิทธิพลของแหล่งอาหารที่มีผลต่อองค์ประกอบในน้ำนมแพะ

น้ำนมที่มีคุณภาพดี หมายถึง น้ำนมที่มีความเหมาะสมสำหรับการบริโภค และการแปรรูป เป็นผลิตภัณฑ์นมต่างๆ โดยพิจารณาคคุณภาพของน้ำนม ในหลายประการ คือ องค์ประกอบใน น้ำนมซึ่งจะบอกถึงคุณค่าทางโภชนาการของน้ำนม การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ และการตกค้างของ สารพิษ เนื่องจากนมเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ คุณภาพนมที่ดีส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ ต่างๆในน้ำนม เช่น โปรตีน แลคโตส และไขมัน องค์ประกอบที่อยู่ในน้ำนมจะมีผลต่อสุขภาพของ มนุษย์ แต่องค์ประกอบต่างๆที่อยู่ในน้ำนมก็มีความแตกต่างกันขึ้นกับหลายสาเหตุ เช่น ระยะเวลาให้ นม พันธุ์ ความแปรปรวนของพันธุกรรม อายุ สุขภาพสัตว์ และองค์ประกอบของอาหาร (Grummer, 1991; Jensen *et al.*, 1991; Kaylegian, 1995; Murphy *et al.*, 1995) ส่วนประกอบหลัก ของน้ำนม (Zan *et al.* , 2006) คือ ไขมัน ซึ่งมีบทบาทสำคัญในผลิตภัณฑ์นม โดยปกติไขมันจะมี องค์ประกอบหลักคือ กรดไขมันอิสระ free fatty acids (FFAs) อย่างเช่นกรดไขมัน C6: 0 C10: 0 (Skjevdal, 1979; Guo *et al.* , 2004) ซึ่งปกติได้จากกระบวนการ lipolysis โดยเอนไซม์ lipases (Mallatou *et al.* , 2003) อย่างไรก็ตามกระบวนการ lipolysis ยังสามารถกระทบต่อคุณภาพของ น้ำนมและผลิตภัณฑ์นม เพราะรสชาติ และกลิ่นของนมมีผลต่อในกระบวนการดังกล่าว (Skjevdal, 1979)

ความนิยมบริโภคน้ำมันแพะในประเทศไทยยังมีน้อย เนื่องจากปัจจัยหลายๆอย่าง ที่สำคัญคือปริมาณการผลิตยังมีน้อย เนื่องจากแพะให้ไขมันน้อย กล่าวคือแพะพันธุ์พื้นเมืองไทยให้ไขมันเฉลี่ย 0.75 กิโลกรัมต่อวัน ในขณะที่ลูกผสมซาเนาให้ไขมันได้ถึง 1.05 - 1.19 กิโลกรัมต่อวัน และซาเนาพันธุ์แท้ให้ไขมันได้สูงถึง 1.55 กิโลกรัมต่อวัน ภายใต้อากาศร้อนพบว่าแพะพันธุ์พื้นเมืองในเขตร้อนให้ไขมันได้ 0.6 - 3.4 กิโลกรัมต่อวัน แพะพันธุ์ต่างประเทศที่นำมาเลี้ยงในเขตร้อนให้ไขมันได้ประมาณ 1.4 - 4.1 กิโลกรัม/วัน (บุญเสริม, 2546) ซึ่งการเลี้ยงแพะนมมีแนวโน้มที่มีความสำคัญยิ่งขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากแพะเป็นสัตว์ขนาดเล็ก การลงทุนไม่สูงเท่ากับการเลี้ยงโค เหมาะสมกับเกษตรกรรายย่อย การมีแพะรีดนมเพียง 1 - 2 ตัว ก็สามารถรีดนมได้วันละ 1-2 ลิตร (วินัย, 2542)

คุณสมบัติของน้ำมันแพะ

น้ำมันแพะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันโค แต่มีโมเลกุลของเม็ดไขมันนมที่เล็กกว่ามีเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 0.1-20 ไมโครเมตร (μm) ในขณะที่เม็ดไขมันในน้ำมันโคมีขนาดโดยเฉลี่ย 20-30 ไมครอน (George and Haenlein, 2002) แต่ Devendra and McLeroy (1982) รายงานว่าเม็ดไขมันในน้ำมันแพะมีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดต่ำกว่า 4.5 ไมโครเมตร สูงถึง 82.7 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ในน้ำมันโคมีเพียง 65.4 เปอร์เซ็นต์ และในน้ำมันกระบือมีเพียง 40.9 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น (ตารางที่ 11) น้ำมันแพะมีกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลระหว่าง 5-9 คาร์บอนอะตอม มากกว่าน้ำมันโค เนื่องจากเม็ดไขมันในน้ำมันแพะมีขนาดเล็กกว่าของน้ำมันโค จึงทำให้เกิดการลอยตัวขึ้นสู่ผิวหน้าช้ากว่า และมีการกระจายตัวในน้ำมันอย่างทั่วถึงกว่าในน้ำมันโค การย่อยจึงง่ายกว่า (Devendra and McLeroy, 1982)

กรดไขมันสายสั้นจำนวนมากในน้ำมันแพะทำให้ไขมันกระจายตัวได้ดี สามารถดูดซึมและนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างรวดเร็ว และมีสมบัติเป็นสารป้องกันการเปลี่ยนแปลงสภาพ (buffering capacity) ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ น้ำมันแพะยังจัดเป็นอาหารที่มีคุณค่าสูงและย่อยได้ง่าย และมีลักษณะเฉพาะคือ รสชาติค่อนข้างหวาน แต่พิเศษเหนือว่านมโคคือสามารถย่อยได้ง่ายกว่าเนื่องจากในน้ำมันแพะมีกรดไขมันขนาดกลาง (medium chain fatty acids, C16-C14) มากถึง 35 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันโคมีเพียง 17 เปอร์เซ็นต์ แต่กรดไขมัน caproic (C6), caprylic (C8), capric (C10) มีในน้ำมันแพะประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ในน้ำมันโคมี 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกรดไขมัน 3 ชนิดนี้ มีประโยชน์ในการลด ยับยั้ง และสลายการสะสมคอเลสเตอรอลในคนได้ (สมชัย และ ณิชารัตน์, 2548)

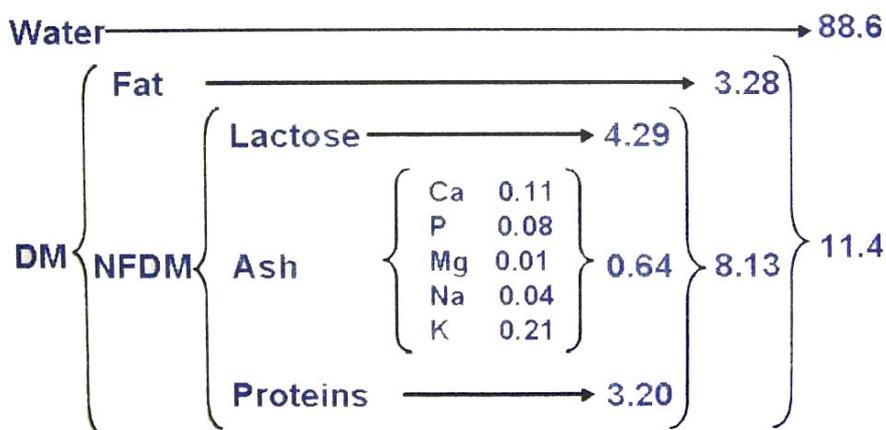
ตารางที่ 11 ความถี่และค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดไขมันในน้ำนมแพะ น้ำนมโค น้ำนมกระป๋อง และ น้ำนมแกะ (%)

เส้นผ่าศูนย์กลาง (μm)	น้ำนมแพะ	น้ำนมโค	น้ำนมกระป๋อง	น้ำนมแกะ
1.5	28.4	10.7	7.9	28.7
3.0	34.7	32.6	16.6	39.7
4.5	19.7	22.1	16.4	17.3
6.0	11.7	17.9	20.3	12.1
7.5	4.4	12.2	20.9	2.0
9.0	1.0	3.1	10.5	-
10.5	0.2	1.4	1.7	0.1
12.0	-	0.1	2.0	-
13.5	-	-	0.4	-
15.0	-	-	0.3	-
18.5	-	-	0.1	-
เฉลี่ย	3.49	4.55	5.92	3.30

ที่มา: ดัดแปลงจาก Devendra and McLeroy (1982)

องค์ประกอบในน้ำนมแพะ

น้ำนมแพะมีน้ำเป็นองค์ประกอบ 88.6 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่เป็นของแข็ง (solids) ประมาณ 11.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่วนที่เป็นของแข็งประกอบด้วย ไขมัน 3.28 เปอร์เซ็นต์ ของแข็งไม่รวมไขมัน (solids non fat: SNF) 8.13 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่วนของ SNF ยังประกอบไปด้วย แลคโตส (lactose) 4.29 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 3.20 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 0.64 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 8) โดยปกตินมแพะจะมีแลคโตส ไขมัน และโปรตีนที่มากกว่านมโค แต่ในส่วนของแร่ธาตุจะมีค่าที่เหมือนกัน (St-Gelais *et al.*, 2000) ซึ่งส่วนประกอบต่างๆจะมีค่าสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับอาหารที่เลี้ยง พันธุ์ ฤดูกาล ระยะเวลาให้น้ำนม อายุของแพะ นอกจากนี้วิธีการตรวจวิเคราะห์ห้องค์ประกอบน้ำนมแต่ละวิธีหรือแต่ละเครื่องมือ ก็ยังให้ค่าที่มีความแตกต่างกัน การตรวจองค์ประกอบน้ำนมในปัจจุบัน ใช้เครื่องมืออัตโนมัติ ซึ่งสามารถทำงานได้รวดเร็วและลดความคลาดเคลื่อนของวิธีการตรวจได้มาก สามารถตรวจหาค่าองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้



ภาพที่ 8 องค์ประกอบของน้ำนมแพะ

ที่มา: St-Gelais *et al.*, (2000)

1. ของแข็งทั้งหมดคือน้ำนม (total solids: TS)

ส่วนที่เป็นของแข็งทั้งหมดคือน้ำนม กล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ หากกระเหยเอาส่วนที่เป็นน้ำออกไปจากน้ำนมแล้ว ส่วนที่คงเหลืออยู่ก็คือ ของแข็งทั้งหมด ซึ่งตัวชี้วัดที่แสดงถึงคุณค่าอาหาร โดยทั่วไปค่าของแข็งทั้งหมดอยู่ระหว่างร้อยละ 10.5-14.5 ของน้ำหนักน้ำนม หรือเฉลี่ยร้อยละ 13 เป็นส่วนที่ร่างกายสามารถใช้ประโยชน์ช่วยเสริมสร้างความแข็งแรง ช่วยบำรุงและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย ซึ่งปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำนมแพะจะมีความหลากหลายในแต่ละช่วงการให้นม (lactation) โดยในช่วง 3-5 สัปดาห์หลังคลอดจะมีค่าสูง และจะลดลงหลังจากนั้น (Gipson and Grossman, 1990; Fernandez *et al.*, 2002) อย่างไรก็ตามส่วนที่เป็นของแข็งทั้งหมดในน้ำนมจะมีค่าคงที่ในแต่ละ lactation และจะมีเปอร์เซ็นต์ลดลงเมื่อแพะมีการให้นมที่มากขึ้น (Zeng and Escobar, 1996; Clark and Sherbon, 2000)

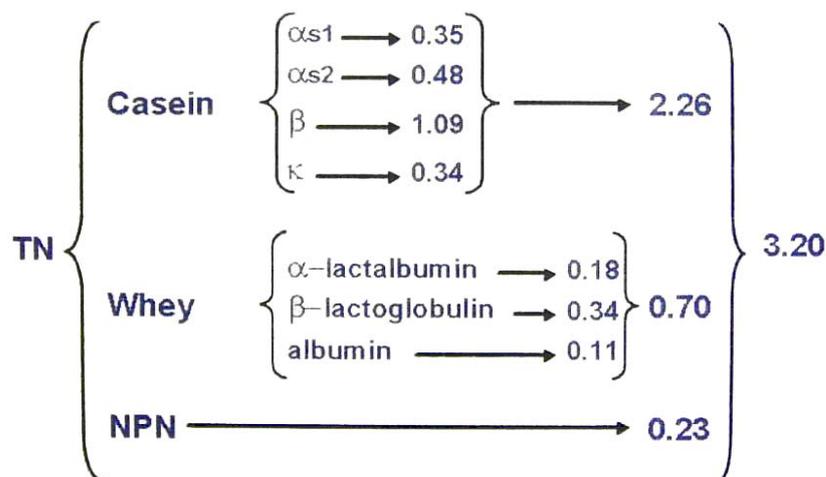
2. ของแข็งไม่รวมไขมัน (solids non fat: SNF)

หมายถึงส่วนที่เป็นของแข็งทั้งหมดหลักจากแยกไขมันเนยในน้ำนมออกไป ประเทศไทยใช้ค่าของของแข็งที่ไม่รวมไขมันในนมสดตามที่ประกาศในกฎกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 26 (2522) และนมพาสเจอร์ไรส์ ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมนมสด มอก.738 (2530) (นิรนาม, มปป) ควรมีไม่น้อยกว่าร้อยละ 8.5 ของน้ำหนักน้ำนม ซึ่งในน้ำนมแพะมี SNF มีอยู่ 8.9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับน้ำนมจากคนแต่น้อยกว่าน้ำนมโค (Park *et al.*, 2007)

3. โปรตีนนม (milk protein)

เป็นสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของร่างกายประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็น (essential amino acid) โปรตีนที่สำคัญในน้ำนมได้แก่ เคซีน (casein) แลคโตโกลบูลิน (lactoglobulin) และแลคตัลบูมิน (lactalbumin) (ภาพที่ 9) เอนไซม์ก็เป็นโปรตีนเคซีนในน้ำนมมีอยู่ประมาณร้อยละ 80 ของโปรตีนทั้งหมด และจะอยู่ร่วมกับแคลเซียมในรูปของแคลเซียมเคซีนเนท (calcium caseinate) โมเลกุลของเคซีนทำให้น้ำนมทึบแสงและมีสีขาวการแยกเคซีนออกจากน้ำนมทำได้โดยวิธีเติมกรดให้น้ำนมมี pH ลดลงถึง 4.6 เคซีนจะตกตะกอนออกมา ซึ่งปริมาณและคุณภาพของโปรตีนในน้ำนมโคและน้ำนมแพะมีความแตกต่างกัน กล่าวคือ ในน้ำนมแพะมีเคซีนที่ต่ำกว่าในน้ำนมโค (Kondyli *et al.*, 2007) เคซีนที่ประกอบในน้ำนมแพะมีค่าระหว่าง 16 ถึง 26 กรัม/ลิตร มีสัดส่วนของ NPN และไนโตรเจนทั้งหมดประมาณ 3 และ 13 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อแยกแคลเซียมออกจะมีค่าระหว่าง 0.07 และ 0.19 กรัม/ลิตร มีอินทรีวัตต์ทั้งหมดและฟอสฟอรัส 0.45 และ 1.0 กรัม/ลิตร (Remeuf and Lenoir, 1986) ซึ่งขึ้นอยู่กับตัวสัตว์ ระยะเวลาให้นม (Parkash and Jenness, 1968) ความเข้มข้นของโปรตีนนมและองค์ประกอบในน้ำนมได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัย ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงโปรตีนนมน้อยกว่าองค์ประกอบไขมันนม การเพิ่มไนโตรเจนลงในอาหารประมาณ 25-30 เปอร์เซ็นต์ สามารถเพิ่มโปรตีนนมหรือกรดอะมิโน และมีผลต่อการตอบสนองของกระบวนการเมแทบอลิซึมของกรดอะมิโนในโคนม (Bequette *et al.*, 1998)

โปรตีนนมประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนคือเคซีน ประมาณ 77.9 เปอร์เซ็นต์ whey protein ประมาณ 17.2 เปอร์เซ็นต์ และ non protein nitrogen; (NPN) ประมาณ 4.9 เปอร์เซ็นต์ โดยเคซีน พบเฉพาะในน้ำนม และเป็นส่วนประกอบของโปรตีนนมที่พบมากที่สุด เคซีนแบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด คือ α_s , ซึ่งพบมากที่สุด α_s , β และ χ -casein ส่วน whey protein จัดเป็น soluble protein ประกอบด้วย α - lactalbumin, β - lactoglobulin และ lactoferrin เป็นต้น สำหรับ NPN ที่สำคัญคือยูเรียซึ่งเป็น NPN ที่พบมากที่สุดคือน้ำนม ยูเรียในน้ำนม (milk urea nitrogen, MUN) มีความสัมพันธ์กับยูเรียในกระแสเลือด และมีความเกี่ยวข้องกับการจัดการด้านอาหาร (Jonker and Kohn, 1998) นอกจากนี้ยังมี creatinine, ammonia, orotic acid และ hippuric acid โปรตีนนมถูกสังเคราะห์ขึ้นในส่วน of rough endoplasmic reticulum เช่นเดียวกับไขมันนม (Cerbulus and Farrell, 1975; Whitney *et al.*, 2001; Brunner, 1981)



ภาพที่ 9 เปอร์เซ็นต์โปรตีนของน้ำนมแพะ

ที่มา: St-Gelais *et al.*, (2000)

Hristov *et al.*, (2004) ได้ศึกษาสูตรอาหารจำนวน 256 สูตรที่มีผลกระทบต่อองค์ประกอบของโปรตีนนม พบว่าผลผลิตโปรตีนนมขึ้นกับปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบ และความเข้มข้นของโปรตีนรวมในอาหาร เมแทบอลิซึมของโปรตีน เยื่อใยผนังเซลล์ (NDF) และน้ำหนักตัวของโค และพบว่าวันที่ให้นมมีอิทธิพลต่อปริมาณของน้ำนม ซึ่งปริมาณโปรตีนนมมีผลด้านลบต่อโปรตีนรวม ซึ่งโปรตีนนมอาจจะลดเมื่อมีการเพิ่มโปรตีนในอาหาร โดยการมีสัดส่วนของก็ไม่ได้ทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึมของโปรตีนลดน้อยลง เนื่องจากสัตว์เคี้ยวเอื้องจะใช้กรดอะมิโนทั้งที่ได้จากจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ NPN และกรดอะมิโนที่ได้จากการย่อยอาหารโปรตีนที่สามารถหลบเลี่ยงการย่อยในกระเพาะรูเมน (bypass protein) แต่ถูกย่อยในลำไส้เล็กเพื่อการสังเคราะห์โปรตีนชนิดต่างๆ ที่จำเป็นต่อร่างกาย (องอาจ, 2548)

ปริมาณโปรตีนในนมมีความสัมพันธ์ทางบวกกับเมแทบอลิซึมของโปรตีน เพราะถ้าเมแทบอลิซึมของโปรตีนเพิ่มขึ้น จะทำให้การดูดซึมของกรดอะมิโนเพิ่มขึ้น การใช้ประโยชน์จากต่อมสร้างน้ำนมก็จะเพิ่มขึ้น ดังนั้นในการวิเคราะห์กรดอะมิโนจึงไม่สามารถทำได้ เนื่องจากกรดอะมิโนจะจับตัวอยู่กับโปรตีนนม จึงใช้การทำนายจากการสังเคราะห์ของโปรตีนนม (Kennelly *et al.*, 2005)

4. ไขมัน (fat)

ไขมันนมประกอบด้วยกรดไขมันมากกว่า 400 ชนิด ซึ่งส่วนใหญ่ 97-98 เปอร์เซ็นต์เป็น triacylglycerol ส่วนประกอบที่เหลือเป็นพวก phospholipid 0.5-10 เปอร์เซ็นต์ glycolipid 0.06 เปอร์เซ็นต์ และมีวิตามินที่ละลายในไขมันเพียงเล็กน้อย (Kennelly *et al.*, 2005) ไขมันนมถูกสังเคราะห์ขึ้นในส่วนของ rough endoplasmic reticulum ของเซลล์ก่อกั้นสร้างน้ำนม (alveolus) โดยสารตั้งต้นที่สำคัญในการสังเคราะห์ไขมันนม คือ acetate ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ และ β -hydroxybutyrate ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ที่ได้จากการหมักย่อยอาหารในกระเพาะรูเมนประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอีก 50 เปอร์เซ็นต์ได้จาก triacylglycerol ในเลือด โดยมาจากการย่อยและดูดซึมกรดไขมันในลำไส้เล็กประมาณ 40-45 เปอร์เซ็นต์ และจากการย่อยสลายเนื้อเยื่อไขมันภายในตัวสัตว์ประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์ (เทอดชัย, 2532; Kennelly *et al.*, 2005) ซึ่งไขมันนมในน้ำนมแพะมีลักษณะเป็นเม็ดไขมันขนาดเล็กกระจายในน้ำนมมีขนาดตั้งแต่ 0.1-20 ไมโครเมตร (1 ไมโครเมตร = 0.001 มิลลิเมตร) ขนาดโดยเฉลี่ยประมาณ 3-4 ไมโครเมตรและมีจำนวนประมาณ 3,000 - 4,000 ล้านเม็ด ในน้ำนม 1 มิลลิลิตร เม็ดไขมันเหล่านี้มีผลต่อการแปรรูปน้ำนมเป็นผลิตภัณฑ์นม หากเม็ดไขมันส่วนมากมีขนาดใหญ่ จะทำให้เกิดการแยกชั้นในน้ำนมได้ง่าย ไขมันนมในน้ำนมส่วนใหญ่มีสัดส่วนประมาณร้อยละ 3.5-5.0 ของน้ำหนักน้ำนม

5. คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate)

แลคโตส (lactose) จัดเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดเดียวที่พบเฉพาะในน้ำนม แลคโตสเป็นน้ำตาล disaccharides ประกอบด้วย D-glucose กับ D-galactose สังเคราะห์ใน golgi apparatus ของเซลล์ก่อกั้นสร้างน้ำนม ปริมาณของแลคโตสที่สังเคราะห์ตอบสนองต่อแรงดันออสโมซิส (osmosis pressure) แลคโตสจึงมีบทบาทสำคัญยิ่งต่อแรงดันออสโมซิสของเต้านมและกระแสเลือดให้มีความสมดุลกัน แลคโตสจึงจัดเป็นสาร osmotic pressure active ของเซลล์ก่อกั้นสร้างน้ำนม ปริมาณของแลคโตสในน้ำนมค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมาก แลคโตสหวานน้อยกว่าซูโครส ดังนั้นถึงแม้ในน้ำนมมีแลคโตสถึงร้อยละ 4.3 ก็ไม่ทำให้นมหวานจัด เพียงแต่ทำให้นมมีรสหวานเพียงเล็กน้อยเท่านั้น St-Gelais *et al.*, (2000) รายงานว่า ในน้ำนมแพะมีความเข้มข้นของแลคโตสในฤดูร้อนและฤดูหนาวจะเท่ากัน แต่ต่างสายพันธุ์จะมีความแตกต่างกัน กล่าวคือ แพะสายพันธุ์ Alpine มีแลคโตสต่ำประมาณ 4.2 เปอร์เซ็นต์ แต่สายพันธุ์ LaMancha และ Nubian มีแลคโตสสูงถึง 4.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

6. วิตามินและแร่ธาตุ

วิตามินที่พบในน้ำนมแพะคือ วิตามินเอ อี บี₁ บี₂ และซี มีประมาณ 0.013, 0.121, 0.016, 0.003 และ 0.09 มิลลิกรัม/ 100 มิลลิลิตร (Kondyli *et al.*, 2007) ความเข้มข้นของวิตามินเอมีความแปรปรวนตามฤดูกาล คือในฤดูร้อนมีค่าสูงกว่าในฤดูหนาว (Cremin and Power, 1985) ส่วนวิตามินบี₁ มีค่าต่ำในฤดูหนาวและมีค่าสูงในฤดูใบไม้ผลิ และฤดูร้อน ส่วนแร่ธาตุในน้ำนมแพะมี แคลเซียม (Ca), ฟอสฟอรัส (P), โซเดียม (Na), โพแทสเซียม (K), แมกนีเซียม (Mg), ทองแดง (Cu), เหล็ก (Fe), สังกะสี (Zn) และ แมกกาเนียม (Mn) ประมาณ 1.93, 1.30, 1.62, 3.48, 0.40, 0.01, 0.003, 0.01 และ 0.06 (มิลลิกรัม/100 กรัม) (Kondyli *et al.*, 2007) โซเดียม และแคลเซียมในน้ำนมอยู่ในสภาพของสารละลาย แคลเซียมและแมกนีเซียมรวมกับเคซีนในรูปของแคลเซียมและแมกนีเซียมเคซีนที่เป็นสารแขวนลอยในนม ในแพะการดูดซึมฟอสฟอรัสมีค่าสูง 70-75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าสัตว์เคี้ยวเอื้องชนิดอื่น นอกจากนี้แพะยังมีความรู้สึกลัวต่อความเป็นพิษของทองแดง และการขาดไอโอดีนมากกว่าแกะและโค (Meschy, 2000) วิตามินและแร่ธาตุในน้ำนมแพะบางอย่างมีค่าสูงและใกล้เคียงกับสัตว์เคี้ยวเอื้องชนิดอื่น (ตารางที่ 12)

7. เอนไซม์

ในน้ำนมมีเอนไซม์หลายชนิด นอกจากเอนไซม์สำหรับการย่อยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน ยังมีเอนไซม์ที่ช่วยกระตุ้นปฏิกิริยาเคมีอื่นๆอีกได้แก่ ออกซิเดส (oxidase) คาตาเลส (catalase) เพอร์ออกซิเดส (peroxidase) และฟอสฟาเตส (phosphatase) เป็นต้น

ตารางที่ 12 วิตามินและแร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบของน้ำนมชนิดต่างๆ

	น้ำนม แพะ	น้ำนม แกะ	น้ำนมโค	น้ำนม กระบือ	น้ำนมคน
วิตามินเอ (หน่วยสากล)	2,074	313.3	1,560	1,669	1,898
วิตามินบี 6 (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.07	0.07	0.64	0.25	0.10
วิตามินบี 12 (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.0006	0.0006	0.0042	0.0004	0.003
วิตามินดี (มิลลิกรัม/ลิตร)	23.7	-	-	-	-
โปรตีน (ร้อยละ)	3.7	5.1	2.8	3.7	1.5
ขนาดของเม็ดไขมัน (ไมโครเมตร)	3.49	3.30	4.55	5.92	-
น้ำตาลแลคโตส (ร้อยละ)	5.0	4.8	4.6	4.8	6.5
ไขมัน (ร้อยละ)	4.8	12.6	4.8	6.5	3.6
ไอโอดีน (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.036	0.004	0.031	0.13	0.002
กรดโฟลิก (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.0024	-	0.0028	0.15	0.002
กรดแอสคอร์บิก (มิลลิกรัม/ลิตร)	15.0	1.97	21.1	25.4	43.0
กรดนิโคตินิก (มิลลิกรัม/ลิตร)	1.87	0.51	0.94	1.71	1.47
ไทอามีน (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.40	-	0.44	0.50	0.16
ไรโบฟลาวิน (มิลลิกรัม/ลิตร)	1.84	0.40	1.75	1.07	0.36
โคลีน (มิลลิกรัม/ลิตร)	150	-	121	-	90

ที่มา: นีรนาม (2548)

8. จำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาว (somatic cell count)

จำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาว (somatic cell count: SCC) ปกติจะบ่งชี้เกี่ยวกับสุขภาพของต่อมสร้างน้ำนม และคุณภาพของน้ำนม ซึ่งมีผลต่อเศรษฐกิจและการจัดการในโรงรีดนม อย่างไรก็ตาม SCC ยังมีความสำคัญกับอุตสาหกรรมโรงรีด เพราะจะสะท้อนคุณภาพของน้ำนม (Lindmark-Mansson *et al.*, 2000) มีการศึกษาในโคนมเกี่ยวกับการเพิ่มขึ้นของ SCC เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในองค์ประกอบของน้ำนม (Haenlein *et al.*, 1973; Schultz, 1977) ในน้ำนมแพะที่ให้นมมาแล้ว

100 วัน จะมี SSC ประมาณ < 1,000,000 ต่อมิลลิลิตร และเพิ่มขึ้นเป็น 2,000,000 ต่อมิลลิลิตร เมื่อเป็นโรคเต้านมอักเสบ (Haenlein, 2002) ซึ่งมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องบางอย่างเช่น ความเสียหายของเซลล์ต่อมสร้างน้ำนม เพราะจะลดการสังเคราะห์ของน้ำนมที่เป็นองค์ประกอบในต่อมน้ำนม เช่น การเปลี่ยนแปลงของ lactose ในการซึมผ่านของเยื่อบุผิว และช่องว่างที่จะทำให้การไหลผ่านจากเลือดถึงเต้านมนั้นเพิ่มขึ้น โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงของ SCC มีผลครึ่งหนึ่งมาจากการผลิตน้ำนมที่เต้านม (Gonzalo *et al.*, 2004) หากสัตว์เป็นโรคเต้านมอักเสบ จะเกิดความเสียหายมาก เนื่องจากเป็นโรคที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ใช้ต้นทุนในการรักษาสูง แต่ยังคงถือว่าเป็นเพียงส่วนเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับ การสูญเสียอันเนื่องมาจากปริมาณน้ำนมลดลง ซึ่งการติดเชื้อแบบเรื้อรัง หรือไม่แสดงอาการ จะทำให้จำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวเพิ่มขึ้นในน้ำนม เป็นตัวบ่งชี้ถึงการเกิดโรคเต้านมอักเสบแบบไม่แสดงอาการได้เป็นอย่างดี เซลล์เม็ดเลือดขาวจากเลือดจะดูดซึมเข้าสู่เต้านม เพื่อกำจัดเชื้อที่เข้าสู่ร่างกาย การวัดจำนวนเซลล์ในน้ำนมจึงควรทำอย่างสม่ำเสมอ (Barbano *et al.*, 1991)

การประเมินค่าการย่อยได้โดยการศึกษาค่าการย่อยได้จริงในสัตว์ (*in vivo* digestibility)

การประเมินค่าการย่อยได้โดยวิธีนี้ เป็นวิธีการประเมินค่าที่ให้ความเชื่อมั่นในข้อสรุปผลของการประเมินที่สูงกว่าการประเมิน โดยวิธีการประเมินนอกตัวสัตว์ หรือในห้องปฏิบัติการ (*in vitro*) เนื่องจากผลที่ได้จากการประเมินโดยวิธีนี้เป็นผลที่เกิดจากการย่อยได้ของตัวสัตว์นั้นๆ อย่างแท้จริง ซึ่งวิธีการประเมินโดยวิธีนี้มี 2 วิธีการย่อยได้แก่ (องอาจ, 2548)

1. โดยวิธีชั่งและเก็บตัวอย่างทั้งหมด (total collection methods) เป็นวิธีการศึกษาโดยการกักขังสัตว์ทดลองในคอกทดลองที่สามารถศึกษาการใช้ประโยชน์จากอาหารได้ ซึ่งเรียกว่า กรงทดลอง (metabolism cages) โดยให้สัตว์กินอาหารทดลอง ซึ่งประสงค์ที่จะศึกษาการย่อยได้ของโภชนาใดๆก็ตาม จากนั้นก็เก็บตัวอย่างอาหารที่ให้สัตว์กินบันทึกปริมาณอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือในแต่ละวัน เพื่อใช้คำนวณปริมาณการกินสุทธิ เก็บมูล เก็บปัสสาวะ เพื่อใช้ประเมินค่าการย่อยได้ ซึ่งวิธีนี้นับเป็นวิธีที่เป็นแบบฉบับของการศึกษาการย่อยได้มาแต่อดีต (conventional method) นิยมใช้กันโดยทั่วไป เป็นวิธีการที่มีความเหมาะสมที่จะใช้ในการศึกษากับสัตว์ที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก ได้แก่ แพะ และแกะ เป็นต้น ในการทดลองจริงจำเป็นต้องมีระยะปรับตัวเพื่อเตรียมพร้อมในการศึกษาการย่อยได้ เรียกระยะเวลานี้ว่า ระยะเตรียมการทดลอง (preliminary period) และเมื่อได้เวลาที่เหมาะสมแล้ว จึงเริ่มเก็บข้อมูลต่างๆที่จำเป็นต้องใช้เพื่อการศึกษา เรียก

ระยะนี้ว่า ระยะเก็บข้อมูล หรือระยะทดลอง (collection period) หากมีข้อจำกัดเรื่องจำนวนสัตว์ทดลอง ก็จำเป็นต้องหมุนเวียนสัตว์ทดลองในแต่ละช่วงเวลา (period) เป็นกรณีเช่นนี้ก็จำเป็นต้องเลือกใช้แผนการทดลองแบบ Latin square design หรือบางกรณีอาจจำเป็นต้องใช้วิธีการทดลองที่มีการวัดซ้ำในหน่วยการทดลองเดิม (repeated measurement) หรืออาจจะใช้วิธีการสลับ treatment โดยใช้แผนการทดลองแบบ cross-over design (change over design) ทั้งนี้เพื่อให้ความคลาดเคลื่อน (error) ต่ำที่สุด และมีความแม่นยำในการสรุปผลการทดลองสูงที่สุด (องอาจ, 2548)

2. โดยวิธีการใช้ตัวบ่งชี้ (indicator methods) โดยวิธีการนี้สัตว์ทดลองจะได้รับอาหารที่มีตัวบ่งชี้ (indicator หรือ marker) ผสมอยู่ด้วยอย่างกระจายและสม่ำเสมอ (homogeneous) ในอาหารทดลองนั้นๆ แต่สัตว์ทดลองที่ใช้ในการศึกษาเพื่อการประเมินค่าการย่อยได้โดยวิธีนี้อาจไม่จำเป็นต้องถูกกักขังในคอกเสมอไป คืออาจจะปล่อยเลี้ยงในแปลงหญ้าก็ได้ แต่โดยส่วนใหญ่ผู้ทดลองนิยมกักขังสัตว์ในคอกทดลอง เช่นเดียวกับวิธีการแบบดั้งเดิม (conventional method หรือ total collection) ทั้งนี้เพื่อความสะดวก และลดความคลาดเคลื่อน ในการทดลอง อย่างไรก็ตามแม้สัตว์จะถูกกักขังแต่ในระยะทดลอง (collection periods) ก็ไม่จำเป็นต้องเก็บตัวอย่างอาหารและมูลสัตว์ทั้งหมดมาวิเคราะห์ อาจเก็บเพียงบางส่วนของอาหารและมูลมาใช้ก็สามารถประเมินค่าการย่อยได้ได้เช่นกัน (เทอดชัย, 2532) ในการประเมินค่าโดยวิธีนี้สิ่งสำคัญอยู่ที่สารเคมีที่ใช้เป็นตัวบ่งชี้ (indicator) หรือตัวทำเครื่องหมาย (marker) ที่ใช้เพื่อวัดค่าการย่อยได้ของอาหารซึ่งต้องมีสมบัติดังนี้ (องอาจ, 2548) คือ

1. ไม่มีฤทธิ์ในทางยา (pharmacological effect) ต่อระบบทางเดินอาหาร
2. มีอัตราเร็วไหลผ่านในระบบทางเดินอาหาร (passage rate) ที่สม่ำเสมอ
3. ควรเป็นสารเคมีที่ทำการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณได้ง่าย

สารเคมีดังกล่าวอาจเป็นสารซึ่งเป็นส่วนประกอบของอาหารในธรรมชาติ หรืออาจเป็นสารเคมีที่เติมเข้าไปในอาหาร หรือทั้ง 2 ส่วนรวมกันก็ได้ ตัวอย่างของสารเคมีที่นิยมใช้เป็น marker ได้แก่ ferric oxide, chromic oxide, polyethylene powder, lignin, silicate fiber, fecal nitrogen และ chromagen (Close and Menke, 1986 อ้างโดย องอาจ, 2548) และเมื่อทราบค่าปริมาณโภชนะและค่า indicator ทั้งในมูลและในอาหารแล้วก็สามารถนำมาใช้ในการคำนวณเปอร์เซ็นต์การย่อยได้จากสูตรต่อไปนี้ (Close and Menke, 1986 อ้างโดย องอาจ, 2548)

$$\% \text{ Digestibility} = 100 - \left[100 \times \frac{\% \text{ indicator in feed}}{\% \text{ indicator in faeces}} \times \frac{\% \text{ nutrient content of faeces}}{\% \text{ nutrient content of feed}} \right]$$

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยที่ใช้ประกอบการเขียนวิทยานิพนธ์นี้แบ่งเป็น 4 การทดลอง คือ

การทดลองที่ 1 การประเมินค่าปริมาณผลผลิตของทางปาล์มน้ำมัน

- 1.1 การประเมินค่าปริมาณผลผลิตของทางปาล์มน้ำมันในแต่ละอายุการผลิต
- 1.2 การประเมินค่าปริมาณผลผลิตของทางปาล์มน้ำมันจากต้นที่มีช่อดอกที่ต่างเพศกัน และมีลำดับชั้นของทางปาล์มที่เจริญอยู่บนลำต้นที่ต่างกัน

การทดลองที่ 2 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและค่าปริมาณการกินได้และค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุของส่วนต่างๆของทางปาล์มน้ำมันที่ผ่านกรรมวิธีการหมักที่ต่างกัน

- 2.1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี
- 2.2 การศึกษาปริมาณการกินได้และค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุของส่วนต่างๆของทางปาล์มที่ผ่านกรรมวิธีการหมักที่ต่างกัน

การทดลองที่ 3 การศึกษาค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุในกระเพาะรูเมน (ruminal degradability)

การทดลองที่ 4 ศึกษาผลของการใช้ทางปาล์มหมักร่วมกับอาหารชั้นระดับต่างๆ ต่อปริมาณคุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมแพะ

อุปกรณ์

1. การประเมินค่าปริมาณผลผลิตของทางปาล์มน้ำมัน

1. อุปกรณ์สำหรับการเก็บและเตรียมตัวอย่าง

- 1.1 อุปกรณ์ตัดทางปาล์มน้ำมัน ใช้เลียมสำหรับตัดแต่งทางปาล์ม
- 1.2 อุปกรณ์สับ - หั่นทางปาล์ม ใช้เครื่องสับหั่นไฟฟ้าชนิดใบมีดหมุนและตั้งขนาดความละเอียด 1 นิ้ว
- 1.3 ถูบบรรจุตัวอย่างที่สับ - หั่นแล้ว เป็นถุงพลาสติกชนิดทนความร้อนขนาด 26X34 นิ้ว
- 1.4 เครื่องชั่งขนาดพิคัสทุทรี 3 กิโลกรัม และ พิกัด 15 กิโลกรัม สำหรับชั่งตัวอย่าง
- 1.5 ตลับเมตร สำหรับวัดความยาวของทางปาล์มน้ำมัน
- 1.6 อุปกรณ์สำหรับการจดบันทึก

2. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและค่าปริมาณการกินได้และค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบและอินทรีย์วัตถุของส่วนต่างๆของทางปาล์มน้ำมันที่ผ่านกรรมวิธีการหมักที่ต่างกัน

2.1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

- 2.1.1 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาของอาหาร โดยระบบ Weende (Weende system of analysis) ซึ่งได้แก่อุปกรณ์วิเคราะห์โปรตีนรวม เยื่อใยรวม ไขมันรวม และเถ้า
- 2.1.2 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ส่วนประกอบของเยื่อใยผนังเซลล์ของพืชอาหารสัตว์ โดยระบบ Van Soest ซึ่งได้แก่ชุดวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใยชนิดควบแน่นไอน้ำหมุนเวียน (Refluxing apparatus)
- 2.1.3 เครื่องวัดความเป็นกรดต่าง (pH meter) ตามวิธีของ Bolsen *et al.*, (1990)

2.2 การศึกษาปริมาณการกินได้และค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบและอินทรีย์วัตถุของส่วนต่างๆของทางปาล์มที่ผ่านกรรมวิธีการหมักที่ต่างกัน

2.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์

- 2.2.1.1 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (analytical balance)
- 2.2.1.2 ตู้อบ (hot air oven)
- 2.2.1.3 ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (porcelain crucible)
- 2.2.1.4 เตาเผาฮีท Carbolite ซึ่งตั้งอุณหภูมิได้ 1,000 องศาเซลเซียส
- 2.2.1.5 เครื่องบดตัวอย่างอาหารสัตว์ที่ใช้ตะแกรงที่มีรูตะแกรงขนาด 5 มิลลิเมตร และ 1 มิลลิเมตร
- 2.2.1.6 โถดูดความชื้น (desiccator)
- 2.2.1.7 คีมจับ (tong)
- 2.2.1.8 ถาดใส่ตัวอย่าง
- 2.2.1.9 ขวดชั่งน้ำหนัก (weighing bottle)
- 2.2.1.10 ซ้อนตักตัวอย่างหญ้าและมูลสัตว์ แปรงปิด ฯลฯ

2.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองกับตัวสัตว์

2.2.2.1 สัตว์ทดลอง ใช้แพะลูกผสมเอง โกลนูเบียบนพื้นเมืองเพศผู้จำนวน 6 ตัว มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 14.2 ± 1.67 กิโลกรัม ชั่งน้ำหนักและถ่ายพยาธิให้แพะทุกตัวก่อนการทดลอง

2.2.2.2 โรงเรือนและคอกทดลอง ใช้โรงเรือนแบบหน้าจั่วชั้นเดียวขนาด ขนาด 10 X 10 เมตร ซึ่งสามารถจัดวางคอกทดลองขนาด 1.2 X 1.5 X 0.3 เมตร จำนวน 6 คอก ยกสูงขึ้นจากพื้นประมาณ 0.3 เมตร โดยแต่ละคอกมีรางน้ำ รางอาหารและแผ่นตะแกรงสำหรับรองรับมูลซึ่งแยกจากกันทำให้สัตว์แต่ละตัวมีความเป็นอิสระจากกันและไม่มีการปะปนกันของมูล (ภาพที่ 10)

2.2.2.3 เครื่องชั่งน้ำหนักขนาดพิกัด 1 กิโลกรัม ใช้สำหรับชั่งมูลแพะ จำนวน 1 เครื่อง และขนาดพิกัด 2 กิโลกรัม สำหรับชั่งใบปาล์มและทางปาล์มน้ำมันที่ให้แพะกิน 1 เครื่อง

2.2.2.4 อุปกรณ์ตัดใบปาล์มและทางปาล์มน้ำมันคือ มีดปังตอ 1 ด้าม และ เขียงไม้

2.2.2.5 ภาชนะสำหรับบรรจุใบปาล์มและทางปาล์มน้ำมันสำหรับใช้เป็นอาหารหยاب ได้แก่ กระสอบ จำนวน 6 ใบ



ภาพที่ 10 โรงเรือนที่ใช้ในการทดลอง

2.2.2.6 อุปกรณ์สำหรับเก็บรวบรวมตัวอย่างใบปาล์มและทางปาล์มน้ำมัน และ มูลสัตว์ ได้แก่ ถูทนร้อนขนาด 16X21 นิ้ว ถูมือพลาสติกเพื่อสวมใส่ในการเก็บตัวอย่าง มูลสัตว์ทดลอง

2.2.2.7 อุปกรณ์และเครื่องอำนวยความสะดวกอื่นๆ ที่จำเป็นต้องใช้ได้แก่ ไม้กวาดก้านมะพร้าว สายยางสำหรับล้างทำความสะอาดคอก เชือกสำหรับชั่งน้ำหนักแพะทดลอง

2.2.2.8 ตารางบันทึกข้อมูลสำหรับศึกษาปริมาณการกินได้และค่าการย่อยได้ของ วัตถุแห้ง (dry matter digestibility) และอินทรีย์วัตถุ (organic matter digestibility) ตามที่ระบุโดย องอาจ (2548)

3. การศึกษาค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุในกระเพาะรูเมน (ruminal degradability)

3.1 ตัวอย่างทางปาล์มน้ำมันที่ผ่านกรรมวิธีการหมักที่ต่างกันจากการทดลองที่ 2.1 ซึ่งผ่านการบดผ่านตะแกรง 5 และ 1 มิลลิเมตร และได้ทำการศึกษายองค์ประกอบทางเคมีมาแล้วในการทดลองที่ 2.1 เพื่อใช้สำหรับการศึกษาค่าการสลายตัวในกระเพาะรูเมนต่อไป

3.2 ถุงไนลอนชนิด Nylon Woven Continuous Filament Cloth ซึ่งผลิตโดย Lockertex Filtration Products and Service ที่มีขนาดของถุง 10X14 ซม. และมีขนาดรูพรุน = per 114 L/dm²/min@200 Pa ที่ใช้วิธีการเย็บถุงแบบรีดร้อน (heat sealed) ผลิตโดย International Feed Resources Unit แห่ง Macaulay Research Institute ณ Craigiebuckler เมือง Aberdeen, Scotland

3.3 โคเจาะกระเพาะ (rumen fistulated cows) ชนิดมีฝาเปิด จำนวน 3 ตัว เลี้ยงในคอกขังเดี่ยว ให้ได้รับอาหารหยาบจากหญ้าเนเปียร์สดโดยให้กินแบบเต็มที่ (*ad libitum*) ส่วนอาหารชั้นให้กินในอัตรา 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน และให้สัตว์ได้รับน้ำ และแร่ธาตุก่อนถูกจัดไว้ให้สัตว์กินได้ตลอดเวลา

3.4 อุปกรณ์สำหรับการศึกษาในห้องปฏิบัติการ และในตัวโค ได้แก่ เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (analytical balance) ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (porcelain crucible) เทอร์โมมิเตอร์ กระจกน้ำร้อนถึง stainless เครื่องซักผ้าสำหรับใช้ล้างถุง ตู้อบ (hot air oven) โถดูดความชื้น (desiccator) คีมจับ (tong) สายไนลอนและถุงตาข่ายสำหรับห่อหุ้มถุงที่ผูกเข้ากับสายไนลอน

4. ศึกษาผลของการใช้ทางปาล์มหมักร่วมกับอาหารชั้นระดับต่างๆ ต่อปริมาณ คุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมแพะ

4.1 สัตว์ทดลอง ใช้แพะนมลูกผสมพื้นเมืองแองโกลนูเบียล (Anglonubian) ระยะเริ่มให้นม จำนวน 4 ตัว ที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 33.37 ± 4.81 กิโลกรัม และมีระยะเวลาให้นมที่ใกล้เคียงกัน ชั่งน้ำหนักและถ่ายพยาธิด้วยไอโวนแมคอัตรา 0.5 มิลลิลิตร ต่อน้ำหนักตัว 25 กิโลกรัม ก่อนการทดลอง

4.2 คอกทดลอง ใช้คอกทดลองซึ่งเป็นคอกไม้ขนาด 1.2 x 1.5 x 1.0 เมตร ยกสูงขึ้นจากพื้นประมาณ 1 เมตร จำนวน 4 คอก แต่ละคอกมีรางน้ำ รังอาหารสำหรับสัตว์แต่ละตัว

4.3 เครื่องชั่งน้ำหนักขนาดพิกัด 0.5 กิโลกรัม ใช้สำหรับชั่งอาหาร จำนวน 1 เครื่อง และขนาดพิกัด 1 กิโลกรัม สำหรับชั่งตัวอย่างทางปาล์มหมักที่ให้แพะทดลองจำนวน 1 เครื่อง

4.4 อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำนมดิบซึ่งประกอบด้วย ขวดบรรจุตัวอย่างนมขนาดเล็ก 120 มิลลิลิตร และขนาด 30 มิลลิลิตร ที่มีสารโปตัสเซียมไดโครเมต (potassium dichromate, KMn_2O_4) 50 มิลลิกรัม สำหรับการวิเคราะห์หา somatic cell count และเครื่องวิเคราะห์หองค์ประกอบของน้ำนม (Lactoscan 90 Milkanalyzer) เพื่อวิเคราะห์โปรตีน ไขมัน ของแข็งไม่รวมไขมัน และน้ำตาลแลคโตส

4.5 อุปกรณ์และเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำนม โดยใช้ pH meter รุ่น Multi-parameter analyzer consort C830)

4.6 อุปกรณ์สำหรับวัดความถ่วงจำเพาะของน้ำนมโดยใช้ Quevenne's lactometer และ cylinder ความจุ 250 ซีซี เพื่อใส่ตัวอย่างน้ำนม

4.7 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ somatic cell count โดยใช้เครื่อง Biotechnological Analytical Manual (BAM)

4.8 อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างเลือดและสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ค่ายูเรีย-ไนโตรเจนใน กระแสเลือด (blood urea nitrogen, BUN) วิเคราะห์น้ำตาลในกระแสเลือด (blood glucose, BG) ด้วยวิธีของ Tiffany *et al.* (1972) และตรวจหาความเข้มข้นของฮอร์โมน Triiodothyronine (T_3) ด้วยวิธีการ Electrochemiluminescence immunoassay (ECLIA) ใช้เครื่องมือ Roche Elecsys 1010/2010 และ Modula analytics E170 (Elecsys module)

4.9 อาหารทดลอง

4.9.1 อาหารชั้นใช้อาหารอัดเม็ดสำเร็จรูปสำหรับโครีดนมยี่ห้อ วิน 95 ซึ่งมีสมบัติและองค์ประกอบทางโภชนา ดังนี้

ความชื้น ไม่มากกว่า 13 เปอร์เซ็นต์

โปรตีนรวม ไม่น้อยกว่า 18 เปอร์เซ็นต์

ไขมัน ไม่น้อยกว่า 3 เปอร์เซ็นต์

และกากไม่มากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง

4.9.2 อาหารหยาบ ใช้ทางปาล์มน้ำมันหมักด้วยกากน้ำตาลระดับ 5% (w/w) ซึ่งได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมน และศึกษาปริมาณการกินได้และค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรีย์วัตถุแล้ว

วิธีการ

การทดลองที่ 1 การประเมินค่าปริมาณผลผลิตของทางปาล์มน้ำมัน

1.1 การประเมินค่าปริมาณผลผลิตของทางปาล์มน้ำมันในแต่ละอายุการผลิต

1.1.1 ศึกษาผลผลิตของทางปาล์มน้ำมันจากต้นปาล์มที่มีอายุการให้ผลผลิตตั้งแต่ 1- 15 ปี โดยทำการตัดทางปาล์มน้ำมันพร้อมกับการเก็บเกี่ยวผลผลิตทะลายน้ำมันที่สุกและถึงกำหนดการเก็บเกี่ยวจากต้นปาล์มในแต่ละอายุการให้ผลผลิตอายุละ 50 ต้นๆ ละ 1 ทาง แล้วศึกษาน้ำหนักผลผลิตส่วนต่างๆ ของทางปาล์มดังนี้

1.1.1.1 น้ำหนักทางทั้งหมด ดำเนินการโดยการชั่งน้ำหนักทางทั้งหมดที่ตัดจากต้น หลังจากการตัดทะลายน้ำมันแล้ว ซึ่งทางปาล์มน้ำมันมีส่วนประกอบสำคัญคือ ส่วนใบและแกนกลางทางปาล์ม

1.1.1.2 น้ำหนักใบทั้งหมด หลังจากการชั่งน้ำหนักทางปาล์มทั้งหมดแล้วก็ตัดส่วนใบทั้งหมดออก นำมาชั่งน้ำหนัก

1.1.1.3 น้ำหนักแกนทางทั้งหมด ชั่งน้ำหนักส่วนของแกนกลางทั้งหมด ที่เหลือจากการตัดส่วนใบออกหมดแล้ว

1.1.1.4 น้ำหนักแกนทางส่วนที่ตัดทิ้ง ทำการตัดแกนทางส่วนล่างที่ไม่มีใบเจริญออกจากแกนทางปาล์มทิ้งไป เนื่องจากเป็นส่วนที่มีความแข็งมากสับหั่นได้ยาก

1.1.1.5 เส้นผ่าศูนย์กลางของทางปาล์มตรงตำแหน่งรอยตัดจากต้น วัดเส้นผ่าศูนย์กลางของรอยตัดตามแนวขวางของทางปาล์มน้ำมัน ดังแสดงในภาพที่ 11

1.1.1.6 เส้นผ่าศูนย์กลางของทางปาล์มตรงตำแหน่งรอยตัดส่วนที่ตัดทิ้ง วัดเส้นผ่าศูนย์กลางของรอยตัดตรงตำแหน่งรอยตัดส่วนที่ตัดทิ้ง โดยตัดตามแนวขวางของทางปาล์มน้ำมัน ดังแสดงในภาพที่ 12

1.1.1.7 ความยาวของทางปาล์มทั้งหมด วัดความยาวทางปาล์มน้ำมันจากรอยตัดจากต้น จนถึงส่วนปลายใบของใบสุดท้าย

1.1.1.8 ความยาวของทางปาล์มส่วนที่ใช้ประโยชน์ได้ วัดความยาวของทางปาล์มตรงตำแหน่งรอยตัดทางปาล์มส่วนที่ตัดทิ้งไปจนถึงปลายสุดของใบสุดท้าย

1.1.1.9 ความสูงของลำต้น วัดความสูงของลำต้นจากผิวดินบริเวณโคน จนถึงทางปาล์มใบล่างสุดที่ติดกับต้น



ภาพที่ 11 แสดงการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของรอยตัดตามแนวขวางของทางปาล์มน้ำมัน



ภาพที่ 12 แสดงการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของรอยตัดตรงตำแหน่งรอยตัดส่วนที่ตัดทิ้งโดยตัดตามแนวขวางของทางปาล์มน้ำมัน

เพื่อศึกษาปริมาณผลผลิตและขนาดของส่วนของทางปาล์มส่วนต่างๆ คำนวณค่าผลผลิตเฉลี่ย/ ต้น/ปี และ เฉลี่ย/ พื้นที่ปลูก/ปี และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอายุการให้ผลผลิต กับ น้ำหนักทางทั้งหมด น้ำหนักใบทั้งหมด น้ำหนักแกนทางทั้งหมด น้ำหนักแกนทางส่วนที่ตัดทิ้ง ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของรอยตัดตรงตำแหน่งรอยตัดจากต้น ตำแหน่งรอยตัดส่วนที่ตัดทิ้ง ความยาวของทางทั้งทางก่อนการตัด ความยาวของทางจากตำแหน่งรอยตัดส่วนที่ตัดทิ้ง และ กับความสูงของลำต้น และสร้างสมการทำนายปริมาณผลผลิตจากค่าความสัมพันธ์ดังกล่าว

1.1.2 แผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) โดยใช้อายุของปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตเป็นทรีเมนต์ (treatments) จำนวน 15 ทรีเมนต์ (treatments) และใช้จำนวนต้นปาล์ม 50 ต้น ต้นละ 1 ทางเป็นซ้ำจำนวน 50 ซ้ำ ซึ่งมีแบบหุนทางสถิติ (statistical model) ที่เหมาะสมกับข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้คือ

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

เมื่อ Y_{ij} = ค่าสังเกตของหน่วยทดลองที่ได้รับ treatment ที่ i ซ้ำที่ j เมื่อ $j = 1, \dots, 50$

μ = overall mean

τ_i = อิทธิพลเนื่องจาก treatment

ϵ_{ij} = error

1.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) ของปริมาณผลผลิตและขนาดของส่วนต่างๆของทางปาล์มและต้นปาล์มน้ำมันแต่ละอายุการให้ผลผลิตและจากแต่ละส่วนของทางปาล์ม ศึกษาค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และสร้างสมการทำนายความสัมพันธ์ของอายุการให้ผลผลิตกับปริมาณวัตถุแห้งของทางปาล์มน้ำมันส่วนต่างๆ โดยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์และสมการถดถอย (correlation and regression analysis) (Steel and Torrie, 1981)

การทดลองที่ 1.2 การประเมินค่าปริมาณผลผลิตของทางปาล์มน้ำมันจากต้นที่มีช่อดอกที่ต่างเพศกัน และมีลำดับชั้นของทางปาล์มที่เจริญอยู่บนลำต้นที่ต่างกัน

1.2.1 ตัดทางปาล์มน้ำมันจากต้นที่มีช่อดอกเพศผู้ และเพศเมีย เพศละ 6 ต้นๆ ละ 5 ทาง โดยแต่ละทางเจริญอยู่บนลำต้นที่ต่างลำดับชั้น ศึกษาใน 5 ลำดับชั้น โดยนับจากทางชั้นล่างสุดถึงทางส่วนบนชั้นที่ 5 เพื่อศึกษาปริมาณผลผลิตส่วนต่างๆของทางปาล์มน้ำมันจากต้นที่มีช่อดอกที่ต่างเพศและมีลำดับชั้นของทางบนลำต้นที่ต่างกันทั้ง 5 ลำดับชั้น โดยการ

1.2.1.1 ชั่งน้ำหนักทางทั้งหมด

1.2.1.2 แยกใบ และแกนกลางออกจากทาง และชั่งน้ำหนักผลผลิตแต่ละส่วน

1.2.1.3 แยกใบ ออกจากก้านใบ และชั่งน้ำหนักส่วนต่างๆ

1.2.1.4 สับแกนกลางเป็นชิ้นเล็กๆ

1.2.1.5 นำส่วนต่าง ๆ ของทางปาล์มน้ำมันไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส และตากแห้งไว้ในสภาพแห้งในอากาศเป็นเวลา 2 วัน จนแห้งสนิท

1.2.1.6 ชั่งน้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆ ของทางปาล์มน้ำมัน และศึกษาปริมาณวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ และเถ้าของทางปาล์มน้ำมันส่วนต่างๆ

1.2.2 แผนการทดลอง

ใช้วิธีการทดลองที่เป็นการทดลองที่มีหลายปัจจัยแบบ 2x5 factorial experiment ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) โดยใช้ต้นปาล์มที่มีต้นที่มีช่อดอกที่เพศต่างกันเป็นปัจจัยที่ 1 (A) และลำดับชั้นของทางปาล์มน้ำมันบนลำต้นที่ต่างลำดับชั้น โดยนับลำดับจากทางล่าง (โคน) ขึ้นด้านบน (ยอด) เป็นปัจจัยที่ 2 (B) ซึ่ง ได้แก่

ปัจจัยที่ 1 (A) มีดังนี้

a1 = ต้นที่มีช่อดอกเพศผู้

a2 = ต้นที่มีช่อดอกเพศเมีย

ปัจจัย 2 (B) มีดังนี้

b1 = ลำดับชั้นที่ 1

b2 = ลำดับชั้นที่ 2

b3 = ลำดับชั้นที่ 3

b4 = ลำดับชั้นที่ 4

b5 = ลำดับชั้นที่ 5

รูปแบบทางสถิติ (statistical model) ที่เหมาะสมกับข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้คือ

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

เมื่อ Y_{ijk} = ค่าสังเกตจากทรีเมนต์ (combination) ที่ i j ซ้ำที่ k เมื่อ $k = 1, 2, \dots, 6$

μ = overall mean

α_i = อิทธิพลของปัจจัยที่ 1 (main effect A) ที่ระดับ i เมื่อ $i = 1$ และ 2

β_j = อิทธิพลของปัจจัยที่ 2 (main effect B) ที่ระดับ j เมื่อ $j = 1, 2, 3, 4$ และ 5

$\alpha\beta_{ij}$ = อิทธิพลร่วมเนื่องจากปัจจัย A และ B (interaction) ที่ระดับ ij

ε_{ijk} = residual error

1.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ของปริมาณผลผลิตในรูปน้ำหนักสด น้ำหนักวัตถุแห้ง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และเถ้า ของทางปาล์มน้ำมันส่วนต่างๆจากต้นที่มีช่อดอกที่ต่างเพศกันและมี ลำดับชั้นของใบบนลำต้นที่ต่างกัน โดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (statistical analysis system) (มนต์ชัย, 2544; Cody and Smith, 1985)

2. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและค่าปริมาณการกินได้และค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุของส่วนต่างๆของทางปาล์มน้ำมันที่ผ่านกรรมวิธีการหมักที่ต่างกัน

2.1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

2.1.1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของทางปาล์มน้ำมันส่วนต่างๆดังนี้

2.1.1.1 ตัดทางปาล์มน้ำมันจากต้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิตทะลายปาล์มโดยตัดเฉพาะทางที่อยู่ใต้ทะลายปาล์มที่เก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วเพื่อใช้ในการหมักด้วยกรรมวิธีที่ต่างกัน

2.1.1.2 ตัดแยกส่วนของใบและแกนทางออกจากกัน แล้วสับบดใบปาล์ม (leaf blade: LB) และทางปาล์มน้ำมันทั้งหมด (oil palm fronds: OPF) ด้วยเครื่องสับหญ้า (chopper) ให้มีขนาดประมาณ 1-2 นิ้ว

2.1.1.3 หมักทางปาล์มน้ำมันส่วนที่เป็นใบปาล์ม (leaf blade: LB) และทางปาล์ม น้ำมันทั้งหมด (oil palm fronds: OPF) แยกกันด้วยกรรมวิธีที่ต่างกัน 2 กรรมวิธีคือการหมักทั่วไป (ensilage with normal method) และหมักโดยการใช้กากน้ำตาลเป็นสารเสริม (ensilage with using molasses as additive) โดยใช้ถุงหมักขนาด 30X40 นิ้ว จนครบกำหนด 21 วัน จึงชั่งน้ำหนักผลผลิต หญ้าหมัก เก็บตัวอย่างหญ้าหมักไปศึกษาคุณภาพ โดยการวัด pH ด้วยเครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (pH meter) ตามวิธีของ Bolsen *et al.*, (1990) และประเมินลักษณะความเป็นหญ้าหมักที่ดีจากการ สัมผัส

2.1.1.4 นำตัวอย่างหญ้าหมัก และในสภาพสดไปอบแห้งที่ 65 องศาเซลเซียส และ บดผ่านตะแกรงขนาด 5 และ 1 มิลลิเมตร เพื่อใช้วิเคราะห์ห่อองค์ประกอบทางเคมี และการประเมินค่า การสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมน

2.1.1.5 วิเคราะห์ห่อองค์ประกอบทางเคมีโดยระบบ Weende (Naumann and Basler, 1976)

2.1.1.6 วิเคราะห์ห่อองค์ประกอบทางเคมีโดยระบบ Van Soest (Goering and Van Soest, 1970)

2.1.2 แผนการทดลอง

ใช้วิธีการทดลองแบบ 2x3 factorial experiment ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) ศึกษาใน 2 ปัจจัยได้แก่ ปัจจัยที่ 1 (factor: A) คือ ส่วนของ ทางปาล์ม และปัจจัยที่ 2 (Factor: B) คือรูปแบบการใช้ ซึ่งมีระดับของแต่ละปัจจัยดังนี้

ปัจจัย A

a1: ใบปาล์ม (leaf blade)

a2: ทางปาล์มน้ำมันทั้งทาง (oil palm frond)

ปัจจัย B

b1: สภาพสด (fresh) (กลุ่มควบคุม)

b2: หมักแบบธรรมดา (common ensilage)

b3: หมักโดยการเสริมกากน้ำตาล (ensilage with molasses)

แบบหุ่นทางสถิติที่เหมาะสมกับข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้คือ

	Y_{ijk}	=	$\mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$
เมื่อ	Y_{ijk}	=	ค่าสังเกตจากทรีเมนต์ (combination) ที่ i, j ซ้ำที่ k เมื่อ $k = 1, 2, \dots, 6$
	μ	=	overall mean
	α_i	=	อิทธิพลของปัจจัย A (main effect A) ที่ระดับ i เมื่อ $i = 1$ และ 2
	β_j	=	อิทธิพลเนื่องจากปัจจัย B (main effect B) ที่ระดับ j เมื่อ $j = 1, 2$ และ 3
	$\alpha\beta_{ij}$	=	อิทธิพลร่วมเนื่องจากปัจจัย A และ B (interaction) ที่ระดับ ij
	ε_{ijk}	=	residual error

2.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (statistical analysis system) (มนต์ชัย, 2544; Cody and Smith, 1985)

2.2 การศึกษาปริมาณการกินได้และค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบและอินทรีย์วัตถุของส่วนต่างๆของทางปาล์มที่ผ่านกรรมวิธีการหมักที่ต่างกัน

2.2.1 ระยะเวลาเตรียมสัตว์ก่อนการทดลอง (preliminary periods)

2.2.1.1 ใช้แพะเพศผู้ น้ำหนักตัวเฉลี่ย 14.2 ± 1.67 กิโลกรัม จับขังเดี่ยวแต่ละตัวในคอกทดลอง (ภาพที่ 13)

2.2.1.2 เตรียมการถ่ายพยาธิด้วยไอโวนแมค อัตรา 0.5 มิลลิลิตร ต่อน้ำหนักตัว 25 กิโลกรัม

2.2.1.3 เตรียมปรับสภาพการกินอาหารของแพะทั้ง 6 ตัว โดยค่อยๆเพิ่มปริมาณการกินส่วนของทางปาล์มแต่ละส่วน และแต่ละกรรมวิธีการหมัก และลดการกินหญ้าสดของแพะลงจนสามารถกินทางปาล์มแต่ละส่วนได้ 100 เปอร์เซ็นต์ จึงจะเริ่มใช้สัตว์ทดลองได้



ภาพที่ 13 คอกทดลอง ซึ่งเป็นคอกที่ใช้ในการทดลอง

2.2.2 ระยะเวลาทดลองและการบันทึกผล (collecting period)

แบ่งการทดลองออกเป็น 6 ระยะเวลา (period) โดยแพะแต่ละตัวมีโอกาสได้รับอาหารทดลองแต่ละชนิดแต่ละระยะตามผังการทดลอง (experimental layout) ที่ได้จากการสุ่มตามแผนการทดลองแบบ Latin square design โดยใช้ระยะเวลาในแต่ละระยะนาน 15 วัน ซึ่งเป็นระยะการปรับสภาพการกินอาหารนาน 10 วัน และเป็นระยะเวลาเก็บข้อมูล 5 วัน และเมื่อครบกำหนดในแต่ละระยะจึงทำการเปลี่ยนระยะเวลาทดลองต่อไปตามผังการทดลองที่แสดงในตารางที่ 13 โดยมีการจัดบันทึกต่างๆ ดังนี้

1. ปริมาณอาหารที่ให้และที่เหลือในแต่ละวัน เพื่อให้คำนวณปริมาณการกินได้กินได้ในแต่ละวันของสัตว์แต่ละตัว
2. ปริมาณมูลสัตว์ที่ถ่ายของแต่ละวัน และนำมูลสัตว์ที่ได้ไปอบในตู้อบ (hot air oven) แล้วชั่งน้ำหนักมูลหลังอบ
3. เก็บตัวอย่างอาหารที่ให้และที่เหลือทุกทริตเมนต์ไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีในรูปของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุ

ตารางที่ 13 แผนการเปลี่ยนทรีตเมนต์ในแต่ละช่วงของการทดลอง (experimental layout)

ระยะการทดลอง	สัตว์ทดลอง					
	ตัวที่ 1	ตัวที่ 2	ตัวที่ 3	ตัวที่ 4	ตัวที่ 5	ตัวที่ 6
ระยะที่ 1	A	E	F	D	B	C
ระยะที่ 2	E	C	D	B	F	A
ระยะที่ 3	F	D	E	C	A	B
ระยะที่ 4	D	B	C	A	E	F
ระยะที่ 5	B	F	A	E	C	D
ระยะที่ 6	C	A	B	F	D	E

หมายเหตุ: A = ทางสด B = ทางหมักธรรมดา C = ทางหมักกากน้ำตาล
 D = ใบสด E = ใบหมักธรรมดา F = ใบหมักกากน้ำตาล

2.2.3 แผนการทดลอง

ใช้วิธีการทดลองแบบ 2x3 factorial experiment ตามแผนการทดลองแบบ 6x6 Latin square design โดยศึกษาใน 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 ส่วนของทางปาล์ม และปัจจัยที่ 2 กรรมวิธีการหมักทางปาล์มน้ำมันที่แตกต่างกัน ซึ่งได้แก่

ปัจจัย A

a1: ใบปาล์ม (leaf blade)

a2: ทางปาล์มน้ำมันทั้งทาง (oil palm frond)

ปัจจัย B

b1: สภาพสด (fresh) (กลุ่มควบคุม)

b2: หมักแบบธรรมดา (common ensilage)

b3: หมักโดยการเสริมกากน้ำตาล (ensilage with molasses)

ให้แพะได้รับทางปาล์มส่วนต่างๆที่ผ่านกรรมวิธีการหมักที่ต่างกันแต่ละประเภทในแต่ละระยะการทดลองๆละ 15 วัน ซึ่งจัดให้มีระยะเวลาการปรับตัวเนื่องจากการเปลี่ยนอาหารในแต่ละ

ระยษนณ 10 วัน และใช้ระยษเวเลนในกรเก็บข้อมูลนณ 5 วัน ทุกระยษการทดลอง โดยหมุนเวียน ให้แพะได้รับอาหารทุทชนิดตามแผนการทดลองแบบ Latin square design เก็บข้อมูลทั้งปริมาณอาหารที่กินและปริมาณมูลที่ถ่ายในแต่ละวัน และนำไปวิเคราะห์ห้หาปริมาณวัตถุแห้ง และอินทรีย์วัตถุ ซึ่งมีแบบหุ่นทางสถิติ (statistical model) ที่เหมาะสมกับข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้คือ

$$Y_{ijklm} = \mu + \rho_i + \gamma_j + \alpha_k + \beta_l + \alpha\beta_{kl} + \epsilon_{ijklm}$$

เมื่อ Y_{ijklm} = ค่าสังเกตจากทรีเมนต์ (combination) ที่ ijkl ซ้ำที่ m เมื่อ m= 1, 2, 3, 4, 5 และ 6

μ = overall mean

ρ_i = อิทธิพลเนื่องจากแถว (row) ที่ i เมื่อ i = 1, 2, 3, 4, 5 และ 6

γ_j = อิทธิพลเนื่องจาก column ที่ j เมื่อ j = 1, 2, 3, 4, 5 และ 6

α_k = อิทธิพล เนื่องจากปัจจัย A (main effect A) ที่ระดับ k เมื่อ k = 1 และ 2

β_l = อิทธิพลเนื่องจากปัจจัย B (main effect B) ที่ระดับ l เมื่อ l = 1, 2 และ 3

$\alpha\beta_{kl}$ = อิทธิพลร่วมเนื่องจากปัจจัย A และ B (interaction AB) ที่ระดับ kl

ϵ_{ijklm} = residual error

2.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) และหากพบว่าม้อิทธิพลของ treatment ก็ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test: DMRT (Steel and Torrie, 1981)

3 การศึกษาค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุในกระเพาะรูเมน (ruminal degradability)

3.1 นำตัวอย่างทางปาล์มแต่ละส่วนที่อบแห้งที่ 65 องศาเซลเซียส และได้วางในสภาพอุณหภูมิห้อง 1-2 คืนแล้วไปบดผ่านตะแกรง 5 และ 1 มิลลิเมตร และใช้เพื่อการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีมาแล้วมาศึกษาค่าการสลายตัวในกระเพาะรูเมน (ruminal degradation) ด้วยเทคนิคถุงไนลอน (nylon bag technique) ตามวิธีการดังต่อไปนี้

3.1.1 เขียนเบอร์บนถุงไนลอนด้วยปากกาชนิดเขียนติดถาวร (permanent) แล้วนำไปซักให้สะอาดจากนั้นจึงนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักถุง

3.1.2 ใช้โคเจาะที่เจาะกระเพาะและฝังท่อแบบถาวร (rumen fistulated cows) จำนวน 3 ตัว ซึ่งมีอายุใกล้เคียงกันสำหรับหมักตัวอย่างอาหารในกระเพาะรูเมน

3.1.3 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 1 กรัมต่อถุง บรรจุตัวอย่างทางปาล์มลงในถุงไนลอน

3.1.4 ใช้ยางรัดปากถุงให้แน่นและนำไปผูกกับสายไนลอน แล้วใช้ถุงตาข่ายไนลอนหุ้มล้อมรอบอีกชั้นหนึ่ง

3.1.5 เมื่อได้เวลาใส่กระเพาะรูเมนจะต้องปรับอุณหภูมิตัวอย่างโดยการแช่ตัวอย่างในถุงในน้ำอุ่นที่มีอุณหภูมิประมาณ 39 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นจึงนำไปใส่ในกระเพาะรูเมน โดยใช้วิธีใส่ต่างเวลา (sequential addition) แล้วกำหนดเวลาเอาออกพร้อมกัน ซึ่งจะเริ่มใส่จำนวนชั่วโมงที่มากไปหาชั่วโมงที่น้อย เมื่อครบกำหนดจะเอาออกมาพร้อมกัน โดยใช้ระยะเวลาในการหมักในกระเพาะรูเมนแตกต่างกัน 8 ระยะเวลา คือ 2, 4, 8, 16, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง

3.1.6 เมื่อหมักตัวอย่างอาหารในกระเพาะรูเมนจนครบกำหนดทั้ง 8 ระยะเวลาแล้วจึงนำออกมาล้างน้ำให้สะอาด จากนั้นจึงแกะยางรัดออกจากสายไนลอนให้เป็นถุง แล้วจึงนำไปล้างให้สะอาดด้วยเครื่องซักผ้าเป็นเวลานาน 30 นาที นำถุงไนลอนออกจากถังเครื่องซักผ้าแล้วแกะยางรัดออก พับปากถุงไนลอน แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำค่าที่ได้จากการศึกษาของตัวอย่างในแต่ละช่วงเวลาไปปรับเป็นเส้นโค้งการสลายตัว (fit curve) เพื่อคำนวณค่าการสลายของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุของส่วนต่างๆ โดยใช้สมการในการคำนวณ ดังนี้คือ

$$P = a + b(1 - e^{-ct})$$

เมื่อ P = ค่าศักยภาพการเสื่อมสลายตัวของวัตถุแห้งของตัวอย่างที่เวลา “ t ” (potential degradability)

a = จุดที่เส้นกราฟตัดแกน Y ที่เวลาการย่อยที่ 0 ชั่วโมง (the zero time intercept of the fitted curve)

- b = จุดสูงสุดของกราฟ ซึ่งจะถึงเมื่อเวลาในการย่อยสลายไม่ถูกจำกัด (the asymptote of the curve and would be reached if time was infinite)
- c = อัตราคงที่ของการย่อยสลาย (the degradation rate constant)

ซึ่งสามารถประเมินค่าศักยภาพการสลายตัว (potential degradability) ค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งส่วนที่ละลายน้ำได้ง่าย (water soluble fraction) ส่วนที่ไม่ละลายน้ำแต่สามารถถูกย่อยสลายได้ (fermentable fraction) ค่าประสิทธิภาพการสลายตัว (effective degradability) ที่อัตราเร็วที่ระดับ 0.05 ค่าอัตราการสลายตัวคงที่ของส่วนที่ย่อยได้ (rate of constant) ค่าอัตราเร็วของการสลายตัว (degradation rate) ของวัตถุแห้ง และค่าช่วงระยะเวลาก่อนการเริ่มทำการหมักย่อยตัวอย่างอาหารของจุลินทรีย์ ตามวิธีของ (Ørskov and McDonald, 1979) ด้วยโปรแกรม Fitcurve (Chen, 2006)

3.2 แผนการทดลอง

ศึกษาค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมนโดยใช้วิธีการทดลองแบบ 2x3 factorial experiment ตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design: RCBD) โดยศึกษาส่วนของทางปาล์มน้ำมันซึ่งมี 2 ส่วน และที่ผ่านกรรมวิธีการหมักที่แตกต่างกัน 3 กรรมวิธี มี 6 สิ่งทดลองทำจำนวน 3 ซ้ำ และใช้ระยะเวลาการหมักจำนวน 8 เวลา ซึ่งรูปแบบทางสถิติ (Statistical model) ที่เหมาะสมกับข้อมูลที่ศึกษานี้คือ

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_i + \alpha_j + \beta_k + \alpha\beta_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

เมื่อ Y_{ijk} = ค่าสังเกตจากทรีเมนต์ (combination) ที่ ik ซ้ำที่ i เมื่อ $i = 1, 2, \dots, 6$

μ = Overall mean

ρ_i = อิทธิพลเนื่องจากบล็อก (block) ที่ระดับ i เมื่อ $i = 1, 2$ และ 3

α_j = อิทธิพลของปัจจัย A (main effect A) ที่ระดับ j เมื่อ $j = 1$ และ 2

β_k = อิทธิพลเนื่องจากปัจจัย B (main effect B) ที่ระดับ k เมื่อ $k = 1, 2$ และ 3

$\alpha\beta_{jk}$ = อิทธิพลร่วมเนื่องจากปัจจัย A และ B (interaction AB) ที่ระดับ jk

ε_{ij} = residual error

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในการศึกษาอิทธิพลของส่วนของทางปาล์มและกรรมวิธีการถนอมที่มีต่อค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมนของปาล์มน้ำมัน คำนวณจากโปรแกรม Microsoft excel และวิเคราะห์ค่าการสลายตัวในกระเพาะรูเมน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป fit curve (Chen, 2006) วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของค่าต่างๆที่ได้จากการ generate ค่าจากโปรแกรม fit curve โดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (statistical analysis system) (มนต์ชัย, 2544; Cody and Smith, 1985)

4 ศึกษาผลของการใช้ทางปาล์มหมักร่วมกับอาหารชั้นระดับต่างๆ ต่อปริมาณ คุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันแพะ

4.1 ใช้ผลผลิตส่วนของทางปาล์มหมักซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีที่ดี และมีค่าปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุที่ดีกว่า ซึ่งได้จากการทดลองที่ 2 เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหลัก โดยให้กินอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) และให้ได้รับอาหารชั้นที่ต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 0.25, 0.50 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน โดยมีวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

4.1.1 เลี้ยงแพะที่อยู่ในระยะเริ่มให้นมจำนวน 4 ตัว ในคอกทดลอง ซึ่งเป็นคอกขังเดี่ยว หมุนเวียนสลับให้แพะแต่ละตัวได้รับอาหารชั้นแต่ละระดับหมุนเวียนกันไปในแต่ละระยะๆ ละ 13 วัน โดยมีระยะก่อนการทดลอง 10 วัน และระยะทดลอง 3 วัน ดังตารางที่ 14 ตามแผนการทดลองแบบ 4x4 Latin square design เพื่อศึกษาปริมาณการให้นม องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันในรูปของแข็งทั้งหมด ของแข็งไม่รวมไขมัน ไขมัน โปรตีน และจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาว

4.1.2 เก็บตัวอย่างเลือดของสัตว์ทดลองเพื่อการวิเคราะห์หาสถานะทางโภชนาการของสัตว์แต่ละตัวในแต่ละระยะที่ได้รับการเสริมอาหารชั้นในระดับที่ต่างกัน ตามวิธีของ Blowey *et al.*, (1973) โดยการเจาะเลือดจากเส้นเลือดดำที่คอ (jugular vein) ของแพะทดลองแต่ละตัวในวันสุดท้ายของการทดลอง ภายหลังการให้อาหารที่เวลา 4 ชั่วโมง ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ซึ่งตัวอย่างเลือดจะถูกเก็บรักษาด้วย Heparin ก่อนนำไปปั่นแยกส่วนของพลาสมา เพื่อวิเคราะห์หา ยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด (blood urea nitrogen, BUN) และวิเคราะห์หากูโคสในกระแสเลือด (blood glucose, BG) ด้วยวิธีของ Tiffany *et al.*, (1972) รวมทั้งฮอร์โมนไทรไอโอไดโรนิน (Triiodothyronine, T₃) โดยวิธีการ Electrochemiluminescence immunoassay (ECLIA) ใช้เครื่องมือ Roche Elecsys 1010/2010 และ Modula Analytics E170 (Elecsys module)

4.1.3 สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนม โดยเก็บตัวอย่างน้ำนมทุกๆระยะๆละ 3 วัน โดยเก็บในตอนเช้าและตอนเย็นแล้วนำปริมาณนมมาผสมกัน แล้วสุ่มเก็บตัวอย่างนมปริมาตร 120 มิลลิลิตร เติมสารโปตัสเซียมไดโครเมต (potassium dichromate, KMn_2O_4) 50 มิลลิกรัม และเก็บที่อุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ต่อไป

4.1.4 การตรวจสอบและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม ที่เป็นค่าโปรตีน ไขมัน ของแข็งไม่รวมไขมัน และน้ำตาลแลคโตส โดยเครื่อง Lacto scan 90 Milk analyzer สำหรับการวิเคราะห์ความถ่วงจำเพาะโดยใช้ Quevenne's lactometer (ทองยศ, 2529) และวิเคราะห์ somatic cell count ด้วยวิธี Biotechnological Analytical Manual (BAM)

ตารางที่ 14 แผนการเปลี่ยนทริตเมนต์ในแต่ละช่วงของการทดลอง (experimental layout)

ระยะการทดลอง	สัตว์ทดลอง			
	ตัวที่ 1	ตัวที่ 2	ตัวที่ 3	ตัวที่ 4
ระยะที่ 1	0 % BW	0.75% BW	0.25% BW	0.5% BW
ระยะที่ 2	0.75% BW	0.5% BW	0 % BW	0.25% BW
ระยะที่ 3	0.5% BW	0.25% BW	0.75% BW	0 % BW
ระยะที่ 4	0.25% BW	0 % BW	0.5% BW	0.75% BW

4.2 แผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบ 4X4 Latin square design มี 4 treatments และ 4 period ซึ่งมีแบบหุนทางสถิติ (statistical model) ที่เหมาะสมกับข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้คือ

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_i + \gamma_j + \tau_k + \epsilon_{ijk}$$

เมื่อ Y_{ijk} = ค่าสังเกตของแถวที่ i คอลัมน์ (column) ที่ j และ treatment ที่ k

μ = overall mean

ρ_i = อิทธิพลเนื่องจากแถว (row) ที่ i เมื่อ $i = 1, 2, 3$ และ 4

γ_j = อิทธิพลเนื่องจากคอลัมน์ (column) ที่ j เมื่อ $j = 1, 2, 3$ และ 4

τ_k = อิทธิพลเนื่องจาก treatment ที่ k เมื่อ $k = 1, 2, 3$ และ 4

ϵ_{ijk} = residual error

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในการศึกษาคุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมแพะโดยคำนวณจากโปรแกรม Ms Excel และนำข้อมูลเบื้องต้นที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (statistical analysis system) (มนต์ชัย, 2544; Cody and Smith, 1985)

สถานที่ทำการทดลอง

1. แผนกโคนม สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.ทุ่งสง จ. นครศรีธรรมราช
2. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ. ทุ่งสง จ. นครศรีธรรมราช
3. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำนม ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตผลจากสัตว์ สถาบันสุวรรณวาทกสิกิจเพื่อการคั้นคว่ำและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
4. ห้องปฏิบัติการหน่วยงานชั้นสูงตรโรคสัตว์ กำแพงแสน คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
5. ห้องปฏิบัติการของบริษัท โปรเฟสชั่นแนล ลาโบราทอรี แมเนจเม้นท์ คอร์ป จำกัด (Professional Laboratory Management Corp Co.,Ltd.)

ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มการทดลองประมาณเดือน ตุลาคม 2549 ถึง เดือน ตุลาคม 2550

ผลและวิจารณ์

จากการศึกษาศักยภาพของทางปาล์มน้ำมันในการใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องมีผลปรากฏในการทดลองต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. การประเมินค่าปริมาณผลผลิตของทางปาล์มน้ำมัน

1.1 การประเมินค่าปริมาณผลผลิตในรูปน้ำหนักสดของทางปาล์มน้ำมันในแต่ละอายุการผลิต

ผลผลิตในรูปน้ำหนักสดของทางปาล์มน้ำมันทั้งทางในและทางนอกให้ผลผลิตในช่วงการให้ผลผลิตจากปีที่ 1 ถึงปีที่ 15 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.73, 4.05, 5.37, 6.26, 6.91, 7.68, 8.22, 8.37, 9.06, 9.21, 9.21, 10.75, 10.73, 14.63 และ 14.88 กิโลกรัมต่อทาง ตามลำดับ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 15) ซึ่งปริมาณผลผลิตในรูปน้ำหนักสดจะเพิ่มขึ้นตามอายุของปาล์มน้ำมัน แต่ปริมาณการให้ผลผลิตน้ำหนักสดในปีที่ 9 - 13 จะให้ผลผลิตน้ำหนักสดเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือประมาณ 9-10 กิโลกรัมต่อทาง ขณะที่ในปีที่ 14 ถึงปีที่ 15 ปีจะให้ผลผลิตน้ำหนักสดเฉลี่ยใกล้เคียงกันประมาณ 14 กิโลกรัมต่อทาง ซึ่งจากรายงานของวิชัย (2546) พบว่าปริมาณผลผลิตในรูปน้ำหนักสดของก้านใบปาล์มที่ตัดจากต้นที่มีทะลายปาล์มตัวผู้และทะลายผลปาล์มแก่จะมีน้ำหนักผลผลิตในรูปน้ำหนักสดที่ค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามอายุการให้ผลผลิต โดยช่วงอายุ 3-11 ปี น้ำหนักผลผลิตจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นแต่หลังจากช่วงปีที่ 11 น้ำหนักจะคงที่และลดลงบ้างเล็กน้อยในช่วงปลายอายุปาล์ม

เนื่องจากโดยทั่วไปเกษตรกรจะปลูกปาล์มในระยะ 9x9 เมตร ดังนั้น ในพื้นที่ 1 ไร่ เกษตรกรจะปลูกปาล์มได้ประมาณ 21-23 ต้น ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 22 ต้น/ไร่ ซึ่งปาล์มแต่ละต้นจะมีทางประมาณ 20-35 ทาง/ต้น/ปี โดยจะมีการตัดทางประมาณ 15ทาง (ธีระ, 2547) ถึง 18 ทางใบต่อต้นต่อปี (วิชัย และคณะ, 2546) ดังนั้นหากคำนวณปริมาณผลผลิตน้ำหนักสดที่ได้จากปาล์มแต่ละต้นในแต่ละปีมีค่าประมาณ 40-48 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี สำหรับปาล์มที่ให้ผลผลิตปีแรกหรือเท่ากับ 880 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี สำหรับปาล์มที่ให้ผลผลิตมาแล้วถึง 15 ปี สามารถให้ผลผลิตน้ำหนักทางสดได้ถึง 222-266 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี หรือ 4,884-5,852 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี

สำหรับน้ำหนักสดของใบทั้งหมดของทางปาล์มน้ำมันในแต่ละอายุการให้ผลผลิตในช่วงการให้ผลผลิตจากปีที่ 1 ถึงปีที่ 15 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.63, 0.81, 1.29, 1.60, 1.74, 1.94, 2.12, 2.11, 2.27, 2.19, 2.53, 2.82, 3.38, 2.95 และ 2.95 กิโลกรัมต่อทาง ตามลำดับ ($P<0.01$) (ตารางที่ 15) ขณะที่ น้ำหนักสดของแกนกลางทั้งหมดของทางปาล์มน้ำมันในแต่ละอายุการให้ผลผลิตจากปีที่ 1 ถึงปีที่ 15 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.10, 1.85, 2.39, 2.65, 2.88, 3.31, 3.55, 3.72, 4.10, 4.17, 4.44, 4.76, 5.41, 7.10 และ 7.29 กิโลกรัม ตามลำดับ ($P<0.01$) (ตารางที่ 15) น้ำหนักแกนกลางส่วนที่ตัดทิ้งของทางปาล์มน้ำมันในแต่ละอายุการให้ผลผลิตจากปีที่ 1 ถึงปีที่ 15 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.99, 1.38, 1.68, 1.99, 2.27, 2.43, 2.54, 2.54, 2.79, 2.84, 2.85, 3.16, 3.93, 4.67 และ 4.62 กิโลกรัม ตามลำดับ ($P<0.01$) (ตารางที่ 15) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตรงตำแหน่งรอยตัดจากต้นของทางปาล์มน้ำมันในแต่ละอายุการให้ผลผลิตจากปีที่ 1 ถึงปีที่ 15 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.72, 3.82, 4.10, 4.19, 4.36, 4.46, 4.51, 4.72, 4.68, 4.70, 4.73, 4.76, 5.71, 5.87 และ 6.98 เซนติเมตร ตามลำดับ ($P<0.01$) (ตารางที่ 15) ขณะเดียวกันขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตรงตำแหน่งรอยตัดส่วนที่ตัดทิ้งของทางปาล์มน้ำมันในแต่ละอายุการให้ผลผลิตจากปีที่ 1 ถึงปีที่ 15 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.11, 3.20, 3.20, 3.21, 3.25, 3.35, 3.34, 3.4, 3.39, 3.48, 3.54, 3.88, 3.89, 3.92 และ 5.24 เซนติเมตร ตามลำดับ ($P<0.01$) (ตารางที่ 15) ความยาวทั้งหมดของทางปาล์มน้ำมันในแต่ละอายุการให้ผลผลิตจากปีที่ 1 ถึงปีที่ 15 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 350.60, 441.60, 505.12, 505.12, 564.82, 575.36, 588.72, 596.64, 613.14, 621.26, 625.48, 629.26, 681.82, 725.12 และ 726.36 เซนติเมตร ตามลำดับ ($P<0.01$) (ตารางที่ 15) ความยาวส่วนที่ใช้ประโยชน์ของทางปาล์มน้ำมันในแต่ละอายุการให้ผลผลิตจากปีที่ 1 ถึงปีที่ 15 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 304.20, 394.20, 455.42, 498.04, 50.04, 500.00, 500.36, 501.74, 500.80, 502.36, 502.90, 506.06, 560.14, 608.98 และ 609.70 เซนติเมตร ตามลำดับ ($P<0.01$) (ตารางที่ 15) และความสูงของลำต้นปาล์มน้ำมันในแต่ละอายุการให้ผลผลิตจากปีที่ 1 ถึงปีที่ 15 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.66, 0.78, 1.31, 1.56, 2.16, 2.80, 3.29, 3.66, 4.07, 4.44, 5.06, 5.60, 6.28, 6.85 และ 7.02 เมตร ตามลำดับ ($P<0.01$) (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 ผลผลิตน้ำหนักรีดของทางปาล์มน้ำมันในแต่ละอายุการให้ผลผลิตจากปีที่ 1 ถึงปีที่ 15

อายุการให้ผลผลิต (ปี)	น้ำหนักรีดทั้งหมด (กก./ทาง)				เส้นผ่าศูนย์กลางตรงตำแหน่ง (รอยตัดจากต้น) (ชม.)		ความยาวของทางก่อนการตัด (ชม.)		ความยาวของทางที่ตำแหน่งรอยตัดตรงใบแรก (ชม.)		ความสูงของลำต้น (ม)
	น้ำหนักรีดทั้งหมด	น้ำหนักรีดทั้งหมด	น้ำหนักรีดทั้งหมด	น้ำหนักรีดทั้งหมด	เส้นผ่าศูนย์กลางตรงตำแหน่ง	เส้นผ่าศูนย์กลางตรงตำแหน่ง	ความยาวของทางก่อนการตัด	ความยาวของทางที่ตำแหน่งรอยตัดตรงใบแรก			
1	2.73 ^N	0.63 ^L	1.10 ^O	0.99 ^L	3.72 ^G	3.11 ^C	350.60 ^L	304.20 ^G	0.66 ^M		
2	4.05 ^M	0.81 ^K	1.85 ^N	1.38 ^K	3.82 ^G	3.20 ^{BC}	441.60 ^K	394.20 ^F	0.78 ^M		
3	5.37 ^L	1.29 ^J	2.39 ^M	1.68 ^J	4.10 ^F	3.20 ^{BC}	505.12 ^J	455.42 ^E	1.31 ^L		
4	6.26 ^K	1.60 ^I	2.65 ^L	1.99 ^I	4.19 ^F	3.21 ^{BC}	505.12 ^J	498.04 ^D	1.56 ^K		
5	6.91 ^J	1.74 ^H	2.88 ^K	2.27 ^H	4.36 ^E	3.25 ^{BC}	564.82 ^I	500.04 ^{CD}	2.16 ^J		
6	7.68 ^I	1.94 ^G	3.31 ^J	2.43 ^G	4.46 ^E	3.35 ^{BC}	575.36 ^H	500.00 ^{CD}	2.80 ^I		
7	8.22 ^H	2.12 ^F	3.55 ^I	2.54 ^F	4.51 ^E	3.34 ^{BC}	588.72 ^G	500.36 ^{CD}	3.29 ^H		
8	8.37 ^G	2.11 ^F	3.72 ^H	2.54 ^F	4.72 ^D	3.48 ^{BC}	596.64 ^F	501.74 ^{CD}	3.66 ^G		
9	9.06 ^F	2.27 ^E	4.10 ^G	2.79 ^E	4.68 ^D	3.39 ^{BC}	613.14 ^E	500.86 ^{CD}	4.07 ^F		
10	9.21 ^E	2.19 ^E	4.17 ^F	2.84 ^{DE}	4.70 ^D	3.48 ^{BC}	621.26 ^D	502.36 ^{CD}	4.44 ^E		
11	9.21 ^E	2.53 ^D	4.44 ^E	2.85 ^D	4.73 ^D	3.54 ^{BC}	625.48 ^{DC}	502.90 ^{CD}	5.06 ^B		
12	10.75 ^D	2.82 ^B	4.76 ^D	3.16 ^C	4.76 ^D	3.88 ^{BC}	629.26 ^C	506.06 ^C	5.60 ^C		
13	10.73 ^C	3.38 ^A	5.41 ^C	3.93 ^H	5.71 ^C	3.89 ^{BC}	681.82 ^B	560.14 ^B	6.28 ^B		
14	14.63 ^B	2.95 ^B	7.10 ^B	4.67 ^A	5.87 ^B	3.92 ^B	725.12 ^A	608.98 ^A	6.85 ^A		
15	14.88 ^A	2.95 ^B	7.29 ^A	4.62 ^A	6.98 ^A	5.24 ^A	726.36 ^A	609.70 ^A	7.02 ^A		
จำนวน	50	50	50	50	50	50	50	50	50		
SEM	0.032	0.035	0.017	0.018	0.051	0.229	1.547	2.06	0.072		

A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L,M,N,O = ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยพยัญชนะที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.01)

SEM = ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (standard error of mean)

1.2 ค่าเฉลี่ยผลผลิตทางปาล์มน้ำมันส่วนต่างๆ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่างๆของทางปาล์มน้ำมัน

ผลผลิตทางปาล์มน้ำมันส่วนต่างๆ ตั้งแต่ปีที่ 1 ถึงปีที่ 15 พบว่า น้ำหนักทางทั้งหมดมีค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด เท่ากับ 8.71 ± 3.42 , 2.10 และ 15.60 กิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 16) ขณะที่ค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตน้ำหนักสดที่เริ่มให้ผลผลิตปีที่ 1 ถึงปีที่ 15 เป็นไปทางบวก ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ที่มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 17) และสามารถทำนายน้ำหนักทางทั้งหมดของปาล์มน้ำมันได้โดยมีสมการทำนายคือ $Y = (2.55 + 0.77 (\text{ปี}))$ ซึ่งหากนำสมการทำนายนี้ไปใช้จะมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.95 (ตารางที่ 18)

น้ำหนักใบทั้งหมดมีค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด เท่ากับ 2.09 ± 0.80 , 0.50 และ 8.23 กิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 16) ขณะที่ค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตน้ำหนักสดกับน้ำหนักใบทั้งหมดของทางปาล์มน้ำมันที่เริ่มให้ผลผลิตปีที่ 1 ถึงปีที่ 15 เป็นไปทางบวก ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ที่มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 17) และสามารถทำนายน้ำหนักใบทั้งหมดของปาล์มน้ำมันได้โดยมีสมการทำนายคือ $Y = (2.74 + 0.17 (\text{ปี}))$ ซึ่งหากนำสมการทำนายนี้ไปใช้จะมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.83 (ตารางที่ 18)

น้ำหนักแกนทางทั้งหมดของปาล์มน้ำมันมีค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด เท่ากับ 3.91 ± 1.68 , 0.80 และ 7.40 กิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 16) ขณะที่ค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตน้ำหนักสดกับน้ำหนักแกนทางทั้งหมดของปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตปีที่ 1 ถึงปีที่ 15 เป็นไปทางบวก ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ที่มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 17) และสามารถทำนายน้ำหนักแกนทางทั้งหมดของปาล์มน้ำมันได้โดยมีสมการทำนายคือ $Y = (0.92 + 0.37 (\text{ปี}))$ ซึ่งหากนำสมการทำนายนี้ไปใช้จะมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.93 (ตารางที่ 18)

น้ำหนักแกนทางส่วนที่ตัดทิ้งของปาล์มน้ำมันมีค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด เท่ากับ 2.72 ± 1.038 , 0.80 และ 5.50 กิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 16) ขณะที่ค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตน้ำหนักสดกับน้ำหนักแกนทางส่วนที่ตัดทิ้งของปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตปีที่ 1 ถึงปีที่ 15 เป็นไปทางบวก ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ที่มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 17) และสามารถทำนายน้ำหนักแกนทางส่วนที่ตัดทิ้งของปาล์มน้ำมันได้โดยมีสมการทำนายคือ $Y = (0.89 + 0.22 (\text{ปี}))$ ซึ่งหากนำสมการทำนายนี้ไปใช้จะมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.90 (ตารางที่ 18)

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรอยตัดจากต้นของปาล์มน้ำมันมีค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด เท่ากับ 4.76 ± 0.90 , 3.00 และ 7.60 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 16) ขณะที่ค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตน้ำหนักรอดกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรอยตัดจากต้นของปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตปีที่ 1 ถึงปีที่ 15 เป็นไปในทางบวก ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ที่มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 17) และสามารถทำนายขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรอยตัดจากต้นของปาล์มน้ำมันได้ โดยมีสมการทำนายคือ $Y = (3.41 + 0.19 (\text{ปี}))$ ซึ่งหากนำสมการทำนายนี้ไปใช้จะมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.66 (ตารางที่ 18)

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของทางตรงตำแหน่งใบแรกของปาล์มน้ำมันมีค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด เท่ากับ 3.49 ± 0.63 , 2.50 และ 6.00 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 16) ขณะที่ค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตน้ำหนักรอดกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของทางตรงตำแหน่งใบแรกของปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตปีที่ 1 ถึงปีที่ 15 เป็นไปในทางบวก ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ที่มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 17) และสามารถทำนายขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของทางตรงตำแหน่งใบแรกของปาล์มน้ำมันได้ โดยมีสมการทำนายคือ $Y = (2.87 + 0.08 (\text{ปี}))$ ซึ่งหากนำสมการทำนายนี้ไปใช้จะมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.28 (ตารางที่ 18)

ความยาวทางทั้งหมดของปาล์มน้ำมันมีค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด เท่ากับ 583.36 ± 98.59 , 340.00 และ 760.00 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 16) ขณะที่ค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตน้ำหนักรอดกับความยาวทางทั้งหมดของปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตปีที่ 1 ถึงปีที่ 15 เป็นไปในทางบวก ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ที่มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 17) และสามารถทำนายความยาวทางทั้งหมดของปาล์มน้ำมันได้ โดยมีสมการทำนายคือ $Y = (411.66 + 21.46 (\text{ปี}))$ ซึ่งหากนำสมการทำนายนี้ไปใช้จะมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 33.26 (ตารางที่ 18)

ความยาวของทางจากปลายทางถึงตำแหน่งที่มีใบแรกของปาล์มน้ำมันมีค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด เท่ากับ 496.36 ± 74.13 , 285.00 และ 796.00 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 16) ขณะที่ค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตน้ำหนักรอดกับความยาวของทางจากปลายทางถึงตำแหน่งที่มีใบแรกของปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตปีที่ 1 ถึงปีที่ 15 เป็นไปในทางบวก ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ที่มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 17) และสามารถทำนายความยาวของทางจากปลายทางถึงตำแหน่งที่มีใบแรกของปาล์มน้ำมันได้ โดยมีสมการทำนายคือ $Y = (382.23 + 14.27 (\text{ปี}))$ ซึ่งหากนำสมการทำนายนี้ไปใช้จะมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 41.16 (ตารางที่ 18)

ความสูงของลำต้นของปาล์มน้ำมันมีค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด เท่ากับ 3.79 ± 2.10 , 0.60 และ 7.40 เมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 16) ขณะที่ค่าความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักทางทั้งหมดกับความสูงของปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตปีที่ 1 ถึงปีที่ 15 เป็นไปในทางลบ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ที่มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 17) และสามารถทำนายความสูงของปาล์มน้ำมันได้โดยมีสมการทำนายคือ $Y = - (0.14 + 0.48 (\text{ปี}))$ ซึ่งหากนำสมการทำนายนี้ไปใช้จะมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.22 และมีสมการทำนายคือ (ตารางที่ 18)

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ยค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของผลผลิตทางปาล์มน้ำมันส่วนต่างๆ

รายการ	ซ้ำ	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
น้ำหนักทางทั้งหมด (กก./ทาง)	750	8.71 ± 3.42	2.10	15.60
น้ำหนักใบทั้งหมด (กก./ทาง)	750	2.09 ± 0.80	0.50	8.23
น้ำหนักแกนกลางทั้งหมด (กก./ทาง)	750	3.91 ± 1.68	0.80	7.40
น้ำหนักแกนกลางส่วนที่ตัดทิ้ง (กก./ทาง)	750	2.72 ± 1.038	0.80	5.50
เส้นผ่าศูนย์กลางรอยตัดจากต้น (ซม.)	750	4.76 ± 0.90	3.00	7.60
เส้นผ่าศูนย์กลางรอยตัดส่วนที่ตัดทิ้ง (ซม.)	750	3.49 ± 0.63	2.50	6.00
ความยาวของทางปาล์มทั้งหมด (ซม.)	750	583.36 ± 98.59	340.00	760.00
ความยาวของทางปาล์มส่วนที่ใช้ประโยชน์ (ซม.)	750	496.36 ± 74.13	285.00	796.00
ความสูงของลำต้น (ม.)	750	3.79 ± 2.10	0.65	7.40

ตารางที่ 17 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่างๆของทางปาล์มน้ำมัน

รายการ	น้ำหนักทางทั้งหมด (กก./ทาง)	น้ำหนักใบทั้งหมด (กก./ทาง)	น้ำหนักแกนทางทั้งหมด (กก./ทาง)	น้ำหนักแกนทางส่วนที่ตัดทิ้ง (กก./ทาง)	เส้นผ่าศูนย์กลางตรงตำแหน่งรอยตัดจากต้น (ซม.)	เส้นผ่าศูนย์กลางตรงตำแหน่งรอยตัดที่ใบแรก (ซม.)	ความยาวของทางก่อนการตัด (ซม.)	ความยาวของทางที่ตำแหน่งรอยตัดตรงใบแรก (ซม.)	ความสูงของลำต้น (ม.)
น้ำหนักทางทั้งหมด (กก./ทาง)	1.00	0.90	0.99	0.99	0.852	0.569	0.956	0.90	0.97
น้ำหนักใบทั้งหมด (กก./ทาง)	0.91	1.00	0.86	0.87	0.71	0.39	0.90	0.82	0.91
น้ำหนักแกนทางทั้งหมด (กก./ทาง)	0.99	0.86	1.00	0.98	0.86	0.61	0.94	0.88	0.96
น้ำหนักแกนทางส่วนที่ตัดทิ้ง (กก./ทาง)	0.99	0.87	0.98	1.00	0.85	0.58	0.94	0.89	0.95
เส้นผ่าศูนย์กลางรอยตัดจากต้น (ซม.)	0.85	0.71	0.86	0.85	1.00	0.63	0.79	0.76	0.81
เส้นผ่าศูนย์กลางรอยตัดส่วนที่ตัดทิ้ง (ซม.)	0.57	0.39	0.61	0.58	0.63	1.00	0.49	0.50	0.52
ความยาวของทางปาล์มทั้งหมด (ซม.)	0.96	0.90	0.94	0.94	0.79	0.49	1.00	0.94	0.93
ความยาวของทางปาล์มส่วนที่ใช้ประโยชน์ (ซม.)	0.89	0.82	0.88	0.89	0.76	0.50	0.94	1.00	0.82
ความสูงของลำต้น (ม.)	0.97	0.91	0.96	0.95	0.81	0.52	0.93	0.82	1.00

หมายเหตุ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่างๆของทางปาล์มน้ำมันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

ตารางที่ 18 สมการทำนายปริมาณผลผลิต (predicted equation) ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (coefficient of determination: R²) ของปาล์มน้ำมัน

รายการ	สมการ	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R ²)	SEM	ระดับนัยสำคัญ
น้ำหนักทางทั้งหมด (กก./ทาง)	Y= 2.55 + 0.77 (ปี)	0.95	0.028	P<0.01
น้ำหนักใบทั้งหมด (กก./ทาง)	Y= 0.74 + 0.17 (ปี)	0.83	0.012	P<0.01
น้ำหนักแกนกลางทั้งหมด (กก./ทาง)	Y= 0.92 + 0.37 (ปี)	0.93	0.016	P<0.01
น้ำหนักแกนกลางส่วนที่ตัดทิ้ง (กก./ทาง)	Y= 0.89 + 0.22 (ปี)	0.90	0.012	P<0.01
เส้นผ่าศูนย์กลางรอยตัดจากต้น (ซม.)	Y= 3.41 + 0.19 (ปี)	0.66	0.019	P<0.01
เส้นผ่าศูนย์กลางรอยตัดส่วนที่ตัดทิ้ง (ซม.)	Y= 2.87 + 0.08 (ปี)	0.28	0.020	P<0.01
ความยาวของทางปาล์มทั้งหมด (ซม.)	Y= 411.66 + 21.46 (ปี)	33.26	0.032	P<0.01
ความยาวของทางปาล์มส่วนที่ใช้ประโยชน์ (ซม.)	Y= 382.23 + 14.27 (ปี)	41.16	0.026	P<0.01
ความสูงของลำต้น (ม.)	Y= -0.14 + 0.48 (ปี)	0.22	0.036	P<0.01

1.3. ปริมาณผลผลิตน้ำหนักรส วัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ และเถ้า ของทางปาล์มน้ำมันจากต้น ที่มีช่อดอกเพศผู้ และเพศเมีย ในลำดับชั้นต่างๆ

1.3.1 ค่าเฉลี่ยของปริมาณต่างๆของทางปาล์มน้ำมัน

1.3.1.1 ปริมาณผลผลิตน้ำหนักรส

ผลผลิตน้ำหนักรสของทางปาล์มน้ำมันจากต้นที่มีช่อดอกเพศผู้มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าทางปาล์มน้ำมันจากต้นที่มีช่อดอกเพศเมีย ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4,335.83 และ 3,928.17 กรัม/ทาง ตามลำดับ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 19) และเมื่อคำนวณปริมาณผลผลิตเป็นเฉลี่ย/ปีจะมีค่าเท่ากับ 65-78 กิโลกรัม/ต้น/ปี หรือ 1,430-1,716 กิโลกรัม/ไร่/ปี และ 58-70 กิโลกรัม/ต้น/ปี หรือ 1,296-1,555 กิโลกรัม/ไร่/ปี ตามลำดับ เมื่อแยกส่วนของใบ ก้านใบและแกนกลางของต้นที่มีช่อดอกเพศผู้ และช่อดอกเพศเมีย ปรากฏว่าส่วนของใบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,297.17 และ 1,256.00 กรัม/ทาง ตามลำดับ ($P < 0.05$) ขณะที่ก้านใบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 405.66 และ 396.83 กรัม/ทาง ตามลำดับ ($P > 0.05$) และแกนกลางของต้นที่มีช่อดอกเพศผู้ และช่อดอกเพศเมียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,633.00 และ 2,275.30 กรัม/ทาง ตามลำดับ ($P < 0.01$) ดังแสดงในตารางที่ 19

ผลผลิตน้ำหนักรสของทางปาล์มน้ำมันที่ลำดับชั้นต่างๆปรากฏว่าลำดับชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 5 ของทางปาล์มน้ำมันทั้งทางนั้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4,030.40, 4,114.60, 4,162.80, 4,163.80 และ 4,188.30 กรัม/ทาง ตามลำดับ ($P > 0.05$) ส่วนของใบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,227.08, 1,252.50, 1,300.83, 1,313.33 และ 1,289.17 กรัม/ทาง ตามลำดับ ($P < 0.05$) ขณะที่ก้านใบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 407.50, 405.42, 380.42, 385.83 และ 427.08 กรัม/ทาง ตามลำดับ ($P < 0.01$) และแกนกลางมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,395.80, 2,456.70, 2,481.70, 2,464.60 และ 2,472.10 กรัม/ทาง ตามลำดับ ($P < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 19

1.3.1.2 ปริมาณผลผลิตวัตถุแห้ง

ปริมาณวัตถุแห้งของทางปาล์มน้ำมันทั้งทางจากต้นที่มีช่อดอกเพศผู้และเพศเมียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 991.41 และ 1,055.91 กรัม/ทาง ตามลำดับ ($P < 0.05$) และเมื่อแยกศึกษาเฉพาะส่วนของใบ พบว่าใบจากต้นที่มีช่อดอกเพศผู้และเพศเมียมีปริมาณวัตถุแห้งเท่ากับ 200.48 และ 279.52 กรัม/ทาง ตามลำดับ ($P < 0.01$) ขณะที่ส่วนของก้านใบของต้นที่มีช่อดอกทั้ง 2 เพศ

มีค่าเฉลี่ยเป็น 97.39 และ 119.52 กรัม/ทาง ตามลำดับ ($P < 0.01$) ขณะที่ส่วนของแกนกลางมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 693.53 และ 656.86 กรัม /ทาง ตามลำดับ ($P > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 19

ปริมาณวัตถุแห้งของทางปาล์มน้ำมันทั้งทางในแต่ละระดับชั้นจากชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 5 มีเฉลี่ยค่าเท่ากับ 1,002.24, 1,027.73, 1,027.41, 1,024.07 และ 1,036.86 กรัม/ทาง ตามลำดับ ($P > 0.05$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของใบเป็น 232.83, 241.91, 245.61, 242.25 และ 237.42 กรัม/ทาง ตามลำดับ ($P > 0.05$) ส่วนก้านใบมีค่าเฉลี่ยเป็น 98.97, 111.41, 115.70, 106.66 และ 109.54 กรัม/ทาง ตามลำดับ ($P > 0.05$) และส่วนของแกนกลางมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 670.43, 674.40, 666.09, 675.16 และ 689.90 กรัม/ทาง ตามลำดับ ($P > 0.05$) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำหนักรีด และวัตถุแห้งของทางปาล์มน้ำมันจากต้นที่มีช่อดอกเพศผู้ และเพศเมีย ในลำดับชั้นต่างๆ (กรัม/ทาง)

รายการ	น้ำหนักรีด				วัตถุแห้ง			
	ToF	LB	Ra	Pet	ToF	LB	Ra	Pet
ต้นปาล์มที่มีช่อดอกต่างเพศ (A)								
เพศผู้	4,335.83 ^A	1,297.17 ^a	405.66	2,633.00 ^A	991.41 ^b	200.48 ^B	97.39 ^B	693.53
เพศเมีย	3,928.17 ^B	1,256.00 ^b	396.83	2,275.30 ^B	1,055.91 ^a	279.52 ^A	119.52 ^A	656.86
SEM	86.12	12.83	5.67	86.00	17.32	5.25	3.58	14.80
ลำดับชั้นของทางปาล์ม (B)								
ชั้นที่ 1	4,030.40	1,227.08 ^a	407.50 ^{AB}	2,395.80	1,002.24	232.83	98.97	670.43
ชั้นที่ 2	4,114.60	1,252.50 ^a	405.42 ^{AB}	2,456.70	1,027.73	241.91	111.41	674.40
ชั้นที่ 3	4,162.80	1,300.83 ^{ab}	380.42 ^B	2,481.70	1,027.41	245.61	115.70	666.09
ชั้นที่ 4	4,163.80	1,313.33 ^b	385.83 ^B	2,464.60	1,024.07	242.25	106.66	675.16
ชั้นที่ 5	4,188.30	1,289.17 ^a	427.08 ^A	2,472.10	1,036.86	237.42	109.54	689.90
SEM	136.17	20.29	8.96	135.98	27.39	8.30	5.66	23.40
A*B	0.97	0.62	0.84	0.99	0.99	0.69	0.50	0.99

ToF: ทางปาล์มน้ำมันทั้งทาง, LB: แผ่นใบ, Ra: ก้านใบ และ Pet: แกนกลาง

^{A,B} = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันภายใต้รายการเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกัน ($P < 0.01$)

^{a,b} = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันภายใต้รายการเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกัน ($P < 0.05$)

1.3.1.3 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ

การศึกษาผลผลิตในรูปอินทรีย์วัตถุของทางปาล์มน้ำมันทั้งทางจากจากต้นที่มีช่อดอกเพศผู้และเพศเมียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 952.37 และ 1,006.58 กรัม/ทาง ($P < 0.05$) และเมื่อแยกศึกษาเฉพาะส่วนของใบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 176.66 และ 246.09 กรัม/ทาง ตามลำดับ ($P < 0.01$) ขณะที่ส่วนของก้านใบของต้นที่มีช่อดอกทั้ง 2 เพศ มีค่าเฉลี่ยเป็น 94.54 และ 115.66 กรัม /ทาง ตามลำดับ ($P < 0.01$) และส่วนของแกนกลางมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 681.16 และ 644.82 กรัม/ทาง ตามลำดับ ($P > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 20

ปริมาณองค์ประกอบอินทรีย์วัตถุของทางปาล์มน้ำมันทั้งทางในแต่ละระดับชั้นจากชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 5 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 957.71, 983.45, 982.20, 980.77 และ 993.25 กรัม /ทาง ตามลำดับ ($P > 0.05$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของใบเป็น 204.92, 212.72, 215.93, 213.96 และ 209.38 กรัม /ทาง ตามลำดับ ($P > 0.05$) ขณะที่ส่วนของก้านใบมีค่าเฉลี่ยเป็น 96.03, 107.91, 112.31, 103.26 และ 105.99 กรัม/ทาง ตามลำดับ ($P > 0.05$) และส่วนของแกนกลางมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 656.75, 662.82, 653.95, 663.55, และ 677.87 กรัม/ทาง ตามลำดับ ($P > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 20

1.3.1.4 ปริมาณเถ้า

ปริมาณผลผลิตในรูปเถ้าของทางปาล์มน้ำมันทั้งทางจากต้นที่มีช่อดอกเพศผู้และเมียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39.03 และ 53.20 กรัม/ทาง ตามลำดับ ($P < 0.01$) และเมื่อแยกศึกษาเฉพาะส่วนของใบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.81 และ 33.43 กรัม/ทาง ตามลำดับ ($P < 0.01$) ขณะที่ส่วนของก้านใบของต้นที่มีช่อดอกทั้ง 2 มีค่าเฉลี่ยเป็น 2.84 และ 7.72 กรัม/ทาง ตามลำดับ ($P < 0.01$) และส่วนของแกนกลางมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.37 และ 12.04 กรัม/ทาง ตามลำดับ ($P < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 20

ปริมาณองค์ประกอบอินทรีย์วัตถุของทางปาล์มน้ำมันทั้งทางในแต่ละระดับชั้นจากชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 5 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 46.10, 46.33, 47.18, 45.28 และ 45.66 กรัม/ทาง ตามลำดับ ($P > 0.05$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของใบเป็น 27.91, 29.19, 29.68, 28.28, และ 28.03 กรัม/ทาง ตามลำดับ ($P > 0.05$) ส่วนของก้านใบมีค่าเฉลี่ยเป็น 4.52, 5.55, 5.36, 5.39 และ 5.59 กรัม/ทาง ตามลำดับ ($P > 0.05$) และส่วนของแกนกลางมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.67, 11.58, 12.13, 11.60 และ 12.02 กรัม ตามลำดับ ($P > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ยของปริมาณอินทรีย์วัตถุ และเถ้า ของทางปาล์มน้ำมันจากต้นที่มีช่อดอกเพศผู้ และเพศเมีย ในลำดับชั้นต่างๆ (กรัม/ทาง)

รายการ	อินทรีย์วัตถุ				เถ้า			
	ToF	LB	Ra	Pet	ToF	LB	Ra	Pet
ต้นปาล์มที่มีช่อดอกต่างเพศ (A)								
เพศผู้	952.37 ^a	176.66 ^B	94.54 ^B	681.16	39.03 ^A	23.81 ^B	2.84 ^B	12.37
เพศเมีย	1,006.58 ^b	246.09 ^A	115.66 ^A	644.82	53.20 ^B	33.43 ^A	7.72 ^A	12.04
SEM	16.867	4.735	3.462	14.523	1.207	1.078	0.263	0.673
ลำดับชั้นของทางปาล์ม (B)								
ชั้นที่ 1	957.71	204.92	96.03	656.75	46.10	27.91	4.52	13.67
ชั้นที่ 2	983.45	212.72	107.91	662.82	46.33	29.19	5.55	11.58
ชั้นที่ 3	982.20	215.93	112.31	653.95	47.18	29.68	5.36	12.13
ชั้นที่ 4	980.77	213.96	103.26	663.55	45.28	28.28	5.39	11.60
ชั้นที่ 5	993.25	209.38	105.99	677.87	45.66	28.03	5.59	12.02
SEM	26.669	7.486	5.475	22.963	1.908	1.704	0.416	1.065
A*B	0.99	0.71	0.49	0.99	0.59	0.75	0.52	0.52

ToF: ทางปาล์มน้ำมันทั้งทาง, LB: แผ่นใบ, Ra: ก้านใบ และ Pet: แกนกลาง

^{A,B} = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันภายใต้รายการเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกัน (P<0.01)

^{a,b} = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันภายใต้รายการเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกัน (P<0.05)

1.3.2 องค์ประกอบทางเคมีที่เป็นปริมาณความชื้น วัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ และเถ้าของทางปาล์มส่วนต่างๆจากต้นที่มีช่อดอกต่างเพศและจากทางที่มีลำดับชั้นบนลำต้นที่ต่างกัน ซึ่งเฉลี่ยเป็นร้อยละบนฐานของวัตถุแห้งในรายการต่างๆมีผลดังต่อไปนี้

1.3.2.1. ความชื้น

ความชื้นเมื่อคิดเป็นร้อยละบนฐานของน้ำหนักสดของทางปาล์มน้ำมันจากต้นที่มีช่อดอกเพศผู้และเพศเมียของปาล์มน้ำมันในส่วนของทั้งทาง แผ่นใบ ก้านใบ และแกนกลาง เป็น 75.52 และ 73.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.01$), 84.54 และ 77.85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.01$), 75.71 และ 69.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.01$) และ 70.41 และ 71.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 21

ในแต่ละลำดับชั้นของทางปาล์มน้ำมันจากชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 5 ในส่วนของทั้งทาง ใบ ก้านใบ และแกนกลาง พบว่าส่วนของปาล์มน้ำมันทั้งทางจากต้นที่มีช่อดอกเพศผู้และเมียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 74.30, 74.18, 74.37, 74.50 และ 74.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$) ส่วนของแผ่นใบมีค่าเฉลี่ยเป็น 81.35, 80.54, 81.01, 81.47 และ 81.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$) ขณะที่ก้านใบมีค่าเฉลี่ยเป็น 75.92, 72.24, 69.19, 72.22 และ 74.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$) และส่วนของแกนกลางมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 70.07, 70.99, 71.40, 70.80 และ 70.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 21

1.3.2.2. ปริมาณวัตถุแห้ง

ปริมาณองค์ประกอบวัตถุแห้งเมื่อคิดเป็นร้อยละบนฐานของน้ำหนักสดของทางปาล์มน้ำมันจากต้นที่มีช่อดอกเพศผู้และเพศเมียของปาล์มน้ำมันในส่วนของทั้งทาง แผ่นใบ ก้านใบ และแกนกลาง เป็น 24.48 และ 26.84 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.01$), 15.46 และ 22.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.01$), 24.27 และ 30.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.01$) และ 29.56 และ 28.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 21

ในแต่ละลำดับชั้นของทางปาล์มน้ำมันจากชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 5 ในส่วนของทั้งทาง ใบ ก้านใบ และแกนกลาง พบว่าส่วนของปาล์มน้ำมันทั้งทางจากต้นที่มีช่อดอกเพศผู้และเพศเมียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.70, 25.81, 25.62, 25.62 และ 25.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$) ส่วนของแผ่นใบมีค่าเฉลี่ยเป็น 19.13, 19.45, 18.98, 18.52 และ 18.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$) ขณะที่ก้านใบมีค่าเฉลี่ยเป็น 24.50, 27.75, 30.80, 27.77 และ 25.79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$) และส่วนของแกนกลางมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.82, 29.00, 28.59, 29.19 และ 29.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ค่าเฉลี่ยของความชื้น และวัตถุแห้งของทางปาล์มน้ำมันจากต้นที่มีช่อดอกเพศผู้และช่อดอกเพศเมียในลำดับชั้นต่างๆ

รายการ	ความชื้น*				วัตถุแห้ง*			
	ToF	LB	Ra	Pet	ToF	LB	Ra	Pet
ต้นปาล์มที่มีช่อดอกต่างเพศ (A)								
เพศผู้	75.52 ^A	84.54 ^A	75.71 ^A	70.41	24.48 ^B	15.46 ^B	24.27 ^B	29.56
เพศเมีย	73.15 ^B	77.85 ^B	69.80 ^B	71.00	26.84 ^A	22.34 ^A	30.37 ^A	28.97
SEM	0.44	0.44	1.03	0.72	0.44	0.44	1.03	0.72
ลำดับชั้นของทางปาล์ม (B)								
ชั้นที่ 1	74.30	81.35	75.92	70.07	25.70	19.13	24.50	29.82
ชั้นที่ 2	74.18	80.54	72.24	70.99	25.81	19.45	27.75	29.00
ชั้นที่ 3	74.37	81.01	69.19	71.40	25.62	18.98	30.80	28.59
ชั้นที่ 4	74.50	81.47	72.22	70.80	25.62	18.52	27.77	29.19
ชั้นที่ 5	74.33	81.57	74.20	70.27	25.66	18.42	25.79	29.72
SEM	0.70	0.70	1.64	1.14	0.70	0.69	1.63	1.14
A*B	0.80	0.69	0.44	0.89	0.80	0.45	0.56	0.89

* ร้อยละบนฐานของน้ำหนักสด (% of fresh basis)

ToF: ทางปาล์มน้ำมันทั้งทาง, LB: แผ่นใบ, Ra: ก้านใบ และ Pet: แกนกลาง

^{A,B} = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันภายใต้รายการเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกัน ($P<0.01$)

^{a,b} = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันภายใต้รายการเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกัน ($P<0.05$)

1.3.2.3. ปริมาณอินทรีย์วัตถุ

ปริมาณองค์ประกอบอินทรีย์วัตถุเมื่อคิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้งของทางปาล์มน้ำมันจากต้นที่มีช่อดอกเพศผู้และเมียของปาล์มน้ำมันในส่วนของทั้งทาง แผ่นใบ ก้านใบ และแกนกลาง พบว่าต้นที่มีช่อดอกเพศผู้และเมียมีค่าเฉลี่ยของปาล์มน้ำมันในส่วนของทั้งทาง แผ่นใบ ก้านใบ และแกนกลางเป็น 94.89 และ 94.85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$), 88.11 และ 88.02 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$), 97.07 และ 96.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P<0.05$) และ 98.17 และ 98.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$)

ในแต่ละลำดับชั้นของทางปาล์มน้ำมันจากชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 5 ในส่วนของทั้งทาง ใบ ก้านใบ และแกนกลาง พบว่าส่วนของปาล์มน้ำมันทั้งทางจากต้นที่มีช่อดอกเพศผู้และเพศเมียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 94.72, 94.90, 94.81, 90.98 และ 94.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$) ส่วนของแผ่นใบมีค่าเฉลี่ยเป็น 87.97, 88.02, 87.86, 88.24 และ 88.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$) ขณะที่ก้านใบมีค่าเฉลี่ยเป็น 97.12, 96.88, 97.12, 96.84 และ 96.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$) และส่วนของแกนกลางมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 97.97, 98.28, 98.14, 98.20 และ 98.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 22

1.3.2.4. ปริมาณเถ้า

ปริมาณองค์ประกอบเถ้าเมื่อคิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้งของทางปาล์มน้ำมันจากต้นที่มีช่อดอกเพศผู้และเมียของปาล์มน้ำมันในส่วนของทั้งทาง แผ่นใบ ก้านใบ และแกนกลาง เป็น 5.10 และ 5.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$), 11.88 และ 11.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$), 2.92 และ 3.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P<0.05$) และ 1.78 และ 1.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$)

ขณะที่ในแต่ละลำดับชั้นของทางปาล์มน้ำมันจากชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 5 ในส่วนของทั้งทาง ใบ ก้านใบ และแกนกลาง พบว่าส่วนของปาล์มน้ำมันทั้งทางจากต้นที่มีช่อดอกเพศผู้และเมียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.28, 5.10, 5.19, 5.02 และ 5.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$) ส่วนของแผ่นใบมีค่าเฉลี่ยเป็น 12.02, 11.97, 12.13, 11.75 และ 11.76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$) ขณะที่ก้านใบมีค่าเฉลี่ยเป็น 2.98, 3.11, 2.87, 3.15 และ 3.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$) และส่วนของแกนกลางมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.02, 1.71, 1.85, 1.71 และ 1.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ค่าเฉลี่ยของอินทรีย์วัตถุ และเถ้า ของทางปาล์มน้ำมันจากต้นที่มีช่อดอกเพศผู้และช่อดอกเพศเมียในลำดับชั้นต่างๆ

รายการ	อินทรีย์วัตถุ**				เถ้า**			
	ToF	LB	Ra	Pet	ToF	LB	Ra	Pet
ต้นปาล์มที่มีช่อดอกต่างเพศ (A)								
เพศผู้	94.89	88.11	97.07 ^a	98.17	5.10	11.88	2.92 ^b	1.78
เพศเมีย	94.85	88.02	96.77 ^b	98.14	5.15	11.97	3.22 ^a	1.82
SEM	0.11	0.27	0.08	0.09	0.11	0.27	0.08	0.09
ลำดับชั้นของทางปาล์ม (B)								
ชั้นที่ 1	94.72	87.97	97.12	97.97	0.28	12.02	2.98	2.02
ชั้นที่ 2	94.90	88.02	96.88	98.28	5.10	11.97	3.11	1.71
ชั้นที่ 3	94.81	87.86	97.12	98.14	5.19	12.13	2.87	1.85
ชั้นที่ 4	94.98	88.24	96.84	98.20	5.02	11.75	3.15	1.71
ชั้นที่ 5	94.95	88.23	96.77	98.26	5.05	11.76	3.22	1.73
SEM	0.17	0.43	0.08	0.09	0.17	0.27	0.08	0.09
A*B	0.77	0.91	0.86	0.43	0.77	0.91	0.86	0.45

**ร้อยละบนฐานของวัตถุแห้ง (% of air dry basis)

ToF: ทางปาล์มน้ำมันทั้งทาง, LB: แผ่นใบ, Ra: ก้านใบ และ Pet: แกนกลาง

^{A,B} = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันภายใต้รายการเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกัน (P<0.01)

^{a,b} = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันภายใต้รายการเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกัน (P<0.05)

1.3.3 เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของทางปาล์มน้ำมันจากต้นที่มีช่อดอกต่างประเทศและจากทางที่มีลำดับชั้นต่างกันที่เป็นน้ำหนักสดวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุและเถ้า

1.3.3.1 ผลผลิตน้ำหนักสด

ปริมาณน้ำหนักสดของทางปาล์มน้ำมันจากต้นที่มีช่อดอกเพศผู้และต้นที่มีช่อดอกเพศเมียของแผ่นใบ ก้านใบ และแกนกลาง เป็น 30.38 และ 31.99 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ($P>0.05$), 9.48 และ 10.10 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ($P<0.05$) และ 60.12 และ 58.89 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 23

ในแต่ละลำดับชั้นของทางปาล์มน้ำมันจากชั้นที่ 1 ถึงชั้น ที่ 5 ของแผ่นใบ ก้านใบ และแกนกลาง พบว่าต้นที่มีช่อดอกเพศผู้และช่อดอกเพศเมียมีค่าเฉลี่ยของแผ่นใบเป็น 30.77, 30.71, 31.58, 31.85 และ 31.02 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ($P>0.05$) ส่วนของก้านใบมีค่าเฉลี่ยเป็น 10.21, 9.93, 9.19, 9.36 และ 10.27 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ($P<0.05$) และส่วนของแกนกลางมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 59.00, 59.34, 59.21, 58.78 และ 58.79 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 23

1.3.3.2 ปริมาณวัตถุแห้ง

ปริมาณองค์ประกอบวัตถุแห้งทางปาล์มน้ำมันจากต้นที่มีช่อดอกเพศผู้และต้นที่มีช่อดอกเพศเมียของแผ่นใบ ก้านใบ และแกนกลาง เป็น 22.42 และ 27.47 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ($P<0.01$), 34.78 และ 36.92 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ($P>0.05$) และ 42.79 และ 35.59 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ($P<0.01$) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 23

ในแต่ละลำดับชั้นของทางปาล์มน้ำมันจากชั้นที่ 1 ถึงชั้น ที่ 5 ของแผ่นใบ ก้านใบ และแกนกลาง พบว่าต้นที่มีช่อดอกเพศผู้และช่อดอกเพศเมียมีค่าเฉลี่ยของแผ่นใบเป็น 25.77, 25.64, 24.20, 24.40 และ 24.71 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ($P>0.05$) ส่วนของก้านใบมีค่าเฉลี่ยเป็น 33.33, 35.85, 38.84, 36.46 และ 34.79 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ($P>0.05$) และส่วนของแกนกลางมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 40.88, 38.49, 36.94, 39.12 และ 40.49 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 23

ตารางที่ 23 เปอร์เซนต์เฉลี่ยของปริมาณน้ำหนักสด และวัตถุแห้งของทางปาล์มน้ำมันส่วนต่างๆที่มีเพศและลำดับชั้นของใบที่ต่างกัน (%)

รายการ	น้ำหนักสด			วัตถุแห้ง		
	LB	Ra	Pet	LB	Ra	Pet
ต้นปาล์มที่มีช่อดอกต่างเพศ (A)						
เพศผู้	30.38	9.48 ^b	60.12 ^a	22.42 ^B	34.78	42.79 ^A
เพศเมีย	31.99	10.10 ^a	58.89 ^b	27.47 ^A	36.92	35.59 ^B
SEM	0.582	0.184	0.697	0.57	0.87	0.83
ลำดับชั้นของทางปาล์ม (B)						
ชั้นที่ 1	30.77	10.21 ^{ab}	59.00	25.77	33.33	40.88
ชั้นที่ 2	30.71	9.93 ^{abc}	59.34	25.64	35.85	38.49
ชั้นที่ 3	31.58	9.19 ^c	59.21	24.20	38.84	36.94
ชั้นที่ 4	31.85	9.36 ^{bc}	58.78	24.40	36.46	39.12
ชั้นที่ 5	31.02	10.27 ^a	58.79	24.71	34.79	40.49
SEM	0.921	0.292	1.102	0.91	1.38	1.31
A*B	0.98	0.83	0.98	0.27	0.44	0.97

LB: แผ่นใบ, Ra: ก้านใบ และ Pet: แกนกลาง

^{A,B} = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันภายใต้รายการเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันอย่างมีความแตกต่างกัน (P<0.01)

^{a,b} = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันภายใต้รายการเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันอย่างมีความแตกต่างกัน (P<0.05)

1.3.3.3 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ

ปริมาณองค์ประกอบอินทรีย์วัตถุของทางปาล์มน้ำมันจากต้นที่มีช่อดอกเพศผู้และต้นที่มีช่อดอกเพศเมียของแผ่นใบ ก้านใบ และแกนกลาง เป็น 19.12 และ 24.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P < 0.01$), 16.24 และ 11.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P < 0.01$) และ 64.62 และ 64.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 24

ในแต่ละลำดับชั้นของทางปาล์มน้ำมันจากชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 5 ของแผ่นใบ ก้านใบ และแกนกลาง พบว่าต้นที่มีช่อดอกเพศผู้และช่อดอกเพศเมียมีค่าเฉลี่ยของแผ่นใบเป็น 21.35, 21.02, 22.36, 22.89 และ 22.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P > 0.05$) ส่วนของก้านใบมีค่าเฉลี่ยเป็น 10.05, 12.70, 17.34, 14.15 และ 15.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P > 0.05$) และส่วนของแกนกลางมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 68.58, 66.27, 61.29, 62.97 และ 62.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 24

1.3.3.4 ปริมาณเถ้า

ปริมาณองค์ประกอบเถ้าของทางปาล์มน้ำมันจากต้นที่มีช่อดอกเพศผู้และต้นที่มีช่อดอกเพศเมียของแผ่นใบ ก้านใบ และแกนกลาง เป็น 61.05 และ 67.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P < 0.01$), 7.36 และ 8.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P > 0.05$) และ 31.58 และ 24.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P < 0.01$) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 24

ในแต่ละลำดับชั้นของทางปาล์มน้ำมันจากชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 5 ของแผ่นใบ ก้านใบ และแกนกลาง พบว่าต้นที่มีช่อดอกเพศผู้และช่อดอกเพศเมียมีค่าเฉลี่ยของแผ่นใบเป็น 62.78, 65.15, 65.45, 64.93 และ 63.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P > 0.05$) ส่วนของก้านใบมีค่าเฉลี่ยเป็น 6.81, 7.98, 7.50, 7.93 และ 8.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P > 0.05$) และส่วนของแกนกลางมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.44, 26.85, 27.04, 27.13 และ 28.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P > 0.05$) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 24

ตารางที่ 24 เปอร์เซนต์เฉลี่ยของปริมาณอินทรีย์วัตถุ และเถ้า ของทางปาล์มน้ำมันส่วนต่างๆที่มีเพศ และลำดับชั้นของใบที่ต่างกัน (%)

รายการ	อินทรีย์วัตถุ			เถ้า		
	LB	Ra	Pet	LB	Ra	Pet
ต้นปาล์มที่มีช่อดอกต่างเพศ (A)						
เพศผู้	19.12 ^B	16.24 ^B	64.62	61.05 ^B	7.36	31.58 ^A
เพศเมีย	24.44 ^A	11.47 ^A	64.08	67.66 ^A	8.02	24.32 ^B
SEM	0.67	2.29	2.43	1.03	0.38	1.02
ลำดับชั้นของทางปาล์ม (B)						
ชั้นที่ 1	21.35	10.05	68.58	62.78	6.81	30.44
ชั้นที่ 2	21.02	12.70	66.27	65.15	7.98	26.85
ชั้นที่ 3	22.36	17.34	61.29	65.45	7.50	27.04
ชั้นที่ 4	22.89	14.15	62.97	64.93	7.93	27.13
ชั้นที่ 5	22.30	15.03	62.66	63.49	8.22	28.28
SEM	1.07	3.63	3.85	1.64	0.61	1.62
A*B	0.44	0.87	0.79	0.96	0.64	0.90

LB: แผ่นใบ, Ra: ก้านใบ และ Pet: แกนกลาง

^{A,B} = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันภายใต้รายการเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกัน (P<0.01)

^{a,b} = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันภายใต้รายการเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกัน (P<0.05)

จะเห็นได้ว่าผลผลิต น้ำหนักทางทั้งหมด น้ำหนักใบทั้งหมด น้ำหนักแกนกลางทั้งหมด น้ำหนักแกนกลางส่วนที่ตัดทิ้ง เส้นผ่าศูนย์กลางรอยตัดจากต้น เส้นผ่าศูนย์กลางรอยตัดส่วนที่ตัดทิ้ง ความยาวของทางปาล์มทั้งหมด ความยาวของทางปาล์มส่วนที่ใช้ประโยชน์ ความสูงของลำต้นจะมีค่าที่เพิ่มขึ้นตามอายุของปาล์มน้ำมัน (ตารางที่ 15) ซึ่งในส่วนของผลผลิตเมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตสดของหญ้าเนเปียร์พันธุ์ธรรมชาติจะให้ผลผลิตสดเท่ากับ 19,470 กิโลกรัม/ไร่/ปี (องอาจ และคณะ, 2550) ถึงแม้ว่าทางปาล์มจะมีปริมาณผลผลิตที่น้อยกว่าหญ้าเนเปียร์ธรรมชาติ แต่ข้อดีของการนำทางปาล์มน้ำมันมาเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องคือทางปาล์มจะให้ผลผลิตตลอดทั้งฤดูและ

สามารถนำมาเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องในช่วงที่ขาดแคลนหญ้าได้เพราะหญ้าหลายชนิดจะให้ผลผลิตได้ดีเฉพาะบางฤดูเท่านั้น และถึงแม้ว่าสัตว์จะใช้ประโยชน์จากหญ้าเนเปียร์ได้มากกว่าเพราะสามารถให้สัตว์กินได้ทั้งต้น ในขณะที่ทางปาล์มน้ำมันจะใช้ประโยชน์ได้เฉพาะ 2 ส่วนคือ ใบและแกนกลางเท่านั้น เพราะส่วนที่ตัดทิ้งซึ่งเป็นส่วนที่แข็งและไม่มีความน่ากินได้ถูกตัดออกไปด้วย จึงทำให้น้ำหนักสดที่ได้มีค่าน้อยกว่าผลผลิตน้ำหนักสดของหญ้าเนเปียร์

ปริมาณวัตถุแห้งของช่อดอกเพศผู้และช่อดอกเพศเมีย (ตารางที่ 20) ที่สูงกว่าข้าวโพด โดยโกสินทร์ และคณะ (2547) รายงานว่า ปริมาณวัตถุแห้งของข้าวโพดที่อายุการตัดในระยะออกดอก เกสรตัวผู้ ระยะฝักอ่อน ระยะน้ำมัน และระยะฝักแก่ มีค่าเท่ากับ 136.59, 141.23, 287.83 และ 189.52 กรัม/ต้น ตามลำดับ ดังนั้นหากคำนวณปริมาณผลผลิตวัตถุแห้งของทางปาล์มน้ำมันทั้งทางที่ได้จากต้นปาล์มที่มีช่อดอกเพศผู้ในแต่ละปีมีค่าประมาณ 14-17 กิโลกรัม/ ต้น/ ปี หรือ 327-392 กิโลกรัม/ไร่/ ปี ตามลำดับ และจากต้นที่มีช่อดอกเพศเมีย มีค่าประมาณ 15-19 กิโลกรัม/ ต้น/ ปี หรือ 348-418 กิโลกรัม/ไร่/ ปี ตามลำดับ เนื่องจากทางปาล์มน้ำมันสามารถตัดได้ปีละประมาณ 15 ทาง (ธีระ, 2547) ถึง 18 ทาง/ต้น/ปี (วิชัย, 2546)

อย่างไรก็ตามการนำทางปาล์มมาใช้เป็นอาหารสัตว์ยังเป็นการใช้ปริมาณชีวมวล (biomass) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการเกษตรเพื่อเพิ่มมูลค่าได้เป็นอย่างดี ดังนั้นจึงถือได้ว่าหากสามารถใช้ทางปาล์มเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้อย่างมีประสิทธิภาพก็จะเป็นแหล่งอาหารหยาบที่สำคัญของการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องอีกแหล่งหนึ่ง ทั้งนี้เพราะเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์ หรือข้าวโพด แล้วปริมาณชีวมวลที่ได้ไม่ได้มีได้น้อยกว่ากันมากนัก

2. สมบัติทางเคมีและองค์ประกอบทางโภชนะของส่วนต่างๆของทางปาล์มน้ำมันที่ผ่านกรรมวิธีการหมักที่แตกต่างกัน

2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง นับเป็นสมบัติทางเคมีที่สำคัญที่สามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของพืชหมักได้ ซึ่งจากการศึกษานี้พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของผลผลิตส่วนที่เป็นใบ และทางปาล์ม น้ำมัน มีค่าใกล้เคียงกันที่ระดับ 4.74 และ 4.73 ($P>0.05$) (ตารางที่ 25) และเมื่อผ่านกรรมวิธีการหมักแล้วค่าความเป็นกรด-ด่างก็ลดลง แต่ในสภาพสดพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ยังคงอยู่ในระดับที่สูง กล่าวคือส่วนที่เป็นใบปาล์มน้ำมันจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงถึง 5.91 ขณะที่ส่วนทางปาล์มน้ำมันมีค่าความเป็นกรด-ด่างเพียง 5.56 ($P<0.01$) แต่เมื่อนำมาหมักแบบธรรมดา และหมักด้วยกากน้ำตาล จะเห็นว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง ของทางปาล์มน้ำมันลดลงใกล้เคียงกับใบ คือ 4.49 กับ 4.54 ($P>0.05$) และ 3.81 กับ 4.12 ($P<0.01$) ตามลำดับ (ตารางที่ 26) ซึ่งถือได้ว่าเมื่อผ่านกรรมวิธีแล้วใบปาล์มและทางปาล์มน้ำมันเป็นพืชหมักคุณภาพดี เนื่องจากค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง ซึ่งพืชหมักที่มีคุณภาพดีควรมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 3.5 (Idris and Mohd Najib, 2003) ถึง 4.2 (เกียรติศักดิ์ และคณะ, 2548) ดังนั้นจะเห็นได้ว่ากระบวนการหมักสามารถทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของทางปาล์มน้ำมันลดลงได้ เนื่องจากในการหมักพืชเมื่ออากาศหรือออกซิเจนถูกใช้หมดแล้ว กระบวนการหมักที่เกิดขึ้นจะเป็นแบบไม่ต้องการอากาศ (anaerobic) ซึ่งเกิดจากการทำงานของ anaerobic bacteria เช่น กลุ่ม Homofermentative lactic bacteria และกลุ่ม Heterofermentative lactic bacteria ได้แก่ *lactobacilli* และ *streptococci* ซึ่งมีความสำคัญต่อการทำพืชหมักมาก และผลที่ได้คือกรดแลคติก (lactic acid) ซึ่งมีประมาณ 1-1.5 เปอร์เซ็นต์ของพืชหมักสด และมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 4.2 หรือน้อยกว่านั้น การทำงานของแบคทีเรียกลุ่มนี้ขึ้นกับปริมาณน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบในพืช หรือที่เสริมเข้าไปในกระบวนการหมักพืช กล่าวคือถ้ามีปริมาณน้ำตาลมากและอยู่ในสภาพที่มีออกซิเจน (anaerobic) จะทำให้เกิดกรดแลคติกเร็วขึ้น (สายพันธ์, 2547) และทำให้พืชหมักมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง (จันทกานต์, 2545) ซึ่งจากผลการทดลองนี้แสดงว่าใบและทางปาล์มน้ำมันมีปริมาณน้ำตาลระดับหนึ่งจึงทำให้จุลินทรีย์ผลิตกรดแลคติกได้เร็วขึ้น ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง และจะไปหยุดกระบวนการต่างๆที่เกิดขึ้นได้ ขณะที่ Aminah *et al.* (2004) รายงานว่า พืชหมักในเขตร้อนมักมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าระดับที่เหมาะสมสำหรับการรักษาคุณภาพของพืชหมัก จึงต้องเติมกากน้ำตาลลงไปก่อนการหมักประมาณ 4% ซึ่งจะช่วยให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของพืชหมักลดเหลือ 3.0-3.6 แต่ถ้าต้องการให้ค่า

ความเป็นกรด-ด่างลดลงอย่างรวดเร็วก็อาจใช้วิธีเสริมกลูโคส 2-3 เปอร์เซ็นต์ ก่อนการหมักก็สามารถทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของหญ้าเนเปียร์หมักลดลง ในระดับที่จะรักษาคุณภาพของพืชหมักได้ตั้งแต่ทำการหมักได้เพียง 1 วัน (สมจิตร, 2549)

ตารางที่ 25 องค์ประกอบทางเคมีของทางปาล์มน้ำมันและทางปาล์มน้ำมันที่ผ่านกรรมวิธีการหมักที่ต่างกัน (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง)

รายการ	pH	Ash	CP	EE	CF	NDF	ADF	ADL
ส่วนของทางปาล์ม (A)		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
ใบปาล์มน้ำมัน	4.74	8.52 ^A	11.58 ^A	2.94 ^A	25.56 ^B	56.86 ^B	40.65 ^B	12.01 ^b
ทางปาล์มน้ำมันทั้งทาง	4.73	6.01 ^B	8.64 ^B	2.31 ^B	32.63 ^A	63.32 ^A	46.37 ^A	13.11 ^a
SEM	0.02	0.02	0.10	0.05	0.26	0.30	0.19	0.34
กรรมวิธีการหมัก (B)								
สภาพสด (ควบคุม)	5.73 ^A	5.63 ^C	10.43 ^a	2.12 ^B	30.87 ^A	61.52 ^A	42.00 ^C	11.89 ^b
หมักแบบธรรมดา	4.51 ^B	7.60 ^B	9.99 ^b	2.84 ^A	29.61 ^B	60.49 ^A	45.52 ^A	13.73 ^a
หมักด้วยกากน้ำตาล	3.96 ^C	8.56 ^A	9.90 ^b	2.92 ^A	26.84 ^C	58.26 ^B	43.01 ^B	12.06 ^b
SEM	0.02	0.03	0.12	0.06	0.32	0.36	0.23	0.41
A*B	0.0001	0.0001	0.0052	0.0085	0.0228	0.0001	0.0073	0.0261

^{A,B,C} = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันในรายการเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกัน (P<0.01)

^{a,b} = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันในรายการเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกัน (P<0.05)

ตารางที่ 26 องค์ประกอบทางเคมีทางปาล์มน้ำมันและทางปาล์มน้ำมันที่ผ่านกรรมวิธีการหมักที่ต่างกัน (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง)

รายการ		pH	Ash	CP	EE	CF	NDF	ADF	ADL
กรรมวิธีการหมัก	ส่วนของทาง		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
สภาพสด (ควบคุม)	ใบปาล์มน้ำมัน	5.91 ^A	6.26 ^A	12.32 ^A	2.56 ^A	28.24 ^B	60.66	39.89 ^B	11.09
	ทางปาล์มน้ำมันทั้งทาง	5.56 ^B	5.01 ^B	8.55 ^B	1.68 ^B	33.51 ^A	62.38	44.12 ^A	12.70
SEM		0.018	0.029	0.068	0.123	0.346	0.598	0.398	0.657
หมักแบบธรรมชาติ	ใบปาล์มน้ำมัน	4.49	9.18 ^A	11.35 ^A	2.97 ^a	25.68 ^B	55.86 ^B	42.16 ^B	14.24
	ทางปาล์มน้ำมันทั้งทาง	4.54	6.02 ^B	8.63 ^B	2.71 ^b	33.54 ^A	65.11 ^A	48.88 ^A	13.22
SEM		0.039	0.051	0.101	0.044	0.531	0.537	0.319	0.516
หมักด้วยกากน้ำตาล	ใบปาล์มน้ำมัน	3.81 ^B	10.11 ^A	11.07 ^A	3.29 ^A	22.85 ^B	51.07 ^B	39.90 ^B	10.70 ^b
	ทางปาล์มน้ำมันทั้งทาง	4.12 ^A	7.01 ^B	8.73 ^B	2.55 ^B	30.84 ^A	62.46 ^A	46.12 ^A	13.41 ^a
SEM		0.009	0.038	0.272	0.027	0.357	0.169	0.288	0.450

^{A,B} = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันในรายการเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกัน (P<0.01)

^{a,b} = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันในรายการเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกัน (P<0.05)

2.2 ปริมาณเถ้า

ปริมาณเถ้าของใบปาล์มน้ำมันมีค่าเฉลี่ยสูงถึง 8.52 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่าง (P<0.01) กับส่วนของทางปาล์มทั้งทาง ที่มีปริมาณเถ้าเฉลี่ยเพียง 6.01 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 25) ซึ่งอาจเนื่องมาจากกลไกการสังเคราะห์แสงส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่ใบ และเมื่อมีการสร้างและสะสมสารอย่างอื่น โดยเฉพาะแร่ธาตุที่รากพืชดูดขึ้นมาจากดินจึงมีการสะสมที่บริเวณใบมากกว่า ดังนั้นใบจึงมีปริมาณเถ้าสูง ขณะที่กรรมวิธีการหมักก็มีผลทำให้ค่าปริมาณเถ้าที่ประกอบอยู่ใน ทางปาล์มแตกต่างกัน (P<0.01) กล่าวคือทางปาล์มน้ำมัน ในสภาพสด หมักแบบธรรมชาติ และหมักแบบเสริมกากน้ำตาลมีค่าเท่ากับ 5.63, 7.60 และ 8.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่ากรรมวิธีการหมักจะทำให้ปริมาณเถ้าของส่วนใบและทางปาล์มน้ำมันมีค่าเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 26) เนื่องจากการหมักด้วยกากน้ำตาลนั้นส่วนของใบ และทางปาล์มน้ำมันมีค่าสูงถึง 10.11 และ 7.01 เปอร์เซ็นต์

ตามลำดับ (ตารางที่ 26) ซึ่งสอดคล้องกับที่ วารุณีและคณะ (2549) รายงานว่าใบทั้งหมดจะมีค่าประมาณ 7-10 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ทางทั้งหมดมีค่าเป็นองค์ประกอบเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ และที่ Karalazos and Swan (1977) ระบุว่ากากน้ำตาลมีปริมาณแฉะสูงถึง 11 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากแบคทีเรียสามารถใช้น้ำตาลในกากน้ำตาลเป็นอาหารและเปลี่ยนไปเป็นกรดแลคติกได้ง่าย ดังนั้นการหมักทางปาล์มโดยการเสริมด้วยกากน้ำตาลจึงทำให้ได้พืชหมักที่มีรสชาติน่ากิน และช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารของพืชหมักด้วย

สำหรับการหมักแบบธรรมดา ปริมาณแฉะในส่วนของใบปาล์ม และทางปาล์มน้ำมันมีค่าเท่ากับ 9.18 และ 6.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 26) ขณะที่ทางปาล์มน้ำมันในสภาพสดส่วนของใบปาล์ม และทางปาล์มมีปริมาณแฉะเฉลี่ย 6.26 และ 5.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 26) ซึ่งส่วนของใบปาล์มมีปริมาณแฉะสูงกว่าทางปาล์มน้ำมันทั้งทางเช่นเดียวกัน และสอดคล้องกับรายงานของ Mohd Sukri (2003) ที่ระบุว่าส่วนของใบมีปริมาณแฉะ 5.9 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ทางปาล์มน้ำมันมีปริมาณแฉะ 5.5 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากใบเป็นส่วนสังเคราะห์แสงของพืชจึงมีคุณค่าทางโภชนาการในส่วนสูง แต่การที่ใบปาล์มน้ำมันจะมีคุณค่าทางโภชนาการสูงนั้นยังต้องขึ้นกับปัจจัยอื่นๆ เช่น การปลูกและอายุการใส่ปุ๋ยด้วย ถ้าปาล์มน้ำมันขาดธาตุอาหารบางชนิด เช่น ธาตุไนโตรเจน จะมีผลกระทบ ทำให้ใบปาล์มมีสีเหลืองซีดซึ่งจะเกิดที่ทางใบแก่ก่อน (Von Uexküll and Fairhurst, 1999) และถ้าขาดธาตุฟอสฟอรัสก็จะมีอาการชะงักการเจริญเติบโตในขณะที่ใบมีสีเขียวเข้ม (วินาภรณ์ และคณะ, 2541)

2.3 โปรตีนรวม

จากการศึกษาโปรตีนรวมของใบปาล์มน้ำมันพบว่ามีค่าสูงถึง 11.58 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ทางปาล์มน้ำมันทั้งทางมีค่าโปรตีนเพียง 8.64 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 25) ซึ่งระดับโปรตีนจากใบปาล์มน้ำมันจากการทดลองนี้มีค่าสูงกว่าที่รายงานโดย Mohd Sukri, (2003) ซึ่งระบุว่าใบปาล์มน้ำมันมีปริมาณโปรตีนประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากองค์ประกอบของใบปาล์มน้ำมันมีค่าโปรตีนรวม และแคลเซียมสูงกว่าทางปาล์มน้ำมัน แต่ทางปาล์มน้ำมันมีค่าเยื่อใยและค่าโภชนาการที่น้อยได้ทั้งหมด (TDN) สูงกว่าส่วนของใบ เนื่องจากทางปาล์มมีแป้งเป็นองค์ประกอบอยู่มากจึงมีค่าโภชนาการที่น้อยได้สูง

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของกรรมวิธีการหมักทั้งในสภาพสด หมักแบบธรรมดา และหมักด้วยกากน้ำตาล พบว่ามีค่าโปรตีนรวม เท่ากับ 10.43, 9.99 และ 9.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$) (ตารางที่ 25) จะเห็นได้ว่าการหมักด้วยกากน้ำตาลมีผลทำให้ปริมาณโปรตีนลดลง เช่นเดียวกับค่า pH ที่ลดลงเช่นกัน ทั้งนี้เพราะโปรตีนมีสมบัติเป็นสารป้องกันการเปลี่ยนแปลงสภาพ pH (buffering capacity) และขีดขวางกระบวนการหมักทำให้ได้ค่าโปรตีนที่น้อยลง นอกจากนี้การใช้กากน้ำตาลเป็นสารเสริมแต่งในอาหารหมักยังทำให้สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนลดลงได้อีกด้วย (Miron *et al.*, 2007)

สำหรับปฏิสัมพันธ์ระหว่างส่วนของทางและกรรมวิธีการหมักนั้นจะเห็นได้ว่า ในสภาพสด ส่วนไบปาล์มน้ำมันมีปริมาณโปรตีนสูงถึง 12.32 เปอร์เซ็นต์ และส่วนของทางปาล์มน้ำมันทั้งทางมีโปรตีน 8.55 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.01$) (ตารางที่ 26) ขณะที่การหมักแบบธรรมดาไบปาล์มน้ำมันมีปริมาณโปรตีน 11.35 เปอร์เซ็นต์ และส่วนของทางปาล์มน้ำมันทั้งทางมี 8.63 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.01$) (ตารางที่ 26) และการหมักด้วยกากน้ำตาลนั้นไบปาล์มน้ำมันมีปริมาณโปรตีน 11.07 เปอร์เซ็นต์ และส่วนของทางปาล์มน้ำมันทั้งทางมี 8.73 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.01$) (ตารางที่ 26) ซึ่งผลการวิจัยนี้เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับรายงานของ Islam *et al.*, (2000) ที่ได้ระบุว่า ส่วนของไบปาล์มน้ำมันมีค่าวัตถุแห้ง โปรตีนรวม และไขมันสูงกว่า ส่วนแกนกลางของทางปาล์มน้ำมัน แต่มีค่าอินทรีย์วัตถุ เซลลูโลส และคาร์โบไฮเดรต ทั้งหมด ที่ต่ำกว่าทางปาล์มน้ำมัน

2.4 ไขมัน

ปริมาณไขมันในส่วนไบปาล์มจะเห็นได้ว่ามีค่าที่สูงกว่าส่วนของทางปาล์มน้ำมันทั้งหมด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.94 และ 2.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P<0.01$) (ตารางที่ 25) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณไขมันจะมีการสะสมในส่วนไบมากกว่าส่วนลำต้น (สายพันธ์, 2547) ขณะที่การผลิตปาล์มน้ำมัน ผลผลิตที่เกษตรกรต้องการ ก็คือน้ำมันปาล์มซึ่งได้จากผลปาล์มน้ำมัน เพื่อใช้เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์ ซึ่งน้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันที่ไม่มีคอเลสเตอรอล และยังคงอุดมไปด้วยเบตาแคโรทีน วิตามินเอ และอี ช่วยทำให้ ผิวพรรณดี มีแอนติออกซิเจนต์ที่ช่วยชะลอการแก่ของเซลล์ การเกาะตัวของแผ่นไขมัน ลดการแข็งตัวของเกร็ดเลือด มีสารคาโรทีนอยด์ป้องกันและยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง ในน้ำมันปาล์มยังมีสารไตรกลีเซอไรด์ กรดไขมันไลโนเลอิกจะช่วยดูดซึมสารอาหารที่มีประโยชน์เข้าสู่ร่างกายได้ง่ายขึ้น น้ำมันปาล์มยังช่วยป้องกันการเกิดโรคหัวใจขาดเลือดและเส้นเลือดอุดตัน (จินตน์กานต์, 2548) ซึ่งปริมาณไขมันจะมีสูงมากในผลปาล์มน้ำมัน และส่วนหนึ่งของ

น้ำมันก็สะสมที่ใบจึงเห็นได้จากการทดลองนี้ว่าใบปาล์มน้ำมันมีค่าไขมันที่สูงกว่าทางปาล์มน้ำมัน แต่ปริมาณไขมันในอาหารที่สูงเกินไปจะไม่เป็นผลดีต่อสัตว์ เพราะหากมีปริมาณไขมันที่สูงเกิน 5 เปอร์เซ็นต์ อาจมีผลต่อปริมาณการใช้ประโยชน์ของสัตว์เกี่ยวเนื่องได้ เนื่องจากการใช้ประโยชน์ใน กระเพาะรูเมนจะลดลงเมื่อสัตว์ได้รับอาหารที่มีไขมันสูง (เมธา, 2533; องอาจ, 2548)

เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยรูปแบบการใช้ทางปาล์มส่วนต่างๆ จะเห็นได้ว่ากรรมวิธีการหมักด้วย กากน้ำตาลมีค่าปริมาณไขมันสูงสุด รองลงมาคือหมักแบบธรรมดา และสภาพสดมีค่าที่ต่ำสุด มี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.94, 2.84 และ 2.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 25) ค่าดังกล่าว ใกล้เคียงกับ วารุณี และคณะ (2549) และ Wan Zahari *et al.*, (2003) ได้รายงานไว้ว่าไขมันของทาง ปาล์มในกรรมวิธีการหมักมีค่าอยู่ระหว่าง 1.63 – 2.80 เปอร์เซ็นต์ และการทดลองนี้พบว่า มี ปฏิสัมพันธ์ระหว่างส่วนของทาง และกรรมวิธีการหมัก พบว่าในสภาพสดใบปาล์มน้ำมันมีไขมัน สูงกว่าทางปาล์มน้ำมัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.56 และ 1.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 26) แต่ถ้าใช้กรรมวิธีการหมักแบบธรรมดาใบปาล์มน้ำมันมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.97 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ ทางปาล์มน้ำมันมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.71 เปอร์เซ็นต์ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 26) และกรรมวิธีการหมักด้วย กากน้ำตาลของส่วนใบปาล์มน้ำมันมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.29 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ทางปาล์มน้ำมันมี ค่าเฉลี่ย 2.55 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 26) จะเห็นได้ว่าส่วนของใบปาล์มน้ำมันถึงแม้จะผ่าน กรรมวิธีการหมักมาแล้วก็จะยังคงให้ค่าไขมันที่ค่อนข้างสูง

2.5 เชื้อไรวม

ปริมาณเชื้อไรวมของใบปาล์มน้ำมันมีค่าอยู่ที่ 25.56 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ทางปาล์มน้ำมันมี ค่าที่สูงขึ้นเป็น 32.63 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 25) ซึ่งค่าดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Abu Hassan (1995) ที่ระบุว่าทางปาล์มน้ำมันมีค่าเชื้อใยสูงถึง 38.5 เปอร์เซ็นต์ การที่เชื้อใยสูงขึ้นนี้อาจจะมีผลมาจากอายุการตัดของพืชขณะนำมาหมัก เมื่อพืชมีอายุมากขึ้นปริมาณเชื้อใยก็เพิ่มขึ้น ซึ่ง ค่าเชื้อใยดังกล่าวเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมปริมาณการย่อยได้ของพืชหมัก (สายพันธ์, 2547) และเมื่อนำมาศึกษากรรมวิธีการหมักพบว่าในสภาพสดให้ค่าเชื้อไรวมสูงที่สุด และกรรมวิธีการ หมักด้วยกากน้ำตาลให้ค่าเชื้อไรวมต่ำสุด ซึ่งทั้ง 3 กรรมวิธีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.87, 29.61 และ 26.84 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 25) เห็นได้ว่ากรรมวิธีการหมักสามวิธีที่จะทำให้ ค่าเชื้อใยลดลงได้ เนื่องจากการเสริมการน้ำตาลเป็นการเพิ่มปริมาณคาร์บอนที่ดีที่สุด สำหรับ กระบวนการหมักของจุลินทรีย์ จึงทำให้เชื้อใยมีค่าลดลงได้ (Cazetta *et al.*, 2007) เพราะว่าจุลินทรีย์

จะผลิตเอนไซม์เฮมิเซลลูเลสเพื่อกระตุ้นการย่อยเซลลูโลสและจะมีผลทำให้ปริมาณเชื้อใยผนังเซลล์ลดลง 1-2 เปอร์เซ็นต์ รวมถึงแบคทีเรียกรดแลคติกที่ผลิตเอนไซม์ย่อยสลายของค์ประกอบของผนังเซลล์พืช ให้ปลดปล่อยน้ำตาลออกมาเพื่อใช้เป็นอาหารของจุลินทรีย์ต่อไปได้อีกด้วย (Woodford and Pahlow, 1998) ในขณะที่ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) ของเฮมิเซลลูโลสให้น้ำตาลเพนโตส ซึ่งจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตต่อไปได้อีกด้วย ซึ่งจะทำให้อัตราของไฮโดรไลซิสเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างของพืชหมักปกติปริมาณของผนังเซลล์จะลดลงอย่างช้าๆ เนื่องจากการหมักด้วยกากน้ำตาลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำลง ทำให้จุลินทรีย์สามารถที่จะเข้าไปทำลายโครงสร้างของส่วนของทางปาล์มน้ำมันทั้งทางได้ (Mourino *et al.*, 2001) ดังนั้นการเสริมกากน้ำตาลในกระบวนการหมักจึงส่งผลให้ผลผลิตพืชหมักเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วและยังทำให้หญ้าหมักมีคุณภาพดี (Henderson, 1993)

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างกรรมวิธีการหมักกับส่วนของทางปาล์มน้ำมัน ($P < 0.01$) พบว่าในสภาพสดส่วนของใบมีค่าเชื้อใยรวมเฉลี่ย 28.24 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ทางปาล์มน้ำมันมีค่าสูงถึง 33.51 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 26) ขณะที่กรรมวิธีการหมักแบบธรรมดา ใบปาล์มน้ำมันและทางปาล์มน้ำมันมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.86 และ 33.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 26) และหมักโดยการเสริมด้วยกากน้ำตาล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.85 และ 30.84 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 26) ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าเชื้อใยรวมของส่วนใบปาล์ม และทางปาล์ม โดยเฉพาะที่ผ่านกระบวนการหมักแล้วจะมีค่าลดลง และลดลงมากที่สุดเมื่อหมักด้วยการเสริมกากน้ำตาล และมีค่าต่ำกว่าที่ Mohd Sukri, (2003) ได้รายงานไว้ว่า ใบปาล์มน้ำมัน มีค่าเชื้อใยรวมที่ 34.9 เปอร์เซ็นต์ และทางปาล์มน้ำมันทั้งหมดมีเชื้อใยรวม 44.8 เปอร์เซ็นต์ แต่ค่าความแตกต่างที่สูงมากขนาดนี้อาจมีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย เช่น ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปริมาณน้ำ และอายุของต้นปาล์มก็จะมีผลให้เชื้อใยสูงขึ้นได้ด้วยเช่นกัน

2.7 ปริมาณผนังเซลล์ทั้งหมด

ปริมาณเชื้อใยผนังเซลล์ทั้งหมดของใบปาล์มน้ำมันมีค่าเท่ากับ 56.86 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ทางปาล์มน้ำมันมีค่า 63.32 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 25) เนื่องจากทางปาล์มน้ำมันมีส่วนของแกนกลางรวมอยู่ด้วย ซึ่งแกนกลางนี้มีค่า NDF สูง (วารุณี และคณะ, 2549) จึงทำให้ปริมาณเชื้อใยผนังเซลล์ของทางมีค่าสูงกว่าใบ ปกติเมื่อพืชอายุมากขึ้นจะมีเชื้อใยเพิ่มขึ้น ขณะที่ระดับโปรตีนลดลง (Muir, 2002) ส่วนลำต้น และแกนทางปาล์มน้ำมันก็เช่นกัน และเมื่อพิจารณาถึงปัจจัยด้าน

กรรมวิธีการถนอมพบว่าทางปาล์มที่ผ่านการถนอมโดยการหมักจะมีค่าเชื้อใย NDF ลดลง โดยเฉพาะเมื่อมีการเสริมด้วยกากน้ำตาล กล่าวคือ ในสภาพสด การหมักแบบธรรมดา และหมักด้วยกากน้ำตาล มีค่าเท่ากับ 61.52, 60.49 และ 58.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 25)

สาเหตุที่เมื่อเสริมกากน้ำตาลลงในพืชหมักแล้วทำให้ค่า NDF ลดลง (Man and Wiktorsson, 2004) เนื่องจากกากน้ำตาลไม่มีองค์ประกอบของ NDF แต่จุลินทรีย์สามารถใช้ประโยชน์จากกากน้ำตาลเพื่อเป็นแหล่งพลังงานที่จำเป็นต่อกระบวนการหมักได้เป็นอย่างดี ทำให้กิจกรรมการหมักเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ แต่ในกระบวนการหมักจุลินทรีย์ไม่ได้ใช้เฉพาะคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ง่ายจากกากน้ำตาลเป็นแหล่งพลังงานเท่านั้น การย่อยโครงสร้างเชื้อใยเซลลูโลสจากผนังเซลล์ของพืชเพื่อให้ได้น้ำตาลกลูโคส ดังนั้นการหมักจึงมีผลให้ค่าผนังเซลล์ลดลงได้ ดังเช่นการเสริมกากน้ำตาลที่ 0 4 8 และ 12 เปอร์เซ็นต์ ในหญ้าเบอร์มิวดา (Bermuda grass) พบว่าทำให้ค่า pH และค่าเปอร์เซ็นต์ของ ADF และ NDF ในหญ้านั้นลดลงเช่นเดียวกัน (Nayigihugu *et al.*, (1995).

เนื่องจากระดับเชื้อใย NDF ในอาหารหยาบเป็นปัจจัยกำหนดปริมาณการกินได้ของอาหารของสัตว์ โดยอาหารหยาบที่มีเชื้อใย NDF ต่ำทำให้สัตว์มีปริมาณการกินได้ที่สูง ส่วนอาหารหยาบที่มีเชื้อใย NDF สูง สัตว์จะมีปริมาณการกินได้ที่ต่ำ (Hutlens, 2000) เนื่องจากต้องใช้พื้นที่ความจุในกระเพาะหมักมากและอาหารมีระยะเวลาหมักในกระเพาะนานขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าค่า NDF ในอาหารยังมีความสัมพันธ์กับการให้ผลผลิตน้ำนม เปอร์เซ็นต์ไขมันน้ำนมและสุขภาพของโค (เกียรติศักดิ์, 2544)

2.8 ปริมาณเชื้อใย

ปริมาณเชื้อใย ADF เป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่มีในอาหาร ซึ่งถ้าพืชอาหารมีค่า ADF สูง แสดงว่าพืชอาหารสัตว์นั้นมีสัดส่วนของเซลลูโลสและลิกนิน (lignin) อยู่มากซึ่งจะมีผลทำให้คุณค่าในด้านการใช้ประโยชน์ได้ของพืชอาหารนั้นต่ำลง ในขณะที่พืชอาหารที่มี ADF ต่ำ จะมีการย่อยได้สูง จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ใบปาล์มน้ำมันให้ค่าปริมาณเชื้อใย ADF ที่ต่ำกว่าส่วนของทางปาล์มน้ำมันทั้งทาง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 40.65 และ 46.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 25) ดังนั้นส่วนของใบปาล์มน้ำมันจึงเป็นส่วนที่สัตว์สามารถที่จะย่อยได้ดีกว่าส่วนของทางปาล์มน้ำมันทั้งทาง

เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของปัจจัยกรรมวิธีการหมักที่มีต่อปริมาณ ADF พบว่า การหมักแบบธรรมชาติให้ค่า ADF สูงที่สุด รองลงมาคือ การหมักด้วยกากน้ำตาล และในสภาพสดให้ค่า ADF ต่ำสุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 45.52, 43.01 และ 42.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 25) จะเห็นได้ว่ากระบวนการหมักโดยใช้กากน้ำตาลสามารถทำให้ค่า ADF ลดลงได้ โดยเฉพาะยิ่งหมักนานก็จะยิ่งทำให้ค่า ADF ลดต่ำลงมากยิ่งขึ้น เช่น จากศึกษาของ Dahlan *et al.*, (2000) ที่ได้รายงานว่า การหมักที่ 60 วัน จะทำให้ปริมาณเยื่อใย ADF ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับ การหมักที่ 35 และ 21 วัน

เนื่องจากมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนของทางปาล์มกับกรรมวิธีการหมัก โดยที่ใบปาล์มที่หมักด้วยกากน้ำตาลมีค่าปริมาณเยื่อใย ADF ต่ำกว่าใบที่หมักด้วยกรรมวิธีธรรมชาติ และจะเห็นได้ว่าการใช้ใบปาล์มในรูปสด หรือหมักด้วยกรรมวิธีต่างๆ ก็จะมีค่าปริมาณ ADF ต่ำกว่าส่วนของทางปาล์มน้ำมันทั้งทางในหลายๆปัจจัยที่ศึกษา (ตารางที่ 26)

2.9 ปริมาณลิกนิน

ปริมาณของลิกนินมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับปริมาณเยื่อใยในอาหารจึงเป็นการยากที่จะแยกอิทธิพลของใย ออกจากอิทธิพลของลิกนิน โดยตรง การที่อินทรีย์วัตถุ จะถูกย่อยได้มากน้อยเพียงใดจะขึ้นอยู่กับการจัดตัวระหว่าง เฮมิเซลลูโลส หรือเซลลูโลส กับลิกนิน (เกียรติศักดิ์, 2544) ซึ่งในทางเคมี lignin จัดเป็นสารประเภท phenolic compound ของแอลกอฮอล์หลายๆชนิด แต่ที่สำคัญมี 3 ชนิดคือ P coumaryl, sinaphyl และ coniferyl alcohol โดยที่ลิกนินมักจะรวมอยู่กับเซลลูโลสหรือเฮมิเซลลูโลสเป็นลิกโนเซลลูโลส ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ซับซ้อนและยากต่อการเข้าถึงของเอนไซม์ของจุลินทรีย์ ทำให้อาหารที่มีลิกโนเซลลูโลสสูงมีค่าการใช้ประโยชน์ได้ต่ำ (องอาจ, 2548) ซึ่งจากการทดลองพบว่าปริมาณลิกนินของสารประกอบภายในเซลล์ของทางปาล์มน้ำมันมีค่าสูงกว่าส่วนของใบปาล์ม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.11 และ 12.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 25) ซึ่งถ้าพิจารณาส่วนประกอบของทางปาล์มน้ำมัน ก็จะพบว่าทางปาล์มทั้งทางจะมีส่วนของแกนกลางสูง จึงทำให้มีปริมาณลิกนินสูงกว่าใบปาล์มน้ำมัน และเนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่อยู่ในเขตร้อนจะมีการสะสมลิกนินเพิ่มขึ้นมากเมื่ออยู่ในสภาวะอุณหภูมิที่สูงขึ้น ซึ่งลิกนินเป็นสารที่สัตว์ไม่สามารถย่อยได้ และยังมีผลทำให้ค่าการย่อยได้ของสารเยื่อใยอื่นๆลดลงด้วย ดังนั้น วัตถุประสงค์อาหารใดที่มีค่าลิกนินสูง ก็จะทำให้คุณภาพของอาหารลดลงไปด้วย (สุกชัย และ เมธา, 2550)

เมื่อพิจารณาปัจจัยกรรมวิธีการหมักพบว่าการหมักแบบธรรมดาให้ปริมาณลิกนินสูงที่สุด และในสภาพสควมมีค่าต่ำสุด ซึ่งทั้ง 3 กรรมวิธีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.73, 12.06 และ 11.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 25) จะเห็นได้ว่าการหมักไม่สามารถที่จะทำให้ปริมาณลิกนินในทั้ง ส่วนใบและทางปาล์มน้ำมันลดลงได้ ซึ่งค่าของระดับลิกนินที่มีในใบปาล์มที่ได้จากการศึกษานี้มีค่าใกล้เคียงกับที่ วันวิสาข์, (2549); วารุณี และคณะ, (2549) ได้รายงานว่ามีปริมาณลิกนินของส่วนทาง ปาล์มน้ำมันมีค่าประมาณ 12.21 – 13.59 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ Wanrosli *et al.*, (2007) รายงานว่าทาง ปาล์มน้ำมันมีค่าลิกนินที่ 15.2 เปอร์เซ็นต์ แต่จากรายงานของ Abdul Khalil *et al.*, (2006) รายงานว่า ทางปาล์มน้ำมันมีค่าลิกนินสูงถึง 20.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการที่พืชมีลิกนินสูงจะทำให้สัตว์สามารถย่อย อาหารนั้นได้ต่ำ เนื่องจากลิกนินจะสร้างพันธะ cross-linked กับโพลีแซคคาไรด์ ซึ่งจะขัดขวาง ไม่ให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนเข้าย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตโครงสร้าง (Buxton and Redfearn, 1997) และเป็นตัวกีดขวางไม่ให้เอนไซม์เข้าทำปฏิกิริยากับโภชนาที่ย่อยง่ายในเซลล์พืช ทำให้อาหารมีการย่อยได้ช้าและน้อยลง (Norton *et al.*, 1994) จะเห็นได้ว่าปาล์มน้ำมันในส่วนของทาง ปาล์มน้ำมันทั้งทางจะมีค่าเยื่อใย ผนังเซลล์ทั้งหมด และลิกนินที่สูงกว่าส่วนของใบปาล์ม และ ปริมาณลิกนินมีค่าสูงเมื่อเทียบกับพืชอาหารสัตว์ชนิดอื่น แต่เนื่องจากปาล์มน้ำมันมีลักษณะที่ แตกต่างจากพืชอาหารสัตว์ทั่วไป ทั้งในด้าน ลักษณะรูปร่าง โครงสร้าง รวมทั้งทางกระบวนการ ทางสังเคราะห์แสง ซึ่งมีผลทำให้มีส่วนประกอบทางเคมีที่แตกต่าง และทางปาล์มน้ำมันนั้นไม่ได้ เป็นพืชอาหารสัตว์โดยตรง แต่เป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรที่สามารถนำมาปรับปรุงคุณภาพเพื่อ สามารถที่จะนำไปเลี้ยงสัตว์ในสภาวะที่ขาดแคลนพืชอาหารสัตว์

3. ปริมาณการกินได้และค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบและอินทรีย์วัตถุของทางปาล์ม น้ำมันที่ใช้ส่วนต่างๆของทางปาล์มหมักด้วยกรรมวิธีที่ต่างกัน

จากการศึกษาปริมาณการกินได้ และค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบของแพะที่ได้รับทางปาล์มจากส่วนที่ต่างกันและหมักด้วยกรรมวิธีที่ต่างกันมีผลในรายการต่างๆ ดังนี้ คือ

3.1 อิทธิพลส่วนของทางปาล์มและกรรมวิธีการหมักต่อปริมาณการกินได้

3.1.1 อิทธิพลส่วนของทางปาล์มและกรรมวิธีการหมักต่อปริมาณการกินได้ของ วัตถุดิบแห้ง (dry matter intake)

ปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบแห้งเฉลี่ยของแพะที่ได้รับส่วนของทางปาล์มต่างชนิดกัน คือ ส่วนของใบปาล์มน้ำมัน และทางปาล์มน้ำมันทั้งทาง ปรากฏว่าแพะที่ได้รับใบปาล์ม น้ำมันมีค่าการกินได้ของวัตถุดิบแห้งเฉลี่ยดีกว่าแพะที่ได้รับส่วนของทางปาล์มน้ำมันทั้งทาง ซึ่งมีค่าการกินได้ของวัตถุดิบแห้งเฉลี่ยทั้ง 2 ชนิดเท่ากับ 390.12 และ 360.01 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ($P>0.05$) (ตารางที่ 27) ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณการกินได้ของใบปาล์มน้ำมันและทางปาล์มน้ำมันมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก เนื่องจากวิธีการทดลองในการเลี้ยงจะสับส่วนของใบปาล์มและทางปาล์มน้ำมัน จึงทำให้ส่วนของทางปาล์มน้ำมันแพะกินได้น้อยเพราะมีส่วนของแกนทางอยู่สูงกว่าในส่วนของใบปาล์มน้ำมัน ซึ่งการสับนั้นจะเป็นลดการเลือกกินของแพะกิน เพราะหากให้แพะกินทั้งทางใบของปาล์มน้ำมันนั้นแพะจะเลือกกินเฉพาะส่วนใบของปาล์มน้ำมันเท่านั้น (สมพล และคณะ, 2550) และเมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบทางโภชนาของทางปาล์มน้ำมัน พบว่าระดับเยื่อใย NDF ในใบปาล์มน้ำมันก็อาจจะเป็นตัวจำกัดปริมาณการกินได้ของแพะด้วย (Hutlens, 2000) เนื่องจากใบปาล์ม น้ำมันมีระดับเยื่อใย NDF ต่ำ (ตารางที่ 27) ทำให้แพะมีปริมาณการกินได้ที่สูง ขณะที่ทางปาล์ม น้ำมันที่เยื่อใย NDF สูง แพะจึงมีปริมาณการกินได้ที่ต่ำ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกะพอบว่า ความสามารถในการกินได้ของแพะจะมากกว่ากะและโค ถ้าคิดตามน้ำหนักตัวแล้วแพะสามารถกินอาหารในสภาพที่ปล่อยแพะเต็มในระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (Semenye *et al.*, 2008)

สำหรับปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบแห้งเฉลี่ยต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวของแพะที่ได้รับส่วนของทางปาล์มต่างชนิดกัน คือ ส่วนของใบปาล์มน้ำมัน และทางปาล์มน้ำมันทั้งทางนั้น พบว่าแพะที่ได้รับใบปาล์มน้ำมันมีค่าการกินได้ของวัตถุดิบแห้งเฉลี่ยต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว

ดีกว่าแพะที่ได้รับส่วนของทางปาล์มน้ำมันทั้งทาง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวเท่ากับ 2.55 และ 2.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 27) จะเห็นได้ว่า ไบโพลัมน้ำมันมีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งเฉลี่ยต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวที่สูงกว่า อย่างไรก็ตาม ปริมาณการกินได้ของส่วนของทางปาล์มน้ำมันทั้ง 2 ส่วนนี้มีค่าสูงกว่าแพะที่ได้รับข้าวโพดหมักที่เสริมด้วยอาหารชั้นระดับต่างๆ ที่รายงานไว้โดย งามอง (2547) ที่มีค่าปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งเฉลี่ย 1.55-2.02 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ซึ่งปริมาณการกินได้ที่สูงจะทำให้การไหลผ่านของอาหาร (passage rate) เร็วทำให้เวลาที่อาหารอยู่ในกระเพาะหมัก (retention time) น้อยมีผลทำให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้น ขณะที่ทางปาล์มน้ำมันมีปริมาณของเยื่อใยสูง (ตารางที่ 25) จึงเป็นสาเหตุให้อาหารมีความฟ้ามมากกว่าทำให้การกินได้ของแพะลดลง ซึ่งปริมาณการกินได้จะลดลงเมื่อสัตว์ได้รับอาหารที่มีเยื่อใยสูง (Turner *et al.*, 2005) และเนื่องจากความจุของกระเพาะเป็นตัวจำกัด (Brosh *et al.*, 1998) ซึ่งโดยทั่วไปพบว่าแพะที่อยู่ในระยะกำลังเจริญเติบโตจะมีปริมาณการกินได้ประมาณ 2.6 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (บุญเสริม, 2546) ขณะเดียวกันปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งที่เพิ่มขึ้นนั้น จะไปมีผลในทางลบกับการย่อยได้ของแป้งและเยื่อใย โดยเฉพาะกับปริมาณการย่อยได้ของ NDF พบว่าปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งมีความสัมพันธ์ในทางลบกับการย่อยได้ของ NDF อย่างชัดเจน (Joanning *et al.*, 1981; Costa *et al.*, (2007)

เมื่อพิจารณาปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัว metabolic body weight ($BW^{0.75}$) ของแพะที่ได้รับส่วนของทางปาล์มน้ำมันที่ต่างกัน คือ ส่วนของไบโพลัมน้ำมัน และทางปาล์มน้ำมันทั้งทาง ปรากฏว่าแพะที่ได้รับไบโพลัมน้ำมันมีค่าการกินได้ของวัตถุแห้งเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัว metabolic body weight ดีกว่าแพะที่ได้รับส่วนของทางปาล์มน้ำมันทั้งทาง ซึ่งค่าการกินได้ของวัตถุแห้งเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัว $BW^{0.75}$ ของแพะที่ได้รับส่วนของทางปาล์มที่เป็นไบและทางปาล์มทั้งทางมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 54.04 และ 49.01 กรัมต่อกิโลกรัม^{0.75} ตามลำดับ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 27) ซึ่งค่าปริมาณการกินได้ที่แสดงในรูปนี้เมื่อเปรียบเทียบกับค่าการทดลองของงามอง (2547) พบว่ามีค่าค่อนข้างสูงกว่าแพะที่ได้รับข้าวโพดหมักเป็นอาหารหลักและได้รับการเสริมอาหารชั้นระดับ 0-1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ซึ่งมีค่าปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งในรูป $BW^{0.75}$ ในช่วง 36.38-47.49 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงอนุมานได้ว่าแพะอาจจะชอบกินไบโพลัม และทางปาล์มน้ำมัน มากกว่าข้าวโพดหมักแม้ว่าแพะที่ได้รับข้าวโพดหมักจะได้รับการเสริมอาหารชั้นใน ระดับ 0-1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวด้วยก็ตาม และเนื่องจากการกินอาหารของแพะจะขึ้นอยู่กับความพอใจและระดับความต้องการของตัวแพะเอง ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการจัดการการให้อาหารแก่แพะ เนื่องจากการควบคุมความอยากกินอาหารของสัตว์จะถูกควบคุมจาก

สมองส่วน hypothalamus ส่วน ventral ของ diencephalon ซึ่งเป็นส่วนที่มีบทบาทในการควบคุมความอยากอาหาร (appetite) ซึ่งหมายถึงการเรียนรู้ หรือพฤติกรรมที่ตอบสนองต่ออาหาร แต่ในกรณีของ ความหิว (hunger) เป็นความต้องการอาหารของร่างกายหลังจากการอดอาหารในช่วงระยะเวลาหนึ่ง และปัจจัยที่มีผลต่อการควบคุมการกินอาหารของสัตว์จะถูกควบคุมโดยปัจจัยหลักๆ 2 ประการคือ metabolic control และ physical control ในกรณีของ metabolic control นั้นเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความต้องการทางโภชนาของตัวสัตว์ และความสามารถของสัตว์ที่จะใช้ประโยชน์จากอาหารที่กินเข้าไป ในขณะที่ physical control เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถของสัตว์ที่จะกินอาหาร ความจุของกระเพาะอาหาร และความสามารถในการย่อยอาหารในระบบทางเดินอาหาร (วิศิษฐพร, 2538) ดังนั้นปริมาณการกินได้ของแพะที่เป็นผลของการทดลองนี้ก็เกี่ยวข้องกัปัจจัยทั้ง 2 ดังกล่าวด้วยเช่นกัน

ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งของแพะที่ได้รับทางปาล์มที่มีรูปแบบการใช้ที่ต่างกัน ได้แก่ สภาพสด (ควบคุม) หมักแบบธรรมดา และหมักด้วยกากน้ำตาล ปรากฏว่าแพะที่ได้รับทางปาล์มในสภาพสดมีค่าการกินได้ของวัตถุแห้งเฉลี่ยสูงสุด ส่วนแพะที่ได้รับทางปาล์มที่ผ่านการหมักแบบธรรมดามีค่าการกินได้ของวัตถุแห้งเฉลี่ยต่ำที่สุด ซึ่งค่าปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งเฉลี่ยของแพะที่ได้รับทางปาล์มที่ผ่านกรรมวิธีในการถนอมทั้ง 3 ชนิด เฉลี่ยเป็น 483.05, 219.59 และ 350.56 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 27) ขณะที่ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งเฉลี่ยต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวของแพะที่ได้รับทางปาล์มที่ผ่านกรรมวิธีในการถนอมที่ต่างกัน คือ สภาพสด (ควบคุม) หมักแบบธรรมดา และหมักด้วยกากน้ำตาล ปรากฏว่าแพะที่ได้รับทางปาล์มในสภาพสดมีค่าการกินได้ของวัตถุแห้งเฉลี่ยต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวสูงสุด ส่วนแพะที่ได้รับทางปาล์มที่ผ่านการหมักแบบธรรมดามีค่าการกินได้ของวัตถุแห้งเฉลี่ยต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวต่ำสุด ซึ่งค่าการกินได้ของวัตถุแห้งเฉลี่ยต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวของแพะที่ได้รับทางปาล์มที่ผ่านกรรมวิธีในการถนอมทั้ง 3 กรรมวิธี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.84, 2.02 และ 2.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 24)

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัว $BW^{0.75}$ ของแพะที่ได้รับทางปาล์มรูปแบบที่ต่างกัน คือ สภาพสด (ควบคุม) หมักแบบธรรมดา และหมักด้วยกากน้ำตาล ปรากฏว่าแพะที่ได้รับทางปาล์มในสภาพสดมีค่าการกินได้ของวัตถุแห้งเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัว $BW^{0.75}$ สูงสุด ส่วนแพะที่ได้รับทางปาล์มที่ผ่านการหมักแบบธรรมดามีค่าการกินได้ของวัตถุแห้งเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัว $BW^{0.75}$ ต่ำสุด ซึ่งค่าการกินได้ของวัตถุแห้งเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัว $BW^{0.75}$ ของแพะที่ได้รับรูปแบบการใช้ทั้ง 3 วิธี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 66.50, 39.35 และ 48.71 กรัมต่อกิโลกรัม ^{0.75} ตามลำดับ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 27) ซึ่งความน่ากินของพืชอาหารสัตว์เป็นสิ่งที่น่าสนใจมาก

เพราะถึงแม้พืชอาหารสัตว์จะมีลักษณะทางกายภาพหรือส่วนประกอบทางเคมีที่ดีเพียงใดก็ตาม แต่ถ้าสัตว์ไม่ชอบกินพืชอาหารสัตว์ชนิดนั้นก็ไม่มีประโยชน์ (สายัณห์, 2547) การที่สัตว์แสดงออกถึงความชอบและความพอใจต่อพืชอาหารสัตว์อาจมีผลมาจากหลายๆปัจจัยรวมกัน เช่น การมองเห็น การได้กลิ่น การได้สัมผัส และรสชาติ ซึ่งผลของปัจจัยเหล่านี้ จะช่วยสนับสนุนกัน และมีผลต่อการกินได้ของสัตว์ (เมธา, 2533) ดังนั้นสำหรับทางปาล์มสด แพะอาจมองเห็นในลักษณะการเป็นพืชสดดีกว่าในสภาพหมัก และสภาพสดอาจให้อัตราการไหลของอาหารในทางเดินอาหาร (rate of passage) ที่เร็วกว่า (Oba and Allen, 1999) จึงทำให้มีค่าการกินได้ของวัตถุดิบแห้งเฉลี่ยในแต่ละวันเฉลี่ยต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว และเฉลี่ยเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัว $BW^{0.75}$ สูงสุด เช่นเดียวกับ Wan Zahari *et al.*, (2004) ที่ระบุว่าค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบแห้งของโคสาวน้ำหนักเฉลี่ย 160 กิโลกรัมที่ได้รับทางปาล์มน้ำมันทั้ง 4 กรรมวิธี คือ การอัดเม็ด (OPF pellets) การสับหรือตัดเป็นชิ้นเล็กๆ (chopped OPF) การหมัก (OPF silage) และการหมักด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH-OPF) ที่เสริมใน 4 ระดับคือ 25, 40, 60 และ 75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวเป็นแหล่งอาหารหยาบ เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต ปรากฏว่าปริมาณการกินได้ metabolic body weight ของทางปาล์มน้ำมันที่ผ่านการสับหรือสภาพสด มีค่าสูงกว่าทางปาล์มน้ำมันหมัก

3.1.2 อิทธิพลส่วนของทางปาล์มและกรรมวิธีการหมักต่อปริมาณการกินได้ของอินทรีย์วัตถุ (Organic Matter Intake)

3.1.2.1 อิทธิพลของส่วนของทางปาล์มต่อการกินได้ของอินทรีย์วัตถุ

ปริมาณการกินได้ของอินทรีย์วัตถุของแพะที่ได้รับส่วนของทางปาล์มที่ต่างกัน คือ ส่วนของใบปาล์มน้ำมัน และทางปาล์มน้ำมันทั้งทาง ปรากฏว่าแพะที่ได้รับใบปาล์มน้ำมันมีค่าการกินได้ของอินทรีย์วัตถุเฉลี่ยสูงกว่าแพะที่ได้รับส่วนของทางปาล์มน้ำมันทั้งทาง ซึ่งมีค่าการกินได้ของอินทรีย์วัตถุเฉลี่ย 359.62 และ 332.98 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ($P>0.05$) (ตารางที่ 27) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับพืชอาหารสัตว์ชนิดอื่น เช่น หญ้ารูซี่ หญ้าขน และหญ้าสตาร์ ในส่วนของใบบน และใบล่างพบว่า แพะมีค่าการกินได้ของอินทรีย์วัตถุเฉลี่ยในส่วนใบบนเท่ากับ 321.31 กรัมต่อวัน ในขณะที่การกินได้ของอินทรีย์วัตถุเฉลี่ยในส่วนใบล่าง 202.71 กรัมต่อวัน (ธีระวัฒน์ และคณะ, 2549) เนื่องจากนิสัยการกินอาหารของแพะจะเลือกกินพืชอาหารในส่วนบนก่อน (วินัย, 2538) เหตุผลอีกประการตามที่เอกชัย (2546) กล่าวว่าแพะมีความชอบเลือกกินใบไม้มากกว่ากินหญ้า และเลือกกินอาหารที่อยู่ในระดับสูงกว่าพื้นดิน และอาหารที่มีคุณค่าทางอาหารสูง

ก่อน แพะชอบกินหญ้าที่มีการย่อยได้สูง และมีระดับ NDF, ADF และลิกนินต่ำ และโครงสร้างของพืชและถั่ว หรือพืชอาหารสัตว์ก็มีผลต่อการกินได้ของแพะ (Hadjigeorgiou *et al.*, 2003) ด้วยเหตุนี้จึงอาจเป็นสาเหตุให้แพะกินใบปาล์มน้ำมันได้ในปริมาณที่สูงกว่าทางปาล์มน้ำมัน และโดยทั่วไปหากนำทางปาล์มมาแขวนให้แพะกิน แพะก็จะเลือกกินเฉพาะส่วนของใบเท่านั้น (สมพล และคณะ, 2550)

ปริมาณการกินได้ของอินทรียวตฤเฉลี่ยต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวของแพะที่ได้รับส่วนของทางปาล์มที่ต่างกัน คือ ส่วนของใบปาล์มน้ำมัน และทางปาล์มน้ำมันทั้งทางปรากฏว่าแพะที่ได้รับใบปาล์มน้ำมันมีค่าการกินได้ของอินทรียวตฤเฉลี่ยต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวที่สูงกว่าแพะที่ได้รับส่วนของทางปาล์มน้ำมันทั้งทาง ซึ่งมีค่าการกินได้ของอินทรียวตฤเฉลี่ยต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวเฉลี่ยเท่ากับ 2.58 และ 2.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 27) และปริมาณการกินได้ของอินทรียวตฤเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัว $BW^{0.75}$ ของแพะที่ได้รับส่วนของทางปาล์มที่ต่างกัน คือ ส่วนของใบปาล์มน้ำมัน และทางปาล์มน้ำมันทั้งทาง ปรากฏว่าแพะที่ได้รับใบปาล์มน้ำมันมีค่าการกินได้ของอินทรียวตฤเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัว $BW^{0.75}$ สูงกว่าแพะที่ได้รับส่วนของทางปาล์มน้ำมันทั้งทาง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 49.80 และ 45.32 กรัมต่อกิโลกรัม^{0.75} ตามลำดับ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 24)

3.1.2.2 อิทธิพลของกรรมวิธีการหมักต่อการกินได้ของอินทรียวตฤ

ปริมาณการกินได้ของอินทรียวตฤเฉลี่ยของแพะที่ได้รับทางปาล์มส่วนต่างๆซึ่งผ่านกรรมวิธีในการถนอมที่ต่างกันที่เป็น ทางปาล์มสด ทางปาล์มหมักแบบธรรมดา และหมักด้วยกากน้ำตาล ปรากฏว่าแพะที่ได้รับทางปาล์มสดมีค่าการกินได้ของอินทรียวตฤเฉลี่ยสูงสุด ส่วนแพะที่ได้รับทางปาล์มที่หมักแบบธรรมดามีค่าการกินได้ของอินทรียวตฤเฉลี่ยต่ำสุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 446.92, 268.79 และ 323.20 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 27) ซึ่งการกินได้ของสัตว์จะเกี่ยวข้องกับเมแทบอลิซึมของร่างกายสัตว์ด้วย เนื่องจากปริมาณการกินได้จะผันแปรตามความต้องการเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการดำรงชีพ การเจริญเติบโต การสร้างผลิตผล และการสะสมเนื้อเยื่อไขมันในร่างกาย (เมธา, 2533)

ตารางที่ 27 อิทธิพลของตำแหน่งของใบปาล์มและกรรมวิธีการหมักทางปาล์มน้ำมันต่อปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของวัตถุดิบและอินทรีย์วัตถุในแพะ

รายการ	ตำแหน่งของใบปาล์ม (A)				กรรมวิธีการหมักทางปาล์ม (B)					A*B
	ใบปาล์ม	ทางปาล์ม ทั้งทาง	SEM	ระดับ นัยสำคัญ	สภาพสด	หมัก ธรรมชาติ	หมักด้วย กากน้ำตาล	SEM	ระดับ นัยสำคัญ	
DM Intake (g/d)	390.12	360.01	10.93	P>0.05	483.05 ^A	291.59 ^C	350.56 ^B	13.38	P<0.01	0.288
DM Intake (%BW)	2.55 ^a	2.31 ^b	0.078	P<0.05	2.84 ^A	2.02 ^C	2.44 ^B	0.09	P<0.01	0.394
DM Intake (BW ^{0.75})	54.04	49.01	1.723	P>0.05	66.50 ^A	39.35 ^C	48.71 ^B	2.11	P<0.01	0.413
OM Intake (g/d)	359.62	332.98	10.21	P>0.05	446.92 ^A	268.79 ^C	323.20 ^B	12.50	P<0.01	0.380
OM Intake (%BW)	2.58	2.33	0.090	P>0.05	3.81 ^A	1.86 ^C	2.33 ^B	0.11	P<0.01	0.334
OM Intake (BW ^{0.75})	49.80	45.32	1.593	P>0.05	61.50 ^A	36.27 ^C	44.91 ^B	1.95	P<0.01	0.403
DM Digestibility (%)	76.76	77.17	1.507	P>0.05	83.15 ^A	73.05 ^B	74.69 ^B	1.85	P<0.01	0.301
OM Digestibility (%)	78.33	78.87	1.383	P>0.05	84.36 ^A	74.95 ^B	76.49 ^B	1.69	P<0.01	0.276
D-Value (%)	72.13	72.98	1.250	P>0.05	78.05 ^A	69.05 ^B	70.56 ^B	1.53	P<0.01	0.274

^{A,B,C} = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันในรายการเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันอย่างมีความแตกต่างกัน (P<0.01)

^{a,b} = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันในรายการเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันอย่างมีความแตกต่างกัน (P<0.05)

ขณะที่ปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตตุเฉลี่ยต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวของแพะที่ได้รับ ส่วนของทางปาล์มที่ผ่านกรรมวิธีในการถนอมที่ต่างกันทั้งที่เป็นส่วนทางปาล์มในสภาพสด (ควบคุม) หมักแบบธรรมดา และหมักด้วยกากน้ำตาล ปรากฏว่าแพะที่ได้รับทางปาล์มสดมีค่าการกินได้ของอินทรียวัตตุเฉลี่ยต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวสูงสุด ส่วนแพะที่ได้รับทางปาล์มที่ผ่านกรรมวิธีการหมักแบบธรรมดามีค่าการกินได้ของอินทรียวัตตุเฉลี่ยต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวต่ำสุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.81, 1.86 และ 2.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 27) ซึ่ง Devendra and Mccloroy (1982) กล่าวว่าแพะ ในเขตร้อนชื้นทั่วไปแพะกินอาหารได้ต่อวันคิดเป็น 4.5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว จะเห็นได้ว่าทางปาล์มน้ำมันที่ผ่านกรรมวิธีการหมักทำให้ค่าการกินได้ของอินทรียวัตตุเฉลี่ยต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวลดลง

เมื่อพิจารณาปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตตุเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัว $BW^{0.75}$ ของแพะที่ได้รับ ส่วนของทางปาล์มที่ผ่านกรรมวิธีในการถนอมที่ต่างกัน คือ สภาพสด (ควบคุม) หมักแบบธรรมดา และหมักด้วยกากน้ำตาล ปรากฏว่าแพะที่ได้รับส่วนของทางปาล์มในสภาพสดมีค่าการกินได้ของอินทรียวัตตุเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัว $BW^{0.75}$ สูงที่สุด ส่วนแพะที่ได้รับทางปาล์มที่ผ่านกรรมวิธีการหมักแบบธรรมดามีค่าการกินได้ของอินทรียวัตตุเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัว $BW^{0.75}$ ต่ำที่สุด ซึ่งมีเท่ากับ 61.50, 36.27 และ 44.91 กรัมต่อกิโลกรัม^{0.75} ตามลำดับ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 27)

3.2 อิทธิพลของส่วนของทางปาล์มและกรรมวิธีการหมักต่อค่าการย่อยได้ (Digestibility)

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของทางปาล์มน้ำมันจากส่วนใบและทางปาล์มน้ำมันทั้งทาง ซึ่งผ่านกรรมวิธีการหมักที่ต่างกันทั้งที่ไม่หมัก (ควบคุม) หมักแบบธรรมดา และหมักโดยใช้กากน้ำตาลเป็นสารเสริม มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งของทางปาล์มทั้ง 2 ส่วนเฉลี่ยเป็น 76.76 และ 77.17 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) ขณะรูปแบบการใช้ทั้ง 3 วิธี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 83.15, 73.05 และ 74.69 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P < 0.01$) และค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตตุเป็น 78.87 และ 78.87 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) และ 84.36, 74.95 และ 74.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 27)

จะเห็นได้ว่าแพะมีปริมาณการกินได้ของทางปาล์มน้ำมันต่ำ แต่จะมีปริมาณการย่อยได้สูง ซึ่งอาจเป็นเพราะทางปาล์มน้ำมันมีส่วนของเยื่อใยสูง จึงทำให้อัตราการไหลผ่านของอาหารในระบบการย่อยอาหารของสัตว์ช้า และทำให้มีการย่อยได้ของอาหารที่สูง (Mohd, 2003) เช่น ในกรณี

ของโคพบว่าการใช้ทางปาล์มน้ำมันอัดเม็ดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 9 มิลลิเมตร ยาว 3-5 เซนติเมตร ในสูตรอาหารที่ระดับ 33.3 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีการย่อยได้ในโคได้ประมาณ 0.93 กิโลกรัมต่อวัน (Asada *et al.*, 1991) ซึ่งจะเห็นได้ว่าถึงแม้กรรมวิธีการหมักจะให้ค่าการย่อยได้ที่น้อยกว่าในสภาพสด แต่มีค่าที่สูงกว่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุเฉลี่ยของหญ้าธูซี่ พิคเลทูลัม และหญ้าอะตราตัม ที่ผ่านกรรมวิธีการหมักที่มีค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุเฉลี่ยเพียง 67.63 เปอร์เซ็นต์ (ศศิธร และคณะ, 2549) และเมื่อเปรียบเทียบการย่อยได้กับแกะ พบว่าแกะมีสามารถที่จะใช้อาหารที่มีคุณภาพต่ำ เช่น อาหารที่มีไนโตรเจนและมีการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุต่ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Turner *et al.*, 2005)

3.3 อิทธิพลของส่วนของทางปาล์มต่อค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งเฉลี่ยต่ออินทรีย์วัตถุ (Digestibility organic matter in the dry matter: DOMD, D-Value)

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุคิดเฉลี่ยต่อปริมาณวัตถุแห้งของแพะที่ได้รับส่วนใบและทางปาล์มน้ำมันทั้งทาง ซึ่งผ่านกรรมวิธีการหมักที่ต่างกันทั้งที่ไม่หมัก (ควบคุม) หมักแบบธรรมชาติ และหมักโดยใช้กากน้ำตาลเป็นสารเสริม มีค่าเฉลี่ยเป็น 72.13 และ 72.98 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 27) ขณะที่รูปแบบการใช้ทั้ง 3 วิธี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 78.05, 69.05 และ 70.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 27) จากการทดลองพบว่าทางปาล์มน้ำมันมีค่าที่ใกล้เคียงกับพืชอาหารสัตว์ เช่น หญ้าธูซี่ หญ้าขน และหญ้าสตาร์ ซึ่งมีค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุคิดเฉลี่ยต่อปริมาณวัตถุแห้งเท่ากับ 80.96, 77.95 และ 74.23 เปอร์เซ็นต์ และในส่วนของใบบน และใบล่างมีค่าเท่ากับ 75.42 และ 80.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ธีระวัฒน์ และคณะ, 2549) และเมื่อเปรียบเทียบกับพืชอาหารอื่น เช่น หญ้าธูซี่ พิคเลทูลัม และหญ้าอะตราตัมมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุคิดเฉลี่ยต่อปริมาณวัตถุแห้งเท่ากับ 64.68, 63.57 และ 58.69 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อผ่านสภาพแห้ง และผ่านกรรมวิธีการหมักมีค่าที่ 63.01 และ 61.61 เปอร์เซ็นต์ (ศศิธร และคณะ, 2549) แต่สำหรับค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุคิดเฉลี่ยต่อปริมาณวัตถุแห้งของหญ้าเนเปียร์ธรรมชาติ แคระ เมอร์คิวรอน และไต้หวันมีการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุคิดเฉลี่ยต่อปริมาณวัตถุแห้งเท่ากับ 65.65, 64.95, 63.00 และ 65.50 เปอร์เซ็นต์ (องอาจ, 2547) ซึ่งจะเห็นได้ว่าส่วนของทางปาล์ม น้ำมันทั้ง 2 ส่วน และรูปแบบการใช้ทั้ง 3 วิธีมีค่าการกินได้และการย่อยได้ที่ใกล้เคียงกับพืชอาหารสัตว์เช่น หญ้าธูซี่ หญ้าพิคเลทูลัม หญ้าขน และหญ้าสตาร์ หญ้าอะตราตัม หญ้าเนเปียร์ธรรมชาติ หญ้าเนเปียร์แคระ หญ้าเนเปียร์เมอร์คิวรอน และหญ้าเนเปียร์ไต้หวัน

4. การศึกษาค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุ (ruminal dry matter and organic matter degradability) ในกระเพาะรูเมนของส่วนต่างๆของทางปาล์มน้ำมันที่ผ่านกรรมวิธีการหมักที่แตกต่างกัน

จากการศึกษาค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุในกระเพาะรูเมน โดยใช้เทคนิคดูงในล่อน มีผลการศึกษาในแต่ละรายการดังต่อไปนี้

4.1 การสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมน (Ruminal dry matter degradability)

ค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมนของทางปาล์มน้ำมันจากส่วนใบและทางปาล์มน้ำมันทั้งทาง ซึ่งผ่านกรรมวิธีการหมักที่ต่างกันทั้งที่ไม่หมัก (ควบคุม) หมักแบบธรรมดา และหมักโดยใช้กากน้ำตาลเป็นสารเสริม มีค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมนในรูปของวัตถุแห้งที่ละลายน้ำได้ง่าย (a) ส่วนของวัตถุแห้งของอาหารที่สามารถถูกสลายได้ในระยะเวลา 'b' (b) อัตราการสลายตัวคงที่ (c) ส่วนของวัตถุแห้งที่สูญเสียระหว่างการล้างก่อนการย่อยละลายได้ในน้ำ (washing loss) ค่าการสลายตัวของส่วนที่ไม่ละลายน้ำแต่สามารถถูกย่อยได้ (degradability of water insoluble) ศักยภาพการสลายตัวของวัตถุแห้ง (POTDG) ช่วงระยะเวลา (ชั่วโมง) ตั้งแต่อาหารตกลงสู่กระเพาะรูเมนจนถึงการเริ่มถูกย่อยสลาย (lagtime) และประสิทธิภาพการสลายตัวของวัตถุแห้งภายในกระเพาะรูเมนที่อัตราเร็วการไหลผ่าน 0.05 (ed2) ของส่วนของทางปาล์มทั้ง 2 ส่วนเฉลี่ยเป็น 32.65 และ 31.82 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$), 32.65 และ 31.82 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$), 0.052 และ 0.046 Fraction/hr ($P>0.05$), 33.59 และ 33.56 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.01$), 63.37 และ 58.35 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$), 1.51 และ 1.11 ชั่วโมง ($P>0.05$) และ 46.05 และ 44.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P<0.05$) (ตารางที่ 28)

ขณะที่รูปแบบการใช้ทั้ง 3 วิธี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.82, 32.79 และ 31.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$), 30.13, 28.74 และ 28.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$), 0.25, 0.06 และ 0.06 Fraction/hr ตามลำดับ ($P<0.01$), 34.87, 33.78 และ 32.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P<0.01$), 62.95, 59.85 และ 59.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$), 1.57, 1.38 และ 0.97 ชั่วโมง ตามลำดับ ($P>0.05$) และ 47.36, 46.76 และ 41.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$) (ตารางที่ 28) จะเห็นได้ว่าค่า a ของทางปาล์มหมักมีค่าสูง แสดงถึงส่วนที่ไม่ละลายน้ำของทางปาล์มน้ำมันดังกล่าวจะถูกย่อยในกระเพาะรูเมนได้เร็ว ซึ่งอาจเกิดจากสภาพความเป็นกรดของทางปาล์มหมักเอง รวมทั้ง

สภาพแวดล้อมในกระเพาะรูเมน เช่น ค่า pH ที่เหมาะสม ซึ่ง อยู่ในช่วง 6.49-6.66 (Firkins, 1996) และอุณหภูมิที่ 39 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นระดับปกติในโคและเป็นระดับที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมน (เมธา, 2533) รวมทั้งอาจมีสภาพแวดล้อมอื่นๆที่เหมาะสมในกระเพาะรูเมน อย่างไรก็ตาม ค่า a ในการศึกษาครั้งนี้สูงกว่าค่า a ของหญ้าเนเปียร์ที่หมักแบบต่างๆ ซึ่งศึกษาโดย งามอาจ และคณะ (2550 ก) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 30.30-35.37 เปอร์เซ็นต์ สำหรับค่า b เมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์ 8 สายพันธุ์ คือ หญ้าเนเปียร์บาน่า หญ้าเนเปียร์ธรรมดา แทนกันชิม่ายักษ์ ได้หวัน แคระ เมอกิวรอน และหญ้าเนเปียร์ลูกผสม พบว่า มีค่าส่วนของวัตถุแห้งของอาหารที่สามารถถูกสลายได้ในระยะเวลา 't' ประมาณ 50.26 - 57.32 เปอร์เซ็นต์ (งามอาจ และคณะ, 2550 ก) ขณะที่หญ้าพื้นเมืองได้แก่ หญ้าไทร หญ้าเห็บ หญ้าข้าวนก ปลือ หญ้าหวายข้อ หญ้าหวาย หญ้าชันกาด กก หญ้าปล้อง หญ้าหนวดคุก จุคหนู หญ้าคา และ หญ้าเจ้าชู้ ซึ่งเป็นหญ้าที่กระบือกินเป็นอาหารมีค่าเฉลี่ยประมาณ 40.96 - 61.36 เปอร์เซ็นต์ (งามอาจ และคณะ, 2550 ข) เห็นได้ว่าทางปาล์มน้ำมันมีค่าที่ต่ำกว่าหญ้าเนเปียร์ค่อนข้างมาก และค่าศักยภาพการสลายตัวของวัตถุแห้งเป็นผลรวมของค่า a และ b ซึ่งถ้าค่านี้สูง แสดงว่าอาหารถูกสลายในกระเพาะรูเมนได้มาก จากการทดลองจะอยู่ในช่วง 58.35 - 63.37 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกับ Chakeredza (2000) ที่ได้ศึกษาศักยภาพการสลายตัวของวัตถุแห้งของ ชังข้าวในกระเพาะรูเมนของแกะก็มีค่าประมาณ 50-58 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์ (งามอาจ และคณะ, 2550) จะมีค่าที่ต่ำกว่าหญ้าเนเปียร์เนื่องจากหญ้าเนเปียร์มีค่าอยู่ที่ 80-90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าส่วนของไบปาล์มน้ำมันให้ค่าโปรตีนสูง และพืชอาหารสัตว์ที่ให้ค่าโปรตีนสูงก็จะให้ค่าการสลายตัวในกระเพาะรูเมนสูงด้วย (Ouellet *et al.*, 1997) เนื่องจากการเสริมโปรตีนในอาหารสามารถเพิ่มการกินได้ของพืชอาหารสัตว์และการย่อยได้ และความสามารถในการผลิตของสัตว์ได้ อย่างไรก็ตามการเสริมโปรตีนทำให้ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ได้ของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนไม่มีประสิทธิภาพถ้าสัดส่วนของพลังงานไม่สมดุลกัน (Jetana *et al.*, 2000) แต่เนื่องจากไบปาล์มน้ำมันและทางปาล์มน้ำมันเป็นผลพลอยได้จากการเกษตรจึงทำให้มีค่าน้อยกว่าพืชอาหารสัตว์คุณภาพดี

ตารางที่ 28 ค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมนของส่วนต่างๆของทางปาล์มน้ำมันที่ผ่านกรรมวิธีการหมักที่แตกต่างกัน

รายการ	a (%)	b (%)	c (Fraction/h)	Washing loss %	Potential Degradability %	Lag time (hr)	ED2 %
ส่วนของทางปาล์ม (A)							
ใบปาล์มน้ำมัน	31.82	31.54	0.046	33.56 ^B	63.37	1.51	46.05 ^a
ทางปาล์มน้ำมันทั้งทาง	32.65	25.69	0.052	33.59 ^A	58.35	1.11	44.58 ^b
SEM	0.623	1.882	0.006	0.000	2.309	0.208	0.285
กรรมวิธีการหมัก (B)							
สภาพสด (ควบคุม)	31.10	28.74	0.06 ^A	33.78 ^B	59.85	1.57	46.76 ^A
หมักแบบธรรมชาติ	32.82	30.13	0.25 ^B	32.08 ^C	62.95	0.97	41.83 ^B
หมักด้วยกากน้ำตาล	32.79	26.99	0.06 ^A	34.87 ^A	59.78	1.38	47.36 ^A
SEM	0.763	2.305	0.007	0.000	2.827	0.255	0.349
A * B	0.003	0.898	0.927	0.0001	0.371	0.0005	0.0001

Degradation constants derived from the Ørskov and McDonald (1979) equation $P = a + b(1 - e^{-ct})$ where P is degradability at time 't'; 'a', the rapidly soluble fraction; 'b', the potentially degradability of dry matter with in time 't', be degraded; 'c', the degradation rate of the 'b' fraction, POTDG = Potential degradability (a+b). Effective degradation in the rumen at 0.05 fraction/hr passage rate is represented by ed2 and is calculated by using the Excel application programs written by Chen (2006).

^{A,B,C} = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันในรายการเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกัันมีความแตกต่างกัน (P<0.01)

^{a,b} = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันในรายการเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกัันมีความแตกต่างกัน (P<0.05)

4.2 การสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมน (Ruminal organic matter degradability)

การศึกษาการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในกระเพาะรูเมน โดยใช้เทคนิคถุงในถ่อน พบว่าค่าการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในกระเพาะรูเมนของทางปาล์มน้ำมันจากส่วนใบและทางปาล์มน้ำมันทั้งทาง ซึ่งผ่านกรรมวิธีการหมักที่ต่างกันทั้งที่ไม่หมัก (ควบคุม) หมักแบบธรรมดา และหมักโดยใช้กากน้ำตาลเป็นสารเสริม มีค่าการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในกระเพาะรูเมนในส่วนของอินทรีย์วัตถุที่ละลายน้ำได้ง่าย (a) ส่วนของอินทรีย์วัตถุของอาหารที่สามารถถูกสลายได้ในระยะเวลา 't' (b) อัตราการสลายตัวคงที่ (c) ส่วนของอินทรีย์วัตถุที่สูญเสียระหว่างการล้างก่อนการย่อยละลายได้ในน้ำ (washing loss) ศักยภาพการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ (POTDG) ช่วงระยะเวลา (ชั่วโมง) ตั้งแต่อาหารตกลงสู่กระเพาะรูเมนจนถึงการเริ่มถูกย่อยสลาย (lagtime) และประสิทธิภาพการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุภายในกระเพาะรูเมนที่อัตราเร็วของการไหลผ่านที่ 0.05 (ed2) ของส่วนของทางปาล์มทั้ง 2 ส่วนเฉลี่ยเป็น 31.14 และ 30.45 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$), 31.51 และ 26.32 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$), 0.05 และ 0.04 Fraction/hr ($P>0.05$), 32.69 และ 32.12 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.01$), 61.97 และ 57.46 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$), 1.51 และ 1.08 ชั่วโมง ($P>0.05$) และ 44.86 และ 43.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P<0.05$) (ตารางที่ 29)

ขณะที่รูปแบบการใช้ทั้ง 3 วิธี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.67, 31.03 และ 29.69 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$), 29.58, 29.49 และ 27.67 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$), 0.06, 0.02 และ 0.06 Fraction/hr ($P<0.01$), 33.46, 32.42 และ 31.34 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.01$), 61.25, 59.18 และ 58.71 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$), 1.56, 1.51 และ 0.90 ชั่วโมง ($P>0.05$) และ 46.15, 45.70 และ 40.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P>0.05$) (ตารางที่ 29) ศักยภาพการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุของใบปาล์มน้ำมันมีค่าสูงกว่าส่วนของทางปาล์มน้ำมันทั้งหมด ซึ่งทั้ง 2 ส่วนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 61.97 และ 57.46 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ทางปาล์มน้ำมันที่ผ่านการหมักแบบธรรมดามีค่าสูงที่สุด และการหมักด้วยกากน้ำตาลมีค่าศักยภาพการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุต่ำสุด (ตารางที่ 29) ซึ่งทั้ง 3 กรรมวิธีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 59.18, 61.25 และ 58.71 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$) ซึ่งศักยภาพการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุมีค่าที่ใกล้เคียงกับ Chakeredza, (2000) ที่ศึกษาในซังข้าวโพด ซึ่งมีค่าอยู่ที่ประมาณ 58-62 เปอร์เซ็นต์ อาหารที่มีค่านี้สูงจะแสดงถึงการใช้ประโยชน์ได้ของจุลินทรีย์ และยังมีความสัมพันธ์กับค่าปริมาณผนังเซลล์ทั้งหมดและเฮมิเซลลูโลสของพืชด้วย (Bengaly *et al.*, 2004)

ตารางที่ 29 ค่าการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในกระเพาะรูเมนของส่วนต่างๆของทางปาล์มน้ำมันที่ผ่านกรรมวิธีการหมักที่แตกต่างกัน

รายการ	a	b	c	Washing loss	Potential Degradability	Lag time	ED2
	(%)	(%)	(Fraction/h)	%	%	(hr)	%
ส่วนของทางปาล์ม (A)							
ใบปาล์มน้ำมัน	30.45	31.51 ^A	0.04	32.69 ^A	61.97 ^a	1.57	44.86 ^A
ทางปาล์มน้ำมันทั้งทาง	31.14	26.32 ^B	0.05	32.12 ^B	57.46 ^b	1.08	43.31 ^B
SEM	0.572	1.158	0.006	0.000	1.418	0.200	0.303
กรรมวิธีการหมัก (B)							
สภาพสด (ควบคุม)	29.69	29.49	0.06 ^A	32.42 ^B	59.18	1.56	45.70 ^A
หมักแบบธรรมชาติ	31.67	29.58	0.02 ^B	31.34 ^C	61.25	0.90	40.41 ^B
หมักด้วยกากน้ำตาล	31.03	27.67	0.06 ^A	33.46 ^A	58.71	1.51	46.15 ^A
SEM	0.701	1.418	0.007	0.000	1.737	0.245	0.372
A * B	0.0008	0.6666	0.8219	0.0001	0.1533	0.0005	0.0001

Degradation constants derived from the Ørskov and McDonald (1979) equation $P = a + b(1 - e^{-ct})$ where P is degradability at time 't'; 'a', the rapidly soluble fraction; 'b', the potentially degradability of dry matter with in time 't', be degraded; 'c', the degradation rate of the 'b' fraction, POTDG = Potential degradability (a+b). Effective degradation in the rumen at 0.05 fraction/hr passage rate is represented by ed2 and is calculated by using the Excel application programs written by Chen (2006).

^{A,B,C} = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันในรายการเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกัน (P<0.01)

^{a,b} = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันในรายการเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกัน (P<0.05)

5. การศึกษาผลของการใช้ทางปาล์มน้ำมันทั้งทางเสริมด้วยกากน้ำตาลเป็นแหล่งอาหารหยাবหลัก และเสริมด้วยอาหารชั้นที่ระดับต่างๆ ต่อปริมาณและคุณภาพของน้ำนมแพะ

องค์ประกอบในน้ำนม ของแพะที่เลี้ยงด้วยอาหารหยาบที่ได้รับทางปาล์มน้ำมันทั้งทางหมักและเสริมด้วยอาหารชั้นที่ระดับ 0, 0.25, 0.50 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน ซึ่งมีผลตามรายการต่างๆ ดังต่อไปนี้

5.1 อิทธิพลของการใช้ทางปาล์มทั้งทางหมักโดยใช้กากน้ำตาลเป็นสารเสริมที่มีต่อปริมาณการให้นมของแพะ

การให้นมของแพะที่เลี้ยงด้วยทางปาล์มน้ำมันหมักและเสริมอาหารชั้นที่ระดับ 0, 0.25, 0.50 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน มีค่าปริมาณน้ำนมเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 180.42, 211.6, 218.13 และ 232.29 มิลลิลิตรต่อวัน ($P>0.05$) (ตารางที่ 30) จะเห็นได้ว่าการเสริมอาหารชั้นที่ระดับสูงขึ้นมีแนวโน้มว่าจะทำให้ได้ปริมาณน้ำนมเพิ่มขึ้นตามระดับอาหารชั้น แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับความแตกต่างของปริมาณ โภชนะที่แพะได้รับจากอาหารชั้นด้วย กล่าวคือปริมาณ โภชนะที่แพะได้รับจากอาหารชั้นอาจไม่แตกต่างกันมากระหว่างไม่เสริมอาหารชั้นกับการเสริมที่ระดับ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เพราะแพะนมที่เลี้ยงในแปลงหญ้าและเสริมด้วยอาหารชั้นระดับ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวก็ให้ปริมาณน้ำนมไม่ต่างจากที่ไม่ได้เสริมอาหารชั้นแต่อย่างใด (Kochapakdee *et al.*, 1994) แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์พันธุ์ของแม่แพะด้วย แม่แพะที่ผอมจะตอบสนองต่อการได้รับอาหารชั้นได้ดีกว่าแม่แพะที่มีความสมบูรณ์ (ทวิศักดิ์ และคณะ, 2543) และพันธุกรรมก็มีผลต่อการให้น้ำนมด้วย กล่าวคือ แพะพันธุ์พื้นเมืองไทยให้นมเฉลี่ยวันละ 0.75 กิโลกรัม ในขณะที่ลูกผสมชาแนนให้นมได้ถึง 1.05-1.19 กิโลกรัมต่อวัน และชาแนนพันธุ์แท้ให้นมได้สูงถึง 1.55 กิโลกรัมต่อวัน ส่วนแพะพันธุ์เองโกลนูเบียนเป็นแพะนมขนาดใหญ่ ให้ผลผลิตนมประมาณ 1.5 ลิตรต่อวัน ภายใต้สภาพภูมิอากาศร้อนพบว่าแพะพันธุ์พื้นเมืองในเขตร้อนให้นมได้ 0.6-3.4 กิโลกรัมต่อวัน แพะพันธุ์ต่างประเทศที่นำมาเลี้ยงในเขตร้อนให้นมได้ประมาณ 1.4-4.1 กิโลกรัมต่อวัน (บุญเสริม, 2546)

ตารางที่ 30 ปริมาณ สมบัติและองค์ประกอบของน้ำนมแพะที่ได้รับทางปาล์มหมักเสริมด้วยอาหาร
 ขึ้นระดับต่างๆ

องค์ประกอบของน้ำนม	ระดับของอาหารขึ้น (% BW)				SEM	ระดับ นัยสำคัญ
	0	0.25	0.50	0.75		
ปริมาณน้ำนม (มิลลิลิตร/ วัน)	180.42	211.60	218.13	232.29	17.23	P>0.05
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	6.52	6.53	6.53	6.52	0.04	P>0.05
ค่าความถ่วงจำเพาะ (กรัม/มิลลิลิตร)	1.03	1.03	1.03	1.03	0.01	P>0.05
ไขมันนม (%)	4.23	4.16	4.12	4.61	0.31	P>0.05
โปรตีนนม (%)	4.156	4.18	4.30	4.32	0.08	P>0.05
น้ำตาลนม (%)	4.245	4.277	4.397	4.320	0.07	P>0.05
ของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันนม (%)	9.39	9.33	9.48	9.43	0.13	P>0.05
ของแข็งทั้งหมด (%)	13.62	13.49	13.40	14.04	0.35	P>0.05
โซมาติกเซลล์ (10^3 cell/ ml)	994.50	905.30	519.80	369.50	212.62	P>0.05

5.2. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำนมแพะ

น้ำนมดิบตามมาตรฐาน ต้องมีสมบัติขั้นต่ำคืออยู่ในสภาพปกติ สะอาด มีสีขาวหรือสีขาวนวล ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ระหว่าง 6.6 – 6.9 (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2548) ซึ่งจากการศึกษา พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำนมแพะที่เลี้ยงด้วยทางปาล์มน้ำมันหมักเสริมด้วยอาหารขึ้นที่ระดับ 0, 0.25, 0.50 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 6.52, 6.53, 6.53 และ 6.52 (P>0.05) (ตารางที่ 30) ซึ่งจากการทดลองจะเห็นได้ว่ามีค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่เหมาะสมอยู่ในเกณฑ์ปกติ ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำนมมีประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์โดยพบว่า น้ำนมแพะที่มีค่า pH ที่เหมาะสมจะช่วยปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะอาหารให้เกิดความสมดุลได้ ซึ่งเกณฑ์ที่เหมาะสมในการปรับสภาพในกระเพาะอาหารให้มีความเป็นกลางได้นั้นจึงทำให้น้ำนมแพะช่วยลดการอักเสบเนื่องจากแผลในกระเพาะอาหารได้ (มานิตย์, มปป.)

5.3 ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)

น้ำนมแพะที่เลี้ยงด้วยอาหารหยาดที่ได้ทางปาล์มน้ำมันหมักเสริมด้วยอาหารชั้นที่ 0, 0.25, 0.50 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.03, 1.03, 1.03 และ 1.03 กรัมต่อมิลลิลิตร ($P>0.05$) (ตารางที่ 30) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเสริมอาหารชั้นที่ระดับต่างๆ ไม่ทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำนมแพะแตกต่างกัน ซึ่งโดยปกติค่าความถ่วงจำเพาะที่ 20°C ต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 1.028 ถึง 1.034 กรัมต่อมิลลิลิตร (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2548)

5.4. ไขมันนม

ไขมันนมของน้ำนมแพะที่เลี้ยงด้วยอาหารหยาดที่ได้ทางปาล์มน้ำมันหมักเสริมอาหารชั้นที่ 0, 0.25, 0.50 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน มีค่าเฉลี่ยไขมันนมเท่ากับ 4.23, 4.16, 4.12 และ 4.61 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$) (ตารางที่ 30) ซึ่งไขมันในน้ำนมแพะมีขนาดเล็กมากและกระจายตัวสม่ำเสมอทั่วทั้งน้ำนม ไม่จับตัวเป็นก้อน ทำให้ง่ายต่อการย่อย ขณะเดียวกันในน้ำนมแพะจะมีกรดไขมันขนาดกลาง (medium chain fatty acids, C14-C16) มากถึง 35 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่น้ำนมโคมีเพียง 17 เปอร์เซ็นต์ แต่กรดไขมัน caproic (C6), caprylic (C8), capric (C10) มีในน้ำนมแพะประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ และในน้ำนมโคมี 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกรดไขมัน 3 ชนิดนี้ มีประโยชน์ในทางการแพทย์ โดยลด ชัยยั้ง และสลายการสะสมคอเลสเตอรอล ซึ่งถือว่ามีประโยชน์มากต่อร่างกายของมนุษย์ (สมชัย และคณะ, 2548) สำหรับไขมันนมในสูตรอาหารที่เสริมทางปาล์มน้ำมันในโคนม จากรายงานของ Ishida and Abu Hassan (1995) ผลของการใช้ทางปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับอาหารชั้นในระดับ 30: 70 และ 50: 50 ต่อสมรรถภาพการให้ผลผลิตของโคนมลูกผสมซาฮิวาล-ฟรีเซียล (Sahiwal-Friesian) ในระยะให้นม พบว่า ปริมาณไขมันนม (ที่ปรับค่าไขมันนมมาตรฐานที่ 4% แล้ว) มีค่าเท่ากับ 6.93 และ 5.73 กิโลกรัม และพบว่าเมื่อเทียบกับพืชอาหารในเขตร้อนการเสริมทางปาล์มน้ำมันสามารถให้คุณค่าที่ไม่น้อยไปกว่าพืชอาหารสัตว์ในเขตร้อน

5.5. โปรตีนนม

แพะที่ได้รับทางปาล์มน้ำมันหมักเสริมด้วยอาหารชั้นที่ 0, 0.25, 0.50 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน มีค่าโปรตีนนมเท่ากับ 4.16, 4.18, 4.30 และ 4.32 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$) (ตารางที่ 30) จะเห็นได้ว่าการเสริมอาหารชั้นที่ระดับต่างๆ ไม่มีผลทำให้น้ำมันแพะที่ได้รับอาหารหยาบจากทางปาล์มน้ำมันหมักแตกต่างกัน ซึ่งอาจเป็นเพราะทางปาล์มน้ำมันหมักมีโภชนะที่เหมาะสมต่อคุณภาพของโปรตีนนมจึงทำให้การเสริมอาหารชั้นในระดับต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกัน และระดับอาหารที่ 0, 0.25, 0.50 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน อาจเป็นระดับที่ใกล้เคียงกันเกินไป จึงทำให้ไม่เห็นความแตกต่างของโปรตีนนม และส่วนในของโปรตีนนมจะประกอบไปด้วยกรดอะมิโนจำเป็นหลายชนิด เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย ซึ่งโปรตีนในนมแพะประกอบด้วยเคซีน (casein) 71 เปอร์เซ็นต์ เวย์โปรตีน (whey-protein) สูงขึ้นเป็น 22 เปอร์เซ็นต์ และ 7 เปอร์เซ็นต์ เป็นไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non protein nitrogen) ซึ่งเปรียบเทียบกับนมโค ปริมาณเคซีนจะน้อยกว่าในขณะที่เวย์โปรตีนและไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนสูงกว่าซึ่งสองส่วนหลังนี้มีประโยชน์ต่อร่างกายเป็นอย่างยิ่งมีส่วนช่วยพัฒนาให้ร่างกายสร้างภูมิคุ้มกัน (บรรจง, 2548; Molbiol, 2003) ขณะเดียวกันความเข้มข้นของโปรตีนนมมีอิทธิพลจากหลายปัจจัย เช่น โปรตีนจากจุลินทรีย์เป็นแหล่งของกรดอะมิโนที่สำคัญในการสังเคราะห์โปรตีนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ดังนั้นปัจจัยใดๆ ที่ส่งผลกระทบต่อกรดอะมิโนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนย่อมมีผลกระทบต่อปริมาณโปรตีนในน้ำมันด้วย (สุทธิศักดิ์, 2546)

5.6. น้ำตาลนม

น้ำตาลนมเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ (disaccharide) เป็นแหล่งพลังงานในรูปคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญของน้ำมันแพะ แกะ และโค ที่เกิดจากน้ำตาล glucose และ galactose หากมีเอ็นไซม์ β -galactosidase จากแบคทีเรียกรดแลคติกจะทำให้น้ำตาลแลคโตสแตกตัวออก ได้กลูโคสและกาแลคโตสทำให้เกิดการสร้างกรดแลคติกขึ้น (Molbiol, 2003) และจากการสังเคราะห์ของกลูโคสในต่อมสร้างน้ำมันนั้นพบว่ามีการทำงานร่วมกับของโปรตีนนม lactalbumin มีผลทำให้น้ำตาลสามารถที่จะดูดซึมแคลเซียม แมงกานีส และฟอสฟอรัสที่ละลายได้ และยังสนับสนุนการนำวิตามินดีไปใช้ประโยชน์ได้ (Park *et al.*, 2006) ซึ่งน้ำตาลแลคโตสพบได้ในน้ำมันเท่านั้น มีประมาณ 4.3 - 4.9 เปอร์เซ็นต์ (Molbiol, 2003) ในน้ำมันโคจะมีค่าที่สูงกว่านมแพะ แต่แตกต่างกันไม่มาก และจากการทดลองนี้พบว่า น้ำตาลนมของน้ำมันแพะเลี้ยงด้วยอาหารหยาบที่ได้ทางปาล์ม

น้ำมันหมักและเสริมอาหารชั้นที่ 0, 0.25, 0.50 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน มีค่าเฉลี่ยของน้ำตาลเท่ากับ 4.245, 4.277, 4.397 และ 4.320 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$) (ตารางที่ 30) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเสริมอาหารชั้นในระดับต่างๆไม่ทำให้ค่าน้ำตาลนมแตกต่างกัน โดยปกติน้ำตาลในนํ้านมแพะมีค่าประมาณ 4.29 เปอร์เซ็นต์ (St-Gelais *et al.*, 2000) จึงถือได้ว่าการที่แพะได้รับทางปาล์ม น้ำมันและเสริมด้วยอาหารชั้นระดับต่างๆ นั้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลนมมากนัก แต่การเพิ่มอาหารชั้นทำให้ปริมาณน้ำตาลแลคโตสเพิ่มขึ้น และจากการทดลองพบว่าค่าของน้ำตาลนมสูงกว่ารายงานของ Park *et al.*, (2006) ที่รายงานว่าน้ำตาลนมของนํ้านมแพะมีค่า 4.1 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่นํ้านมโคมีค่า 4.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการที่องค์ประกอบของนํ้านมแตกต่างกันขึ้นกับฤดูกาล ระยะเวลาให้นมจะมีผลทำให้ค่าโปรตีน ของแข็งทั้งหมด และแร่ธาตุในนํ้านมเพิ่มขึ้น แต่ทำให้ค่าน้ำตาลลดลง (Haenlein, 2004).

5.7. ของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันนม

ของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันนม (Solid not fat) ของนํ้านมแพะเลี้ยงด้วยอาหารหยาบที่ได้ทางปาล์ม น้ำมันหมักและเสริมอาหารชั้นที่ 0, 0.25, 0.50 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน มีปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันนมเท่ากับ 9.39, 9.33, 9.48 และ 9.43 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$) (ตารางที่ 30) สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2548) กำหนดให้ของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันนม (solids not fat) มีค่าไม่น้อยกว่า 8.25 เปอร์เซ็นต์ แต่จากการทดลองจะเห็นได้ว่าของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันนมมีค่าสูง เนื่องจากการเสริมอาหารชั้นในแต่ละระดับให้ค่าโปรตีนสูง จึงทำให้ค่าของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันนมสูงขึ้นไปด้วย

5.8. ของแข็งทั้งหมด

ของแข็งทั้งหมด ประกอบด้วยส่วนที่เป็นโปรตีน แลคโตส ไขมัน และ แร่ธาตุ ซึ่งรวมแล้วมีประมาณ 13 เปอร์เซ็นต์ของนํ้านม (สุเมธ, 2538) จากการทดลองเลี้ยงแพะด้วยทางปาล์ม น้ำมันหมักเสริมด้วยอาหารชั้นที่ 0, 0.25, 0.50 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน พบว่ามีปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 13.62, 13.49, 13.40 และ 14.04 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$) (ตารางที่ 30) จะเห็นได้ว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในนํ้านมแพะที่ได้รับปริมาณอาหารชั้นที่ต่างกันไม่มีความแตกต่างกัน แต่เมื่อมีการเสริมที่ระดับ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน ทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดมีค่าสูงสุด

5.9. โชมาทิกเซลล์

โชมาทิกเซลล์ เป็นค่าที่สะท้อนคุณภาพของน้ำนม (Lindmark-Mansson *et al.*, 2000) ในน้ำนมแพะที่ให้นมมาแล้ว 100 วัน จะมีโชมาทิกเซลล์ประมาณ $< 1,000,000$ ต่อมิลลิลิตร และเพิ่มขึ้นเป็น $2,000,000$ ต่อมิลลิลิตร เมื่อเป็นโรคเต้านมอักเสบ (Haenlein, 2002) นอกจากนั้นการเพิ่มจำนวนโชมาทิกเซลล์ยังมีอิทธิพลจากปัจจัยภายใน เช่นสายพันธุ์ และปัจจัยภายนอก เช่น ระบบการให้อาหาร การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล ระยะการให้นม สภาพแวดล้อม สุขภาพสัตว์ และการจัดการ (Zan *et al.*, 2006); (Guo *et al.*, 2004) เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งจากการศึกษาจำนวนโชมาทิกเซลล์ ของน้ำนมแพะเลี้ยงด้วยอาหารหยาดที่ได้ทางปาล์มน้ำมันหมักเสริมอาหารชั้นที่ 0, 0.25, 0.50 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน ผลปรากฏว่า จำนวน โชมาทิกเซลล์เท่ากับ 994.5, 905.3, 519.8 และ 369.5 10^3 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ($P>0.05$) (ตารางที่ 30) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเพิ่มปริมาณอาหารชั้นทำให้จำนวนโชมาทิกเซลล์ของน้ำนมแพะลดลง

6. อิทธิพลของการให้ทางปาล์มน้ำมันหมักและอาหารชั้นระดับต่างๆต่อการเปลี่ยนแปลงค่าทางชีวเคมี และฮอร์โมนไทรไอโอโดไทโรนีนในเลือดของแพะระยะให้นม

เนื่องจากค่าทางชีวเคมี และระดับของฮอร์โมนบางชนิด เช่น ฮอร์โมนไทรไอโอโดไทโรนีน ในเลือดสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้สภาวะทางโภชนาการ อันเนื่องมาจากอิทธิพลของชนิดของอาหารและระดับการให้อาหารแก่สัตว์ได้ ดังนั้นจึงได้ตรวจสอบอิทธิพลของการให้ทางปาล์มหมักและอาหารชั้นระดับที่ต่างกันที่มีต่อค่าทางชีวเคมี และระดับของฮอร์โมนไทรไอโอโดไทโรนีนในเลือดของแพะด้วย โดยมีผลของการศึกษาในแต่ละรายการดังต่อไปนี้

6.1 ปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือด (blood urea nitrogen: BUN)

ค่าปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือดของแพะที่เลี้ยงอาหารหยาดที่เป็นทางปาล์มน้ำมันหมักด้วยกากน้ำตาล และเสริมด้วยอาหารชั้นระดับ 0, 0.25, 0.5 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ที่ 4 ชั่วโมงหลังกินอาหาร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.75, 14.50, 15.50 และ 16.25 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 31) ซึ่งปริมาณ BUN โดยทั่วไปของแพะปกติจะมีค่าอยู่ระหว่าง 12.6 - 28.0 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (Lazzaro, 2005) ดังนั้นแพะที่เลี้ยงอาหารหยาดจากทางปาล์มน้ำมันหมักด้วยกากน้ำตาล และเสริมอาหารชั้นในระดับต่างๆ มีค่าของยูเรีย

ไนโตรเจนอยู่ในเกณฑ์ปกติ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าระดับการเสริมอาหารขึ้นถึงระดับ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวนี้อาจให้ปริมาณ NH_3 ในกระเพาะรูเมนไม่มากพอที่ NH_3 ดังกล่าวไปถึงตับ แล้วตับจะเปลี่ยนไปเป็น blood urea ในปริมาณมากได้ ถึงแม้ว่าเมื่อระดับ NH_3 นี้ที่ได้มีค่าต่ำแต่ไม่อาจส่งผลให้มี BUN มีความแตกต่างกันในการเสริมอาหารขึ้นระดับต่างๆ

6.2. กลูโคสในเลือด (blood glucose: BG)

ปริมาณกลูโคสในเลือดของแพะที่เลี้ยงอาหารหยาบจากทางปาล์มน้ำมันหมักด้วยกากน้ำตาล และเสริมอาหารขึ้นในระดับ 0, 0.25, 0.5 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวที่ 4 ชั่วโมงหลังกินอาหาร พบว่าค่าระดับกลูโคสในเลือดของแพะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีกลูโคสในเลือด เท่ากับ 58.00, 60.00, 58.66 และ 56.66 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 31) ซึ่งสัตว์เคี้ยวเอื้องที่กินอาหารขึ้นมากจะมีการสร้างกลูโคสมากกว่าการกินอาหารหยาบ เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตที่มีในอาหารขึ้นจะถูกเปลี่ยนเป็นโพรพิโอเนทโดยการหมักของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ซึ่งจะถูกลดซึมเข้าสู่กระแสเลือดแล้วไปเปลี่ยนเป็นกลูโคสที่ตับต่อไป (บุญล้อม, 2542) แต่ระดับของน้ำตาลในเลือดมักจะเปลี่ยนแปลงมากนัก เนื่องจากจะถูกควบคุมโดยฮอร์โมนอินซูลินและกลูคากอนที่สร้างจากตับอ่อน (Kohn *et al.*, 2005) ส่งผลให้ระดับกลูโคสในเลือดที่ได้รับอาหารในทุกทริทเมนต์อยู่ในภาวะปกติ

ตารางที่ 31 ค่ายูเรียไนโตรเจน กลูโคส และฮอร์โมนไตรไอโอโดไทโรนินในเลือดของแพะที่ได้รับทางปาล์มหมักด้วยกากน้ำตาลที่เสริมด้วยอาหารขึ้นระดับต่างๆ

ค่าทางชีวเคมีในเลือด	ระดับการเสริมอาหารขึ้น (% BW)				SEM	ระดับนัยสำคัญ
	0	0.25	0.50	0.75		
ยูเรียไนโตรเจน (BUN)	15.75	14.50	15.50	16.25	3.96	$P>0.05$
กลูโคส (BG)	58.00	60.00	58.66	56.66	0.73	$P>0.05$
ฮอร์โมนไตรไอโอโดไทโรนิน (T_3)	199.25	180.25	215.50	170.50	29.23	$P>0.05$

6.3. ระดับฮอร์โมนไตรไอโอดไทโรนีน (triiodothyronine: T₃)

ฮอร์โมนไตรไอโอดไทโรนีนในเลือด ทำหน้าที่เกี่ยวกับกระบวนการสร้างพลังงานและควบคุมอัตราเมแทบอลิซึมพื้นฐาน (basal metabolic rate) รวมทั้งมีผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) ของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน วิตามิน และยังมีผลต่อการทำงานของอวัยวะภายในร่างกาย เช่นระบบหัวใจ ระบบย่อยอาหาร การระบายความร้อนของร่างกายเป็นต้น (Dunlop *et al.*, 1991) ซึ่งจากการวิเคราะห์ตัวอย่างเลือดของแพะที่เลี้ยงด้วยอาหารหยาบจากทางปาล์มน้ำมันหมักด้วยกากน้ำตาล และเสริมด้วยอาหารชั้นที่ระดับ 0, 0.25, 0.50 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ที่ 4 ชั่วโมงหลังกินอาหาร พบว่าปริมาณฮอร์โมน T₃ ของแพะในทุกทรีทเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) คือมีค่าระดับของปริมาณฮอร์โมนไตรไอโอดไทโรนีนเท่ากับ 199.25, 180.25, 215.50 และ 170.50 นาโนกรัมต่อเดซิลิตร (ตารางที่ 31) ซึ่งโดยปกติค่าของฮอร์โมน T₃ ในแพะอยู่ในช่วง 90 - 190 นาโนกรัมต่อเดซิลิตร (Dunlop, 1991) จึงเห็นได้ว่าแพะที่เลี้ยงอาหารหยาบจากทางปาล์มน้ำมันหมักด้วยกากน้ำตาล และเสริมอาหารชั้นในระดับต่างๆ นั้นมีค่าของระดับฮอร์โมนไตรไอโอดไทโรนีนอยู่ในเกณฑ์ที่สูงกว่าระดับปกติเพียงเล็กน้อย

สรุป

จากการศึกษาศักยภาพของทางปาล์มน้ำมันในการใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยได้ศึกษาศักยภาพด้านปริมาณการให้ผลผลิต องค์ประกอบทางโภชนา คคุณค่าที่เป็นค่าการสลายตัวในกระเพาะรูเมนของทางปาล์มน้ำมันส่วนต่างๆทั้งใบ แคนทาง และทางปาล์มน้ำมันทั้งทาง ตลอดจนศึกษาศักยภาพของทางปาล์มหมักด้วยกรรมวิธีต่างๆ เมื่อนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องร่วมกับการให้อาหารชั้นระดับต่างๆ เพื่อศึกษาผลตอบสนองของการใช้ทางปาล์มหมักต่อสมรรถภาพการผลิตที่เป็นปริมาณและองค์ประกอบของน้ำนม ปรากฏผลโดยสรุปในรายการต่างๆ ดังนี้

1. ปริมาณผลผลิตส่วนต่างๆของทางปาล์มจากต้นที่มีอายุ 1 ถึง 15 ปีมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น ($P<0.01$) ปริมาณผลผลิตน้ำหนักรีดของทางปาล์มที่เก็บจากต้นที่มีช่อดอกที่ต่างเพศกันมีความแตกต่างกัน ($P<0.01$) ขณะที่ปริมาณผลผลิตน้ำหนักรีดของแผ่นใบ ($P<0.05$) และก้านใบ ($P<0.01$) จากทางบนต้นที่อยู่ต่างลำดับชั้นกันมีความแตกต่างกันด้วยเช่นกัน ปริมาณผลผลิตน้ำหนักรีดและปริมาณเถ้าของทางปาล์มทั้งทางจากต้นที่มีช่อดอกที่ต่างเพศกันมีความแตกต่างกัน ($P<0.01$) และผลผลิตของแผ่น ใบจากทางที่มีตำแหน่งบนลำต้นที่ต่างลำดับชั้นกันมีความแตกต่างกัน ($P<0.05$)

2. องค์ประกอบทางเคมีพบว่าส่วนของใบปาล์ม และทางปาล์มน้ำมันทั้งทางมีปริมาณ CP, CF, EE, NDF, ADF และ Ash แตกต่างกัน ($P<0.01$) เช่นเดียวกับปริมาณ NFE และ ADL ที่แตกต่างกัน ($P<0.05$) ด้วยเช่นกัน และเมื่อผ่านกรรมวิธีการหมักพบว่าปริมาณที่เป็นค่า CF, EE, NFE, NDF, ADF, Ash และ pH ของกรรมวิธีต่างๆมีความแตกต่างกัน ($P<0.01$) ขณะที่ CP และ ADL ที่แตกต่างกัน ($P<0.05$) ด้วยเช่นกัน

3. ใบปาล์มน้ำมันและทางปาล์มน้ำมันทั้งทางมีผลทำให้ปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบแห้งเฉลี่ยต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวแตกต่างกัน ($P<0.05$) แต่ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบแห้งและของอินทรีย์วัตถุเฉลี่ยต่อวัน เฉลี่ยต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว เฉลี่ยต่อน้ำหนักตัว^{0.75} และค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบแห้งและของอินทรีย์วัตถุ ($P>0.05$) ขณะที่การใช้ทางปาล์มทั้งในสภาพสด หมักธรรมชาติ และหมักโดยใช้กากน้ำตาลเป็นสารเสริมมีผลทำให้ค่าปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบแห้งอินทรีย์วัตถุ ตลอดจนค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบแห้งและอินทรีย์วัตถุแตกต่างกัน ($P<0.05$)

4. ค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุในกระเพาะรูเมนของทางปาล์มน้ำมันส่วนต่างๆที่ผ่านกรรมวิธีการหมักที่ต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่ค่าศักยภาพการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุมีความแตกต่างกัน ($P<0.05$)

5. ปริมาณและองค์ประกอบของน้ำนมที่เป็นไขมัน โปรตีน แลคโตส ของแข็งทั้งหมด และของแข็งทั้งหมดไม่รวมไขมัน ตลอดจนค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าความถ่วงจำเพาะ ความหนาแน่น และ จำนวน โชมาดิกเซลล์ในน้ำนม ของแพะที่เลี้ยงด้วยทางปาล์มน้ำมันหมักเสริมอาหารชั้นที่ระดับ 0, 0.25, 0.5 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) เช่นเดียวกับค่าทางชีวเคมีในเลือด ที่เป็นค่ายูเรียในโตรเจน กลูโคส และแลคโธโมโนโตรไอโอโดไทโรนิน ที่ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) เช่นกัน ซึ่งการศึกษาศักยภาพของทางปาล์มน้ำมันในการใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องทั้งหมดนี้ เป็นข้อมูลพื้นฐานที่ชี้ให้เห็นถึงโอกาสและศักยภาพของการใช้ทางปาล์มในแง่ปริมาณผลผลิตที่มีอยู่ในระดับสูง องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณการกินได้และการย่อยได้ที่เหมาะสม รวมถึงมีค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุในกระเพาะรูเมน ที่สามารถใช้ประโยชน์ในการเป็นแหล่งอาหารหายขาดแทนของสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ ดังนั้นสมควรที่จะศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของการอัดเม็ด (OPF pellets) การหมัก (OPF silage) ด้วยสารเคมีหรือวิธีการต่างๆ เพื่อพัฒนาการในการใช้ทางปาล์มให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไปด้วย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กลุ่มเกษตรสัญจร. 2543. **ปาล์มน้ำมัน**. พิมพ์ครั้งที่ 3. โรงพิมพ์เทพพิทักษ์การพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- กิติพงษ์ ตั้งกิจ. 2543. **ความเหมาะสมของการผลิตแผ่นใยไม้อัดจากทางใบ ลำต้น และทะลายเปล่าของปาล์มน้ำมัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เกียรติเกษตร กาญจนพิสุทธิ, มโนธรรม สัจจ์ถาวร, อดุลย์ พงศ์สุวรรณ, บรรณ บุรณะ และ ลิจิต เอียดแก้ว. 2531. **ปาล์มน้ำมัน**. โรงพิมพ์มิตรสยาม, กรุงเทพฯ
- เกียรติศักดิ์ กล้าเอม, เกียรติสุรภัย โภคสวัสดิ์, วิรัช สุขสรานู และ ฉายแสง ไข่แก้ว. 2548. **เอกสารคำแนะนำหญ้าหมัก**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- เกียรติศักดิ์ ศรีพันธุบุตร. 2544. **การศึกษาความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคนมที่ให้นมระยะกลางที่ได้รับฟางข้าวหมักยูเรียเป็นอาหารหยาบ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- โกสินทร์ แก้วราม, ปัญญา อาภาชนานนท์, ประสิทธิ์ เม่งบุตร และ ภูมินทร์ หลงขาว. 2547. **อิทธิพลของอายุการตัด และกรรมวิธีการหมักต่อปริมาณผลผลิตองค์ประกอบทางเคมีและค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุของข้าวโพด**. ปัญหาพิเศษ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช. นครศรีธรรมราช.
- จินตน์กานต์ งามสุทธา. 2548. **ปาล์มน้ำมันพืชเศรษฐกิจที่น่าจับตามอง**. แหล่งที่มา: http://www.1dd.go.th/ofsnews/article_48/article_48/article_48_17.htm, 11 พฤษภาคม 2550.
- จันทกานต์ อรณนันท. 2545. **กระบวนการหมักพืชอาหารสัตว์และการปรุงแต่ง**. **ข้าวพืชอาหารสัตว์** 7 (1): 11-19.

ชัยรัตน์ นิลนนท์ และ จำเป็น อ่อนทอง. 2538. **ปาล์มน้ำมัน**. ภาควิชาธรณีศาสตร์คณะทรัพยากร
ธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

_____. 2538. **การใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพปาล์มน้ำมัน**. มหาวิทยาลัย
สงขลานครินทร์, สงขลา. แปลจาก H.R. von Uexkull and T.H. Fairhurst. **Fertilizer
application for increasing oil palm production and quality**. Internationnal Potash
institute, Bern, Switzerland.

ชาย โฉมวิช และ สุรศักดิ์ ศรีสกุล. 2547. ประวัติความสำคัญ, น. 1-7. **ใน เอกสารประกอบ
วิชาการปาล์มน้ำมัน**. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ทวีศักดิ์ ทองไฟ, สุรศักดิ์ คชภักดี, อภิชาติ หล่อเพชร, สุรพล ชลดำรงกุล และ สมเกียรติ
สายธนู. 2543. อัตราการคลอคลุก อัตราการให้ปุ๋ยและ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของ
แม่แพะพันธุ์พื้นเมืองไทยและพันธุ์ลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียที่ได้รับอาหารชั้นเสริม
ที่มีระดับพลังงานต่างกัน, น. 167-176. **ใน การประชุมทางวิชาการสัตวศาสตร์ภาคใต้ ครั้งที่
ที่ 1**. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

ทองยศ อเนกะเวียง. 2529. **ปฏิบัติการนม**. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เทอดชัย เวียรศิลป์. 2532. **โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ, ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระพงศ์ จันทรานิชม, ประกิจ ทอง และ วรณา
เลี้ยววาริน. 2546. **คู่มือปาล์มน้ำมัน และการจัดการสวน**. คณะทรัพยากรธรรมชาติ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

_____. 2547. **ทบทวนและบันทึกเรื่องราวเกี่ยวกับอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันไทย**. จดหมายข่าว
ปาล์มน้ำมัน 5 (3): 2-5.

ธีระวัฒน์ ชุมพล, เกษญา สุวรรณณะ, วีรศักดิ์ สายวาริ, รุ่งญาณี ศักดิ์ศรี และ สุธิตดาว อะตะรา
 ใจ. 2549. อิทธิพลของชนิดและตำแหน่งใบต่อปริมาณการกินได้และค่าการย่อยได้ของวัสดุ
 แห้ง และอินทรีวัตถุของหญ้าขน หญ้ารัฐี และหญ้าสตาร์ในแพะ. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี,
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช. นครศรีธรรมราช

นิรนาม. 2548. นมแพะ อีกทางเลือกของคนรักน้านม. กูร์เมท์ แอนด์ คิวชีน ประจำเดือน
 มิถุนายน: 104 -105.

_____. มปป. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับคุณภาพน้านมดิบ. แหล่งที่มา: http://www.geocities.com/wvrdc_dld/mailk.html, 16 กุมภาพันธ์ 2550.

บรรจง จงรักษ์วัฒนา. 2548. น้านมแพะ. แหล่งที่มา: <http://www.dld.go.th/region9/index.html>,
 15 ธันวาคม 2550.

บัณฑิต จริโมภาส. 2544. การพัฒนาเครื่องตัดกิ่งปาล์มน้ามัน. รายงานผลการวิจัย กองส่งเสริม
 เทคโนโลยี กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม,
 กรุงเทพฯ.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2542. ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะ
 เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2546. การเลี้ยงและการจัดการแพะ. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะ
 เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ประยงค์ สุขเดชะพันธ์. 2548. ปาล์มน้ามัน. สำนักพิมพ์เกษตรสยามบุคส์, กรุงเทพฯ.

ปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์. 2548. ปาล์มน้ามันพืชยืนถิ่นแห่งอนาคต. สำนักพิมพ์เพชรกระรัต,
 กรุงเทพฯ.

พรรณนีย์ วิชาญ. 2548. ปาล์มน้ำมัน..จากน้ำมันพืชถึงไบโอดีเซล. แหล่งที่มา:

<http://roiet.doae.go.th/phonthong/re22.htm>, 1 ธันวาคม 2550.

พฤทธิพนธ์ ฉายากุล. 2549. การใช้ทางปาล์มเป็นอาหารวัวเนื้ออาหารหยาบทางเลือกต้นทุนต่ำ.

นิตยสารวัวเศรษฐกิจ 2 (15): 34-38.

มานิตย์ วาสุเทพรังสรรค์. มปป. น้ำมันแฉะ อีกหนึ่งแนวทางโภชนาบำบัด. แหล่งที่มา:

http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_food/a_fd_2_00t1.asp?info_id=208, 1 ธันวาคม 2550.

มนต์ชัย ดวงจินดา. 2544. การใช้โปรแกรม SAS เพื่อวิเคราะห์งานวิจัยทางสัตว์. ภาควิชาสัตว

ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

เรวัต เลิศฤทัยโยธิน. 2541. พฤกษศาสตร์พืชเศรษฐกิจ. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วันวิสาข์ งามพ่องใส. 2549. การใช้ทางไบปาล์มน้ำมันและกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นอาหาร

สัตว์เคี้ยวเอื้อง. นิตยสารวัวเศรษฐกิจ 2 (15): 20-21.

วารุณี แซ่ล็ก, สาทิพย์ คำสีสุข, สาธิต แซ่จู้ อภิขญา, อัมพรพงศ์และ อภิวัฒน์ วรรณสาม. 2549.

อิทธิพลของตำแหน่งไบส่วนต่างๆ และกรรมวิธีการถนอมต่อองค์ประกอบของโภชนะและต่อค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมนของปาล์มน้ำมัน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช. นครศรีธรรมราช.

วิชัย ปานสมุทร, วิทยา พงศ์พฤทธิ และ ชวน อินตะรังสี. 2546. ปาล์มน้ำมัน. สำนักพัฒนา

พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน, กรุงเทพฯ.

- วินัย ประถมภ์กาญจน์. 2542. การผลิตแพะเนื้อและแพะนมในเขตร้อน. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์, นครศรีธรรมราช.
- _____. 2538. อาหารและการให้อาหารแพะ. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- วินาภรณ์ กุฎีรัตน์ กิจจาร์กัย วงษ์กุดเลาะ และ ศักดิ์ศิลป์ โชติสกุล. 2541. เอกสารแนะนำเรื่องปาล์มน้ำมัน. กรมส่งเสริมพืชไร่นา กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- วิศิษฐ์พร สุขสมบัติ. 2538. เอกสารประกอบการเรียนการสอนรายวิชาโภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.
- ศศิธร พันแสง, สันติชัย อักษร และ อภิสัทธ์ รักแก้ว. 2549. อิทธิพลของชนิดหญ้าและกรรมวิธีการถนอมต่อปริมาณการกินได้และค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบ และอินทรีย์วัตถุของหญ้ารูจี หญ้าปลั๊กและหญ้าอะตราตัมในแพะ. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช. นครศรีธรรมราช
- ศักดิ์ศิลป์ โชติสกุล และ วินาภรณ์ กุฎีรัตน์. 2545. เอกสารวิชาการเรื่องปาล์มน้ำมัน. กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. 2547. ปาล์มน้ำมันพืชเศรษฐกิจที่น่าจับตามอง. แหล่งที่มา: <http://www.manager.co.th/Business/ViewNews.aspx?NewsID=9470000093275>
12 มีนาคม 2550.
- ศูนย์วิจัยพืชสวนสุราษฎร์ธานี. 2532. ปาล์มน้ำมัน. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- สมจิตร ถนอมวงศ์วัฒน์. 2549. การศึกษาคุณภาพของไซเลจต่อโครีดนม. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมชัย สวาสดิพันธ์ และ นิชารัตน์ สวาสดิพันธ์. 2548. นมแพะ มูลแพะ งานวิจัยและการใช้ประโยชน์. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

สมพล ไวปัญญา, เศกสรร สนวนกุล และ วารุณี พานิชผล. 2550. การใช้ทางปาล์มน้ำมันเป็นอาหารเลี้ยงแพะและโคเนื้อ. ข่าวสารพืชอาหารสัตว์ 12 (1): 21-24.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2548.

มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. มกอช. 6003-2548.

สายัณห์ ทัดศรี. 2547. พืชอาหารสัตว์. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุทธิศักดิ์ แก้วแกมจันทร์. 2546. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความผันแปรของปริมาณและองค์ประกอบน้ำนมของโคนมภายใต้สภาพการเลี้ยงในเขตร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุภชัย บทไรสง และ เมธา วรรณพัฒน์. 2550. ความสามารถในการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของอาหารไบหม่อนอัดเม็ด และศักยภาพการใช้ประโยชน์ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง, น. 247-258. ใน การประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 3. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

สุเมธ ประทุมสุวรรณ. 2539. การผลิตนมที่มีคุณภาพ. สัตวบาล 6: 59-65.

องอาจ อินทร์สังข์, วรรณะ ม้าเนี้ยว, ชาดิชาช โยเหลา และ จำเนียน เป็กเครือ (ก). 2550. ปริมาณผลผลิต และคุณภาพของหญ้าเนเปียร์ 8 สายพันธุ์ใน 4 ภูมิภาคของประเทศไทย. การวิจัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2547 จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

_____, สมศักดิ์ เลี่ยมนิมิต และ สุทิน คงปาน (ช). 2550. ความหลากหลายของชนิด และคุณค่าทางโภชนาของอาหารหยาบในแหล่งธรรมชาติของกระบือในเขตลุ่มน้ำปากพนัง. รายงานการวิจัยประจำปี 2549 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช. นครศรีธรรมราช

_____. 2548. เอกสารประกอบการสอนวิชาโภชนศาสตร์สัตว์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช, นครศรีธรรมราช.

_____. 2547. การศึกษาสมรรถภาพการผลิต และการพัฒนาการผลิตพืชอาหารสัตว์หมักเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. รายงานผลการวิจัยงบประมาณเงินผลประโยชน์ ประจำปี พ.ศ. 2545 วิทยาเขตนครศรีธรรมราช สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, นครศรีธรรมราช.

อรรถัน วงศ์ศรี และ ศิริชัย มามีวัฒนะ. 2547. ประวัติความสำคัญ, น. 15-34. ใน เอกสารประกอบวิชาการปาล์มน้ำมัน. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

อำนาจ อุณนะนันท์. 2528. คุณค่าทางโภชนาและการย่อยได้ของยอดอ้อยหมักที่เติมสารช่วยการหมักชนิดต่างๆ ในกะ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกชัย พฤษอำไพ. 2546. คู่มือการเลี้ยงแพะ. สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม. กรุงเทพฯ.

Abdul Khalil, H.P.S., M. Siti Alwani and A.K. Mohd Omar. 2006. Chemical composition, anatomy, lignin distribution and cell wall structure of Malaysian plant waste fibers. **Bio resources** 1 (2): 220-232.

Abu Hassan, O. and M. Ishida. 1991. Effect of water, molasses and urea addition on oil palm frond silage quality. –Fermentation characteristics and palatability to Kedah-Kelantan bulls, pp. 94. *In Proc of the Third International Symposium on the Nutrition of Herbivores*. Penang, Malaysia.

- _____, _____ and Z. Ahmad Tajiuddin. 1994. **Oil-Palm frond as a roughage feed source for ruminants in Malaysia.** Available Source: [http:// www.ffc.agnet.org/library/article/eb420.html](http://www.ffc.agnet.org/library/article/eb420.html). November 21, 2007.
- _____, _____ and I. Mohd Sukri. 1995. Oil palm fronds (OPF) technology transfer and acceptance, a sustainable *in situ* utilization for animal feeding, pp. 134-135. **In Proc of the 17th Malaysian Society of Animal Production (MSAP) Annual Conference.** Penang, Malaysia.
- _____. 1995. Utilization of oil palm trunks and fronds, pp. 129-138. **In Proc. 1st International Symposium on Integration of Livestock to Oil Palm Production.** Kuala Lumpur, Malaysia.
- Abu Bakar, C., S. M. Yusof, H. Hayakawa, M. Wan Zahari and I. Mohd Sukri. 2001. Lactational responses of graded Sahiwal-Friesians fed pelleted OPF as complete feed, pp. 96-97. **In Proceedings 23rd MSAP Annual Conference.** Langkawi, Malaysia.
- Aminah, A., C. Abu Baker and A. Izham. 2004. **Silage from tropical forages: nutritional quality and milk production.** Available Source: <http://www.fao.org/DORCEP/005/x8486E/x8486beod.htm>, November 20, 2007.
- Asada, T., T. Konno and T. Saito. 1991. Study on the conversion of oil palm leaves and petioles into feeds for ruminants, pp. 104. **In Proc 3rd International Symposium on the Nutrition of Herbivores.** Penang, Malaysia.
- Azizan, A.R., M. Kamaludin, A.R. Mohd Rafii, M.H. Nurhafiza and H. Zainudin. 2003. The viability of a small-scale beef feedlotting enterprise based on oil palm frond silage feeding, pp. 123-126. **In Forage and feed resources in commercial livestock production system.** Kualalumpur, Malaysia.

- Barbano, D.M., R.R. Rasmussen and J.M. Lynch. 1991. Influence of milk somatic cell count and milk age on cheese yield. **J. Dairy Sci.** 74: 369-388.
- Bengaly, K., J.B. Liang, Z.A. Jelani, Y.W. Ho and H.K. Ong. 2004. **Optimization of steam treatment as a method to increase *in situ* degradability of oil palm (*Elaeis guineensis*) frond in Malaysia.** Available Source: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd16/3/cont1603.htm>, March 27, 2004.
- Bequette, B.J., F.R.C. Backwell and L.A. Crompton. 1998. Current concepts of amino acid and protein metabolism in the mammary gland of the lactating ruminant. **J. Dairy Sci.** 81: 2540-2559.
- Bergert, D.L. 2000. **Management strategies of *elaeis guineensis* (oil palm) in response to localized markets in south eastern Ghana, West Africa.** Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Forestry Michigan Technological University.
- Blowey, R.W., D.W. Wood and J.R. Davies. 1973. A national monitoring system for dairy herds based on blood glucose, urea and albumin levels. **Veterinary Record** 92: 691-696.
- Buxton, R.D. and D.D. Redfearn. 1997. Plant limitations to fiber digestion and utilization. **J. Nutri.** 127: 814-818.
- Brosh, A., Y. Aharoni, D. Levy and Z. Holzer. 1998. Effect of source and content of ash in poultry litter in diets for beef cattle. **J. Agric. Sci., Cambridge** 131: 87-95.
- Brunner, J.R. 1981. Cow milk proteins: twenty-five years of progress. **J. Dairy Sci.** 64: 1038-1054.

- Cazetta, M.L, M.A.P.C. Celligoi, J.B. Buzato and I.S. Scarmino. 2007. Fermentation of molasses by *Zymomonas mobilis*: Effects of temperature and sugar concentration on ethanol production. **Bioresource Tech.** 98: 2824-2828.
- Cerbulus, J. and H.M. Farrell. 1975. Composition of milk of dairy cattle. I. Protein, lactose and fat contents and distribution of protein fraction. **J. Dairy Sci.** 58: 817-827.
- Chakeredza, S. 2000. **The influence of low quality forage supplementation on acetate metabolism and its relationship with feed utilization and ruminant animal performance in a sub-tropical environment.** Institute of animal physiology and animal nutrition Georg-August University Goettingen, Germany.
- Chen, X. B. 2006. **Neway excel, An excel application program for processing feed degradability data, User manual.** Available Source: [http:// www.mluri.sari.ac.uk/IFRU/index1.html](http://www.mluri.sari.ac.uk/IFRU/index1.html). June 10, 2004.
- Chevalier, A. 1943. La patrie des divers *Elaeis*, les especes et les varietes. **Revue Bot. Appl. Agric. Trop.** 14: 187.
- Clark, S. and J.W. Sherbon. 2000. Alpha-s1-casein milk composition and coagulation properties of goat milk. **Small Rumin. Res.** 38 (2): 123-134.
- Close, W. and K.H. Menke. 1986. **Selected topics in animal nutrition.** F. U. T. Mullerbarder, Filderstadt, Germany. อ้างโดย องอาจ อินทร์สังข์. 2548. เอกสารประกอบการสอนวิชาโภชนศาสตร์สัตว์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช, นครศรีธรรมราช.
- Cody, R.P. and J.K. smith. 1985. **Applied Statistics and the SAS Programming Language.** North Holland.

- Costa, R.G., M.X.C. Correia, J.H.V. Da Silva, A.N. De Medeiros and F.F.R. De Carvalho. 2007. Effect of different levels of dehydrated pineapple by-products on intake, digestibility and performance of growing goats. **Small Rumin. Res** 71: 138-143.
- Cremin, F.M. and P. Power. 1985. Vitamins in bovine and human milks, pp. 337-398. In P. F. Fox (Ed.). **Developments in Dairy Chemistry**. London: Elsevier Applied Science Publishers.
- Dahlan, I., M. Islam and M.A. Rajion. 2000. Nutrient intake and digestibility of fresh ensiled and pelleted oil palm (*Elaeis guineensis*) frond by goats. Aisan–Austral. **J. Anim. Sci.** 13: 1407-1413.
- Devendra, C. and J.E. Owen. 1983. Quantitative and qualitative aspects of meat production from goats. **World Anim. Rev.** 47: 19-29.
- Dunlop, R.P. 1991. Thyroid metabolic hormone, pp. 513-520. In R.P. Dunlop, (Ed.). **Physiology of Small and Large Animals**. National Academic Press, Washington D.C.
- Dvendra, C and G.B. McLeroy. 1982. **Goat and Sheep Production In the Tropics**. Toppan Printing Co. (S). Pte. Ltd. Singapore.
- El Hag, M.G. and K.M. Al Shargi. 1998. Comparative performance of goats and sheep fed on high-fiber pelleted diets supplemented with different nitrogen sources. **J. Appl. Anim. Res.** 13: 179-184.
- Eng, K.T., K.I. Ooi, A. Rosma and M.N. Mohd Azemi. 2005. Potential of oil palm fronds (OPF) as cultivation media for yeast growth. **JIRCAS Working Report** 39: 134-138.

- Espinal, M. 1986. Informe de la Coordinación Nacional Técnica en Palma Africana, pp. 31-34. *In IV Mesa Redonda Latinoamericana sobre Palma Aceitera, Valledupar, Colombia.* ORLAC/FAO.
- Fernandez, C., A. Sanchez and C. Garces. 2002. Modeling the lactation curve for test-day milk yield in Murciano-Granadina goats. **Small Rumin. Res.** 46: 29-41.
- Frinkins, J.L. 1996. Maximizing microbial protein-synthesis in the rumen. **J. Nutr.** 126: S1347.
- Garza, E.F. 1986. Situación actual de la palma aceitera en México, pp. 35-36. *In IV Mesa Redonda Latinoamericana sobre Palma Aceitera, Valledupar.* ORLAC/FAO.
- George, F. and W. Haenlein. 2002. Nutritional Value of Dairy Products of Ewe and Goat Milk. Available Source: <http://ag.udel.edu/extension/information/goatmgmt/gm-10.htm>, July 19, 2006.
- Gipson, T.A. and M. Grossman. 1990. Lactation curves in dairy goats: review. **Small Rumin. Res.** 3: 383-396.
- Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. **Forage fiber analysis (Apparatus, Procedures, and some applications) Agricultural handbook No. 379.** Agricultural Research Service, United State Department of Agriculture, Government Printing Office Washington, D.C.
- Gonzalo, C., J.A. Tardaguila, L.F. De La Fuente and F. San Primitivo. 2004. Effects of selective and complete dry therapy on prevalence of intramammary infection and on milk yield in the subsequent lactation in dairy ewes. **J. Dairy Res.** 71: 33-38.
- Grummer, R.R. 1991. Effect of feed on the composition of milk fat. **J. Dairy Sci.** 74: 3228-3243.

- Guo, M., Y.W. Park, P.H. Dixon, J.A. Gilmore and P.S. Kindstedt. 2004. Relationship between the yield of cheese (Chevre) and chemical composition of goat milk. **Small Rumin. Res.** (1/2): 103-107.
- Hadjigeorgiou, I.E., I.J. Gordon and J.A. Milne. 2003. Comparative preference by sheep and goats for Gramineae forages varying in chemical composition. **Small Rumin. Res.** 49: 147-156.
- Haenlein, G.F.W., L.H. Schultz and J.P. Zikakis. 1973. Composition of proteins in milk with varying leucocyte contents. **J. Dairy Sci.** 56: 1017-1024.
- Haenlein, G.F.W. 2004. Goat milk in human nutrition. **Small Rum. Res.** 51: 154-163.
- _____. 1993. Producing quality goat milk. **Int. J. of Anim. Sci.** 8: 79-84.
- _____. 2002. Relationship of somatic cell counts in goat milk to mastitis and productivity. **Small Rumin. Res.** 45: 163-178.
- Henderson, N. 1993. Silage additives. **Anim. Feed Sci. Technol.** 45: 35-56.
- Hoover, W.H. and S.R. Stokes. 1991. Balancing carbohydrates and proteins optimum rumen microbial yield. **J. Dairy Sci.** 74:167-181.
- Hristov, A.N., W.J. Price and B. Shafii. 2004. A meta-analysis examining the relationship among dietary factors, dry matter intake, and milk and milk protein yield in dairy cows. **J. Dairy Sci.** 87: 2184-2196.
- Huhtanen, P. and H. Khalili. 1992. The effect of sucrose supplements on particle – associated carboxymethylcellulase (EC 3.2.1.4) and xylanase (EC 3.2.1.8) activities in cattle given grass – silage – based diet. **Br. J. Nutr.** 67:245-255.

- Hutlens, M.F. 2000. **Identifying limiting nutritional constraints to profitability**. Available Source: <http://classes.aces.uiuc.edu/htm>, December 27, 2004.
- Idris, A.B. and M. Najib. 2003. Role of silage from fodder, crop residues and agro-industrial by-products in commercial livestock production, pp 99-103. **In Forage and feed resources in commercial livestock production system**. Kualalumpur, Malaysia.
- Ishida, M. and O. Abu Hassan. 1995. **Utilization of oil palm frond silage in the tropics**. Available Source: <http://ss.jircas.affrc.go.jp/english/publication/annual/1995/divisions/animal3.pdf>, July 19, 2006.
- _____ and _____. 1997. Utilization of oil palm fronds as cattle feed. **Jap. Agric. Res. Quart.** 31: 41-47.
- Islam, M., I. Dahlan, M.A. Rajion and Z.A. Jelan. 2000. Productivity and nutritive values of different fractions of oil palm (*Elaeis guineensis*) Frond. **Asian-Austral. J. of Anim. Sci.** 13 (8): 1113-1120.
- Jensen, R.G., A.M. Ferris and C.J. Lammi-Keefe. 1991. Milk fat – composition, function and potential for change. **J. Dairy Sci.** 74: 3228-3243.
- Jetana, T., N. Abdullah, R.A. Halim, S. Jalaludin and Y.W. Ho. 2000. Effects of energy and protein supplementation on microbial-N synthesis and allantoin excretion in sheep fed guinea grass. **Anim. Feed Sci. and Technol.** 84: 167-181.
- Joanning, S.W., D.E. Johnson and B.P. Barry. 1981. Nutrient digestibility depressions in corn silage-corn grain mixtures fed to steers. **J. Anim. Sci.** 53: 184-191.
- Jonker, K. and R. Kohn. 1998. Milk urea nitrogen testing: useful but ambiguous. **Hoard's Dairyman** 143 (6): 252.

- Karalazos, A. and H. Swan. 1977. The nutritional value for sheep of molasses and condensed molasses soluble. **Anim. Feed Sci. Tech.** 2: 143-152.
- Kaylegian, K.E. 1995. Functional characteristics and nontraditional applications of milk lipid components in food and nonfood systems. **J. Dairy Sci.** 78: 2524-2540.
- Kennelly, J.J., J.A. Bell, A.F. Keating and L. Doepel. 2005. Nutrition as a Tool to Alter Milk Composition. **Adv. in Dairy Tech.** 17: 255.
- Khamseekhiew, B., J.B. Liang, Z.A. Jelan and C.C. Wong. 2002. Fibre degradability of oil palm frond pellet, supplemented with *Arachis pintoi* in cattle. **Songklanakarini J. Sci. Technol.** 24 (2): 209-216.
- Kochapakdee, S., W. Pralomkarn., S. Saithanoo., A. Lawpetchara and B.W. Norton. 1994. Grazing management studies with Thai goats. I. Productivity of female goats grazing newly established pasture with varying levels of supplementary feeding. **Asian-Austral. J. Anim. Sci.** 7: 289-294.
- Kondyli, E., M.C. Katsiari and L.P. Voutsinas. 2007. Variations of vitamin and mineral contents in raw goat milk of the indigenous Greek breed during lactation. **Food Chem.** 100: 226-230.
- Kohn, R.A., M.M. Dinneen and E. Russek-Cohen. 2005. Using blood urea nitrogen to predict nitrogen excretion and efficiency of nitrogen utilization in cattle, sheep, goats, horses, pigs, and rats. **J. Anim Sci.** 83: 879-889.
- Kondyli, E., M.C. Katsiari and L.P. Voutsinas. 2007. Variations of vitamin and mineral contents in raw goat milk of the indigenous Greek breed during lactation. **Food Chem.** 100: 226-230.

- Lazzaro, J. 2005. **Normal blood chemistry values for adult goats**. Available Source: <http://www.saanendoah.com/bloodvalues.html>, December 19, 2006.
- Lindmark-Mansson, H., U. Svensson, M. Paulsson, G. Alden, B. Frank and G. Johnsson. 2000. Influence of milk components, somatic cells and supplemental zinc on milk processability. **Int. Dairy J.** 10: 423-433.
- Lu, C.D., T.I. Iglesias, R.R. Nelson, J.L. Rubin and T. H. Teh. 1984. Response of lactating dairy goats to dietary protein and energy levels. **J. Dairy Sci.** 67 (Suppl. 1): 132.
- Madsen, A. 1983. Metabolism in liver cells, pp. 53-73. In P.M. Riis, (ed.). **Dynamic Biochemistry of Animal Production**. Elsevier Science. Publ. Co., Inc., New York.
- Mallatou, H., E. Pappa and T. Massouras. 2003. Changes in free fatty acids during ripening of Teleme cheese made with ewes', goats', cows' or a mixture of ewes' and goats' milk. **J. Dairy Sci.** (2/3): 211-219.
- Man, N.V. and H. Wiktorsson. 2004. The effect of molasses on quality, feed intake and digestibility by heifers of silage made from cassava tops. Available Source: <http://www.mekarn.org/procKK/man.htm>. March 24, 2006.
- Meschy, F. 2000. Recent progress in the assessment of mineral requirements of goats. **Livest. Prod. Sci.** 64: 9-14.
- Miron, J., E. Zuckerman, G. Adin, M. Nikbachat, E. Yosef, A. Zenou, Z.G. Weinberg, R. Solomon and D. Ben-Ghedalia. 2007. Field yield, ensiling properties and digestibility by sheep of silages from two forage sorghum varieties. **Anim. Feed Sci. and Tech.** 136: 203-215.

- Mohd Sukri, H. I. 2003. Fattening of beef cattle with oil palm by-product-oil palm frond based diets, pp. 71-75. *In* **Forage and feed resources in commercial livestock production system**. Kualalumpur, Malaysia.
- _____, O.M. Ariff, O. Atil and D.A. Khusairi. 1999. **The effects of oil – palm by-products based rations on growth, carcass characteristics and quality of beef cattle in feedlot**. MARDI – PORIM Project Report.
- Molbiol. 2003. **Dairy Products**. Available Source: www.blc.arizona.edu/1.2.1/Figures/MolBiol/lactose.GIF, March 24, 2005.
- Morand-Fehr, P. 1981. **Nutrition and feeding of goats: application to temperate climatic conditions**, pp. 193-232. *In* (Ed.). Gall, C. Goat Production. Academic Press, London.
- Mourino, F., R.A. Akkarawongsa and P.J. Weimer. 2001. Initial pH as a determinant of cellulose digestion rate by mixed ruminal microorganisms *in vitro*. **J. Dairy Sci.** 84: 848-859.
- Muir, J.P. 2002. Effect of dairy compost application and plant maturity on forage kenaf cultivar fiber concentration and *in sacco* disappearance. **Crop Sci.** 42: 248-254.
- Murphy, J.J., J.F. Connolly and G.P. McNeill. 1995. Effects on cow performance and milk fat composition of feeding full fat soybeans and rapeseed to dairy cows at pasture. **Livest. Prod. Sci.** 44: 13-25.
- Naumann, K. and R. Bassler. 1976. **Die chemische Untersuchung von Futtermitteln**. Methodenbuch Bd. III, Verlag Neumann, Neudamm.

- Nayigihugu, V., D.W. Kellogg, Z.B. Johnson, M. Scott and K.S. Anschutz. 1995. Effects of adding levels of molasses on composition of bermudagrass (*Cynodon dactylon*) silage. **J. Anim. Sci.** 73 (Suppl.1): 200.
- Norton, B.W, B. Lowry and C. McSweeney. 1994. **The nutritive value of Leucaena species.** Available Source: [http://www.aciar.gov.au/web.nsf/att/JFRN-6BN97U/\\$file/pr57chapter03.pdf](http://www.aciar.gov.au/web.nsf/att/JFRN-6BN97U/$file/pr57chapter03.pdf), February 18, 2007.
- NRC. 1981. **Nutrient requirement of goats: Angora, Dairy and meat goat in temperate and tropical countries.** National Academy Press, Washington, D. C.
- O'Kiely, P. 1989. Deterioration of silage at feeding time. **Farm and Food Res.** 20 (2): 4-5.
- Oba, M. and M.S. Allen. 1999. Evaluation of Importance of the Digestibility of Neutral Detergent Fiber from Forage: Effects on Dry Matter Intake and Milk Yield of Dairy Cows. **J. Dairy. Sci.** 82: 589-596.
- Ørskov, E. R. and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **J. Agric. Sci.** (Cambridge). 92: 499-503.
- Oshio, S., M.W. Zahari and D.M. Jaafar. 1999. **Feed evaluation for quality control of oil palm fronds as a ruminant feed after pruning.** MARDI-JICA Publication no: 07.
- Ouellet, D.R., J.R. Seoane and D.M. Veira. 1997. Effect of supplementation with fishmeal or fish protein hydrolysate on growth, nutrient digestibility and rumen fermentation of growing cattle fed grass silage. **Anim. Feed Sci. Tech.** 68: 307-326.
- Park, Y.W., M. Juarez, M. Ramosc and G.F.W. Haenlein. 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. **Small Rumin. Res.** 68: 88-113.

- Parkash, S. and R. Jenness. 1968. The composition and characteristics of goat's milk: a review. **J. Dairy Sci.** 30: 67-75.
- Pirmohammadi, R., Y. Rouzbehan, K. Rezayazdi and M. Zahedifar. 2006. Chemical composition, digestibility and in situ degradability of dried and ensiled apple pomace and maize silage. **Small Rumin. Res.** 66: 150-155.
- Pralomkran, W., S. Kochapakdee, S. Saithanoo and B.W. Norton. 1995. Energy and utilization for maintenance growth of Thai native and Anglo-Nubian X Thai native male weaner goat. **Small Rumin. Res.** 16: 13-20.
- Remeuf, F. and J. Lenoir. 1986. **Relationship between the physicochemical characteristics of goat's milk and its rennetability.** FIL-IDF Bulletin. 202: 68-72
- SAS. 1988. **User's Guide: Statistics.** SAS Institute, Inc., Cary, North Carolina.
- Schultz, L.H. 1977. Somatic cells in milk: physiological aspects and relationship to amount and composition of milk. **J. Food Prot.** 400: 125-131.
- Semenye, P.P., M. Shisya and W.R. Getz. 2008. **Overcoming the constraints of dry matter intake on dual-purpose goat production by feeding defoliated maize leaves.** Available Source: <http://www.fao.org/Wairdocs/ILRI/x5472B/x5472b08.htm>, January 14, 2008.
- Skjevdal, T. 1979. Flavour of goat's milk: a review of studies on the sources of its variations. **Livest. Prod. Sci.** 4: 397-405.
- Sniffen, C.J. and P.H. Robinson. 1987. Microbial growth and flow as influenced by dietary manipulations. **J. Dairy Sci.** 70: 425-439.

- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1981. **Principle and procedures of statistics a biometrical approach.** 2nd ed. McGraw-Hill, Singapore.
- St-Gelais, D., A.O. Baba and S. Turcot. 2000. **Composition of goat's milk and processing suitability.** Available Source: http://sci.agr.ca/crda/pdf/goat2000-chevre2000_e.PDF, January 4, 2007.
- Tiffany, T.O., J.M. Jansen, C.A. Burtis, J.B. Overton and C.D. Scott. 1972. Enzymatic kinetic rate and end point analyses of substrate by the use of a GeMSAEC fast analyser. **Clinical Chemistry** 18: 829-840.
- Turner, K.E., S. Wildeus and J.R. Collins. 2005. Intake, performance, and blood parameters in young goats offered high forage diets of lespedeza or alfalfa hay. **Small Rumin. Res.** 59: 15-23.
- Von Uexküll, H. R. and T.H. Fairhurst. 1999. Some Nutritional Disorders in Oil Palm. **Better Crops Int.** 13 (1): 16-21.
- Wan Zahari, M.W., J. Sato, S. Furuichi, A.R. Azizan and M. Yunus. 2003. Commercial processing of oil palm fronds in Malaysia, pp 59-65. *In* **Forage and feed resources in commercial livestock production system.** Kualalumpur, Malaysia.
- _____, _____, _____, I. Mohd Sukri, C. Abu Bakar and I. Yunus. 2005. Recent development on the processing and utilization of complete feed based on oil palm fronds (OPF) for ruminant feeding in Malaysia, pp 125-129. *In* R. Tanaka and L.H. Cheng (eds.). **Lignocellulose: Materials for the Future from the Tropics. Proceedings of 3rd USM-JIRCAS Joint International Symposium.** Penang, Malaysia.

- _____, _____, S. Oshio, D. Mohd Jaafar, M.A. Najib, I. Mohd Yunus and M.S. Nor Ismail. 2004. **Voluntary Intake and Digestibility of Treated Oil Palm Fronds**. Available Source: <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/gp/SILAGE/HTML/6P2.htm>, June 8, 2005.
- Wanrosli, W. D., Z. Zainuddin, K. N. Law, R. Asro. 2007. Pulp from oil palm fronds by chemical processes. **Industrial Crops and Products**. 25: 89–94
- Whitney, H. 2001. **Raw Milk Quality Testing**. Available Source: http://64.233.183.104/search?q=cache:www.nr.gov.nl.ca/agric/fact_pubs/pdf/livestock/beef_dairy/quality_testing.pdf+Raw+milk-Freezing, June 8, 2005.
- Woodford, M.K. and G. Pahlow. 1998. The silage fermentation, pp. 75-102. *In* B.J.B. Wood, 2nd ed. **Microbiology of Fermented Food**. T.J. International Ltd., Padstow Cornwall, UK.
- _____. 1978. The aerobic deterioration of silage. **ARC Res. Rev.** 4 (1): 8-12.
- Zan, M., V. Stibilj and I. Rogelj. 2006. Milk fatty acid composition of goats grazing on alpine pasture. **Small Rumin. Res.** 64: 45-52.
- Zaven, A.C. 1965. The origin of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). **J. W. Afr. Inst. Oil palm Res.** 4: 218.
- Zeng, S.S. and E.N. Escobar. 1996. Effect of breed and milking method on somatic cell count, standard plate count and composition of goat milk. **Small Rumin. Res.** 19: 169-175.

ภาคผนวก

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวจรรุณี อิ่มเอิบ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	8 กุมภาพันธ์ 2523
สถานที่เกิด	ตำบลนิคมพัฒนา กิ่งอำเภอมะนัง จังหวัดสตูล
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (สัตวศาสตร์) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช (พ.ศ. 2546)
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	- ลักษณะการเจริญเติบโต การให้ผลผลิต องค์ประกอบทางเคมีและค่าการสลายตัวในกระเพาะรูเมนของข้าวโพด ข้าวฟ่าง และหญ้าไข่มุก ที่อายุการเก็บเกี่ยวที่ต่างกัน. ในเอกสารประกอบการประชุมสัมมนาทางวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 21 “ราชมงคลวิชาการ 48” ระหว่างวันที่ 28-30 มีนาคม 2548. ณ โรงแรมเชียงใหม่ภูคำ. เชียงใหม่. - องค์ประกอบทางเคมี และค่าการสลายตัวในกระเพาะรูเมนของวัตถุดิบแห้งและอินทรีย์วัตถุของทางปาล์มน้ำมัน. การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 46 วันที่ 29 มกราคม ถึง 1 กุมภาพันธ์ 2551. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	- ทุนสนับสนุนคุณภาพงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปี 2550 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ - ทุนสนับสนุนคุณภาพงานวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโคนม และรูปแบบการผลิตนมในฟาร์มโคนม ร่วมกับการใช้ประโยชน์จากพืชอาหารสัตว์ - ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์