การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลเป็นสารเสริมการหมัก เพื่อเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับโคพื้นเมืองไทย

Utilization of Oil Palm Frond Ensiled with Molasses as Roughage Source for Thai Native Cattle

สันติ หมัดหมัน

Santi Mhudmhan

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Science in Animal Science
Prince of Songkla University
2554

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลเป็นสารเสริมการหมักเพื่อเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับโคพื้นเมืองไทย

ผู้เขียน นายสันติ หมัดหมัน

สาขาวิชา สัตวศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยวรรณ วัฒนจันทร์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.วันวิศาข์ งามผ่องใส)

.....

(รองศาสตราจารย์เสาวนิต คูประเสริฐ)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. โอภาส พิมพา)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยวรรณ วัฒนจันทร์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วันวิศาข์ งามผ่องใส)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์เสาวนิต คูประเสริฐ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. องอาจ อินทร์สังข์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์

.....

(ศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ พงศ์ดารา)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลเป็นสารเสริมการหมักเพื่อเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับโคพื้นเมืองไทย

ผู้เขียน นายสันติ หมัดหมัน

สาขาวิชา สัตวศาสตร์

ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพในการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลเป็นสารเสริมการหมักเพื่อเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับโคพื้นเมืองไทย แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 ใช้เทคนิคผลผลิตแก๊สประเมินจลนพลศาสตร์การย่อยสลายพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก โดยใช้ของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองไทย เพศผู้ ที่ได้รับการผ่าตัดติดฝาปิดเปิดผนังกระเพาะรูเมน อายุ 2.7-2.8 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 280±5.0 กิโลกรัม จำนวน 4 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ผลการศึกษาพบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก มีค่าจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าจุดตัดบนแกน y (a) เท่ากับ 3.29, 4.28, 3.09 และ 3.74 มิลลิลิตร ตามลำดับ ค่าปริมาณแก๊ส ณ จุดที่เส้นกราฟราบเรียบ (b) เท่ากับ 25.31, 23.39, 22.85 และ 21.95 มิลลิลิตร ตามลำดับ ค่าอัตราการผลิตแก๊ส (c) เท่ากับ 0.05, 0.05, 0.06 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง ตามลำดับ และค่าศักยภาพในการผลิตแก๊ส (d) เท่ากับ 28.61, 27.66, 26.12 และ 25.69 มิลลิลิตร ตามลำดับ (P>0.05) สำหรับปริมาณแก๊สสะสมที่เกิดขึ้นจากการหมักในชั่วโมงที่ 24, 48 และ 96 พบว่า ปริมาณแก๊สสะสมในชั่วโมงต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลเป็นสารเสริมการหมัก ทั้ง 4 ทรีทเมนต์ เท่ากับ 4.67, 5.02, 4.69 และ 4.74 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ (P>0.05)

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก ต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะและกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองไทย โดยใช้โคพื้นเมืองไทยเพศผู้ ที่ได้รับการผ่าตัดติดฝาปิดเปิดผนังกระเพาะรูเมน อายุ 2.7-2.8 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 280±5.0 กิโลกรัม จำนวน 4 ตัว วางแผนการทดลองแบบ 4×4 ลาตินสแควร์ (Latin Square Design) โดยให้โคทดลองได้รับทางใบ-

ปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก แบบเต็มที่ (*ad libitum*) เสริมอาหารข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (คิดเป็นวัตถุแห้ง) พบว่า ปริมาณการกินได้ของโปรตีนรวมของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก (1.45, 1.44 และ 1.45 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) สูงกว่าโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก (1.23 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์ของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก (8.68, 8.54 และ 8.43 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) สูงกว่าโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก (7.30 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ปริมาณการกินได้ของลิกโนเซลลูโลสของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก (7.27, 7.18 และ 7.14 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) สูงกว่าโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก (5.11 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแมทาบอลิกต่อตัวต่อวัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อย่างไรก็ตาม ปริมาณวัตถุแห้ง (46.46-56.16 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอ-ลิกต่อตัวต่อวัน) และอินทรียวัตถุที่กินได้ (11.53-12.90 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) ของโคพื้นเมืองไทยทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) นอกจากนี้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (49.05-52.52 เปอร์เซ็นต์) อินทรียวัตถุ (50.68-54.04 เปอร์เซ็นต์) โปรตีนรวม (45.04-56.16 เปอร์เซ็นต์) ไขมันรวม (56.14-64.82 เปอร์เซ็นต์) ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก (61.10-63.53 เปอร์เซ็นต์) เยื่อใยรวม (32.89-40.26 เปอร์เซ็นต์) ผนังเซลล์ (60.66-68.21 เปอร์เซ็นต์) ลิกโน-เซลลูโลส (22.84-30.88 เปอร์เซ็นต์) และโภชนะที่ย่อยได้รวม (47.50-51.07 เปอร์เซ็นต์) ของโคพื้นเมืองไทยทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สำหรับสมดุลไนโตรเจนของโคพื้นเมืองไทยทั้ง 4 กลุ่ม มีค่าอยู่ในช่วง 0.07-0.09 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน และกลูโคสในกระแสเลือด ค่าความเป็นกรด-ด่าง และความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองไทยทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด กรดแอซิติก กรดโพรพิโอนิก กรดบิวทีริก และสัดส่วนของกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองไทยทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน

ทางสถิติ (P>0.05) นอกจากนี้การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลเป็นสารเสริมการหมักไม่มีผลทำให้จำนวนประชากรแบคทีเรีย (3.11-4.39 x 10^{11} เซลล์ต่อมิลลิลิตร) โปรโตซัวกลุ่ม Entodiniomorphs (0.24-0.27 x 10^{6} เซลล์ต่อมิลลิลิตร) โปรโตซัวกลุ่ม Holotrichs (0.49-0.62 x 10^{6} เซลล์ต่อมิลลิลิตร) และซูโอสปอร์ของเชื้อรา (1.18-1.31 x 10^{5}เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองไทยทั้ง 4 กลุ่ม แตกต่างกัน (P>0.05)

ดังนั้นจึงสามารถใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0-6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก เป็นอาหารหยาบสำหรับโคพื้นเมืองเพศผู้ ที่ได้รับอาหารข้นเสริม 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะและกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน

Thesis Title Utilization of Oil Palm Frond Ensiled with Molasses as Roughage Source for Thai Native Cattle

Author Mr. Santi mhudmhan

Major Program Animal Science

Academic Year 2010

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the potential of oil palm frond ensiled (OPF) with molasses for being utilized as roughage source for Thai native cattle. Two experiments were conducted. Experiment 1: *In vitro* gas production technique was applied to evaluate metabolizable energy (ME) of OPF ensiled with 0, 2, 4 and 6 % molasses by using rumen fluid from four fistulated Thai native male cattle, 2.7-2.8 years old with average body weight (BW) of 280±5.0 kg. The treatments were assigned to a Completely Randomized Design (CRD). The results showed that gas production characteristics of OPF ensiled with 0, 2, 4 and 6 % molasses was not significantly different among treatments ($P>0.05$). The soluble gas fraction (a) were 3.29, 4.28, 3.09 and 3.74 ml, respectively. The fermentation of insoluble fraction (b) were 25.31, 23.39, 22.85 and 21.95 ml, respectively. The rate of gas production (c) were 0.05, 0.05, 0.06 and 0.05 %/hr, respectively. The potential of extent of gas production (d) were 27.60, 27.66, 23.96 and 25.69 ml, respectively. In addition, the metabolizable energy (ME) were 4.67, 5.02, 4.67 and 4.74 MJ/ kgDM, respectively. From this study, the gas production characteristic parameters, ME and gas production at 24, 48 and 96 hrs were not significantly different ($P>0.05$).

Experiment 2: The effects of OPF ensiled with 0, 2, 4 and 6 % molasses on nutrient utilization and rumen fermentation process in native male cattle were determined. Four fistulated Thai native male cattle, 2.7-2.8 years old with average body weight (BW) of 280±5.0 kg, were arranged in 4x4 Latin Square design. The cattle were fed with OPF ensiled with molasses *ad libitum* and supplemented with concentrate at 0.5 % of BW on a dry matter basis. The results showed that crude protein intake of OPF ensiled with 2, 4 and 6% molasses (1.45, 1.44 and 1.45 g/kg$BW^{0.75}$, respectively) were significantly higher ($P<0.05$) than that of

0 % molasses (1.23 g/kgBW$^{0.75}$). Neutral detergent fiber and acid detergent fiber intake of OPF ensiled 2% (8.68 and 7.27 g/kgBW$^{0.75}$), 4% (8.54 and 7.18 g/kgBW$^{0.75}$) and 6% (8.43 and 7.30 g/kgBW$^{0.75}$) molasses were significantly higher ($P<0.05$) than that of 0% molasses (7.14 and 5.11 g/kgBW$^{0.75}$). However, dry mater intake (46.46-56.16 g/kgBW$^{0.75}$) and organic matter intake (11.53-12.90 g/kgBW$^{0.75}$) of all groups were not significantly different ($P>0.05$). Digestibility coefficients of dry matter (49.05-52.52 %), organic matter (50.68-54.04 %), crude protein (45.04-56.16 %), ether extract (56.14-64.82 %), neutral detergent fiber (60.66-68.21 %), acid detergent fiber (22.84-30.88 %) and total digestible nutrient (47.50-51.07 %) of all groups were not significantly different ($P>0.05$) whereas the nitrogen balance was in the range of 0.07 to 0.09 g/kgBW$^{0.75}$ ($P>0.05$). Pack cell volume, blood urea nitrogen and glucose concentration as well as ruminal pH and ammonia nitrogen concentrations from all groups were not significantly different ($P>0.05$). In addition, the mean of total volatile fatty acid, acetic acid (C2), propionic acid (C3), butyric acid (C4) and C2/C3 ratio in rumen fluid of all groups were also not significantly different ($P>0.05$). In terms of ruminal microbial population, this study indicated that the use of OPF ensiled with or without molasses supplementation did not alter the quantity of bacteria (3.11-4.39 x 10^{11} cell/ml), Entodiniomorphs protozoa (0.24-0.27 x 10^{6} cell/ml), Holotrichs protozoa (0.49-0.62 x 10^{6}) and fungi zoospore (1.18-1.21x10^{5} cell/ml) in the ruminal fluids of any of the groups ($P>0.05$).

Thus, OPF ensiled with 0 to 6% molasses could be used as roughage source for Thai native cattle, when supplemented with concentrate at 0.5% of BW, had no adverse effect on nutrient utilization and rumen fermentation process.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์จากคณาจารย์และบุคคลหลายฝ่าย ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. ไชยวรรณ วัฒนจันทร์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร. วันวิศาข์ งามผ่องใส และ รศ. เสาวนิต คูประเสริฐ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความรู้ คำปรึกษา และคำแนะนำในระหว่างการดำเนินการทดลองและการเขียนวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. โอภาส พิมพา ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร. องอาจ อินทร์สังข์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำตลอดจนการแก้ไขข้อบกพร่องในวิทยานิพนธ์จนสำเร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ ผศ.ดร. เฉลิมพล เยื้องกลาง และนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำวิธีการประเมินค่าการย่อยได้โดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส

ขอขอบคุณ คุณวินัย โอยชัย ผู้ช่วยโครงการวิจัย Studies on relationship between plane of nutrition meat production and utilization of nutrients in Southern Thai native and crossbred steers ตลอดจนเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก คณะทรัพยากร-ธรรมชาติ ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกต่างๆ ในระหว่างการทดลอง ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่และบุคลากรห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่าง

ขอขอบคุณนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาทั้งรุ่นพี่และรุ่นน้องทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และโครงการการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันเป็นอาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง ที่สนับสนุนทุนวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และญาติพี่น้องของข้าพเจ้า ที่คอยเอาใจใส่ ดูแล เป็นกำลังใจเสมอมา รวมทั้งสนับสนุนค่าใช้จ่ายทั้งหมดในระหว่างการศึกษา ความดีแห่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่บิดา มารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณของข้าพเจ้าทั้งหลายที่ประสาทความรู้แก่ข้าพเจ้าตลอดมา

สันติ หมัดหมัน

สารบัญ

หน้า

สารบัญ ..... (9)
รายการตาราง ..... (11)
รายการภาพประกอบ ..... (13)
รายการภาพประกอบภาคผนวก ..... (14)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ ..... (15)
บทที่
1 บทนำ 1
บทนำต้นเรื่อง 1
วัตถุประสงค์ 2
2 การตรวจเอกสาร 3
3 การทดลองที่ 1 22
บทนำ 22
วัตถุประสงค์ 22
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง 23
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 28
สรุป 32
4 การทดลองที่ 2 33
บทนำ 33
วัตถุประสงค์ 34
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง 34
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 42
สรุป 67
5 สรุปและข้อเสนอแนะ 68
สรุป 68
ข้อเสนอแนะ 69
เอกสารอ้างอิง 71

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก…….....……..……...……	80
ก ภาพประกอบการทำทางใบปาล์มน้ำมันหมัก…….....……..	81
ข ภาพประกอบการทดลอง…….	82
ค องค์ประกอบของน้ำลายเทียม……...…..	85
ง การนับจำนวนประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน.....	86
ประวัติผู้เขียน……...….	89

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทย……..	5
2	องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง) ของทางใบปาล์มน้ำมันเปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์ธรรมดาและฟางข้าว…..……..……	7
3	องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง) ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก.....	28
4	คุณลักษณะการผลิตแก๊ส ปริมาณแก๊สที่สะสม และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก.....	30
5	สัดส่วนของวัตถุดิบ (เปอร์เซ็นต์ในสภาพให้สัตว์กิน) ที่ใช้ประกอบสูตรอาหารข้น และคุณค่าทางโภชนะ (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง).....	36
6	แผนผังการทดลอง.....	37
7	องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง) ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก และอาหารข้น..….	44
8	ปริมาณการกินได้ของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก เสริมด้วยอาหารข้น.....	46
9	ปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุและโปรตีนรวมของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก เสริมด้วยอาหารข้น.....	48
10	ปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก เสริมด้วยอาหารข้น….....	50
11	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆเป็นสารเสริมการหมัก เสริมด้วยอาหารข้น.....	52
12	ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และโปรตีนรวมที่ย่อยได้ของโคพื้นเมือไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก เสริมด้วยอาหารข้น.....	53

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
13	ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ ไนโตรเจนที่ขับออก และสมดุลไนโตรเจนของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก เสริมด้วยอาหารข้น.....	55
14	ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และกรดไขมันที่ระเหยง่ายในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก เสริมด้วยอาหารข้น	58
15	จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์ของเชื้อราในกระเพาะรูเมน ของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่าง ๆ เป็นสารเสริมการหมัก เสริมด้วยอาหารข้น.....	63
16	ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน และกลูโคสในเลือดของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก เสริมด้วยอาหารข้น.....	66

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1	ปาล์มน้ำมัน และทางใบปาล์มน้ำมัน.....	4
2	ลักษณะใบปาล์มน้ำมัน และดอก.....	4
3	พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทย.....	6
4	พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทยแยกเป็นรายภาค.....	6
5	ปริมาณแก๊สสะสมที่ผลิตได้ (มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 0.3 กรัมของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก) ที่ประเมินจากสมการ $y = a+b[1-Exp^{-ct}]$ ที่เกิดขึ้นตลอด 96 ชั่วโมง.....	30
6	ระยะการทดลองและเก็บตัวอย่าง.....	37

รายการภาพประกอบภาคผนวก

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
1	การสับทางใบปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องสับหญ้า	80
2	ลักษณะทางใบปาล์มน้ำมันหลังสับ	80
3	ทางใบปาล์มน้ำมันสับผสมกากน้ำตาล	80
4	การอัดทางใบปาล์มน้ำมันสับในถังหมัก	80
5	ปิดฝาหมักเก็บไว้ประมาณ 30 วัน	80
6	ขวดใส่ตัวอย่าง	81
7	อุปกรณ์วัดปริมาตรแก๊ส	81
8	การเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมน	81
9	การกรองของเหลวจากกระเพาะรูเมน	81
10	สารละลายน้ำลายเทียมที่มีออกซิเจน	81
11	สารละลายน้ำลายเทียมที่ไร้ออกซิเจน	81
12	สารละลายผสมของน้ำลายเทียมและของเหลวจากกระเพาะรูเมน	82
13	การบ่มขวดตัวอย่างที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส	82
14	การวัดปริมาตรแก๊ส	82
15	การชั่งน้ำหนักโคทดลอง	82
16	ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลเป็นสารเสริมการหมัก	82
17	อาหารข้นที่ใช้ในการทดลอง	83
18	ภาชนะรองรับมูลและปัสสาวะในคอกทดลองหาการย่อยได้	83
19	การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ของของเหลวจากกระเพาะรูเมน	83
20	การเก็บเลือดจากเส้นเลือดดำใหญ่บริเวณคอ (jugular vein)	83

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

ADF	=	acid detergent fiber (ลิกโนเซลลูโลส)
ADL	=	acid detergent lignin (ลิกนิน)
BUN	=	blood urea nitrogen (ยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด)
BW	=	body weight (น้ำหนักตัว)
$BW^{0.75}$	=	metabolic body weight (น้ำหนักเมแทบอลิก)
CF	=	crude fiber (เยื่อใยรวม)
CP	=	crude protein (โปรตีนรวม)
CV	=	coefficient of variation (สัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน)
DCF	=	digestible crude fiber (เยื่อใยรวมที่ย่อยได้)
DCP	=	digestible crude protein (โปรตีนรวมที่ย่อยได้)
DEE	=	digestible ether extract (ไขมันรวมที่ย่อยได้)
DM	=	dry matter (วัตถุแห้ง)
DNFE	=	digestible nitrogen free extract (ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรกที่ย่อยได้)
EE	=	ether extract (ไขมันรวม)
NDF	=	neutral detergent fiber (ผนังเซลล์)
NFE	=	nitrogen free extract (ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก)
NSC	=	non structural carbohydrate (คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง)
OM	=	organic matter (อินทรียวัตถุ)
PCV	=	pack cell volume (ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น)
SEM	=	standard error of the mean (ค่าความคาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย)
TDN	=	total digestible nutrient (โภชนะที่ย่อยได้รวม)
VFA	=	volatile fatty acid (กรดไขมันที่ระเหยง่าย)

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ปัจจุบันการเลี้ยงโคพื้นเมืองในภาคใต้เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากโคพื้นเมืองเป็นโคที่มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของประเทศไทย นั่นคือ สามารถทนอากาศร้อนชื้น ทนต่อโรคพยาธิและแมลง และอยู่ในภูมิประเทศที่ทุรกันดารในเขตร้อนได้ดี ในปี พ.ศ. 2553 ประเทศไทยมีจำนวนโคพื้นเมืองทั้งหมด 4,610,395 ตัว โดยภาคใต้ของประเทศไทย มีจำนวนโคพื้นเมืองแยกเป็นรายเขตปศุสัตว์ ดังนี้ เขต 8 มีจำนวนโคพื้นเมืองทั้งหมด 190,337 ตัว และเขต 9 มีจำนวนโคพื้นเมืองทั้งหมด 365,236 ตัว (กรมปศุสัตว์, 2553) อย่างไรก็ตาม การเลี้ยงโคพื้นเมืองนี้เกษตรกรมักปล่อยเลี้ยงตามธรรมชาติ ไม่มีการจัดการแปลงหญ้าที่ดีสำหรับใช้เป็นอาหารโค โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหน้าแล้งมักจะขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ จึงจำเป็นที่จะต้องนำผลพลอยได้ทางการเกษตรมาพัฒนาเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับการเลี้ยงโคพื้นเมือง

ปาล์มน้ำมัน (*Elais guineensis* Jacq.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งในภาคใต้ โดยร้อยละ 95 ของพื้นที่ปลูกทั้งหมดอยู่ในภาคใต้ โดยเฉพาะในจังหวัดจังหวัดสุราษฎร์ธานี กระบี่ และจังหวัดชุมพร (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) องค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันประกอบไปด้วย โปรตีนรวม (crude protein , CP) ร้อยละ 4.7 เยื่อใยรวม (crude fiber, CF) ร้อยละ 38.5 ผนังเซลล์ (neutral detergent fiber, NDF) ร้อยละ 78.7 ลิกโนเซลลูโลส (acid detergent fiber, ADF) ร้อยละ 55.6 เถ้า (ash) ร้อยละ 3.2 และมีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy, ME) เท่ากับ 5.65 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง (Abu Hassan *et al*., 1994) เนื่องจากในการจัดการสวนปาล์มน้ำมันเกษตรกรจะต้องตัดทางใบทุกครั้งที่มีการเก็บเกี่ยวทลาย ซึ่งโดยทั่วไปจะเก็บเกี่ยวทลายทุก ๆ 15 วัน ดังนั้นในแต่ละเดือนจะมีการตัดทางใบปาล์มน้ำมันอย่างน้อย 2 ทางใบต่อต้น หรือคิดเป็น 44 ทางใบต่อไร่ (เมื่อใช้อัตราปลูก 22 ต้นต่อไร่) ซึ่งหากนำทางใบปาล์มน้ำมันไปวางทิ้งในสวนปาล์มน้ำมันตามวิธีการที่ปฏิบัติอยู่ในปัจจุบัน อาจจะก่อให้เกิดปัญหาในแง่ของการจัดการสวนปาล์มน้ำมันตามมา เช่น กีดขวางการเก็บผลผลิตและการทำงาน หนู และสัตว์มีพิษต่าง ๆ แต่หากนำทางใบปาล์มน้ำมันดังกล่าวมาพัฒนาเพื่อใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงสัตว์จะสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้

เนื่องจากปัญหาข้อจำกัดในด้านปริมาณพืชอาหารสัตว์ในภาคใต้ จึงทำให้มีความจำเป็นต้องศึกษาวิจัยเพื่อหาแหล่งผลิตพืชอาหารสัตว์ทดแทน หรือวัสดุเหลือใช้ทางด้านการเกษตรมาพัฒนาเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับสัตว์เลี้ยง ประกอบกับปริมาณทางใบปาล์มน้ำมันซึ่งเป็นผลพลอยได้ที่เหลือใช้จากการผลิตปาล์มน้ำมัน ดังนั้นการทดลองในครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาการใช้ประโยชน์ เพื่อเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับโคพื้นเมืองไทย เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำทางใบปาล์มน้ำมันมาพัฒนาเป็นแหล่งอาหารหยาบ และช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ในภาคใต้ นอกจากนี้ยังเป็นการนำทางใบปาล์มน้ำมันซึ่งเป็นผลพลอยได้ที่ไม่มีมูลค่ามาพัฒนาให้มีมูลค่าเพิ่มมากขึ้นด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

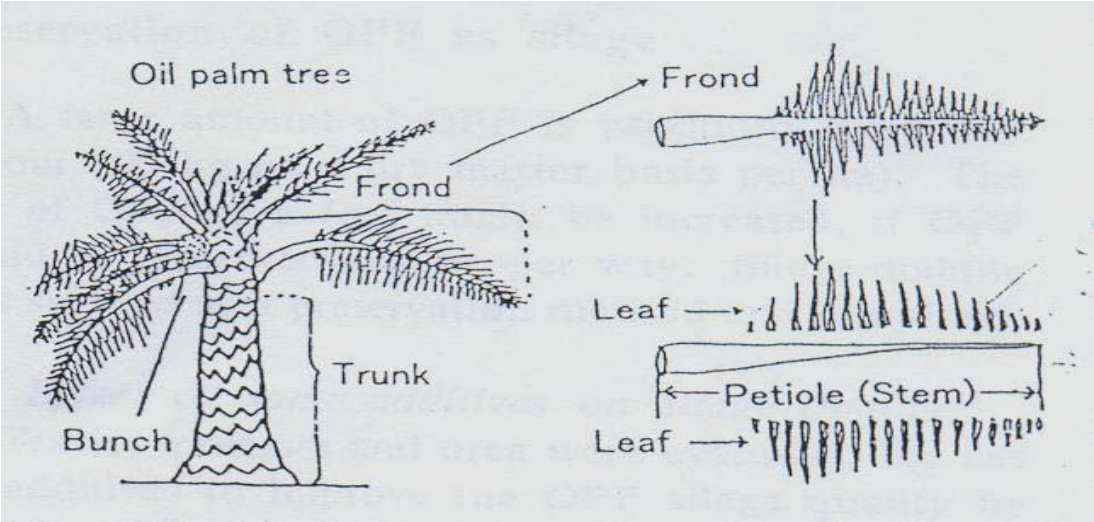
1. เพื่อประเมินพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลระดับต่าง ๆ เป็นสารเสริมการหมักโดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส
2. เพื่อศึกษาผลการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลระดับต่าง ๆ เป็นสารเสริมการหมักต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในโคพื้นเมืองไทย
3. เพื่อศึกษาผลการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลระดับต่าง ๆ เป็นสารเสริมการหมักต่อกระบวนการหมักและนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองไทย

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

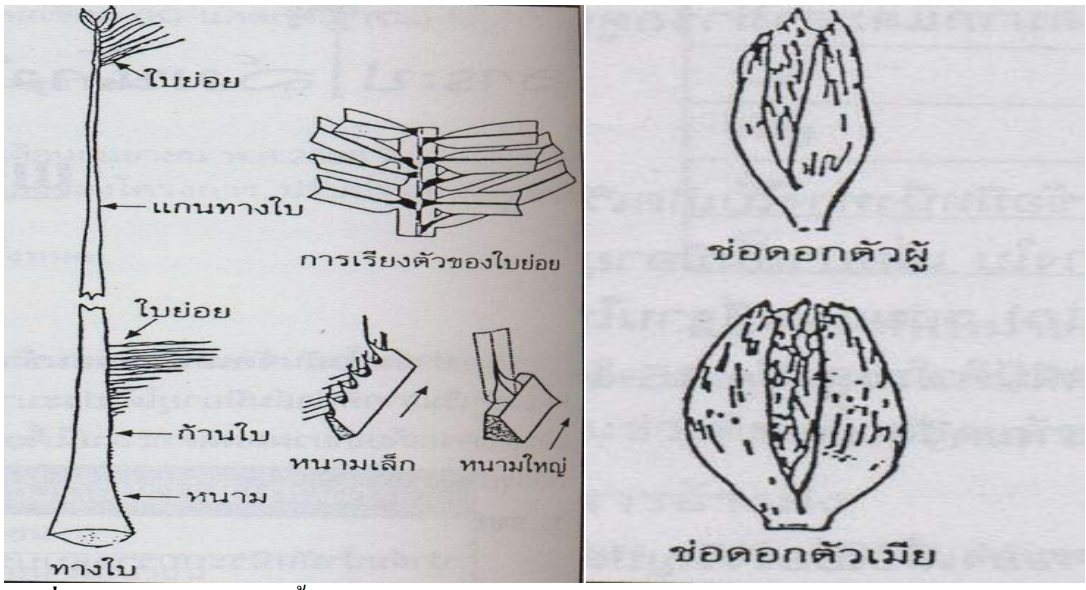
ลักษณะทั่วไปของปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineesis* Jacq.) จัดเป็นพืชน้ำมันที่เจริญเติบโตในพื้นที่เขตร้อนชื้นและประเทศกำลังพัฒนา เป็นพืชยืนต้นมีอายุในการเก็บเกี่ยวผลผลิตอยู่ในช่วง 20-30 ปี ลำต้นสูง 40-50 ฟุต (Ishida and Abu Hassan, 1997) โดย ธีระ และคณะ (2548) กล่าวว่า ปาล์มน้ำมันจัดเป็นพืชผสมข้าม ใบเลี้ยงเดี่ยว อยู่ในวงศ์ปาล์ม (Palmae ปัจจุบันเปลี่ยนชื่อเป็น Arecaceae) และเป็นพืชยืนต้นที่สามารถให้ผลผลิตทลายสดได้ตลอดทั้งปี เริ่มจากที่ปาล์มมีอายุได้ประมาณ 2 ปีครึ่งหลังจากปลูก ออกใบคล้ายมะพร้าว ใบประกอบแบบขนนก เรียงสลับ ใบย่อยคล้ายรูปดาบ กว้าง 3.5-5 เซนติเมตร ยาว 45-120 เซนติเมตร ทางใบยาวประมาณ 5 เมตร ทางใบหนึ่งมีใบย่อยประมาณ 150 คู่ (ภาพที่ 1) ใบอ่อนสีเขียวและเป็นมัน ขอบก้านใบมีหนามทั้งสองข้างแหลมเล็กเหมือนกับฟันเลื่อย ดอกช่อ เป็นช่อระหว่างกาบใบ (ภาพที่ 2) กลีบดอกสีขาวนวล เมื่อผสมติดก็จะติดผล ช่อหนึ่งมีผล 200-300 ผล ผลลักษณะคล้ายหมากแต่เล็กกว่า สีน้ำตาลแก่ครึ่งหนึ่ง อีกครึ่งหนึ่งสีแดงเข้ม ออกผลเป็นทลาย ให้ผลปีละประมาณ 12-15 ทลาย ปาล์มน้ำมันออกผลปีละ 2 ครั้ง ประมาณ 6 เดือนต่อครั้ง โดยเฉลี่ยแต่ละต้นควรจะให้ทลายได้อย่างน้อยหนึ่งทลายต่อต้นต่อเดือน และสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตทลายสดได้นานกว่า 20 ปี มีระบบรากฝอย ลำต้นมีลักษณะตั้งตรง ไม่มีกิ่งแขนง ประกอบด้วยข้อและปล้องที่ถี่มาก แต่ละข้อมีหนึ่งทางใบ เกิดเวียนรอบลำต้น ใบหรือทางใบประกอบด้วย แกนทางใบ ก้านใบ และใบย่อย มีทั้งช่อดอกตัวเมียและช่อดอกตัวผู้บนต้นเดียวกัน แต่เกิดในตำแหน่งของทางใบที่แตกต่างกัน ผลของปาล์มประกอบด้วย เปลือกผลชั้นนอก เนื้อผลชั้นนอก เมล็ดปาล์มซึ่งประกอบด้วย กะลา เนื้อผลชั้นใน และคัพภะ มีจำนวนโครโมโซม 2n เท่ากับ 2x เท่ากับ 32



ภาพที่ 1 ปาล์มน้ำมัน และทางใบปาล์มน้ำมัน

ที่มา : Ishida และ Abu Hassan (1997)



ภาพที่ 2 ลักษณะใบปาล์มน้ำมัน และดอก

ที่มา : ธีระ และคณะ (2545)

พื้นที่การปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทย

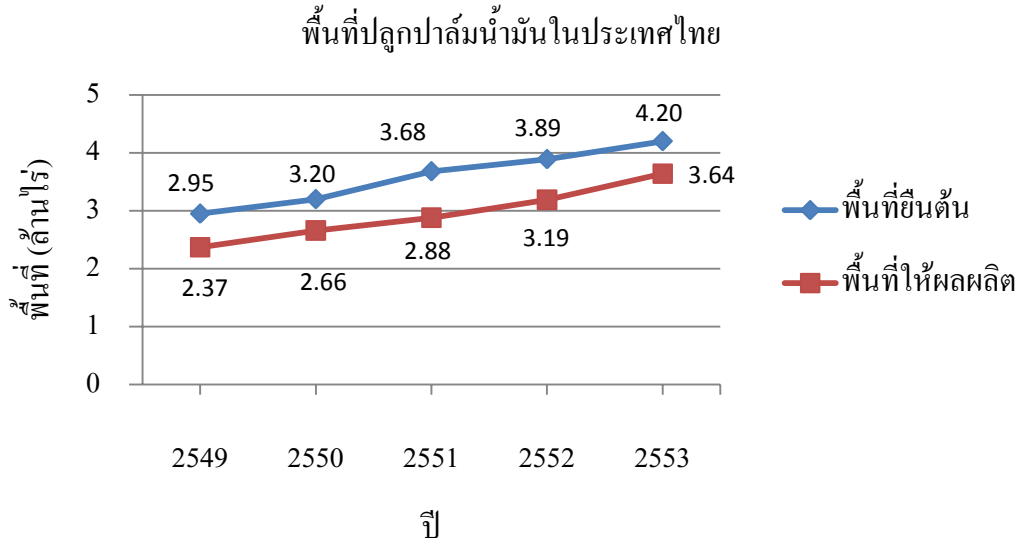
ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนชื้น (ธีระ และคณะ, 2548) โดยปาล์มน้ำมันส่วนใหญ่ปลูกในทวีป เอเชีย เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แอฟริกา และอเมริกาใต้ (Abu Hassan et al., 1994) สำหรับประเทศไทย ปาล์มน้ำมันได้ถูกนำเข้ามาเพาะปลูกในภาคใต้ของ

ประเทศประมาณ 40 ปีที่ผ่านมา (ธีระ และคณะ, 2548) ทั้งนี้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549-2551 ประเทศไทยมีการปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 3) โดยในปี พ.ศ. 2549 ประเทศไทยมีการปลูกปาล์มน้ำมัน (พื้นที่ยืนต้น) 2.95 ล้านไร่ และเพิ่มขึ้นเป็น 3.68 ล้านไร่ ในปี พ.ศ. 2551 ปัจจุบันในปี พ.ศ. 2552-2553 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทั้งหมด 3.89-4.20 ล้านไร่ และในปี พ.ศ. 2549-2551 ประเทศไทยมีพื้นทีที่ให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันตั้งแต่ 2.37-2.88 ล้านไร ปัจจุบันในปี พ.ศ. 2552-2553 ประเทศไทยมีพื้นที่ให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันทั้งหมด 3.19-3.64 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) (ตารางที่ 1) โดยภาคใต้เป็นแหล่งที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันมากที่สุด (ภาพที่ 4) คือ มีพื้นที่ปลูก 3,535,642 ไร่ ซึ่งจังหวัดที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันมากที่สุด 3 อันดับแรกในภาคใต้ คือ จังหวัดสุราษฎร์ธานี กระบี่ และชุมพร โดยมีพื้นที่ปลูก 1,005,010, 973,690 และ 790,498 ไร่ ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) ทั้งนี้เนื่องจากสภาพภูมิประเทศที่เหมาะสมและผลตอบแทนจากการปลูกปาล์มน้ำมันดีกว่าการปลูกพืชชนิดอื่น จึงทำให้เกษตรกรมีการปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มมากขึ้น ธีระ และคณะ (2548) รายงานว่า ในพื้นที่ 1 ไร่ สามารถปลูกปาล์มน้ำมันได้ 22 ต้น โดยมีทางใบปาล์มน้ำมันอย่างน้อย 2 ทางใบถูกตัดออกทุกครั้งที่มีการเก็บทลายปาล์ม และโดยทั่วไปเกษตรกรจะเก็บเกี่ยวทลายปาล์มทุกๆ 15 วัน ดังนั้นในภาคใต้ซึ่งมีพื้นที่ปลูกปาล์ม 3,535,642ไร่ จึงมีปาล์มน้ำมันประมาณ 82,394,519 ต้น และมีทางใบปาล์มน้ำมันที่ถูกตัดออกเมื่อเกษตรกรเก็บเกี่ยวทลายปาล์มประมาณ 164,789,038 ทางใบต่อการเก็บเกี่ยวทลายหนึ่งครั้ง

ตารางที่ 1 พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทย

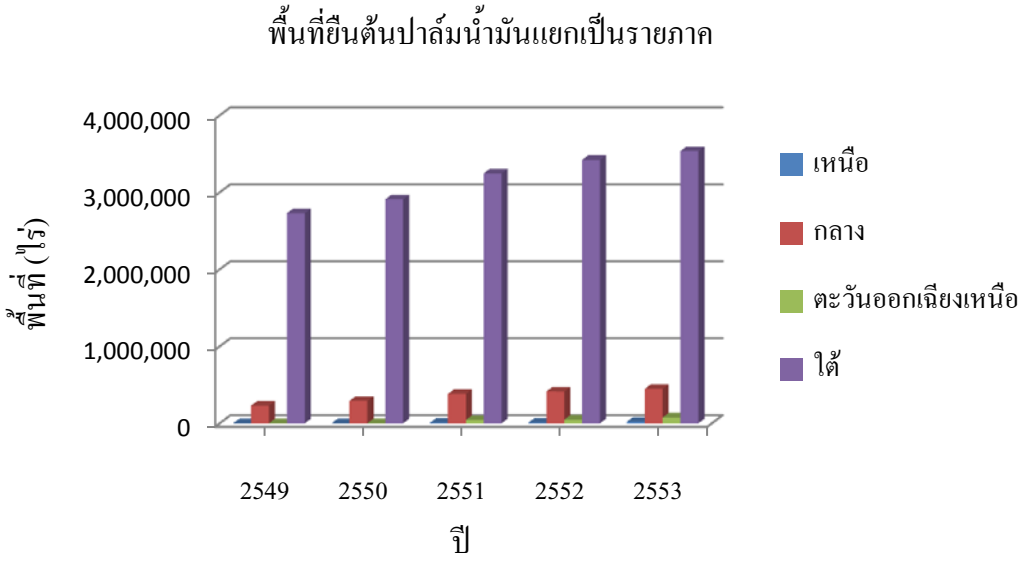
ปี	พื้นที่ (ล้านไร่)	
	ยืนต้น	ให้ผลผลิต
2549	2.95	2.37
2550	3.20	2.66
2551	3.68	2.88
2552	3.89	3.19
2553	4.20	3.64

ที่มา : ดัดแปลงจาก สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2553)



ภาพที่ 3. พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทย

ที่มา : ดัดแปลงจาก สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2553)



ภาพที่ 4. พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทยแยกเป็นรายภาค

ที่มา : ดัดแปลงจาก สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2553)

คุณค่าทางโภชนะของทางใบปาล์มน้ำมัน

ธีระ และคณะ (2548) กล่าวว่า ทางใบปาล์มน้ำมันสามารถใช้คลุมโคนต้นปาล์มหรือระหว่างแถวปาล์ม จะช่วยรักษาความชื้นในดิน ลดการชะล้างของหน้าดิน และเมื่อย่อยสลายจะให้ธาตุอาหารที่ปาล์มนำไปใช้ประโยชน์ได้ สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ มีคาร์โบไฮเดรตสูง ซึ่งสามารถเปลี่ยนให้เป็นแก๊สหรือเชื้อเพลิงเหลว เช่น มีเทน เมทานอล และอีเทน เป็นต้น ขณะที่ Mohd Sukri (2003) กล่าวว่า ทางใบปาล์มน้ำมันที่คลุมโคนต้นปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งฮิวมัส (humus) ของต้นปาล์มน้ำมัน ส่วนในแง่ขององค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมัน พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันประกอบไปด้วย วัตถุแห้ง (dry matter, DM) 31.1-89.1 เปอร์เซ็นต์ อินทรียวัตถุ (organic matter, OM) 92.3-94.7 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม (crude protein, CP) 4.2-6.25 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม (crude fiber, CF) 38.5-44.8 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม (ether extract, EE) 1.2-2.1 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ (neutral detergent fiber, NDF) 67.6-78.7 เปอร์เซ็นต์ เถ้า (ash) 3.2-6.6 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส (acid detergent fiber, ADF) 43.2-55.6 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส (hemicelluloses) 18.5 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้งนอกตัวสัตว์ (*In vitro* dry matter digestibility) 35.6 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy, ME) 4.9-5.96 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ซึ่งเมื่อนำค่า วัตถุแห้ง โปรตีนรวม เยื่อใยรวม ไขมันรวม เถ้า และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ในทางใบปาล์มน้ำมันมาเปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์ธรรมดาและฟางข้าว พบว่า มีค่าใกล้เคียงกันดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2. องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง) ของทางใบปาล์มน้ำมันเปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์ธรรมดาและฟางข้าว

Items	**OPF**[1]	**OPF**[2]	**OPF**[3]	**OPF**[4]	**OPF**[5]	**Napier grass**[6]	**Rice straw** [7]
Dry matter	31.1	36.4	-	-	38.58	31.6	91
Organic matter	-	-	92.3		89.27	-	-
Crude protein	4.2	5.8	4.5	4.7	7.86	6.8	4.3
Crude fiber	-	44.8	-	38.5	43.31	46.9	35.1
Ether extract	2	1.2	-	2.1	2.97	1.9	1.4
Ash	4.7	6.6	-	3.2	10.73	6.8	17
Organic cell contents	25.7	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 2. องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง) ของทางใบปาล์มน้ำมันเปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์ธรรมดาและฟางข้าว (ต่อ)

Items	OPF[1]	OPF[2]	OPF[3]	OPF[4]	OPF[5]	Napier grass[6]	Rice straw [7]
Neutral detergent fiber	69.5	-	68.5	78.7	66.99	-	71
Acid detergent fiber	50.9	-	43.2	55.6	55.56	-	55.2
Hemicellulose	18.5	-	-	-	11.43	-	-
IVDMD (%)	35.6	-	-	-	-	-	-
ME (MJ/kg)	-	4.9	-	5.69	1.14	5.95	-

OPF : Oil palm frond (ทางใบปาล์มน้ำมัน)

IVDMD : *In vitro* dry matter digestibility (การย่อยได้ของวัตถุแห้งนอกตัวสัตว์)

- : ไม่มีข้อมูลการศึกษา

ที่มา : ดัดแปลงจาก [1]Ishida และ Abu Hassan (1997); [2]Wan Zahari และ Alimon (2003); [3]Paengkoum และคณะ (2001); [4]Abu Hassan และคณะ (1994); [5]ณัฐฐา (2552); [6]Mohd Sukri (2003); [7]บุญล้อม (2541)

พืชหมัก (silage)

พืชหมัก คือ พืชอาหารสัตว์หรือพืชชนิดอื่นที่เก็บถนอมไว้ในสภาพที่มีความชื้นสูงและอยู่ในสภาพหมักที่ไร้ออกซิเจน (anaerobic fermentation) กระบวนการหมักเกิดจากแบคทีเรียที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่ไร้ออกซิเจน สามารถเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (water soluble carbohydrate, WSC) ในพืชให้กลายเป็นกรดแลกติก ซึ่งมีผลทำให้พืชหมักมีสภาพเป็นกรดสามารถหยุดยั้งกระบวนการทางชีวภาพต่าง ๆ ทำให้สามารถรักษาหรือถนอมพืชหมักไว้ได้ (Pitt, 1990) โดย วิโรจน์ (2546) กล่าวว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่เหมาะสมของพืชหมักอยู่ที่ระหว่าง 3.5-4.54 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ณ ระดับนี้จะทำให้สามารถถนอมพืชอาหารสัตว์ได้นานมากกว่าปี ซึ่ง สายัณห์ (2540) กล่าวไว้ว่า พืชหมักที่ดีควรมีปริมาณกรดแลกติกมาก มีกรดแอซิติกและแอลกอฮอล์อยู่น้อย และไม่ควรมีกรดบิวทีริก โดยควรมีกรดแลกติกประมาณ 3-13 เปอร์เซ็นต์ กรดแอซิติกประมาณ 0.5-0.8 เปอร์เซ็นต์ กรดบิวทีริคน้อยกว่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_4-N) น้อยกว่า 11 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมด โดย Oude Elferink และคณะ (2000) สรุปว่า กระบวนการหมักพืชหมักสามารถแบ่งออกเป็น 4 ระยะ คือ

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

2. Fermentation phase ระยะนี้จะเริ่มเกิดขึ้น เมื่อออกซิเจนภายในถังหมักถูกใช้จนหมดหรืออยู่ในสภาพที่ไร้ออกซิเจน (anaerobic) โดยเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องหลายวันและหลายสัปดาห์ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของพืชที่นำมาหมัก และสภาวะของถังหมัก หากกระบวนการหมักเกิดสมบูรณ์ จุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลกติก (lactic acid bacteria, LAB) จะเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนมากขึ้น ทำให้เกิดการผลิตกรดแลกติก และกรดอื่นๆ ส่งผลทำให้ความเป็นกรด-ด่างลดลงอยู่ในช่วง 3.8-5.0

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

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

พืชหมักมีข้อดี คือ สามารถทำได้ทุกฤดูกาล และเป็นการถนอมและเก็บรักษาพืชอาหารสัตว์ให้สามารถใช้ได้ตลอดปี โดยการหมักจะทำให้ลำต้นของพืชอาหารสัตว์ที่แข็ง อ่อนนุ่ม ช่วยเพิ่มความน่ากิน ทำให้สัตว์กินอาหารเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ถ้านำพืชหมักให้ร่วมกับอาหารที่มีลักษณะแห้ง จะช่วยลดความเป็นฝุ่นของอาหารนั้นได้ สำหรับข้อเสียของพืชหมัก เช่น ก่อนนำพืชอาหารสัตว์มาหมัก ต้องสับพืชอาหารสัตว์ก่อน เพื่อป้องกันสัตว์เลือกกิน และในกรณีที่อากาศร้อน ถ้าสัตว์กินพืชหมักไม่หมด จะทำให้เกิดเชื้อราและเน่าเสียได้ง่าย (สายัณห์, 2547; เมธา, 2533)

ปัจจัยที่ควบคุมคุณภาพของพืชหมัก

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของการหมัก ประกอบด้วย (1) ชนิดของพืชที่จะนำมาหมักและกระบวนการจัดการระหว่างการหมักโดยพืชหมักที่เหมาะสมต่อการหมักควรมีระดับคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้อยู่สูง ซึ่ง วิโรจน์ (2546) กล่าวว่า ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตมีผลอย่างมากต่อคุณภาพพืชหมัก พืชอาหารสัตว์โดยทั่วไปยกเว้นพืชตระกูลถั่วจะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพียงพอต่อการหมัก สำหรับคาร์โบไฮเดรตในพืช ควรมีค่าเฉลี่ย 6-8 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง (2) ขนาดของชิ้นพืชที่หมัก ซึ่งการทำให้ชิ้นของพืชที่นำมาหมักมีขนาดเล็กลง ทำให้เกิดปฏิกิริยาการหมักได้ง่ายและรวดเร็ว การบดอัดทำได้แน่น ลดอากาศออกซิเจนแทรกและชิ้นส่วนของพืชยังสามารถคลุกเคล้ากันได้ทั่วถึง สายัณห์ (2547) กล่าวว่า ถ้าต้องการให้พืชหมักอัดแน่นดีควรมีความยาว 1-5 เซนติเมตร แต่ถ้าพืชมีความชื้นน้อยกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ควรสับให้มีขนาดระหว่าง 0.5-1.5 เซนติเมตร เพื่อให้พืชอัดแน่นได้ดียิ่งขึ้น (3) การปรับระดับความชื้นในพืช ระดับความชื้นในพืชที่เหมาะสมกับการทำพืชหมักอยู่ระหว่าง 65-70 เปอร์เซ็นต์ ถ้าความชื้นต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ การอัดแน่นของพืชหมักจะไม่ดีและเกิดเชื้อราขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าความชื้นมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ โอกาสที่จะได้พืชหมักที่มีคุณภาพเลวมีมาก เพราะของเหลวที่ไหลออกมาจากพืชที่กำลังหมักอยู่ทำให้สูญเสียกรดและธาตุอาหารที่มีประโยชน์ต่อสัตว์โดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรต (สายัณห์, 2547) (4) อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการหมัก ซึ่ง วิโรจน์ (2546) สรุปว่า อยู่ในช่วง 26-38 องศาเซลเซียส (5) การใช้สารเสริม (additive) โดยวิโรจน์ (2546) กล่าวว่า สารเสริมที่ใส่เข้าไปในพืชหมักมักใส่เพื่อใช้เป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต สำหรับกระบวนการหมักเพื่อผลิตกรดแลกติก หรืออาจใส่เพื่อลดความชื้น หรือเพิ่มคุณค่าทางอาหาร หรือเพิ่มปรับปรุงรสชาติอาหารหมัก ขณะที่ สายัณห์ (2547) กล่าวว่า สารเสริมอาจจะไปชะงักการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียทางตรงหรือทางอ้อม กระตุ้นให้เกิดการหมักดองธรรมชาติ (nature fermentation) เร็วขึ้น

ลักษณะทางกายภาพของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก

ปัจจุบันในประเทศแถบเอเชียมีการนำทางใบปาล์มน้ำมันมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องกันมากขึ้น ซึ่งรูปแบบที่นำมาใช้เลี้ยงสัตว์ก็มีลักษณะที่แตกต่างกันออกไป เช่น ทางใบปาล์มน้ำมันสด และทางใบปาล์มน้ำมันหมัก เป็นต้น โดยทั่วไปจะใช้หญ้าเป็นอาหารหยาบหลักสำหรับเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องแต่ในสภาวะที่ขาดแคลนพืชอาหารสัตว์เหล่านี้ การหมักทางใบปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นการเก็บรักษาทางใบปาล์มน้ำมันให้ใช้ได้นาน จึงเป็นวิธีการ

หนึ่งที่สามารถช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ ขวัญดาว และคณะ (2549) รายงานว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล 6 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล 6 เปอร์เซ็นต์ และยูเรีย 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 วัน มีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยเท่ากับ 5.25, 4.78 และ 4.75 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับรายงานของณัฐฐา (2552) ที่พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 4.95, 4.80, 4.60 และ 4.75 ตามลำดับ แต่มีค่าสูงกว่าการศึกษาของประดิษฐ์ และคณะ (2551) ที่รายงานว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.29 และ 4.48 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาสีและกลิ่นของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักมีสีเขียวอมเหลืองและมีกลิ่นหอม ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล 6 เปอร์เซ็นต์มีสีน้ำตาลอมส้ม มีกลิ่นหอมของกากน้ำตาลเล็กน้อย ส่วนทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล 6 เปอร์เซ็นต์ และยูเรีย 2 เปอร์เซ็นต์ มีสีน้ำตาลเข้ม และมีกลิ่นฉุนของแอมโมเนีย ใกล้เคียงกับผลการศึกษาของณัฐฐา (2552) ที่รายงานว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะแน่น สีเหลือง มีกลิ่นหอมเปรี้ยวอ่อนๆ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะแน่น สีเหลืองอมน้ำตาล มีกลิ่นหอมอ่อนๆ ส่วนทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะแน่น สีเหลือง มีกลิ่นหอม และประดิษฐ์ และคณะ (2551) ที่รายงานว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ มีสีเขียวอมเหลือง กลิ่นเปรี้ยวปานกลาง นอกจากนี้ขวัญดาว และคณะ (2549) ตรวจพบเชื้อราบริเวณส่วนบนของถังของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล 6 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล 6 เปอร์เซ็นต์ และยูเรีย 2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจเกิดจากการสัมผัสกับอากาศ มีผลทำให้กระบวนการหมักไม่สมบูรณ์ และมีเชื้อราขาวเกิดขึ้น

ผลการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันรูปแบบต่างๆ ต่อปริมาณการกินได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนและการย่อยได้ของโภชนะในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

การนำทางใบปาล์มมาพัฒนาเป็นอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องโดย Asada และคณะ (1991) ทดลองใช้ทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ดเป็นอาหารสำหรับโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน จากการทดลองพบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ดมีความน่ากินเหมาะสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องและสามารถนำมาเป็นอาหารหยาบทดแทนหญ้าได้ ขณะที่ Nasir และคณะ (1997) ได้นำทางใบปาล์ม

น้ำมันสดไปหมัก แล้วนำไปทดลองเลี้ยงแพะนมพันธุ์ซาเนน (Saanen) และรายงานว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมักมีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ไม่เพียงพอสำหรับการดำรงชีพของแพะที่กำลังรีดนม จากการศึกษาของ Paengkoum และคณะ (2001) ซึ่งวัดความสามารถของการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนและลำไส้เล็กของทางใบปาล์มน้ำมัน 3 ชนิด คือ ชนิดที่สับที่ไม่ผ่านการอบไอน้ำ ชนิดที่สับและอบไอน้ำ และชนิดที่อัดเม็ดและอบไอน้ำ ในโคเนื้อที่ผ่าตัดติดท่ออาหารถาวรที่กระเพาะรูเมน และลำไส้เล็กส่วนดูโอดินัม พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันสับและอบไอน้ำมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ ผนังเซลล์ และโปรตีนหยาบเท่ากับ 70.20, 75.20, 52.00 และ 57.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ดและอบไอน้ำ มีค่าการย่อยได้ของโภชนะเหล่านี้เท่ากับ 71.60, 73.6, 56.00 และ 57.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สูงกว่าทางใบปาล์ม-น้ำมันที่ไม่ผ่านการอบไอน้ำ (48.70, 52.30, 43.80 และ 52.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สำหรับการย่อยได้ในลำไส้เล็กโดยใช้อาหารที่ผ่านการบ่มในกระเพาะรูเมนชั่วโมงที่ 24 และ 48 พบว่า การย่อยได้ของผนังเซลล์ของทางใบปาล์มน้ำมันสับและอบไอน้ำ (7.40 และ 7.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ดและอบไอน้ำ (7.24 และ 7.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) มีค่าสูงกว่า ทางใบปาล์มน้ำมันที่ไม่ผ่านการอบไอน้ำ (6.51 และ 6.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรียวัตถุของทางใบปาล์มน้ำมันทั้ง 3 ชนิด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

จากผลการศึกษาของ Khamseekhiew และคณะ (2002) ซึ่งทำการศึกษาการย่อยได้ของเยื่อใยของทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ดเสริมด้วยถั่วลิสงเถา ใช้โคพื้นเมืองที่ได้รับการผ่าตัดฝังท่ออาหารที่กระเพาะรูเมนเป็นสัตว์ทดลอง โดยโคทดลองได้รับอาหารที่มีอัตราส่วนของ ทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ดต่อถั่วลิสงเถาแตกต่างกันคือ 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 ปริมาณ 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว พบว่า การเสริมถั่วลิสงเถามีผลต่อการย่อยได้ของวัตถุแห้งและผนังเซลล์ของทางใบปาล์มน้ำมัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่มีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนของโคมีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) การเสริมถั่วลิสงเถาที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (91.9 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร) มีค่าสูงกว่าการเสริมถั่วลิสงเถาที่ระดับ 40, 30, และ 20 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) (43.6, 74.2, และ 88.9 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ตามลำดับ) ซึ่งปริมาณของแอมโมเนียไน-โตรเจนมีความสำคัญกับจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน เนื่องจากแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเป็นแหล่งไนโตรเจนสำหรับจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (Jetana *et al.,* 1998; Wanapat and Pimpa, 1998) นอกจากนี้การเสริมถั่วลิสงเถาที่ระดับต่าง ๆ ยังมีผลทำให้ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในกระเพาะรูเมน

เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทั้งนี้โคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ดเสริมถั่วลิสงเถาที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ มีระดับกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมนสูงที่สุด คือ 69.2 มิลลิโมลต่อลิตร โดยระดับความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในกระเพาะรูเมนมีความสัมพันธ์กับอัตราการหมักในกระเพาะรูเมน (Preston, 1986; McDonald *et al*., 1995 อ้างโดย Khamseekhiew *et al*., 2002)

Abu Hassan และ Ishida (1991) ทำการศึกษาผลการหมักทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับน้ำ กากน้ำตาล และยูเรียต่อคุณภาพกระบวนการหมัก และความน่ากินของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก โดยมีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก 4 รูปแบบ คือ ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมัน 94.1 เปอร์เซ็นต์ หมักร่วมกับน้ำ 5.9 เปอร์เซ็นต์ ทางใบปาล์มน้ำมัน 91.3 เปอร์เซ็นต์ หมักร่วมกับน้ำ 5.8 เปอร์เซ็นต์ และกากน้ำตาล 2.9 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมัน 92.2 เปอร์เซ็นต์ หมักร่วมกับน้ำ 5.8 เปอร์เซ็นต์ และยูเรีย 2 เปอร์เซ็นต์ ใช้ระยะเวลาในการหมักประมาณ 6 เดือน พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับน้ำและยูเรีย มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (7.38) สูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในขณะที่ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับน้ำ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับน้ำและกากน้ำตาล มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (4.02, 3.93 และ 3.93 ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เมื่อพิจารณาปริมาณกรดอินทรีย์ พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับน้ำและกากน้ำตาล มีปริมาณกรดแลกติก (3.55 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับน้ำและยูเรีย มีปริมาณกรดแอซิติกและกรดบิวทีริก (1.51 และ 1.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) สูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และเมื่อทดสอบปริมาณการกินได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักทั้ง 4 รูปแบบ โดยใช้โค Kedah-Kelentan ซึ่งเป็นโคพื้นเมืองของประเทศมาเลเซีย เพศผู้ น้ำหนัก 300 กิโลกรัม พบว่า โคที่ได้รับทางใบปาล์มหมักทั้ง 4 รูปแบบ มีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.6, 3.8, 2.8 และ 2.0 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ

Wan Zahari และคณะ (2000) ได้ศึกษาปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ด ทางใบปาล์มน้ำมันสดสับ ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide, NaOH) ในโคสาวลูกผสม โดยผสมทางใบปาล์มน้ำมันสูตรต่างๆ กับอาหารข้นในอัตราส่วน 25, 40, 60 และ 75 เปอร์เซ็นต์ พบว่าปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารผสมที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์มีค่าสูงกว่าอาหารผสมที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดสับ และอาหารผสมที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งของอาหารผสมที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสด

สับที่อัตราส่วน 25, 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าอาหารผสมที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่อัตราส่วนเดียวกัน แต่การย่อยได้ของวัตถุแห้งมีค่าใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งของอาหารผสมที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดสับจะลดลงเมื่ออัตราส่วนของทางใบปาล์มน้ำมันสดสับในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น โดยปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งของอาหารผสมที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดสับอัตราส่วน 75 เปอร์เซ็นต์ ลดลง 58 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งของอาหารผสมที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดสับที่อัตราส่วน 25 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การอัดเม็ดทางใบปาล์มน้ำมันจะทำให้ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งเพิ่มขึ้น แต่ส่งผลทำให้การย่อยได้ของวัตถุแห้งลดลง เนื่องจากอัตราการไหลผ่านในกระเพาะรูเมนเร็วขึ้น

Dahlan และคณะ (2000) ศึกษาผลการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันรูปแบบต่างๆ ต่อปริมาณอาหารที่กินได้และการย่อยได้ของโภชนะในโคพื้นเมืองของมาเลเซีย เพศผู้ โดยใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสด ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักผสมกากน้ำตาล 15 เปอร์เซ็นต์ ทางใบปาล์มน้ำมันสดอัดเม็ด และทางใบปาล์มน้ำมันสดสับผสมกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน รำข้าว เปลือกถั่วเหลือง กากน้ำตาล ปลาป่น ยูเรีย แร่ธาตุผสม และเกลือ (NaCl) ในรูปอาหารผสมสำเร็จรูปแล้วนำมาอัดเม็ด โดยให้โคพื้นเมืองได้รับอาหารข้นอัดเม็ดเสริมในปริมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันรูปแบบต่างๆ พบว่าทางใบปาล์มน้ำมันสดอัดเม็ด และอาหารผสมสำเร็จรูปอัดเม็ดที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดเป็นส่วนประกอบ มีวัตถุแห้ง 923.1 และ 888.2 กรัม ตามลำดับ สูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมันสด ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบปาล์มน้ำมันหมักผสมกากน้ำตาล (458.2, 399.5 และ 376.6 กรัม ตามลำดับ) เนื่องจากการอัดเม็ดทำให้ความชื้นลดลง ส่งผลทำให้วัตถุแห้งเพิ่มมากขึ้น ทางใบปาล์มน้ำมันทั้ง 5 รูปแบบ มีอินทรียวัตถุอยู่ระหว่าง 912-935 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง โดยทางใบปาล์มน้ำมันสด และทางใบปาล์มน้ำมันหมัก มีอินทรียวัตถุ (933.0 และ 935.0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง) สูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมันรูปแบบอื่นๆ การหมักและการอัดเม็ดทางใบปาล์มน้ำมันมีผลทำให้ระดับโปรตีนรวมของทางใบปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้น ในขณะที่ระดับลิกโนเซลลูโลสในทางใบปาล์มน้ำมันสด และทางใบปาล์มน้ำมันสดอัดเม็ด (524.7 และ 525.8 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ) สูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักผสมกากน้ำตาล และอาหารผสมสำเร็จรูปอัดเม็ดที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดเป็นส่วนประกอบ (479.9, 478.7 และ 314.1 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ)

ในแง่ของปริมาณการกินได้ของโภชนะ Dahlan และคณะ (2000) พบว่า ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งของทางใบปาล์มน้ำมัน ในโคพื้นเมืองที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสดอัดเม็ดและอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดเป็นส่วนประกอบ (49.6 และ 55.7 กรัมต่อ

กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก ตามลำดับ) สูงกว่าโคพื้นเมืองที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสด ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบปาล์มน้ำมันหมักผสมกากน้ำตาล (29.7, 33.6 และ 34.7 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้โคพื้นเมืองที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ด และอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดเป็นส่วนประกอบ มีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งทั้งหมด (73.0 และ 79.3 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก ตามลำดับ) ปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุทั้งหมด (67.3 และ 73.1 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก ตามลำดับ) และปริมาณการกินได้ของโปรตีนรวมทั้งหมด (12.4 และ 13.5 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก ตามลำดับ) สูงกว่า โคพื้นเมืองที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสด ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบปาล์มน้ำมันหมักผสมกากน้ำตาล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แสดงให้เห็นว่าการอัดเม็ดทางใบปาล์มน้ำมัน ส่งผลให้ระดับความชื้นในทางใบปาล์มน้ำมันลดลง และความหนาแน่นของอาหารเพิ่มขึ้น ทำให้สัตว์กินได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้การเสริมวัตถุดิบแหล่งโปรตีน เช่น ปลาป่น กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน เป็นต้น และแหล่งไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน เช่น ยูเรีย ร่วมกับทางใบปาล์มน้ำมัน แล้วนำมาอัดเม็ดส่งผลให้สัตว์ได้รับโปรตีนจากอาหารเพิ่มขึ้น

สำหรับการย่อยได้ของโภชนะ Dahlan และคณะ (2000) พบว่า โคพื้นเมืองที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักผสมกากน้ำตาล และทางใบปาล์มน้ำมันสดอัดเม็ด มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะใกล้เคียงกัน แต่สูงกว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะของโคพื้นเมืองที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสด ในขณะที่โคพื้นเมืองที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดเป็นส่วนประกอบ มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม และลิกโนเซลลูโลสเพิ่มขึ้น 29, 15, 68 และ 89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับโคพื้นเมืองที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสด นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะในโคพื้นเมืองที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดเป็นส่วนประกอบ ยังสูงกว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะในโคพื้นเมืองที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักผสมกากน้ำตาล และทางใบปาล์มน้ำมันสดอัดเม็ด อาจเนื่องจากการเสริมยูเรียซึ่งเป็นแหล่งไนโตรเจนที่หมักย่อยได้ง่าย รวมทั้งการเสริมกากน้ำตาลซึ่งเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ และปลาป่นซึ่งเป็นแหล่งให้โปรตีนไหลผ่าน ร่วมกับทางใบปาล์มน้ำมัน ทำให้สัตว์ได้รับโภชนะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การกินได้และการย่อยได้ของโภชนะเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนปริมาณโภชนะที่ย่อยได้และน้ำหนักมีชีวิตของโคพื้นเมืองที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันรูปแบบต่างๆ พบว่า โคพื้นเมืองที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดเป็นส่วนประกอบ มีปริมาณโภชนะที่ย่อยได้สูงกว่าโคพื้นเมืองที่ได้รับอาหารสูตรอื่นๆ ปริมาณวัตถุแห้งที่ย่อยได้ และ ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้

ของโคพื้นเมืองที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสด และทางใบปาล์มน้ำมันหมัก มีค่าไม่แตกต่างกัน แต่ปริมาณโปรตีนที่ย่อยได้ และปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่ย่อยได้ ของโคพื้นเมืองที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดเป็นส่วนประกอบ สูงกว่าโคพื้นเมืองที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันรูปแบบอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

Paengkoum และคณะ (2006) ศึกษาผลการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันอบไอน้ำเสริมด้วยยูเรียที่ระดับ 10, 20, 30, 40 และ 50 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ต่อปริมาณกรดไขมันที่ระเหยง่ายในกระเพาะรูเมนของแพะนมพันธุ์ซาเนน (Saanen) อายุ 4.6 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 21.4$\pm$1.6 กิโลกรัม พบว่า ปริมาณกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันอบไอน้ำเสริมด้วยยูเรีย 20 และ 30 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง (44.0 และ 49.1 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ) สูงกว่าแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันอบไอน้ำเสริมด้วยยูเรีย 10, 40 และ 50 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง (37.2, 37.9 และ 32.5 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อย่างไรก็ตาม แพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันอบไอน้ำเสริมด้วยยูเรีย 10, 20, 30, 40 และ 50 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีปริมาณกรดแอซิติก (63.0, 64.6, 63.7, 65.1 และ 29.6 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ) กรดโพรพิโอนิก (24.7, 23.7, 22.0, 21.7 และ 27.1 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ) กรดไอโซบิวทีริก (1.6, 1.4, 1.7, 1.6 และ 1.7 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ) กรดวาเลอริก (5.2, 5.1, 4.7, 4.8 และ 5.2 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ) และสัดส่วนของกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิโอนิก (2.6, 2.8, 2.9, 3.1 และ 2.4 ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีปริมาณกรดบิวทีริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันอบไอน้ำเสริมด้วยยูเรีย 30, 40 และ 50 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง (7.9, 6.7 และ 6.4 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ) สูงกว่าแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันอบไอน้ำเสริมด้วยยูเรีย 10 และ 20 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง (5.6 และ 5.3 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ประดิษฐ์ และคณะ (2551) ได้ศึกษาปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ของทางใบปาล์มน้ำมันสด และทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลและยูเรียระดับต่างๆ โดยใช้แพะลูกผสมแองโกลนูเบียน 75 เปอร์เซ็นต์ พื้นเมือง 25 เปอร์เซ็นต์ อายุ 8-10 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 12 กิโลกรัม พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันสด ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล 2 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล 2 เปอร์เซ็นต์ และยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ มีองค์ประกอบทางเคมี เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ดังนี้ วัตถุแห้ง 38.20, 43.90, 45.96 และ 50.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โปรตีนรวม 5.30, 7.25, 7.32 และ 18.26 เปอร์เซ็นต์

ตามลำดับ ไขมันรวม 2.67, 3.85, 2.46 และ 3.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เถ้า 8.24, 8.18, 8.60 และ 8.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผนังเซลล์ 68.71, 59.23, 61.16 และ 57.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ลิกโน-เซลลูโลส 54.62, 49.12, 50.60 และ 47.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และลิกนิน 22.52, 22.77, 23.16 และ 24.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลการศึกษาดังกล่าวยังพบว่า ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และผนังเซลล์ของแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันทั้ง 4 รูปแบบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่แพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล 2 เปอร์เซ็นต์ และยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน (75.76 เปอร์เซ็นต์) ใกล้เคียงกับแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักและแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล 2 เปอร์เซ็นต์ (64.21 และ 64.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) แต่สูงกว่าแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสด (55.02 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ณัฐฐา และคณะ (2551) ทำการศึกษาผลของระดับกากน้ำตาลในทางใบปาล์มน้ำมันหมักต่อปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ สมดุลไนโตรเจน และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน โดยใช้แพะลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ อายุ 2.7-2.8 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 35.1$\pm$1.6 กิโลกรัม จำนวน 4 ตัว วางแผนการทดลองแบบ 4×4 ลาตินสแควร์ (Latin Square Design) ให้แพะได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ แบบเต็มที่ (*ad libitum*) เสริมอาหารข้นในระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณอาหารที่กินได้ และสัมประสิทธิ์ย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลสของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) นอกจากนี้สมดุลไนโตรเจน ความเป็นกรด-ด่าง และความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน และกลูโคสในเลือดของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังนั้นการหมักทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 2-6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใช้กากน้ำตาล เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในแพะ

การใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส ในการประเมินพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ และอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

การศึกษาการย่อยได้ เป็นวิธีการที่สำคัญอันหนึ่งในการที่จะทำให้ทราบคุณค่าทางอาหารสัตว์นอกเหนือไปจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น และเป็นหนทางหนึ่งที่จะ

นำไปสู่การทราบค่าของอินทรียวัตถุและพลังงานที่สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งจำเป็นสำหรับการคำนวณสูตรอาหาร การหาการย่อยได้อาจทำได้หลายวิธี เช่น ศึกษาโดยตรงจากตัวสัตว์ (*In vivo*) ศึกษาแบบใช้ถุงทดลอง (*In sacco*) และศึกษาในหลอดทดลอง (*In vitro*) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการหาการย่อยได้โดยทดลองกับตัวสัตว์ เป็นงานที่สิ้นเปลืองแรงงานและค่าใช้จ่ายมาก จึงได้มีการศึกษาการย่อยได้ของอาหารในหลอดทดลอง โดยเลียนแบบปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในทางเดินอาหารของสัตว์ ซึ่งในกรณีของสัตว์กระเพาะเดี่ยวมักหาการย่อยของโปรตีนโดยใช้เอนไซม์เปปซิน (pepsin) และกรดเกลือมาย่อยเท่านั้น ผลที่ได้จากการศึกษาอาจแตกต่างจากการย่อยได้ในตัวสัตว์ไปบ้าง เพราะการย่อยได้ในตัวสัตว์เกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ย่อยโปรตีน (protease) หลายชนิดร่วมกัน ในกรณีของสัตว์เคี้ยวเอื้อง การหาการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการเป็นวิธีที่ได้รับความนิยม เนื่องจากช่วยประหยัดเวลา แรงงาน และค่าใช้จ่ายได้ดีกว่าการทดลองกับตัวสัตว์ นอกจากนี้ยังสามารถทำพร้อม ๆ กันได้ทีละหลายตัวอย่างในเวลาอันรวดเร็ว ผลที่ได้ถึงแม้จะมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้างเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีที่ทดลองกับตัวสัตว์ แต่ก็พอจะบอกคุณภาพอาหารได้ การศึกษาการย่อยได้ในสัตว์จึงเหมาะสำหรับการจัดลำดับอาหาร (ranking) หรือการคัดเลือกอาหาร (screening test) ให้เหลือน้อยชนิด ก่อนที่จะไปทำการทดลองกับตัวสัตว์ต่อไป (บุญล้อม, 2541) ในปัจจุบันการประเมินค่าการย่อยได้ในสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยวิธีใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส ถือได้ว่าเป็นเทคนิคที่มีความสำคัญและได้รับความนิยมมากกว่าการประเมินค่าการย่อยได้ในตัวสัตว์จริง (*In vivo* digestibility หรือ conventional digestion) และวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในอาหารสัตว์ (chemical analysis) ซึ่งวิธี (วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี) ดังกล่าวก็ไม่สามารถใช้เป็นข้อมูลที่ดีสำหรับการประเมินค่าการย่อยได้ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง

Menke และคณะ (1979) และ Menke และ Steingass (1988) ได้พัฒนาวิธีการ *In vitro* gas production techniques โดยการวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากการหมักโดยมีหลักการว่าปริมาณแก๊ส (คาร์บอนไดออกไซด์และมีเธน) ผลิตขึ้นจากการบ่ม (incubate) ตัวอย่างอาหารกับของเหลวจากกระเพาะรูเมน เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีสหสัมพันธ์กับการย่อยได้ในตัวสัตว์ และปริมาณแก๊สที่ผลิตขึ้นสามารถใช้คำนวณการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ วิธีการทำโดยบ่ม (incubate) ตัวอย่างอาหารกับของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่ได้ผสมกับสารละลายบัฟเฟอร์และแร่ธาตุ (rumen fluid-buffer media) และได้ปรับให้มีสภาพต่าง ๆ เหมาะสมแล้ว คือ ไร้ออกซิเจนและอุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส ใส่ตัวอย่างอาหารประมาณ 200 มิลลิกรัมวัตถุแห้ง และ media ดังกล่าวประมาณ 30 มิลลิลิตร ลงในหลอดไซริงค์ (syringe) ชนิดพิเศษ ซึ่งมีลักษณะคล้ายเข็มฉีดยาขนาดใหญ่ ปลายหลอดต่อกับท่อยางสั้น ๆ มีคลิป (clip) สำหรับปิด-เปิดเพื่อให้ของเหลวและอากาศผ่านเข้า-ออก แช่หลอดตัวอย่างในอ่างน้ำหรือตู้อบอุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8

และ 24 ชั่วโมง โดยสอดหลอดไว้ในแป้นหมุนเพื่อช่วยเขย่าตัวอย่างและของเหลวในหลอดให้เท่ากัน เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนด อ่านปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น แล้วนำค่าที่ได้มาแทนในสมการ จะทราบค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (digestible organic matter, DOM) และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้

ทรงศักดิ์ และคณะ (2548) ทำการประเมินคุณค่าทางโภชนะอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยวิธีผลผลิตแก๊สในหลอดทดลอง (*in vivo* gas production technique) ของวัตถุดิบแหล่งอาหารพลังงาน ใช้ของเหลวจากกระเพาะหมักจากโคเนื้อเพศผู้ตอนพันธุ์ลูกผสมบราห์มันพื้นเมืองเจาะกระเพาะ เป็นแหล่งจุลินทรีย์ในหลอดทดลอง โดยมีวัตถุดิบอาหาร 5 ชนิด ประกอบไปด้วย ข้าวโพดบด มันเส้น ปลายข้าว รำละเอียดและ รำหยาบ พบว่า ลักษณะรูปแบบการผลิตแก๊สของวัตถุดิบแหล่งพลังงานในกระเพาะหมัก จลศาสตร์การย่อยสลายของวัตถุดิบอาหารพลังงานมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยพบว่าค่า a ของรำหยาบมีค่าสูงที่สุดรองลงมา คือ รำละเอียด ข้าวโพดบด ปลายข้าว และมันเส้น มีค่าเท่ากับ -3.39, -21.17, -32.33, -34.02 และ -50.98 ตามลำดับ ส่วนค่า b ของวัตถุดิบอาหารแต่ละชนิดก็มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยค่า b ของมันเส้นมีค่าสูงที่สุด รองลงมา คือ ปลายข้าว ข้าวโพดบด รำละเอียด และรำหยาบ มีค่าเท่ากับ 150.98, 134.02, 132.39, 119.09 และ 62.66 ตามลำดับ ค่า c มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยพบว่าค่า c ของมันเส้นมีค่าสูงที่สุด รองลงมา คือข้าวโพดบด รำละเอียด ปลายข้าว และรำหยาบ ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 0.185, 0.12, 0.11, 0.08 และ 0.01 จากผลการย่อยได้แสดงว่ามันเส้นมีอัตราการผลิตแก๊สที่เร็วที่สุดในกลุ่มอาหารพลังงานด้วยกัน ซึ่งสอดคลองกับค่าอัตราการย่อยสลายที่วัดด้วยเทคนิคถุงไนล่อนที่ทำการทดลองโดย Chunjula และคณะ (2003) พบว่า มันเส้นมีอัตราการย่อยสลายในกระเพาะหมักสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งพลังงานอื่น ๆ นอกจากนั้นยังสอดคล้องกับ พีรพจน์ และกฤตพล (2546) ซึ่งพบว่า ค่า c ของมันเส้นจากการประเมินโดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊สมีค่าสูงกว่าข้าวโพดบดและปลายข้าวอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ส่วนปริมาณแก๊สสะสมที่เกิดขึ้นจากการหมักในชั่วโมงที่ 24, 48 และ 96 พบว่าปริมาณแก๊สสะสมในชั่วโมงที่ 24 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยพบว่าปริมาณแก๊สสะสมของมันเส้นมีค่าสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ ข้าวโพดบด ปลายข้าว รำละเอียด และรำหยาบ โดยมีค่าเท่ากับ 150.38, 123.0, 97.0, 91.88 และ 45.75 ตามลำดับ นอกจากนั้นปริมาณแก๊สสะสมที่ชั่วโมงที่ 48 และ ชั่วโมงที่ 96 ก็ให้ผลที่มีรูปแบบและทิศทางเช่นเดียวกับชั่วโมงที่ 24

อัจฉรา และคณะ (2550) ทำการประเมินคุณภาพยอดอ้อยหมักในกลุ่มที่มีการใช้สารเสริมกับกลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริมโดยวิธีการเทคนิคผลผลิตแก๊ส โดยใช้ของเหลวจากกระเพาะ

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

Gosselink และคณะ (2004) ทำการประเมินการย่อยได้อินทรียวัตถุของอาหารสัตว์โดยเปรียบเทียบวิธีที่ใช้ในการประเมินที่ต่างกัน คือ *In situ*, *In vivo*, Pepsin cellulase, Tilley and Terry และ Gas production technique ในแกะ ซึ่งผลจากการศึกษาสรุปว่า การย่อยได้ของอินทรียวัตถุของวัตถุดิบทั้ง 5 วิธี มีค่าใกล้เคียงกัน

ณัฐฐา (2552) ประเมินการย่อยได้และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊สของทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ อายุ 2.7-2.8 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 36.5$\pm$0.6 กิโลกรัม จำนวน 4 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ผลการศึกษาพบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ มีค่าจลศาสตร์การผลิตแก๊สไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าจุดตัดบนแกน y (a) เท่ากับ 1.02, -0.15, 0.87 และ 0.91 มิลลิลิตร ค่าปริมาณแก๊ส ณ จุดที่เส้นกราฟราบเรียบ (b) เท่ากับ 21.55, 24.78, 22.23 และ 25.97 มิลลิลิตร ค่าอัตราการผลิตแก๊ส (c) เท่ากับ 0.07, 0.07, 0.07 และ 0.08 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง และค่าศักยภาพในการผลิตแก๊ส (d) เท่ากับ 22.57, 25.34, 23.35 และ 27.32 มิลลิลิตร ตามลำดับ สำหรับค่าอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 32.30,

33.42, 32.93 และ 36.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (P>0.05) และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลทั้ง 4 ทรีทเมนต์ เท่ากับ 4.75, 4.93, 4.86 และ 5.33 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ (P>0.05)

บทที่ 3

การทดลองที่ 1

การประเมินจลนพลศาสตร์การย่อยสลายและพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมักโดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส

บทนำ

การทำทางใบปาล์มหมักเป็นการเก็บรักษาพืชอาหารสัตว์ในรูปแบบการหมัก โดยอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ทำให้สามารถเก็บรักษาคุณภาพของทางใบปาล์มหมัก ดังนั้นก่อนจะนำพืชอาหารสัตว์มาเลี้ยงสัตว์ จำเป็นต้องทราบคุณค่าทางโภชนะและการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ซึ่งการใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถประเมินจลนพลศาสตร์การย่อยสลายของอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง อีกทั้งยังสามารถนำค่าปริมาณแก๊สที่ได้จากการทดลองมาคำนวณค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร (Menke *et al.,* 1979; Menke and Steingass, 1988) ซึ่งเป็นค่าพลังงานที่สัตว์นำไปใช้เพื่อการดำรงชีพและสร้างผลผลิต ทั้งนี้การใช้เทคนิคผลผลิตแก๊สเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่เหมาะสำหรับการจัดลำดับวัตถุดิบหรือพืชอาหารสัตว์หรือการคัดเลือกอาหารสัตว์เพื่อนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการประเมินจลนพลศาสตร์การย่อยสลายและพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมักโดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำทางใบปาล์มน้ำมันมาพัฒนาเพื่อใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องสำหรับประเทศไทยต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาจลนพลศาสตร์การย่อยสลายของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก
2. เพื่อประเมินพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

วัสดุและอุปกรณ์

1. โคพื้นเมืองไทย เพศผู้ อายุ 2.7-2.8 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 280±5.0 กิโลกรัม จำนวน 4 ตัว

2. อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน ได้แก่ ถุงพลาสติก กระติกน้ำ ผ้าขาวบางสำหรับกรองของเหลวจากกระเพาะรูเมน บิกเกอร์ เทอร์โมมิเตอร์และ pH electrode

3. อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการทดลอง ได้แก่ ขวดวัคซีนขนาด 50 มิลลิลิตร จุกยางอลูมิเนียมฟลอยด์ กระบอกฉีดยาแก้วขนาด 50 มิลลิลิตร กระบอกฉีดยาพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร เข็มฉีดยาพลาสติกเบอร์ 18 สายยางพลาสติก เข็มฉีดยาเหล็กเบอร์ 18 และ พาราฟิล์ม (parafilm)

4. ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก

5. สารเคมีที่ใช้ในการประเมินจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊ส และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์โดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊สตามวิธีการ ที่ดัดแปลง Menke และ Steingass (1988) ได้แก่

5.1 สารละลายแร่ธาตุหลัก (macromineral solution) ประกอบด้วย Na_2HPO_4 5.7 กรัม KH_2PO_4 6.2 กรัม และ $MgSO_4$ 0.6 กรัม และเติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

5.2 สารละลายแร่ธาตุรอง (micromineral solution) ประกอบด้วย $CaCl_2$ x $2H_2O$ 13.2 กรัม $MnCl_2$ x $4H_2O$ 10.0 กรัม $CoCl_2$ x $6H_2O$ 1.0 กรัม และ $FeCl_2$ x $6H_2O$ 0.8 กรัม และเติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

5.3 สารละลายบัฟเฟอร์ (buffer solution) ประกอบด้วย $NaHCO_3$ 35.0 กรัม และ $(NH_4)HCO_3$ 4.0 กรัม และเติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

5.4 สารละลายรีซาซูริน (resazurin aqueous) ประกอบด้วย รีซาซูริน 100.0 มิลลิกรัม และเติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร

5.5 สารละลายสำหรับไล่ออกซิเจน ประกอบด้วย น้ำกลั่น 47.5 มิลลิลิตร NaOH ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 2.0 มิลลิลิตร และ Na_2S_9 x H_2O 336.0 มิลลิกรัม

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมอาหารทดลอง

ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันที่ตัดออกระหว่างเก็บเกี่ยวทลายปาล์มน้ำมัน จากต้นปาล์มน้ำมันที่มีอายุประมาณ 5 ปี ณ สถานีวิจัยและฝึกภาคสนามคลองหอยโข่ง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ตัดส่วนก้านที่มีหนามออกนำมาสับด้วยเครื่องสับหญ้าเพื่อให้มีขนาดเล็กประมาณ 1-2 เซนติเมตร แล้วนำมาหมักกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ในถังพลาสติกขนาด 100 ลิตร อัดให้แน่นและปิดฝาให้สนิท ใช้ระยะเวลาในการหมักประมาณ 1 เดือน

2. การเตรียมสัตว์ทดลอง

ใช้โคพื้นเมืองไทย เพศผู้ ที่ได้รับการผ่าตัดติดฝาปิดเปิดผนังกระเพาะรูเมน (rumen fistulated animal) อายุ 2.7-2.8 ปีและมีน้ำหนักเฉลี่ย 280$\pm$5.0 กิโลกรัม จำนวน 4 ตัว มีสุขภาพสมบูรณ์ แข็งแรง โคทดลองทุกตัวถูกเลี้ยงในคอกขังเดี่ยว ในช่วงปรับตัวสัตว์ก่อนเข้าการทดลองโคทดลองทุกตัวได้รับการฉีดวัคซีนเพื่อป้องกันโรคติดต่อที่สำคัญได้แก่ วัคซีนโรคคอบวม และโรคปากเท้าเปื่อย ถ่ายพยาธิภายในโดยใช้ยาถ่ายพยาธิอัลเบนดาโซล (albendazole) อัตราการใช้ยา 1 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 10 กิโลกรัม กรอกให้กินทางปาก และฉีดวิตามินเอ วิตามินดี และวิตามินอี อัตรา 2 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 100 กิโลกรัม ให้โคพื้นเมืองได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งแบบเต็มที่ เสริมด้วยอาหารข้นซึ่งประกอบด้วย ข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน เป็นองค์ประกอบพื้นฐานในปริมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว

3. การวางแผนและวิธีการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) โดยมีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก 4 ชนิด เป็นปัจจัยในการทดลอง คือ 1. ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก 2. ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก 3. ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก และ

4. ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมักมีจำนวนซ้ำในแต่ละปัจจัยการทดลองจำนวน 6 ซ้ำ

4. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่าง ๆ เป็นสารเสริมการหมัก โดยวิเคราะห์ วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม เยื่อใยรวม และเถ้า ใช้วิธี Proximate analysis (AOAC, 1990) และการวิเคราะห์ผนังเซลล์ ลิกโน-เซลลูโลส และลิกนิน ดัดแปลงจากวิธี Detergent method ของ Goering และ Van Soest (1970)

5. การศึกษาจลนพลศาสตร์การย่อยสลาย

ศึกษาจลนพลศาสตร์การย่อยสลายของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่าง ๆ เป็นสารเสริมการหมัก ซึ่งดัดแปลงจากวิธีการของ Menke และ Steingass (1988) โดยใช้ของเหลวจากกระเพาะรูเมน (rumen fluid) ของโคทดลองโดยมีวิธีการดังนี้

5.1. ชั่งตัวอย่างทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่าง ๆ เป็นสารเสริมการหมัก ที่อบที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร ปริมาณ 0.3 กรัม ใส่ขวดวัคซีน ขนาด 50 มิลลิลิตร ปิดด้วยจุกยางให้สนิท

5.2. เตรียมสารละลายน้ำลายเทียมปริมาตร 1,009.32 มิลลิลิตร โดยการเติมน้ำกลั่น 480 มิลลิลิตร แร่ธาตุหลัก 240 มิลลิลิตร แร่ธาตุรอง 0.12 มิลลิลิตร สารละลายบัฟเฟอร์ 240 มิลลิลิตร และสารละลายรีซาซูริน 1.2 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ (flask) ขนาด 2,000 มิลลิลิตร ที่ต่อท่อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อไล่แก๊สออกซิเจนออกแล้วนำไปอุ่นที่อุณหภูมิ 39 องศา-เซลเซียส โดยใช้ เครื่องกวนคลื่นแม่เหล็ก (magnetic stirrer) กวนตลอดเวลา จากนั้นเติมสารละลายสำหรับไล่แก๊สออกซิเจน 48 มิลลิลิตร จนสารละลายน้ำลายเทียมเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีชมพู ซึ่งแสดงว่าสารละลายดังกล่าวอยู่ในสภาวะไร้แก๊สออกซิเจน

5.3. เก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทดลองทั้ง 4 ตัว โดยเก็บตัวละ 250 มิลลิลิตร นำมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่างทันที โดยใช้ pH electrode (MP. 125 LE 413 Mettler Toleds AG.) นำของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองไทยทั้ง 4 ตัว มาผสมรวมกันแช่ในน้ำอุ่นที่มีอุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส เพื่อให้อุณหภูมิของเหลวจากกระเพาะรูเมนคงที่ จากนั้น

กรองผ่านผ้าขาวบาง 1 ชั้น แล้วนำมาผสมกับสารละลายน้ำลายเทียมในสัดส่วนของสารละลายน้ำลายเทียมต่อตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนเท่ากับ 2 : 1

5.4. ใช้กระบอกฉีดยาพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร ดูดสารละลายผสมของน้ำลายเทียมและของเหลวจากกระเพาะรูเมนปริมาตร 30 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัคซีนที่บรรจุตัวอย่างทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่าง ๆ เป็นสารเสริมการหมัก แล้วนำปลายเข็มเหล็กที่ติดกับสายยางบรรจุแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ปักลงในขวดตัวอย่างเพื่อไล่แก๊สออกซิเจนออกจากขวดตัวอย่าง จากนั้นนำเข้าบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส เพื่อทำการวัดปริมาณแก๊ส

5.5. วัดและจดบันทึกปริมาณของแก๊สที่เกิดขึ้น โดยใน 12 ชั่วโมงแรกของการบ่ม บันทึกผลทุกๆ 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นบันทึกผลทุกๆ 3 ชั่วโมง จนถึงชั่วโมงที่ 24 จากนั้นบันทึกผลทุกๆ 6 ชั่วโมง จนถึงชั่วโมงที่ 72 และสุดท้ายทำการบันทึกผลที่ชั่วโมงที่ 96 นำค่าผลผลิตแก๊สที่ได้มาหาค่าคงที่ a, b และ c โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป fit curve เพื่ออธิบายจลนพลศาสตร์ของการย่อยสลาย ตามแบบจำลองสมการของ Ørskov และ McDonald (1979) ดังนี้

$$y = a + b\,[(1 - \mathrm{Exp}^{(-ct)}]$$

เมื่อ y = ผลผลิตแก๊สที่เกิดขึ้น ณ เวลา t

a = จุดตัดแกน y

b = ค่าปริมาตรแก๊ส ณ จุดที่เส้นกราฟราบเรียบ (Asymtote)

c = อัตราการผลิตแก๊ส

Exp = exponential

หลังจากนั้นนำค่า a และ b ที่ได้จากสมการนี้ไปประเมินค่าศักยภาพในการผลิตแก๊ส (d) จากสมการ $d = |a| + b$

ซึ่งค่า a เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการย่อยสลายองค์ประกอบที่สามารถละลายน้ำได้ ยังจำเป็นต้องใช้ค่า |a| เพื่อบ่งบอกว่าวัตถุดิบตัวใดมีส่วนที่ละลายน้ำได้สูงที่สุด มีหน่วยเป็น มิลลิลิตร (ทรงศักดิ์ และคณะ, 2548)

ค่า b เป็นค่าที่บ่งบอกถึงศักยภาพในการย่อยสลายของอาหาร หากวัตถุดิบมีค่า b สูง แสดงว่ามีส่วนที่มีศักยภาพในการย่อยสลายได้สูง เนื่องจากปริมาณแก๊สที่ผลิตได้มีความสัมพันธ์กันโดยตรงกับการย่อยสลายได้ของวัตถุดิบ มีหน่วยเป็น มิลลิลิตร (Menke *et al.*, 1979; Menke and Steingass, 1988)

ค่า c หมายถึง อัตราการผลิตแก๊สโดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการหมัก มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง

5.6. ประเมินค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizable energy, ME) ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักแต่ละทรีทเมนต์ จากผลผลิตแก๊สที่ชั่วโมงที่ 24 ตามสมการทำนายค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของ Menke และคณะ (1979) ดังนี้

$$ME\ (MJ/kg\ DM) = 2.20 + (0.136 \times Gv) + (0.0057 \times \%CP) + (0.00029 \times \%EE^2)$$

โดย Gv = ปริมาณแก๊สสุทธิที่เกิดขึ้นใน 24 ชั่วโมง (มิลลิลิตรต่อน้ำหนักทางใบ-ปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้ทดลอง) คำนวณจากสมการดังนี้

$$Gv\ (ml) = \frac{(V24 - Vo - GPo) \times 200 \times [(Fh + Fc)/2]}{W}$$

เมื่อ Vo = ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นก่อนบ่ม

V24 = ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นที่ชั่วโมงที่ 24

GPo = ค่าเฉลี่ยของแก๊สที่เกิดขึ้นในหลอด blank ที่ชั่วโมงที่ 24

Fh = 44.16/ (GPh – GPo) ; roughage correction factor

Fc = 62.6/ (GPc – GPo) ; concentrate correction factor

GPh = ค่าคงที่ของอาหารหยาบมีค่าเท่ากับ 47

GPc = ค่าคงที่ของอาหารข้นมีค่าเท่ากับ 68

W = น้ำหนักตัวอย่างเป็นมิลลิกรัมวัตถุแห้ง

CP = โปรตีนรวมของทางใบปาล์มน้ำมันหมักในแต่ละทรีทเมนต์ (เปอร์เซ็นต์)

EE = ไขมันรวมของทางใบปาล์มน้ำมันหมักในแต่ละทรีทเมนต์ (เปอร์เซ็นต์)

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำค่าจลนพลศาสตร์การย่อยสลาย และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของทางใบ-ปาล์มน้ำมันหมักแต่ละทรีทเมนต์ มาวิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1981)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก

ตารางที่ 3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก มีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกัน คือ ประกอบด้วยวัตถุแห้ง 92.08-92.33 เปอร์เซ็นต์และเมื่อคิดองค์ประกอบทางเคมีบนฐานวัตถุแห้ง พบว่า ประกอบด้วยอินทรียวัตถุ 89.18-90.38 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 7.86-7.93 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 2.48-2.97 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 9.62-10.82 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม 40.59-44.46 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 62.56-66.99 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 52.49-55.56 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน 24.13-26.35 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 10.07-11.43 เปอร์เซ็นต์ และเซลลูโลส 26.14-30.58 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง) ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก

องค์ประกอบทางเคมี	ระดับกากน้ำตาล (เปอร์เซ็นต์)			
	0	**2**	**4**	**6**
วัตถุแห้ง (สภาพสด)	38.58	39.4	39.57	39.36
วัตถุแห้ง	92.2	92.16	92.08	92.33
อินทรียวัตถุ	89.27	90.38	90.25	89.18
โปรตีนรวม	7.86	7.88	7.93	7.92
ไขมันรวม	2.97	2.55	2.48	2.77
เถ้า	10.73	9.62	9.75	10.82
เยื่อใยรวม	43.31	44.46	41.76	40.59
ผนังเซลล์	66.99	65.42	64.18	62.56
ลิกโนเซลลูโลส	55.56	54.71	53.74	52.49
ลิกนิน	25.51	24.13	26.35	26.35
เฮมิเซลลูโลส[1/]	11.43	10.71	10.45	10.07
เซลลูโลส[2/]	30.04	30.58	27.38	26.14

[1/]เฮมิเซลลูโลส = ผนังเซลล์-ลิกโนเซลลูโลส

[2/]เซลลูโลส = ลิกโนเซลลูโลส-ลิกนิน

ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ ประดิษฐ์ และคณะ (2551) ที่รายงานว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล 2 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีนรวม 7.25 และ 7.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไขมัน 3.85 และ 2.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เถ้า 8.18 และ 8.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผนังเซลล์ 59.23 และ 61.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ ลิกโนเซลลูโลส 49.12 และ 50.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ ขวัญดาว และคณะ (2549) รายงานว่า ทางใบ-ปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล 6 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีนรวม 5.46 และ 6.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไขมันรวม 3.03 และ 2.76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เถ้า 12.29 และ 11.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผนังเซลล์ 60.65 และ 59.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ลิกโนเซลลูโลส 53.71 และ 55.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และลิกนิน 44.92 และ 49.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

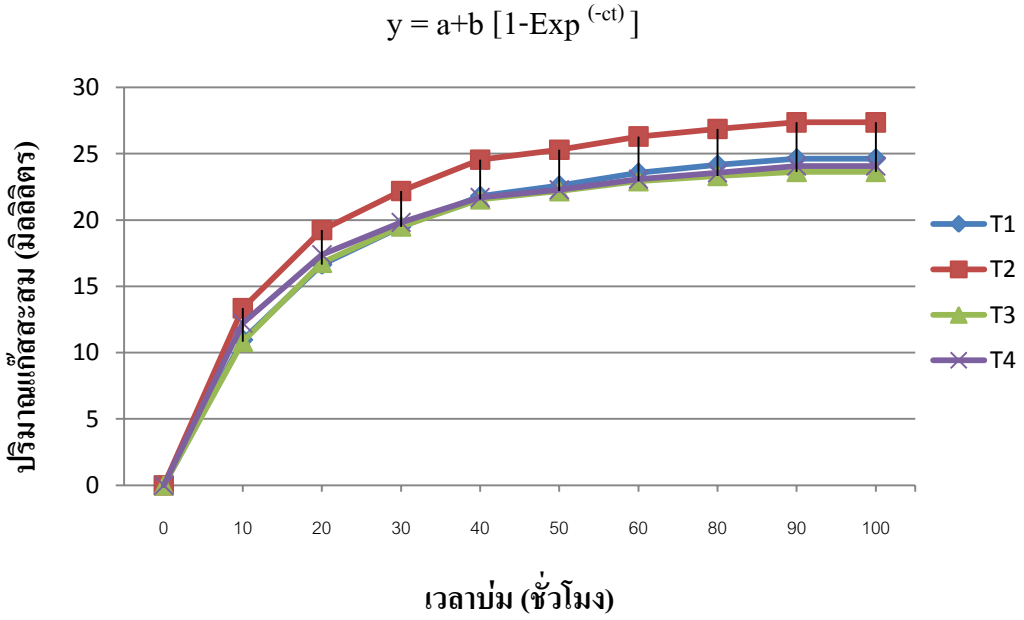
จลนพลศาสตร์การย่อยสลายของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก

ปริมาณแก๊สสะสมที่ผลิตได้ (y) ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก ซึ่งประเมินจากสมการ $y = a+b\ [1-Exp^{(-ct)}]$ (ภาพที่ 5) พบว่า ทาง-ใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก มีปริมาณแก๊สสะสมที่ผลิตได้สูงที่สุด รองลงมาคือทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก ตามลำดับ

สำหรับจลนพลศาสตร์การย่อยสลายของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก (ตารางที่ 4) พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักทั้ง 4 ทรีทเมนต์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยทาง-ใบปาล์มน้ำมันหมักทรีทเมนต์ที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่า a เท่ากับ 3.29, 4.28, 3.09 และ 3.74 มิลลิลิตร ตามลำดับ ค่า b เท่ากับ 25.31, 23.39, 22.85 และ 21.95 มิลลิลิตร ตามลำดับ ค่า c มีค่าเท่ากับ 0.05, 0.05, 0.06 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง ตามลำดับ และค่า d มีค่าเท่ากับ 28.61, 27.66, 26.12 และ 25.69 มิลลิลิตร ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของณัฐฐา (2552) ที่ใช้เทคนิคผลผลิตแก๊สประเมินการย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลระดับต่างๆ โดยใช้ของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ และพบว่า จลนพลศาสตร์การย่อยสลายของทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

สำหรับปริมาณแก๊สสะสมที่เกิดขึ้นจากการหมักในชั่วโมงที่ 24, 48 และ 96 พบว่า ปริมาณแก๊สสะสมในชั่วโมงต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยทางใบปาล์มน้ำมัน

หมักทรีทเมนต์ที่ 2 มีปริมาณแก๊สสะสมในชั่วโมงที่ 24 สูงสุด รองลงมา คือ ทรีทเมนต์ที่ 4 , 3 และ 1 ตามลำดับ นอกจากนั้นปริมาณแก๊สสะสมชั่วโมงที่ 48 และ 96 มีรูปแบบและทิศทางเช่นเดียวกับในชั่วโมงที่ 24



ภาพที่ 5 ปริมาณแก๊สสะสมที่ผลิตได้ (มิลลิลิตรต่อตัวอย่าง 0.3 กรัม ของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก) ที่ประเมินจากสมการ $y = a+b [1-Exp^{(-ct)}]$ ที่เกิดขึ้นตลอด 96 ชั่วโมง

ตารางที่ 4. คุณลักษณะการผลิตแก๊ส ปริมาณแก๊สที่สะสม และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่าง ๆ เป็นสารเสริมการหมัก

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับกากน้ำตาล (เปอร์เซ็นต์) (%)				SEM
	0	2	4	6	
ลักษณะรูปแบบการผลิตแก๊ส					
a (มิลลิลิตร)	3.29	4.28	3.09	3.74	0.59
b (มิลลิลิตร)	25.31	23.39	22.85	21.95	2.03
c (% / ชั่วโมง)	0.05	0.05	0.06	0.05	0.01
d (มิลลิลิตร)	28.61	27.66	26.12	25.69	2.09

ตารางที่ 4. คุณลักษณะการผลิตแก๊ส ปริมาณแก๊สที่สะสม และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่าง ๆ เป็นสารเสริมการหมัก (ต่อ)

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับกากน้ำตาล (เปอร์เซ็นต์) (%)				SEM
	0	2	4	6	
ปริมาณผลผลิตแก๊ส (มิลลิลิตรต่อ 0.3 กรัม)					
24 ชั่วโมง	17.78	20.38	17.84	18.33	2.59
48 ชั่วโมง	22.60	25.30	22.18	22.29	2.97
96 ชั่วโมง	24.63	27.36	23.63	24.06	2.92
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (เมกกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง)	4.67	5.02	4.67	4.74	0.06

ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก

เมื่อพิจารณาผลการประเมินค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ จากผลผลิตแก๊สชั่วโมงที่ 24 พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักทั้ง 4 ทรีทเมนต์ มีค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (4.67, 5.02, 4.67 และ 4.74 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) และมีค่าใกล้เคียงกับค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ ที่รายงานโดย Abu Hassan *et al*. (1994) (5.65 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง) Wan Zahari และ Alimon (2003) (4.90 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง) และ Mohd Sukri (2003) (4.90 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง) และสอดคล้องกับการศึกษาของณัฐฐา (2552) ที่ศึกษาการประเมินการย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลระดับต่างๆ โดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส และพบว่า พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 4.73, 4.94, 4.81 และ 5.22 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุ-แห้ง ตามลำดับ

สรุป

จากการศึกษาจลนพลศาสตร์การย่อยสลาย และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลระดับต่าง ๆ เป็นสารเสริมการหมัก ด้วยเทคนิคผลผลิตแก๊ส

โดยใช้ของเหลวจากกระเพาะรูเมนจากโคพื้นเมืองไทย เป็นแหล่งของจุลินทรีย์ในหลอดทดลอง พบว่า การใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่าง ๆ เป็นสารเสริมการหมัก ไม่มีผลทำให้จลนพลศาสตร์การย่อยสลายและพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของทางใบปาล์มน้ำมันแตกต่างกัน

บทที่ 4

การทดลองที่ 2

ผลการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมักต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะและกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองไทย

บทนำ

ปัจจุบันในประเทศไทยมีการปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มมากขึ้น เพราะฉะนั้นทางใบปาล์มน้ำมันซึ่งเป็นผลพลอยได้จากปาล์มน้ำมันที่เกษตรกรตัดทิ้งก่อนเก็บทลายสามารถนำมาเป็นอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ แต่การนำทางใบปาล์มน้ำมันมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง ควรจะต้องผ่านการปรับปรุงคุณภาพเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนะ และเพิ่มการย่อยได้ของโภชนะของสัตว์ เช่น เสริมแหล่งไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non-protein nitrogen; NPN) หรือเสริมด้วยคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่าย (soluble carbohydrate) (Dahlan, 1996; Islam *et al.*, 1998) เป็นต้น การแปรรูปทางใบปาล์มน้ำมันในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก หรือทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ด เป็นอีกทางหนึ่งที่สามารถช่วยเพิ่มปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ของโภชนะในสัตว์ ซึ่งจากผลการประเมินจลนพลศาสตร์การย่อยสลายและพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก โดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส (การทดลองที่ 1) พบว่า การหมักทาง-ใบปาล์มน้ำมันที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ คือ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมักไม่มีผลต่อองค์ประกอบของโภชนะ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ อย่างไรก็ตาม การใช้ประโยชน์ของอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง เกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ปริมาณอาหารที่สัตว์ได้รับ ปริมาณเยื่อใยและลิกนินที่มีอยู่ในอาหาร ชนิดของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ความน่ากินของอาหาร เป็นต้น (เทอดชัย, 2540) ดังนั้นจึงทำการศึกษาผลการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลระดับต่าง ๆ เป็นสารเสริมการหมัก ต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะและกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองไทย เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการนำทางใบปาล์มน้ำมันหมักไปพัฒนาเป็นอาหารหยาบสำหรับโคต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก ต่อปริมาณการกินได้ การใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ และสมดุลไนโตรเจนของโคพื้นเมืองไทย

2. เพื่อศึกษาผลของการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก ต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองไทย

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

วัสดุและอุปกรณ์

1. โคพื้นเมืองไทย เพศผู้ อายุประมาณ 2.7-2.8 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 280$\pm$5.0 กิโลกรัม จำนวน 4 ตัว
2. โรงเรือนโคพื้นเมืองไทยและคอกเดี่ยวสำหรับการทดลองหาการย่อยได้ในตัวสัตว์ รางอาหาร และภาชนะใส่น้ำ
3. ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมในการหมัก
4. วัตถุดิบอาหารสัตว์ ได้แก่ ข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม-น้ำมัน เกลือ และไดแคลเซียมฟอสเฟต
5. แร่ธาตุก้อน (Boslic-red) ของ บริษัท ขวัญเกษตร
6. ยาถ่ายพยาธิอัลเบนดาโซล (Valbazen® บริษัท Better Pharma co., Ltd.)
7. เครื่องชั่งอาหาร
8. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างมูลและปัสสาวะ ได้แก่ ถุงพลาสติกรองรับมูล ถังพลาสติกรองรับปัสสาวะ ถุงพลาสติกใส ยาง ผ้าขาวบางสำหรับกรองน้ำปัสสาวะ ขวดพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่างปัสสาวะ และเครื่องชั่ง เป็นต้น
9. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างอาหารข้นและอาหารหยาบ ได้แก่ ถุงกระดาษ ถุงพลาสติกใส และยาง เป็นต้น

10. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างเลือด ได้แก่ เข็มฉีดยา สำลี ถุงมือ กระบอกฉีดยาพลาสติกปริมาตร 4 มิลลิลิตร และ แอลกอฮอล์ เป็นต้น

11. สารเคมีและอุปกรณ์ในการวิเคราะห์กรดไขมันที่ระเหยง่ายในของเหลวจากกระเพาะรูเมน

12. สารเคมีและอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยวิธีประมาณ (Proximate analysis)

13. สารเคมีและอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยวิธี Detergent method

14. ตู้อบ (hot air oven)

15. เครื่องบด (willy mill)

16. เครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge)

17. อุปกรณ์ทำความสะอาดคอก ได้แก่ ไม้กวาด และแปรงถูพื้น เป็นต้น

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมสัตว์ทดลอง

ใช้โคพื้นเมืองไทยที่ได้รับการผ่าตัดติดฝาปิดเปิดผนังกระเพาะรูเมน (rumen fistulated animal) เพศผู้ อายุ 2.7-2.8 ปีและมีน้ำหนักเฉลี่ย 280±5.0 กิโลกรัม จำนวน 4 ตัว มีสุขภาพสมบูรณ์ แข็งแรง โคทดลองทุกตัวถูกเลี้ยงในคอกขังเดี่ยว ในช่วงปรับสัตว์ก่อนเข้าการทดลอง โคทดลองทุกตัวได้รับการฉีดวัคซีนเพื่อป้องกันโรคติดต่อที่สำคัญได้แก่ วัคซีนโรคคอบวม และโรคปากเท้าเปื่อย ถ่ายพยาธิภายในโดยใช้ยาถ่ายพยาธิอัลเบนดาโซล (albendazole) อัตราการใช้ยา 1 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 10 กิโลกรัม โดยการกรอกให้กินทางปาก และฉีดวิตามินเอ วิตามินดี และวิตามินอี อัตรา 2 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 100 กิโลกรัม

2. อาหารและการเตรียมอาหารทดลอง

อาหารหยาบ ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันที่ตัดออกระหว่างเก็บทลายปาล์มน้ำมันจากต้นปาล์มน้ำมันที่มีอายุประมาณ 5 ปี ณ สถานีวิจัยและฝึกภาคสนามคลองหอยโข่ง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ตัดส่วนก้านที่มีหนามออกนำมาสับด้วย

เครื่องสับหญ้าเพื่อให้มีขนาดเล็กประมาณ 1-2 เซนติเมตร แล้วนำมาหมักกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ในถังพลาสติกขนาด 100 ลิตร อัดให้แน่นและปิดฝาให้สนิท ใช้ระยะเวลาในการหมักประมาณ 1 เดือน

อาหารข้น ใช้อาหารข้นที่ประกอบด้วย ข้าวโพดบด กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน และกากถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบพื้นฐาน (ตารางที่ 5) โดยสูตรอาหารมีโปรตีนรวม 15.03 เปอร์เซ็นต์ และโภชนะที่ย่อยได้รวม 67.62 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 5 สัดส่วนของวัตถุดิบ (เปอร์เซ็นต์ในสภาพให้สัตว์กิน) ที่ใช้ประกอบสูตรอาหารข้น และคุณค่าทางโภชนะ (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)

วัตถุดิบอาหาร	**เปอร์เซ็นต์**
ข้าวโพดบด	47.00
กากถั่วเหลือง	12.00
กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน	37.50
เกลือ	2.00
ไดแคลเซียมฟอสเฟต	0.50
เปลือกหอยป่น	1.00
รวม	100.00
คุณค่าทางโภชนะ[1/]	
โปรตีนรวม	15.03
โภชนะที่ย่อยได้รวม	67.62

[1/] คำนวณจากตารางคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์ของกรมปศุสัตว์ (2547)

3. การวางแผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบ 4x4 ลาตินสแควร์ (4x4 Latin Square Design) โดยมีกลุ่มทดลองหรือทรีทเมนต์ (treatment) ดังนี้

ทรีทเมนต์ที่ 1 ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์เป็นสารเสริมการหมัก

ทรีทเมนต์ที่ 2 ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์เป็นสารเสริมการหมัก

ทรีทเมนต์ที่ 3 ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์เป็นสารเสริมการหมัก

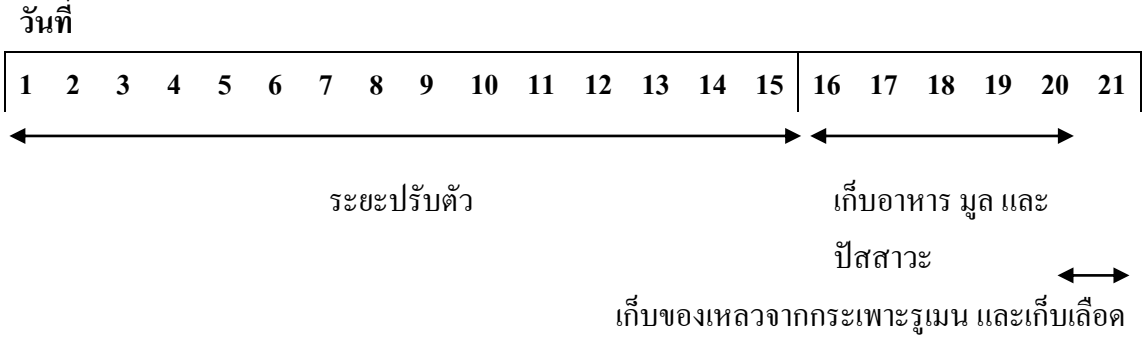
ทรีทเมนต์ที่ 4 ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 6 เปอร์เซ็นต์เป็นสารเสริมการหมัก

โดยสุ่มให้โคแต่ละตัวได้รับอาหารตามที่กำหนด ในการทดลองได้แบ่งระยะเวลาการทดลองออกเป็น 4 ช่วงการทดลอง (period) แต่ละช่วงการทดลองใช้เวลาทั้งหมด 21 วัน ประกอบด้วย ระยะปรับตัวสัตว์ (adaptation period) 15 วัน และระยะเก็บตัวอย่าง (sample collection period) 6 วัน รวมระยะเวลาทั้งหมด 84 วัน แผนผังการทดลองและการเก็บตัวอย่าง แสดงดังตารางที่ 6 และภาพที่ 6

ตารางที่ 6 แผนผังการทดลอง

ระยะเวลาของการสลับอาหารทดลอง	**โคพื้นเมืองทดลอง**			
	1	**2**	**3**	**4**
ระยะที่ 1	A	B	C	D
ระยะที่ 2	B	C	D	A
ระยะที่ 3	C	D	A	B
ระยะที่ 4	D	A	B	C

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษ A, B, C และ D คือ อาหารทดลองทรีทเมนต์ที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ



ภาพที่ 6 ระยะการทดลองและเก็บตัวอย่าง

4. วิธีการทดลอง การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

4.1 ระยะปรับตัว (adaptation period) เป็นช่วงที่ฝึกให้สัตว์มีความคุ้นเคยกับสภาพการทดลอง และอาหารก่อนเข้าสู่การทดลองจริง ใช้ระยะเวลา 15 วัน ทำการสุ่มสัตว์ทดลองตามแผนการทดลองแบบ 4 X 4 ลาตินสแควร์ โดยโคแต่ละตัวอยู่ในคอกขังเดี่ยว มีรางอาหาร และที่ให้น้ำอยู่ด้านหน้า มีน้ำดื่มตลอดเวลา ให้โคได้รับอาหารวันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 08.00 นาฬิกา และ 16.00 นาฬิกา โดยให้อาหารข้นคิดเป็นวัตถุแห้งในปริมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ก่อนให้อาหารหยาบแบบเต็มที่ (*ad libitum*) ทำการวัดปริมาณอาหารที่กินได้ในแต่ละวัน (voluntary feed intake) โดยชั่งอาหารที่ให้กิน และอาหารที่เหลือทั้งในช่วงเช้า และช่วงเย็นของทุกวัน

4.2 ระยะเก็บข้อมูล ใช้เวลา 6 วัน ให้โคได้รับอาหารตามทรีทเมนต์ที่กำหนดวันละ 2 ครั้ง คือ 08.00 นาฬิกา และ 16.00 นาฬิกา โดยให้อาหารข้นคิดเป็นวัตถุแห้งในปริมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวก่อนให้อาหารหยาบ ทั้งนี้อาหารหยาบที่ให้ให้เพียง 90 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการกินได้ทั้งหมดในช่วงปรับตัว เพื่อให้สัตว์กินอาหารหมด (บุญล้อม, 2541) ทำการเก็บตัวอย่างมูล และปัสสาวะ ตลอดระยะเวลา 5 วัน และทำการเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมนและตัวอย่างเลือดในวันสุดท้ายของระยะการทดลอง

5. การเก็บข้อมูลและการเก็บตัวอย่าง

5.1. การบันทึกปริมาณการกินได้และการเก็บตัวอย่างอาหาร

5.1.1. บันทึกปริมาณการกินได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักและอาหารข้นตลอดระยะทดลอง โดยชั่งน้ำหนักและบันทึกปริมาณอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือทั้งช่วงเช้าและช่วงเย็นแล้วนำมาคำนวณหาปริมาณการกินได้ในแต่ละวัน

5.1.2. สุ่มเก็บตัวอย่างทางใบปาล์มน้ำมันหมักและอาหารข้นที่ให้โคกินในระยะปรับตัวทุก ๆ 3 วัน ปริมาณ 500 กรัม ชั่งน้ำหนักแล้วทำการอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักหลังอบ และหาเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง เพื่อใช้คำนวณปริมาณอาหารที่ให้โคกินในระยะปรับตัว

5.1.3. สุ่มเก็บตัวอย่างทางใบปาล์มน้ำมันหมักและอาหารข้นที่ให้โคกินในระยะเก็บข้อมูลตลอด 5 วัน นำมารวมกันแล้วสุ่มอีกครั้ง นำไปอบที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี

5.2. การเก็บตัวอย่างมูล บันทึกปริมาณมูลที่ขับออกมาทั้งหมดในแต่ละวัน ในช่วงเช้าก่อนให้อาหารเวลา 08.00 นาฬิกา และสุ่มเก็บตัวอย่างมูลแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เก็บปริมาณ 100 กรัม นำไปอบในตู้ที่มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ส่วนที่ 2 เก็บมูลประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักมูลทั้งหมดในแต่ละวัน นำมาอบที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง หรืออบจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักและใส่ถุง สะสมไว้จนครบ 5 วัน นำมาสุ่มอีกครั้งให้ได้ตัวอย่างมูลแห้ง 300 กรัม แล้วนำไปบดละเอียดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร ใส่ขวดเก็บไว้ในตู้แช่ที่อุณหภูมิ 4 องศา-เซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

5.3. การเก็บตัวอย่างปัสสาวะ ก่อนให้อาหารในช่วงเช้า ทำการเก็บปัสสาวะที่ขับออกมาทั้งหมดในแต่ละวันตลอดระยะเวลา 5 วัน โดยใช้ถังพลาสติกที่เติมกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 1 โมลาร์ (1 M H_2SO_4) 80 มิลลิลิตร เพื่อให้ปัสสาวะมีสภาพเป็นกรด (pH<3) ป้องกันการสูญเสียไนโตรเจนเนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ จดบันทึกปริมาตรปัสสาวะทั้งหมดที่ได้ในแต่ละวันแล้วทำการสุ่มเก็บไว้ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของปัสสาวะทั้งหมด เก็บไว้ในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนครบ 5 วัน แล้วจึงนำปัสสาวะของโคพื้นเมืองแต่ละตัวทั้ง 5 วัน มารวมกันแล้วทำการสุ่มอีกครั้งประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณปัสสาวะทั้งหมด กรองด้วยผ้าขาวบางใส่ขวดเก็บไว้ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน

5.4. ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทดลองแต่ละกลุ่มทดลองก่อนให้อาหาร (0 ชั่วโมง) และหลังให้อาหาร 4 ชั่วโมง ผ่านทางท่ออาหารถาวร ในวันสุดท้ายของระยะทดลอง สุ่มเก็บปริมาณ 100 มิลลิลิตร นำมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่างทันที โดยใช้ pH electrode (MP 125 LE 413, Mettler Toleds AG.)หลังจากนั้นแบ่งของเหลวจากกระเพาะรูเมนออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 สุ่มเก็บประมาณ 20 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตรต่อของเหลวจากกระเพาะรูเมน 9 มิลลิลิตร เพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ แล้วนำไปปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ด้วยความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เก็บเอาส่วนที่ใส (supernatant) ประมาณ 10-15 มิลลิลิตร ไว้ในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์หาแอมโมเนีย-ไนโตรเจน กรดไขมันระเหยที่ระเหยทั้งหมด และกรดไขมันที่ระเหยง่ายที่สำคัญ ได้แก่ กรดแอซิติก (acetic acid, C_2) กรดโพรพิโอนิก (propionic acid, C_3) และกรดบิวทีริก (butyric acid, C_4)

ส่วนที่ 2 สุ่มเก็บประมาณ 1 มิลลิลิตร เติมฟอร์มาลิน (formalin) 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เพื่อนำไปตรวจนับประชากรจุลินทรีย์ โดยวิธีนับตรง (total direct count) ได้แก่ แบคทีเรีย (bacteria) โปรโตซัว (protozoa) และซูโอสปอร์ของเชื้อรา (fungal zoospore) ตามวิธีของ Galyean (1989)

5.5. เก็บตัวอย่างเลือดก่อนให้อาหาร (0 ชั่วโมง) และหลังให้อาหาร 4 ชั่วโมง ในช่วงเช้าของวันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลอง โดยเก็บตัวอย่างเลือดจากเส้นเลือดดำใหญ่บริเวณคอ (jugular vein) และแบ่งเลือดออกเป็น 3 ส่วน ส่วนที่ 1 เก็บปริมาตร 3 มิลลิลิตร เพื่อนำมาวิเคราะห์ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด (blood urea nitrogen, BUN) ส่วนที่ 2 เก็บปริมาตร 2 มิลลิลิตร เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (pack cell volumn, PCV) และส่วนที่ 3 เก็บปริมาตร 1-2 มิลลิลิตร เพื่อนำมาวิเคราะห์ความเข้มข้นของกลูโคสในเลือด

5.6. คำนวณสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ โภชนะที่ย่อยได้รวม (total digestible nutrient, TDN) ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ที่ได้รับ (digestible nutrient intake) และสมดุล-ไนโตรเจน (nitrogen balance) ดังนี้

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{(\text{โภชนะที่สัตว์ได้รับ} - \text{โภชนะในมูล})}{\text{โภชนะที่สัตว์ได้รับ}} \times 100$$

โภชนะที่ย่อยได้รวม (เปอร์เซ็นต์)

$$TDN = DCP + DCF + DNFE + (DEE \times 2.25)$$

เมื่อ DCP = โปรตีนรวมที่ย่อยได้ (เปอร์เซ็นต์)

DCF = เยื่อใยรวมที่ย่อยได้ (เปอร์เซ็นต์)

DNFE = ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรกที่ย่อยได้ (เปอร์เซ็นต์)

DEE = ไขมันรวมที่ย่อยได้ (เปอร์เซ็นต์)

ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ที่ได้รับ (กรัม/วัน)

= สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ x ปริมาณโภชนะที่กินได้

สมดุลไนโตรเจน (กรัม/วัน)

= ปริมาณไนโตรเจนที่สัตว์กิน – (ปริมาณไนโตรเจนในมูล + ปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะ)

6. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก อาหารข้น และมูล คือ วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม เยื่อใยรวม และเถ้า ใช้วิธี Proximate analysis (AOAC, 1990) ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน ใช้วิธี Detergent method ที่ดัดแปลงจาก Goering และ Van Soest (1970) วิเคราะห์แอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ใช้การกลั่นตามวิธีของ Bremner และ Keeney (1965) ส่วนการวิเคราะห์กรดไขมันที่ระเหยง่ายในของเหลวจากกระเพาะรูเมนส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด โดยใช้ Gas Chromatography Agilent 6890n คอลัมน์ชนิด DB-FFAP ขนาดยาว 30 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร หนา 0.25 ไมโครเมตร โดยดัดแปลงวิธีการวิเคราะห์ตามวิธีของ Josefa และคณะ (1999) ส่วนปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด และระดับกลูโคสในเลือด ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่คลีนิคหาดใหญ่แล็บ ทั้งนี้ ระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดใช้วิธีการ Urea two steps enzymatic colorimetric test โดยใช้น้ำยาสำเร็จรูป Urea Liquicolor ของบริษัท Diagnostic ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน และระดับกลูโคสในเลือดใช้วิธี GOD-PAP method โดยใช้น้ำยาสำเร็จรูป Glucose Liquicolor ของบริษัท Human ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน

7. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ โภชนะที่ย่อยได้รวม ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ที่ได้รับ สมดุลไนโตรเจน ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และกรดไขมันที่ระเหยง่ายในของเหลวจากกระเพาะรูเมน จำนวนประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนและกลูโคสในเลือด วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan’s New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1981)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็น สารเสริมในการหมักและอาหารข้น

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมักและอาหารข้น ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 7 พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก มีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกัน คือ ประกอบด้วยวัตถุแห้ง 95.24-95.75 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อคิดองค์ประกอบทางเคมีบนฐานวัตถุแห้ง พบว่า ประกอบด้วยอินทรียวัตถุ 87.05-90.88 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 5.57-7.23 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 1.87-2.64 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 9.12-12.95 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก 44.16-45.74 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง 6.59-12.07 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม 32.86-38.52 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 70.61-71.80 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 52.85-58.32 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน 14.96-18.17 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 12.90-18.54 เปอร์เซ็นต์ และเซลลูโลส 37.63-42.75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ ณัฐฐา (2552) ที่รายงานว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วยวัตถุแห้ง 92.08-92.33 เปอร์เซ็นต์ อินทรียวัตถุ 89.18-90.38 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 7.86-7.93 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 2.48-2.97 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 9.62-10.82 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก 35.13-38.08 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง 22.88-26.11 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม 40.59-44.46 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 62.56-66.99 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 52.49-55.56 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน 24.13-26.35 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 10.07-11.43 เปอร์เซ็นต์ และเซลลูโลส 26.14-30.58 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ ยังมีค่าใกล้เคียงกับที่รายงานโดย ประดิษฐ์ และคณะ (2551) ที่รายงานว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีนรวม 7.25 และ 7.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไขมันรวม 3.85 และ 2.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ลิกโนเซลลูโลส 49.12 และ 50.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผนังเซลล์ 59.23 และ 61.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเถ้า 8.18 และ 8.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ ขวัญดาว และคณะ (2549) รายงานว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 6 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วยโปรตีนรวม 5.46 และ 6.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไขมันรวม 3.03 และ 2.76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เถ้า 12.29 และ 11.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผนังเซลล์ 60.65 และ 59.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ลิกโนเซลลูโลส 53.71 และ 55.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และลิกนิน 44.92 และ 49.05 เปอร์เซ็นต์

ตามลำดับ โดยค่าโปรตีนรวมของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก ของการศึกษาในครั้งนี้ (5.57-7.23 เปอร์เซ็นต์) มีค่าใกล้เคียงค่าโปรตีนรวมของทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลในการศึกษาของขวัญดาว และคณะ (2549) (5.46-6.15 เปอร์เซ็นต์) แต่ค่าลิกนินของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก ของการศึกษาในครั้งนี้ (14.96-18.17 เปอร์เซ็นต์) มีค่าต่ำกว่าค่าลิกนินของทางใบปาล์มน้ำมันหมักในการศึกษาของขวัญดาว และคณะ (2549) (44.92-49.05 เปอร์เซ็นต์) ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากทางใบปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีอายุน้อยกว่า คือ มีอายุประมาณ 5 ปี ในขณะที่ขวัญดาว และคณะ (2549) ใช้ทางใบปาล์มน้ำมัน อายุประมาณ 15 ปี ในการศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับข้อสรุปของ วินัย (2538) เทอดชัย (2540) และ เมธา (2533) ที่กล่าวว่า เมื่อพืชอาหารสัตว์มีอายุมากขึ้น จะมีการสะสมลิกนินและเยื่อใยสูงขึ้น

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก จะเห็นได้ว่าการเสริมกากน้ำตาลไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีในทางใบปาล์มน้ำมันหมัก สอดคล้องกับการศึกษาของ ณัฐฐา (2552) ที่ศึกษาศึกษาผลของการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะและกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกล-นูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่า การเสริมกากน้ำตาลไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีในทางใบปาล์มน้ำมันหมักเช่นกัน ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากทางใบปาล์มน้ำมันมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (soluble carbohydrate) หรือไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก เพียงพอสำหรับใช้ในกระบวนการหมัก โดยสายัณห์ (2540) รายงานว่าพืชที่เหมาะสมต่อการทำพืชหมัก ต้องมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในระดับที่เพียงพอต่อการหมักเปรี้ยว หากพืชที่นำมาหมักมีระดับคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง จะมีผลต่อการทำงานของแบคทีเรีย เนื่องจากถูกจำกัดโดยพลังงาน ซึ่งจะมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของพืชหมัก ส่วนค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้จากการประเมินด้วยเทคนิคผลผลิตแก๊สของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก มีค่า 4.67-5.02. เมกกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ ที่รายงานโดย Abu Hassan et al. (1994) (5.65 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง) Wan Zahari และ Alimon (2003) (4.90 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง) และ Mohd Sukri (2003) (4.90 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง)

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้น พบว่า ประกอบด้วยวัตถุแห้ง 88.93 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อคิดบนฐานวัตถุแห้ง อาหารข้นมี อินทรียวัตถุ 92.48 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม

16.09 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 4.36 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 7.52 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก 52.72 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง 33.84 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม 19.31 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 38.18 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 23.02 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน 9.87 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 15.16 เปอร์เซ็นต์ และเซลลูโลส 13.15 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าโปรตีนรวมที่ได้จากการวิเคราะห์สูงกว่าค่าโปรตีนรวมที่ได้จากการคำนวณ (15.03 เปอร์เซ็นต์) อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของระดับโปรตีนในวัตถุดิบที่ใช้ในการผสมอาหารข้นแต่ละครั้งของการผสม

ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง) ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมักและอาหารข้น

องค์ประกอบทางเคมี	ระดับกากน้ำตาล (เปอร์เซ็นต์)				อาหารข้น
	0	2	4	6	
วัตถุแห้ง (สด)	30.47	30.77	30.89	30.57	-
วัตถุแห้ง	95.44	95.30	95.75	95.24	88.93
อินทรียวัตถุ	90.88	88.22	87.05	87.85	92.48
โปรตีนรวม	5.57	6.96	6.95	7.23	16.09
ไขมันรวม	2.64	2.53	1.87	2.31	4.36
เถ้า	9.12	11.78	12.95	12.15	7.52
ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก[1/]	44.16	44.74	45.37	45.30	52.72
คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง[2/]	12.07	6.94	6.59	6.92	33.84
เยื่อใยรวม	38.52	34.00	32.86	33.01	19.31
ผนังเซลล์	70.61	71.80	71.64	71.39	38.18
ลิกโนเซลลูโลส	57.71	56.09	58.32	52.85	23.02
ลิกนิน	14.96	16.92	18.17	15.22	9.87
เฮมิเซลลูโลส[3/]	12.90	15.71	13.32	18.54	15.16
เซลลูโลส[4/]	42.75	39.17	40.15	37.63	13.15
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้[5/](เมกกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง)	4.67	5.02	4.67	4.74	-

[1/]ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก = 100-(%โปรตีนรวม+%เยื่อใยรวม+%ไขมันรวม+%เถ้า)

[2/]คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง = 100-(%โปรตีนรวม+%ผนังเซลล์+%ไขมันรวม+%เถ้า)

[3/]เฮมิเซลลูโลส = ผนังเซลล์-ลิกโนเซลลูโลส

[4/]เซลลูโลส = ลิกโนเซลลูโลส-ลิกนิน

[5/]พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้จากการประเมินโดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส (การทดลองที่ 1)

ปริมาณอาหารที่กิน

ปริมาณอาหารที่กินของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก เสริมด้วยอาหารข้น แสดงดังตารางที่ 8 พบว่า ปริมาณการกินได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่าง ๆ เป็นสารเสริมการหมักของโคทั้ง 4 กลุ่ม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก มีปริมาณการกินได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (2.72, 2.67 และ 2.63 กิโลกรัมวัตถุแห้งต่อตัวต่อวัน หรือ 0.94, 0.93 และ 0.92 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ตามลำดับ) แต่สูงกว่าโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก (1.96 กิโลกรัมวัตถุแห้งต่อตัวต่อวัน หรือ 0.6 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) สำหรับปริมาณการกินได้ของทางใบ-ปาล์มน้ำมันหมักเมื่อคิดบนฐานกรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ($P>0.05$)ในโคทั้ง 4 กลุ่ม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 26.07-35.85 กรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ Kawamoto และคณะ (2001) ที่รายงานว่า โคพื้นเมืองมาเลเซีย (Kedah-Kelantan) เพศผู้ มีปริมาณการกินได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก 30.0 กรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน โดยจากการศึกษาในครั้งนี้สังเกตได้ว่าโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลเป็นสารเสริมการหมักมีปริมาณการกินได้สูงกว่าโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกากน้ำตาลที่เสริมในทางใบปาล์มน้ำมันเพิ่มความน่ากินทำให้โคกินทางใบปาล์มน้ำมันได้มากขึ้น ซึ่ง เมธา (2533) กล่าวว่า ข้อดีของพืชอาหารหมัก คือเพิ่มความน่ากิน สัตว์จะสามารถกินอาหารได้ในปริมาณมากขึ้น

สำหรับปริมาณการกินได้ของอาหารข้นของโคทั้ง 4 กลุ่ม พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยอยู่ในช่วง 1.41 กิโลกรัมวัตถุแห้งต่อตัวต่อวัน หรือ 0.50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว หรือ 20.31-20.39 กรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน และเมื่อพิจารณาปริมาณอาหารที่กินได้ทั้งหมด (ทางใบปาล์มน้ำมันหมักและอาหารข้น) ของโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก มีปริมาณอาหารที่กินได้ทั้งหมด (4.13, 4.09 และ 4.05 กิโลกรัมวัตถุแห้งต่อตัวต่อวัน หรือ 1.44, 1.42 และ 1.41 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ตามลำดับ) สูงกว่าโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ

0 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก (3.38 กิโลกรัมวัตถุแห้งต่อตัวต่อวัน หรือ 1.19 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว) สำหรับปริมาณอาหารที่กินได้ทั้งหมดเมื่อคิดบนฐานกรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในโคทั้ง 4 กลุ่ม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 46.46-56.16 กรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ซึ่งปริมาณอาหารที่กินได้ของโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่าง ๆ เป็นสารเสริมการหมักในการศึกษาครั้งนี้ค่อนข้างต่ำ เพราะเนื่องจากทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้ศึกษาในครั้งนี้มีปริมาณผนังเซลล์ในระดับที่สูง (70.61-71.80 เปอร์เซ็นต์) สอดคล้องกับ Van Soest (1964) ที่รายงานว่าปริมาณอาหารที่กินได้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระดับของผนังเซลล์ ซึ่งเป็นส่วนที่ย่อยได้ยาก และเมื่อสัตว์กินเข้าไปต้องใช้ระยะเวลาอยู่ในกระเพาะรูเมนของสัตว์นานขึ้น การไหลผ่านของอาหารจากกระเพาะจะช้าทำให้สัตว์กินอาหารได้น้อยลง โดยพืชอาหารสัตว์ที่มีระดับผนังเซลล์มากกว่า 55-60 เปอร์เซ็นต์ จะส่งผลให้ปริมาณการกินได้ของสัตว์ลดลง นอกจากนี้ NRC (1989) รายงานว่า เปอร์เซ็นต์ผนังเซลล์ในพืชอาหารสัตว์มีสหสัมพันธ์ทางลบกับการกินได้และการย่อยได้ของวัตถุแห้ง คือ ถ้าอาหารมีสัดส่วนของเปอร์เซ็นต์ผนังเซลล์อยู่มากจะทำให้สัตว์มีความสามารถในการกินได้น้อยลง

ตารางที่ 8 ปริมาณการกินได้ของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก เสริมด้วยอาหารข้น

ปริมาณการกินได้	ระดับกากน้ำตาล (เปอร์เซ็นต์)				SEM
	0	2	4	6	
ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก					
กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน	1.96[b]	2.72[a]	2.67[a]	2.64[a]	0.12
เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว	0.69[b]	0.94[a]	0.93[a]	0.92[a]	0.04
กรัมวัตถุแห้ง/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	26.07	33.88	32.36	35.85	3.21
อาหารข้น					
กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน	1.41	1.41	1.41	1.41	0.00
เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00
กรัมวัตถุแห้ง/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	20.39	20.32	20.31	20.31	0.03
รวม					
กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน	3.38[b]	4.13[a]	4.09[a]	4.05[a]	0.12
เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว	1.19[b]	1.44[a]	1.42[a]	1.41[a]	0.04
กรัมวัตถุแห้ง/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	46.46	54.19	52.67	56.16	3.20

[a,b]ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุและโปรตีนรวม

สำหรับปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุและโปรตีนรวมของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก เสริมด้วยอาหารข้น (ตารางที่ 9) พบว่า โคทั้ง 4 กลุ่ม มีปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุจากทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.98-2.40 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 6.94-8.33 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ในทำนองเดียวกันกับ ปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุจากอาหารข้นของโคทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) โดยมีค่าเท่ากับ 1.31 กรัมต่อตัวต่อวัน หรืออยู่ในช่วง 4.57-4.59 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ส่วนปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุทั้งหมด (ทางใบปาล์มน้ำมันหมักและอาหารข้น) ในโคทั้ง 4 กลุ่ม พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 3.28-3.71 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 11.53-12.90 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน

สำหรับปริมาณการกินได้ของโปรตีนรวมของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก เสริมด้วยอาหารข้น พบว่า โคทั้ง 4 กลุ่มมีปริมาณการกินได้ของโปรตีนรวมจากทางใบปาล์มน้ำมันหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก มีปริมาณการกินได้ของโปรตีนรวม (0.19, 0.19 และ 0.19 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 0.66, 0.65 และ 0.65 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) สูงกว่าโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก (0.12 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 0.43 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) ส่วนปริมาณการกินได้ของโปรตีนรวมจากอาหารข้น (0.22-0.23 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 0.80 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) ของโคทั้ง 4 กลุ่ม มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในขณะที่ปริมาณการกินได้ของโปรตีนรวมทั้งหมด (ทางใบปาล์มน้ำมันหมักและอาหารข้น) ของโคทั้ง 4 กลุ่ม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยพบว่า โคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก มีปริมาณการกินได้ของโปรตีนรวมทั้งหมด (0.42, 0.41 และ 0.42 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 1.45, 1.44 และ 1.45 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) สูงกว่าโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ (0.35 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 1.25 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) สาเหตุอาจเนื่องมาจากโคทั้ง 4 กลุ่ม มีปริมาณการกินได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักแตกต่างกันทางสถิติ

(P<0.05) โดยโคที่ได้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก มีปริมาณการกินได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักสูงกว่าโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก จึงทำให้มีปริมาณการกินได้ของโปรตีนรวมทั้งหมดแตกต่างกัน (P<0.05)

ตารางที่ 9 ปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุและโปรตีนรวมของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมักเสริมด้วย อาหารข้น

ปริมาณการกินได้	ระดับกากน้ำตาล (เปอร์เซ็นต์)				SEM
	0	2	4	6	
อินทรียวัตถุ					
ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก					
กิโลกรัม/ตัว/วัน	1.98	2.40	2.33	2.31	0.12
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	6.94	8.33	8.09	8.05	0.39
อาหารข้น					
กิโลกรัม/ตัว/วัน	1.31	1.31	1.31	1.31	0.00
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	4.59	4.57	4.57	4.57	0.01
รวม					
กิโลกรัม/ตัว/วัน	3.28	3.71	3.63	3.62	0.12
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	11.53	12.90	12.66	12.62	0.38
โปรตีนรวม					
ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก					
กิโลกรัม/ตัว/วัน	0.12[b]	0.19[a]	0.19[a]	0.19[a]	0.01
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	0.43[b]	0.66[a]	0.65[a]	0.65[a]	0.03
อาหารข้น					
กิโลกรัม/ตัว/วัน	0.23	0.23	0.23	0.22	0.00
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00
รวม					
กิโลกรัม/ตัว/วัน	0.35[b]	0.42[a]	0.41[a]	0.42[a]	0.01
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	1.23[b]	1.45[a]	1.44[a]	1.45[a]	0.03

[a,b]ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลส

ปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมักเสริมด้วยอาหารข้น แสดงดังตารางที่ 10 พบว่า โคทั้ง 4 กลุ่มมีปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์จากทางใบปาล์มน้ำมันหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก มีปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์ (1.95, 1.92 และ 1.88 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 6.79, 6.66 และ 6.54 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) สูงกว่าโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก (1.54 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 5.41 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) ปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์จากอาหารข้นของโคทั้ง 4 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 0.54, 0.54, 0.54 และ 0.54 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ หรือ 1.90, 1.82, 1.89 และ 1.88 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ส่วนปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์ทั้งหมด (ทางใบปาล์มน้ำหมักและอาหารข้น) ของโคทั้ง 4 กลุ่ม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยพบว่า โคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 2, 4, และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก มีปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์ทั้งหมด (2.50, 2.46 และ 2.42 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 8.68, 8.54 และ 8.43 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) สูงกว่าโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก (2.07 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน และ 7.30 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน)

ส่วนปริมาณการกินได้ของลิกโนเซลลูโลสของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมักเสริมด้วยอาหารข้น พบว่า โคทั้ง 4 กลุ่มมีปริมาณการกินได้ของลิกโนเซลลูโลสจากทางใบปาล์มน้ำมันหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก มีปริมาณการกินได้ของลิกโนเซลลูโลส (1.76, 1.73 และ 1.72 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 6.13, 6.05 และ 6.01 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) สูงกว่าโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก (1.13 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 3.97 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) ปริมาณการกินได้ของลิกโนเซลลูโลสจากอาหารข้นของโคทั้ง 4 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 0.33, 0.33, 0.33 และ

0.33 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาการกินได้ของลิกโนเซลลูโลสบนฐานกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน พบว่า โคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก มีปริมาณการกินได้ของลิกโนเซลลูโลสทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่มีแนวโน้มสูงกว่าโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาล 4 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก ส่วนปริมาณการกินได้ของลิกโนเซลลูโลสทั้งหมด (ทางใบปาล์มน้ำหมักและอาหารข้น) พบว่า โคทั้ง 4 กลุ่มมีปริมาณการกินได้ของลิกโน-เซลลูโลสจากทางใบปาล์มน้ำมันหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดย พบว่าโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก มีปริมาณการกินได้ของลิกเซลลูโลส (7.27, 7.18 และ 7.14 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน และ 7.27, 7.18 และ 7.14 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) สูงกว่าโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาล 0 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก (1.47 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน และ 5.11 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากโคทั้ง 4 กลุ่มกินทางใบปาล์มน้ำมันหมักแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 8) ซึ่งโดยทั่วไปสัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับเยื่อใยจากอาหารหยาบเป็นหลัก (เทอดชัย, 2540) ดังนั้นเมื่อโคทั้ง 4 กลุ่มกินอาหารหยาบแตกต่างกัน จึงทำให้ปริมาณผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสที่โคได้รับจากอาหารแตกต่างกัน

ตารางที่ 10 ปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก เสริมด้วยอาหารข้น

ปริมาณการกินได้	ระดับกากน้ำตาล (เปอร์เซ็นต์)				SEM
	0	2	4	6	
ผนังเซลล์					
ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก					
กิโลกรัม/ตัว/วัน	1.54[b]	1.95[a]	1.92[a]	1.88[a]	0.10
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	5.41[b]	6.79[a]	6.66[a]	6.54[a]	0.30

ตารางที่ 10 ปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมักเสริมด้วยอาหารข้น (ต่อ)

ปริมาณการกินได้	ระดับกากน้ำตาล (เปอร์เซ็นต์)				SEM
	0	2	4	6	
อาหารข้น					
กิโลกรัม/ตัว/วัน	0.54	0.54	0.54	0.54	0.00
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	1.90	1.82	1.89	1.88	0.03
รวม					
กิโลกรัม/ตัว/วัน	2.07[b]	2.50[a]	2.46[a]	2.42[a]	0.10
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	7.30[b]	8.68[a]	8.54[a]	8.43[a]	0.30
ลิกโนเซลลูโลส					
ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก					
กิโลกรัม/ตัว/วัน	1.13[b]	1.76[a]	1.73[a]	1.72[a]	0.05
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	3.97[b]	6.13[a]	6.05[a]	6.01[a]	0.15
อาหารข้น					
กิโลกรัม/ตัว/วัน	0.33	0.33	0.33	0.33	0.00
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	1.42[a]	1.34[ab]	1.14[b]	1.34[ab]	0.00
รวม					
กิโลกรัม/ตัว/วัน	1.47[b]	2.08[a]	2.06[a]	2.04[a]	0.05
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	5.11[b]	7.27[a]	7.18[a]	7.14[a]	0.15

[a,b,]ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก เสริมด้วยอาหารข้น แสดงดังตารางที่ 11 พบว่า โคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง 49.05, 52.52, 51.63 และ 49.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ 51.33, 54.04, 52.43 และ 50.68 เปอร์เซ็นต์

ตามลำดับ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวม 56.16, 50.19, 51.33 และ 45.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมันรวม 60.55, 64.82, 62.98 และ 56.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก 61.89, 62.45, 63.53 และ 61.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใยรวม 35.97, 40.26, 32.89 และ 34.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์ 68.21, 60.66, 62.65 และ 64.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของลิกโนเซลลูโลส 25.27, 30.88, 30.88 และ 22.84 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกันกับการศึกษาของ ณัฐฐา (2552) ที่พบว่าแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน ที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เสริมอาหารข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม ไนโตรเจนฟรีเอกซ์-แทรก เยื่อใยรวม และผนังเซลล์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์โภชนะที่ย่อยได้รวมของโคทั้ง 4 กลุ่ม มีค่าอยู่ในช่วง 44.89-49.40 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 11 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก เสริมด้วยอาหารข้น

สัมประสิทธิ์การย่อยได้	ระดับกากน้ำตาล (เปอร์เซ็นต์)				SEM
	0	2	4	6	
วัตถุแห้ง (เปอร์เซ็นต์)	49.05	52.52	51.63	49.25	3.30
อินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	51.33	54.04	52.43	50.68	3.25
โปรตีนรวม (เปอร์เซ็นต์)	56.16	50.19	51.33	45.04	4.00
ไขมันรวม (เปอร์เซ็นต์)	60.55	64.82	62.98	56.14	4.35
ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก (เปอร์เซ็นต์)	61.89	62.45	63.53	61.10	3.12
เยื่อใยรวม (เปอร์เซ็นต์)	35.97	40.26	32.89	34.35	3.95
ผนังเซลล์ (เปอร์เซ็นต์)	68.21	60.66	62.65	64.04	3.85
ลิกโนเซลลูโลส (เปอร์เซ็นต์)	25.27	30.88	30.88	22.84	4.61
โภชนะที่ย่อยได้รวม (เปอร์เซ็นต์)	49.55	51.07	48.80	47.50	3.09

เมื่อพิจารณาปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้และโปรตีนรวมที่ย่อยได้ของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก เสริมด้วยอาหารข้น (ตารางที่ 12) พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยของโคทั้ง 4 กลุ่ม

ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.67-1.97 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 5.87-6.90 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน สอดคล้องกับการศึกษาของ ณัฐฐา (2552) ที่พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ของแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน ที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เสริมอาหารข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และเมื่อพิจารณาปริมาณโปรตีนรวมที่ย่อยได้ของโค พบว่า ปริมาณโปรตีนรวมที่ย่อยได้ (0.16-0.22 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 0.57-0.74 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) ของโคทั้ง 4 กลุ่ม มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกันกับการศึกษาของ ณัฐฐา (2552) ที่พบว่า แพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน ที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เสริมอาหารข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว มีปริมาณโปรตีนรวมที่ย่อยได้ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 12 ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และโปรตีนรวมที่ย่อยได้ของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก เสริมด้วยอาหารข้น

โภชนะที่ย่อยได้	ระดับกากน้ำตาล (เปอร์เซ็นต์)				SEM
	0	2	4	6	
อินทรียวัตถุที่ย่อยได้					
กิโลกรัม/ตัว/วัน	1.67	1.97	1.91	1.82	0.12
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	5.87	6.90	6.66	6.35	0.41
โปรตีนรวมที่ย่อยได้					
กิโลกรัม/ตัว/วัน	0.16	0.21	0.22	0.19	0.02
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	0.57	0.72	0.74	0.65	0.06

สมดุลไนโตรเจนและการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน

ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ ไนโตรเจนที่ขับออก และสมดุลไนโตรเจนของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก เสริมอาหารข้น (ตารางที่ 13) พบว่า โคทั้ง 4 กลุ่ม มีปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับจากทางใบปาล์มน้ำมันหมักไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.02-0.03 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 0.09-0.11 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน และปริมาณ

ไนโตรเจนที่ได้รับจากอาหารข้น พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.04 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 0.15 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน สำหรับปริมาณไนโตรเจนรวมที่โคได้รับจากอาหารข้นและอาหารหยาบ (0.06-0.08 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 0.23-0,26 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางมูลและปัสสาวะ พบว่า โคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมักเสริมอาหารข้น มีปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางมูล (0.03, 0.03, 0.03 และ 0.04 กิโลกรัมต่อตัว-ต่อวัน ตามลำดับ หรือ 0.10, 0.11, 0.11 และ 0.12 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) ปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางปัสสาวะ (0.02, 0.02, 0.02 และ 0.02 กิโลกรัมต่อตัวต่อ-วัน ตามลำดับ หรือ 0.06, 0.06, 0.06 และ 0.06 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) และปริมาณไนโตรเจนรวมที่ขับออก (0.06, 0.05, 0.05 และ 0.05 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ หรือ 0.16, 0.17, 0.17 และ 0.18 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เมื่อพิจารณาสมดุลไนโตรเจนของโคทั้ง 4 กลุ่ม พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.02-0.03 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 0.07-0.09 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนที่ขับออกต่อไนโตรเจนที่กินของโคทั้ง 4 กลุ่ม ซึ่งเท่ากับ 70.99, 63.80, 72.24 และ 72.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งสมดุลไนโตรเจนของโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมักมีค่าเป็นบวก แสดงว่าโคได้รับไนโตรเจนสูงกว่าความต้องการของร่างกาย ดังนั้นการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมักเป็นอาหารหยาบโดยให้โคพื้นเมืองไทยกินแบบเต็มที่ เสริมอาหารข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว โคพื้นเมืองไทยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดี

ตารางที่ 13 ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ ไนโตรเจนที่ขับออก และสมดุลไนโตรเจนของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก เสริมด้วยอาหารข้น

การใช้ประโยชน์ได้ของไนโตรเจน	ระดับกากน้ำตาล (เปอร์เซ็นต์)				SEM
	0	2	4	6	
ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ					
ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก					
กิโลกรัม/ตัว/วัน	0.02	0.03	0.03	0.03	0.00
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	0.09	0.11	0.09	0.10	0.01
อาหารข้น					
กิโลกรัม/ตัว/วัน	0.04	0.04	0.04	0.04	0.00
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	0.15	0.15	0.15	0.15	0.00
รวม					
กิโลกรัม/ตัว/วัน	0.06	0.08	0.07	0.07	0.00
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	0.23	0.26	0.24	0.25	0.01
ปริมาณไนโตรเจนที่ขับออก					
มูล					
กิโลกรัม/ตัว/วัน	0.03	0.03	0.03	0.04	0.00
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	0.10	0.11	0.11	0.12	0.01
ปัสสาวะ					
กิโลกรัม/ตัว/วัน	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	0.06	0.06	0.06	0.06	0.00
รวม					
กิโลกรัม/ตัว/วัน	0.06	0.05	0.05	0.05	0.00
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	0.16	0.17	0.17	0.18	0.01
ไนโตรเจนที่ขับออก/ไนโตรเจนที่กิน (เปอร์เซ็นต์)	70.99	63.80	72.24	72.75	3.44
สมดุลไนโตรเจน					
กิโลกรัม/ตัว/วัน	0.02	0.03	0.02	0.02	0.00
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	0.07	0.09	0.07	0.07	0.01

กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน

ตารางที่ 14 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และกรดไขมันที่ระเหยง่ายในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก เสริมอาหารข้น พบว่า ความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 4 กลุ่ม ที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) มีค่าอยู่ในช่วง 7.10-7.18 ส่วนความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 4 กลุ่ม ที่เวลา 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร มีค่าอยู่ในช่วง 6.75-6.85 และ ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 4 กลุ่ม มีค่าอยู่ในช่วง 6.98-6.99 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 4 กลุ่มนี้อยู่ในระดับที่เหมาะสม (5.7-7.3) ต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (วิโรจน์, 2548)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่าง ในช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ลดต่ำลงในชั่วโมงที่ 4 หลังการให้อาหาร แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อาจเนื่องมาจากภายหลังที่สัตว์ได้รับอาหารจะมีกระบวนการหมักเกิดขึ้น ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการหมักคือ กรดไขมันที่ระเหยง่าย ได้แก่ กรดแอซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริก ซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นหลังกินอาหารไปแล้ว 2-4 ชั่วโมง และทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในของเหลวจากกระเพาะรูเมนลดลง (Wanapat, 2000)

ส่วนความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนในโคพื้นเมืองไทยทั้ง 4 กลุ่ม ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 11.30-11.79 และ 10.00-10.36 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน มีค่าอยู่ในช่วง 10.89-11.61 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนในโคทั้ง 4 กลุ่มในการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับ Satter และ Slyter (1974) ที่รายงานว่า จากการศึกษาในหลอดทดลอง (*In vitro*) ระดับแอมโนเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 5-8 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และสอดคล้องกับรายงานผลการวิจัยในประเทศเขตร้อน ที่พบว่า ระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องอยู่ในช่วง 5-20 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (Preston and Leng, 1987)

ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ปริมาณกรดแอซิติก กรดโพรพิโอนิก กรดไอโซบิวทีริก กรดบิวทีริก กรดไอโซวาเลอริก กรดวาเลอริก กรดไอโซคาโปรอิก กรดคาโปรอิก และสัดส่วนของกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิโอนิก ในกระเพาะรูเมนของ

โคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์เป็นสารเสริมการหมัก เสริมอาหารข้น พบว่า กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดที่เวลา 0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร และค่าเฉลี่ยของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด อยู่ในช่วง 65.12-83.65 มิลลิโมลต่อลิตร และ 81.90-84.60 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยค่าความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคในการศึกษาครั้งนี้อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันกับที่ศึกษา โดย France และ Siddons (1993) ที่รายงานว่า ระดับความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในกระเพาะรูเมนของโคอยู่ในช่วง 70-130 มิลลิโมลต่อลิตร แต่กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดที่เวลา 4 ชั่วโมงหลังให้อาหารของโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก (104.09 มิลลิโมลต่อลิตร) สูงกว่าโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก (77.26 มิลลิโมลต่อลิตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) นอกจากนี้ กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดที่เวลา 4 ชั่วโมง หลังให้อาหารของโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก (86.78 และ 94.36 มิลลิโมลต่อลิตร) ยังมีแนวโน้มสูงกว่าโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาล 0 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ของโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก มีแนวโน้มสูงกว่าปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ของโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก (ตารางที่ 12) สอดคล้องกับ Sutton (1985) ที่รายงานว่า การผลิตกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ โดยถ้าหากความสามารถในการย่อยได้ของอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้การผลิตกรดไขมันที่ระเหยง่ายเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

โดยทั่วไปความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องจะแปรผันอยู่ในช่วง 70-150 มิลลิโมลต่อลิตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอาหารและระยะเวลาหลังการให้อาหารมื้อนั้น โดยกรดที่มีมากที่สุด คือ กรดแอซิติก สัตว์ที่ได้รับอาหารหยาบที่มีเยื่อใยสูง จะมีกรดแอซิติกในกระเพาะรูเมน 60-70 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด และเมื่อสัดส่วนของอาหารข้นเพิ่มขึ้นกรดแอซิติกจะลดลง ในขณะที่กรดโพรพิโอนิกจะเพิ่มขึ้น โดยกรดโพรพิโอนิกจะมีประมาณ 18-20 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด หากสัตว์ได้รับอาหารข้นสูงจะมีสัดส่วนของกรดโพรพิโอนิกในกระเพาะรูเมนสูง ส่วนกรดบิวทีริกมีประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด (บุญล้อม, 2541)

ตารางที่ 14 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และกรดไขมันที่ระเหยง่ายในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาล ที่ระดับ ต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก เสริมด้วยอาหารข้น

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับกากน้ำตาล (เปอร์เซ็นต์)				SEM
	0	2	4	6	
ค่าความเป็นกรด-ด่าง					
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	7.10	7.18	7.15	7.07	0.05
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	6.85	6.80	6.75	6.85	0.03
ค่าเฉลี่ย	6.98	6.99	6.95	6.96	0.03
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)					
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	11.30	11.79	11.79	13.22	0.55
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	10.36	10.36	10.00	10.00	0.77
ค่าเฉลี่ย	10.89	11.07	10.89	11.61	0.64
กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด (มิลลิโมล/ลิตร)					
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	83.65	68.23	69.43	65.12	7.52
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	77.26^{b}	86.78^{ab}	94.36^{ab}	104.09^{a}	6.45
ค่าเฉลี่ย	80.46	77.51	81.90	84.60	2.49
กรดแอซิติก (เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด)					
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	70.82	70.75	68.58	69.07	1.52
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	71.00	70.12	67.93	68.49	0.98
ค่าเฉลี่ย	70.91	70.43	68.26	68.78	0.96
กรดโพรพิโอนิก (เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด)					
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	13.67	14.62	14.42	13.61	0.83
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	15.31	14.70	15.77	15.73	0.51
ค่าเฉลี่ย	14.49	14.66	15.09	14.67	0.38
กรดไอโซบิวทีริก (เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด)					
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	0.94	1.25	1.30	1.07	0.14
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	0.61	0.92	0.65	0.20	0.23
ค่าเฉลี่ย	0.78^{ab}	1.08^{a}	0.98^{ab}	0.64^{b}	0.11

ตารางที่ 14 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และกรดไขมันที่ระเหยง่ายในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาล ที่ระดับ ต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก เสริมด้วยอาหารข้น (ต่อ)

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับกากน้ำตาล (เปอร์เซ็นต์)				SEM
	0	2	4	6	
กรดบิวทีริก (เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด)					
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	11.05	9.53	9.11	9.87	0.73
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	9.95	8.97	8.03	8.47	0.91
ค่าเฉลี่ย	9.17	11.68	12.84	13.03	0.42
กรดไอโซวาเลอริก (เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด)					
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	1.54	1.93	4.69	5.13	0.97
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	1.46^{a}	1.19^{ab}	1.15^{ab}	0.93^{b}	0.14
ค่าเฉลี่ย	1.50	1.56	2.92	3.03	0.96
กรดวาเลอริก (เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด)					
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	0.93^{a}	0.83^{ab}	0.77^{ab}	0.61^{b}	0.07
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	0.83	0.76	0.84	0.81	0.05
ค่าเฉลี่ย	0.88^{a}	0.80^{ab}	0.81^{ab}	0.71^{b}	0.04
กรดไอโซคาโปรอิก (เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด)					
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	0.09	0.42	0.81	0.46	0.34
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	0.25	0.17	0.14	0.10	0.06
ค่าเฉลี่ย	0.17	0.29	0.48	0.28	0.17
กรดคาโปรอิก (เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด)					
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	0.64^{a}	0.59^{ab}	0.23^{ab}	0.13^{b}	0.13
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	0.49	0.39	0.51	0.55	0.11
ค่าเฉลี่ย	0.57	0.49	0.36	0.34	0.08
กรดแอซิติก : กรดโพรพิโอนิก					
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	5.20	4.85	4.78	5.11	0.26
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	4.68	4.81	4.33	4.48	0.16
ค่าเฉลี่ย	4.94	4.83	4.55	4.80	0.14

^{a,b,}ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

นอกจากนี้กรดบิวทีริกในกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 ชั่วโมงก่อนให้อาหาร 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ยของกรดบิวทีริกในกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 4 กลุ่ม มีค่าอยู่ในช่วง 9.11-11.05, 8.03-9.95 และ 9.17-13.03 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) สำหรับกรดโพรพิโอนิกในกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 ชั่วโมงก่อนให้อาหาร 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ยของกรดโพรพิโอนิกในกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 4 กลุ่ม มีค่าอยู่ในช่วง 13.61-14.62, 14.70-15.77 และ 14.49-15.09 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) สอดคล้องกับการศึกษาของ ณัฐฐา (2552) ที่รายงานว่า ค่าเฉลี่ยของกรดแอซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริก ในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วง 66.28-67.97, 12.12-14.45 และ 8.26-9.17 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ ซึ่งผลผลิตในกระบวนการหมักในของเหลวจากกระเพาะรูเมนในการศึกษาครั้งนี้ยังใกล้เคียงกับ Hungate (1966) ที่รายงายว่า ปริมาณกรดแอซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริกที่แสดงความสมดุลของกระบวนการหมักในของเหลวจากกระเพาะรูเนเป็น 62, 22, และ 16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สำหรับสัดส่วนของกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกที่เวลา 0 ชั่วโมงก่อนให้อาหาร 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ยของสัดส่วนของกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกในกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 4 กลุ่ม มีค่าอยู่ในช่วง 4.78-5.20, 4.33-4.81 และ 4.55-4.94 ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ที่เป็นเป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณกรดแอซิติกและกรดโพรพิโอนิกในกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันจึงทำให้สัดส่วนของกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกไม่แตกต่างกัน Wanapat และคณะ (2005) รายงานว่า สัดส่วนของกรดไขมันที่ระเหยง่ายในของเหลวจากกระเพาะรูเมนมีความสัมพันธ์กับประเภทของอาหารที่สัตว์ได้รับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารแหล่งพลังงาน โดยสัดส่วนของกรดแอซิติกจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้าง (structural carbohydrate) ที่สัตว์ได้รับเพิ่มขึ้น ขณะที่สัดส่วนของกรดโพรพิโอนิกจะเพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง (non-structural carbohydrate) ได้แก่ แป้งและน้ำตาลที่สัตว์ได้รับเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Hungate (1966) ที่รายงานว่ากรดไขมันที่ระเหยง่ายในของเหลวจากกระเพาะรูเมนเป็นผลผลิตจากจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ซึ่งแต่ละกลุ่มมีความสามารถในการผลิตกรดแต่ละตัวได้ไม่เท่ากัน เช่น แบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายเยื่อใย (cellulolytic bacteria) จะผลิตกรดแอซิติกได้มากกว่าแบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายแป้ง (amylolytic bacteria) ซึ่งสามารถผลิตกรดโพรพิโอนิกได้สูง ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ โคทั้ง 4 กลุ่ม ได้รับ

อาหารหยาบคือ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลเป็นสารเสริมการหมักในปริมาณสูง ส่งผลให้กรดแอซิติกที่ผลิตได้ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนเพิ่มสูงกว่ากรดโพรพิโอนิก

สำหรับกรดไขมันที่ระเหยง่ายชนิดอื่นๆ ในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมักเสริมอาหารข้น พบว่า กรดไอโซบิวทีริกในกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 ชั่วโมงก่อนให้อาหาร และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร มีค่าอยู่ในช่วง 0.94-1.30 และ 0.20-0.92 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่ค่าเฉลี่ยของกรดไอโซบิวทีริกในกระเพาะรูเมนมีของโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก (0.78, 1.08 และ 0.98 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ) สูงกว่าโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก (0.64 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

กรดไอโซวาเลอริกในกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 ชั่วโมงก่อนให้อาหาร และค่าเฉลี่ยของกรดไอโซวาเลอริก อยู่ในช่วง 1.54-5.13 และ 1.50-3.03 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่กรดไอโซวาเลอริกในกระเพาะรูเมนที่เวลา 4 ชั่วโมงของโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก (1.46, 1.19 และ 1.15 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ) สูงกว่าโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก (0.93 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ) นอกจากนี้ กรดวาเลอริกในกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 ชั่วโมงก่อนให้อาหาร และค่าเฉลี่ยของกรดวาเลอริก ในโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก (0.93, 0.83 และ 0.77 และ 0.88, 0.80 และ 0.81 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ) สูงกว่าโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก (0.61 และ 0.71 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ) สำหรับกรดวาเลอริกในกระเพาะรูเมนที่เวลา 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.76-0.84 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด

กรดไอโซคาโปรอิกในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักทั้ง 4 กลุ่ม ที่เวลา 0 ชั่วโมงก่อนให้อาหาร 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และ ค่าเฉลี่ยของกรดไอโซคาโปรอิกอยู่ในช่วง 0.09-0.81, 0.10-0.25 และ 0.17-0.48 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ส่วนปริมาณกรดคาโปรอิกในกระเพาะรูเมนที่เวลา

0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร ของโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก (0.64, 0.59 และ 0.23 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด) สูงกว่า โคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก (0.13 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด) และเมื่อพิจารณาชั่วโมงที่ 4 หลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ยของกรดคาโปรอิก พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.39-0.55 และ 0.34-0.57 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ

จากผลการศึกษาครั้งนี้กล่าวได้ว่า กรดไอโซบิวทีริก กรดไอโซวาเลอริก กรดวาเลอริก กรดไอโซคาโปรอิก และกรดคาโปรอิก ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองไทย มีปริมาณน้อยมาก ซึ่งสอดคล้องกับข้อสรุปของ บุญล้อม (2541) ที่กล่าวว่า ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง มีกรดไขมันที่ระเหยง่ายเหล่านี้ในปริมาณน้อย และมีบทบาทไม่ชัดเจน

จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์ของเชื้อราในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่าง ๆ เป็นสารเสริมการหมัก แสดงดังตารางที่ 15 พบว่า จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 4 กลุ่ม ที่เวลา 0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร และ ค่าเฉลี่ยของจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 3.84-6.11 x 10^{11} และ 3.11-4.39 x 10^{11} เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ แต่จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 4 กลุ่ม ที่เวลา 4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (3.67 x 10^{11} เซลล์ต่อมิลลิลิตร) สูงกว่าโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก (2.71 x 10^{11}, 2.67 x 10^{11} และ 2.39 x 10^{11} เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจาก ปริมาณการกินได้รวมของโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก (60.16 กรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) สูงกว่าโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก (51.28, 59.10 และ 58.08 กรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) จึงทำให้จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมนสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ นอกจากนี้อาจเป็นผลมาจากการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก ร่วมกับการเสริมอาหารข้น ส่งผลให้โคได้รับคาร์โบไฮเดรตที่สามารถย่อย

สลายได้ง่ายและไนโตรเจนที่ย่อยสลายได้เร็วในสัดส่วนที่เหมาะสม ซึ่งแบคทีเรียสามารถนำแหล่งพลังงานและแอมโมเนียมาใช้ในการสังเคราะห์โปรตีน และเพิ่มจำนวนเซลล์ อย่างไรก็ตาม จำนวนประชากรแบคทีเรียในการศึกษาครั้งนี้อยู่ในช่วงเดียวกับ วิโรจน์ (2548) และกฤตพล (2543) ที่กล่าวว่า จำนวนประชากรแบคทีเรียในกระเพาะรูเมนอยู่ในช่วง 10^{9}-10^{10}, 10^{10}-10^{11} เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

ตารางที่ 15 จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์ของเชื้อราในกระเพาะรูเมน ของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่าง ๆ เป็นสารเสริมในการหมัก เสริมด้วยอาหารข้น

รายการ	ระดับกากน้ำตาล (เปอร์เซ็นต์)				SEM
	0	2	4	6	
แบคทีเรียทั้งหมด (x10^{11} เซลล์/มิลลิลิตร)					
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	3.87	4.09	6.11	3.84	1.17
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	2.71[b]	3.67[a]	2.67[b]	2.39[b]	0.24
ค่าเฉลี่ย	3.29	3.89	4.39	3.11	0.60
โปรโตซัวทั้งหมด (x10^{6} เซลล์/มิลลิลิตร)					
กลุ่ม Entodiniomorphs					
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	0.23	0.23	0.25	0.23	0.03
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	0.25	0.25	0.29	0.26	0.03
ค่าเฉลี่ย	0.24	0.24	0.27	0.25	0.02
กลุ่ม Holotrichs					
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	0.53	0.53	0.61	0.61	0.08
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	0.55	0.46	0.61	0.56	0.10
ค่าเฉลี่ย	0.54	0.49	0.62	0.59	0.04
รวมทั้งหมด					
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	0.75	0.74	0.86	0.84	0.10
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	0.80	0.71	0.90	0.83	0.13
ค่าเฉลี่ย	0.78	0.73	0.89	0.83	0.05
ซูโอสปอร์ของเชื้อราทั้งหมด (x10^{5} เซลล์/มิลลิลิตร)					
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	1.09	1.03	1.05	1.21	0.05
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	1.44	1.38	1.30	1.40	0.07
ค่าเฉลี่ย	1.26	1.21	1.18	1.31	0.05

[a,b]ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

สำหรับประชากรโปรโตซัวในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่าง ๆ เป็นสารเสริมการหมัก พบว่าโปรโตซัวกลุ่ม Entodiniomorphr ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 4 กลุ่ม ที่เวลา 0 ชั่วโมงก่อนให้อาหาร 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ย ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.23-0.25x 10^6, 0.25-0.29x 10^6 และ 0.24-0.27x 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วนโปรโตซัวกลุ่ม Holotrichs ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 4 กลุ่ม ที่เวลา 0 ชั่วโมงก่อนให้อาหาร 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ย ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.53-0.61x 10^6, 0.71-0.90x 10^6 และ 0.73-0.89x 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และจำนวนโปรโตซัวทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 4 กลุ่ม ที่เวลา 0 ชั่วโมงก่อนให้อาหาร 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ย ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.74-0.86x 10^6, 0.71-0.90x 10^6 และ 0.73-0.89x 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งจำนวนประชากรโปรโตซัวในของเหลวจากกระเพราะรูเมนของโคในการศึกษาครั้งนี้อยู่ในระดับที่ปกติ (10^5-10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร) (Russell, 2002)

จำนวนซูโอสปอร์ของเชื้อราในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่าง ๆ เป็นสารเสริมการหมัก พบว่าจำนวนซูโอสปอร์ของเชื้อราในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 4 กลุ่ม ที่เวลา 0 ชั่วโมงก่อนให้อาหาร 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ย ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.03-1.21x 10^5, 1.30-1.44x 10^5 และ 1.18-1.31x 10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ สอดคล้องกับ Russell (2002) ที่รายงานว่า จำนวนซูโอสปอร์ของเชื้อราในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องอยู่ในช่วง 10^5-10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร

เมแทบอไลท์ในเลือด

ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน และกลูโคสในเลือดของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมัก เสริมอาหารข้น (ตารางที่ 16) พบว่า ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของโคทั้ง 4 กลุ่ม ที่เวลา 0 ชั่วโมงก่อนให้อาหาร มีค่าอยู่ในช่วง 32.75-35.75 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ที่ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหารมีค่าอยู่ในช่วง 31.00-32.67 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ยของปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น มีค่าอยู่ในช่วง 31.50-34.88 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตาม ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของเลือดโคในการศึกษาครั้งนี้อยู่ในช่วงปกติ (24-46

เปอร์เซ็นต์) (Jain, 1993) ซึ่งเม็ดเลือดแดงอัดแน่นหรือค่าฮีมาโตคริต (hematocrit) เป็นดัชนีที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ใช้วินิจฉัยว่า สัตว์มีความผิดปกติของเลือดหรือไม่ โดยหากปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นต่ำกว่าค่าปกติ สัตว์จะมีอาการของโรคโลหิตจาง (anemia) ในทางตรงกันข้ามหากปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นสูงกว่าค่าปกติ สัตว์จะมีอาการของโรคโพลีซัยธีเมีย (polycythemia) ซึ่งเกิดจากการสร้างเม็ดเลือดแดงที่มากผิดปกติ (ไชยณรงค์, 2541) ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมักในการศึกษาครั้งนี้มีสุขภาพที่ปกติ และไม่มีสภาวะโลหิตจาง

สำหรับความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดของโคพื้นเมืองไทยทั้ง 4 กลุ่ม ที่เวลา 0 ชั่วโมงก่อนให้อาหาร มีค่าอยู่ในช่วง 10.24-13.40 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน ที่ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหารมีค่าอยู่ในช่วง 10.53-12.34 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน มีค่าอยู่ในช่วง 10.39-12.87 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณโปรตีนรวมที่ย่อยได้ (ตารางที่ 12) และความเข้มข้นของแอมโนเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน (ตารางที่ 14) ของโคทั้ง 4 กลุ่ม ที่ไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับ Preston และคณะ (1965) ที่รายงานว่า ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดมีความสัมพันธ์กับปริมาณโปรตีนที่ย่อยได้ และระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่ผลิตได้ในกระเพาะรูเมน เนื่องจากยูเรียเป็นผลผลิตสุดท้ายของกระบวนการย่อยสลายโปรตีน ซึ่งเมื่อโปรตีนเกิดการย่อยสลายจะได้แก๊สแอมโนเนียแล้วถูกจุลินทรีย์นำไปสังเคราะห์เป็นโปรตีนของจุลินทรีย์โปรตีน แก๊สแอมโมเนียส่วนเกินจะถูกดูดซึมที่ตับและถูกขับออกจากร่างกาย (เมธา, 2533) โดยระดับยูเรียในร่างกายสามารถวัดได้โดยการตรวจหาระดับไนโตรเจนในพลาสม่า หรือ ซีรั่ม เพื่อใช้บ่งชี้ระดับไนโตรเจนในเลือด ซึ่งสามารถใช้ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดเป็นตัวบ่งชี้ถึงการใช้ประโยชน์ได้ของไนโตรเจนที่กินได้ (Nolan *et al.,* 1970 ; Egan and Kellaway, 1971) ทั้งนี้ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดโคพื้นเมืองในครั้งนี้มีค่าอยู่ในช่วงปกติของสัตว์โตเต็มวัย คือ 6-27 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (Swenson, 1977) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สัตว์ได้รับโปรตีนจากอาหารเพียงพอ และมีกระบวนการใช้ประโยชน์จากโปรตีนในอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือด พบว่า ความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดของโคพื้นเมืองไทยทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดที่ 0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหารมีค่าอยู่ในช่วง 61.55-62.30 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดที่ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหารมีค่าอยู่ในช่วง 58.78-63.00 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดมีค่าอยู่ในช่วง 60.16-62.41 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร

ตารางที่ 16 ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน และกลูโคสในเลือดของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมในการหมัก เสริมด้วยอาหารข้น

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับกากน้ำตาล (เปอร์เซ็นต์)				SEM
	0	2	4	6	
ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (เปอร์เซ็นต์)					
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	35.75	34.00	33.25	32.75	0.14
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	32.67	29.00	31.00	31.00	2.03
ค่าเฉลี่ย	34.88	31.50	32.38	31.50	1.22
ยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)					
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	13.40	12.78	10.98	10.24	1.02
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	12.34	12.09	11.71	10.53	0.89
ค่าเฉลี่ย	12.87	12.43	11.34	10.39	0.80
กลูโคส (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)					
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	61.95	61.83	61.55	62.30	0.53
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	59.68	63.00	58.78	60.70	1.36
ค่าเฉลี่ย	60.81	62.41	60.16	61.50	0.65

ซึ่งอยู่ในช่วงปกติ โดย Kaneko (1980) รายงานว่า ความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดโคที่บ่งบอกถึงความสมดุลของพลังงานในร่างกายอยู่ในช่วง 45-75 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร Schultz และคณะ (1988) รายงานว่า ความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดของสัตว์เคี้ยวเอื้องทั่ว ๆ ไป มีค่าประมาณ 50 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดของโคมีความสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มข้นของกรดโพรพิโอนิกที่ผลิตได้ในของเหลวจากกระเพาะรูเมน โดยแหล่งกลูโคสของสัตว์เคี้ยวเอื้องส่วนใหญ่มาจากกระบวนการสร้างกลูโคสที่ตับจากกรดโพรพิโอนิก (กลูโคนีโอเจนีซีส) ทั้งนี้สัตว์เคี้ยวเอื้องใช้กรดโพรพิโอนิก 80-90 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์น้ำตาลกลูโคส (เมธา, 2553; Preston and Leng, 1987) จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า กรดโพรพิโอนิกที่ผลิตได้ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 4 กลุ่ม (ตารางที่ 14) ไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งกลูโคสในกระแสเลือด เป็นแหล่งพลังงานที่จำเป็น และมีความสำคัญต่อการสร้างผลผลิต และสมรรถภาพการสืบพันธุ์ของสัตว์ (Radostits *et al*., 2000) ดังนั้นหากพิจารณาความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดและกรดโพรพิโอนิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (ตารางที่ 14) ของโคพื้นเมืองไทยในการศึกษาครั้งนี้ จะเห็นได้ว่าอยู่ในช่วงปกติ แสดงว่าโคพื้นเมืองไทยสามารถใช้ประโยชน์จากพลังงานในอาหารที่ได้รับได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุป

ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก สามารถนำมาใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับโคพื้นเมือง เพศผู้ เสริมอาหารข้นในระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว โดยไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ การใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ สมดุลไนโตรเจนและกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมือง

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการประเมินจลนพลศาสตร์การย่อยสลายและพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก โดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส รวมทั้งการศึกษาการนำทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่าง ๆ เป็นสารเสริมการหมัก มาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับโคพื้นเมือง สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ความสามารถในการย่อยสลายได้ขององค์ประกอบที่สามารถละลายน้ำได้ (a) ปริมาณแก๊สที่ผลิตได้ (b) อัตราการผลิตแก๊ส (c)โดยเฉลี่ย ศักยภาพในการผลิตแก๊ส (d) และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมักไม่แตกต่างกัน

2. การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับโคพื้นเมืองไทย ร่วมกับการเสริมอาหารข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ส่งผลให้โคพื้นเมืองไทยมีปริมาณการกินได้รวม ปริมาณโปรตีนรวม และปริมาณผนังเซลล์ที่กินได้สูงกว่าโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาล 0 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก อีกทั้งยังมีแนวโน้มของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุสูงกว่าโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก แต่การใช้ทางใบปาล์มหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก ไม่มีผลทำให้อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ โปรตีนรวมที่ย่อยได้ ในโตรเจนที่ขับออกต่อไนโตรเจนที่กินได้ และสมดุลไนโตรเจน แตกต่างกัน

3. ผลการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับโคพื้นเมืองไทย ร่วมกับการเสริมอาหารข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ต่อกระบวนการหมัก นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน และเมแทบอไลท์ในกระแสเลือด พบว่า ค่าความเป็น กรด-ด่างเฉลี่ยของของเหลวจากกระเพาะรูเมน ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ยในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ความเข้มข้น

ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดเฉลี่ยในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ปริมาณกรดแอซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริก อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน และยังส่งผลให้จำนวนของประชากรแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์ของเชื้อรา ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนอยู่ในระดับปกติ สำหรับเมแทบอไลท์ในกระแสเลือดของโคพื้นเมืองไทย พบว่า ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ความเข้มข้นยูเรีย-ไนโตรเจน และความเข้มข้นของกลูโคส อยู่ในช่วงค่าปกติ

ดังนั้นจากการศึกษาในครั้งนี้ จะเห็นได้ว่าการหมักทางใบปาล์มน้ำมันที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0-6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก ไม่ทำให้องค์ประกอบทางเคมี และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักแตกต่างกัน และสามารถใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับ 0-6 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารเสริมการหมัก เป็นอาหารหยาบสำหรับโคพื้นเมืองไทย ร่วมกับการเสริมอาหารข้นในระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว

ข้อเสนอแนะ

1. ทางใบปาล์มน้ำมันเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรที่สามารถหาได้ในภาคใต้และมีศักยภาพสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบ ในฤดูกาลที่ขาดแคลนหญ้าหรือพืชอาหารสัตว์สำหรับเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ หรืออาจนำมาแปรรูปเป็นทางใบปาล์มน้ำมันหมักเพื่อคงคุณค่าทางโภชนะหรือเก็บไว้ใช้ในระยะยาว

2. ควรมีการศึกษาการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักในการเลี้ยงโค โดยเพิ่มระดับของอาหารข้นให้สูงขึ้น เนื่องจากการทดลองในครั้งนี้เสริมอาหารข้นเพียง 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว

3. ควรมีการศึกษาการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักในการเลี้ยงโค โดยศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมัก

4. ควรมีการศึกษาการแปรรูปทางใบปาล์มน้ำมันหมักให้อยู่ในรูปอื่นๆ เช่น ทางใบปาล์มน้ำมันหมักอัดเม็ด หรือการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักในอาหารผสมสำเร็จรูป (total mixed ration, TMR) เป็นต้น พร้อมทั้งศึกษาการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะเพื่อเป็นการเพิ่มทางเลือกในการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2547. ตารางคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กรมปศุสัตว์. 2553. สถิติข้อมูลการปศุสัตว์ 2551 กรมปศุสัตว์ (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.dld.go.th/ict/stat_web/yearly/yearly51/stock51/region/report5.xls. [เข้าถึงเมื่อ 16 พฤษภาคม 2554].

กฤตพล สมมาตย์. 2543. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการผลิตสัตว์เบื้องต้น : หลักการผลิตโคกระบือ. ขอนแก่น : ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวทยาลัยขอนแก่น.

ขวัญดาว แต่งตั้ง, เจษฎา เนรมิตศรัทธา และ วุฒิชัย ผอมทอง. 2549. การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับแพะ. รายงานปัญหาพิเศษ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ไชยณรงค์ นาวานุเคราะห์. 2541. โลหิตวิทยาของสัตว์เลี้ยงและการวิเคราะห์. ขอนแก่น : ภาควิชา-สัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ณัฐฐา รัตนโกศล. 2552. การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลเป็นอาหารหยาบสำหรับแพะ. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ณัฐฐา รัตนโกศล, วันวิศาข์ งามผ่องใส, ไชยวรรณ วัฒนจันทร์ และเสาวนิต คูประเสริฐ. 2551. ผลของระดับกากน้ำตาลในทางใบปาล์มน้ำมันหมักต่อการกินได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในแพะ. รายงานการประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ภาคใต้ ครั้งที่ 5 ณ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 14-15 สิงหาคม 2551 หน้า 107-119.

ทรงศักดิ์ จำปาวะดี, กฤตพล สมมาตย์, เทวิน วงษ์พระลับ และ วิโรจน์ ภัทรจินดา. 2548. การประเมินคุณค่าทางโภชนะของแหล่งอาหารพลังงานสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส. ว. เทคโนโลยีสุรนารี. 12 : 239-247.

เทอดชัย เวียรศิลป์. 2540. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. เชียงใหม่ : ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระพงศ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ, นิทัศน์ สองศรี และ ยงยุทธ เชื้อมงคล. 2545. การปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลผลิตของปาล์มน้ำมัน. สงขลา : คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระพงศ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ และ สมเกียรติ สีสนอง. 2548. การจัดการสวนปาล์มน้ำมัน. *ใน* เส้นทางสู่ความสำเร็จการผลิต ปาล์ม-น้ำมัน. หน้า 51-62. สงขลา : ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541. โภชนศาสตร์สัตว์. เชียงใหม่ : ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะ-เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ประดิษฐ์ อาจชมภู, ศิริศักดิ์ บริรักษ์ธนกุล, เกียรติศักดิ์ สร้อยสุวรรณ, สมจิตร ถนอมวงศ์วัฒนะ และ สมพร จันทระ. 2551. การพัฒนาทางใบปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับแพะ. เอกสารประกอบสัมมนาวิชาการ การพัฒนาอาชีพการเลี้ยงแพะอย่างยั่งยืน งานแพะแห่งชาติครั้งที่ 5 ณ สวนสมเด็จพระศรีนครินทร์ นครศรีธรรมราช 23 เมษายน 2551 หน้า 57-66.

พีรพจน์ นิติพจน์ และ กฤตพล สมมาตย์. 2546. การประเมินคุณค่าอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง อาหารพลังงาน และอาหารหยาบในหลอดทดลอง. การสัมมนาวิชาการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น วันที่ 27-28 มกราคม 2546 หน้า 179-190.

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. กรุงเทพฯ : หจก. ฟันนี่พับบลิชชิ่ง.

วิโรจน์ ภัทรจินดา. 2546. โคนม. ขอนแก่น : ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วิโรจน์ ภัทรจินดา. 2548. นิเวศวิทยาของจุลินทรีย์ในสตว์เคี้ยวเอื้อง. ขอนแก่น : ภาควิชาสัตวสาตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วินัย ประลมพ์กาญจน์. 2538. อาหารและการให้อาหารแพะ. สงขลา : ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะ-ทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สายัณห์ ทัดศรี. 2540. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน การผลิตและการจัดการ. กรุงเทพฯ : คณะ-เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สายัณห์ ทัดศรี. 2547. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน. กรุงเทพฯ : คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. สถิติการปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทย (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.agriinfo.doae.go.th/5year/vegetation/vegetation.php. [เข้าถึงเมื่อ 17 พฤษภาคม 2554].

อัจฉรา ลักขณานุกุล, ฉลอง วชิราภากร, เสมอใจ บุรีนอก และ เฉลิมพล เยื้องกลาง. 2550. การประเมินคุณภาพยอดอ้อยหมักในกลุ่มที่มีการใช้สารเสริมกับกลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริมโดยวิธีการ *In vitro* gas production technique. การประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 3 ณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 23 มกราคม 2550 หน้า 259-266.

Abu Hassan, O. and Ishida, M. 1991. Effect of water, molasses and urea addition on oil palm frond silage quality – fermentation characteristics and palatability to Kedah – Kelantan bulls. Proceedings of the 3rd International Symposium on the Nutrition of Herbivores, Penang, Malaysia, 25-30 August 1991, p. 94.

Abu Hassan, O., Ishida, M., Mohd Shukri, I. and Ahmad Tajuddin, Z. 1994. Oil-plam fronds as a roughage feed source for ruminants in Malaysia. Food and Fertilizer Technology Center. (Online). Available at : http://www.agnet.org/library/article/b420.html [10 August 2005].

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. (15th ed.). Washington, D.C. : Association Official Analytical Chemists.

Asada, T., Konno, T. and Saito, T. 1991. Study on the conversion of oil palm leaves and petioles into feed for ruminants. Proceeding of The 3rd International Symposium on the Nutrition of Herbivores. Penang, Malaysia, 25-30 August 1991, pp. 104.

Bremner, J. M. and Keeney, D. R. 1965. Stream distillation methods of determination of ammonium nitrate and nitrite. Anal. Chem. Acta. 32 : 485-493.

Chunjula, P., Wanapat, M., Wachirapakorn, C., Uriyapongson, S. and Rowlinson, P. 2003. Ruminal degradability of tropical feed and their potential use in ruminant diets. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 16 : 211-216.

Dahlan, I. 1996. Oil Palm by-product: its utilization and contribution for livestock industry. Proceedings of the Agricultural Conference on International Palm Oil Congress, Kuala Lumpur, Malaysia, 23-28 September 1996, pp. 269-274.

Dahlan, I., Islam, M. and Rajion, A. M. 2000. Nutrient intake and digestibility of fresh, ensiled and pelleted oil palm (*Elaeis guineensis*) frond by goats. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 13 : 1407-1413.

Egan, A. R. and Kellaway, R. C. 1971. Evaluation of nitrogen metabolites as indices of nitrogen utilization in sheep given frozen and dry mature herbages. Br. J. Nutr. 26 : 335.

France, J. and Siddons, R.C. 1993. Voluntary fatty acid production. *In* Quantilitive Aspects Ruminant Digestion and Metabolism. (eds. J.M. Forbes and J. Frace). pp. 107-121. Willingford : C.A.B. International.

Galyean, M. 1989. Laboratory Procedure in Animal Nutrition Research. New Mexico : Department of Animal and Life Science, New Mexico State University.

Goering, H. K. and Van Soest, P. J. 1970. Forage Fiber Analysis. Agricultural Handbook No. 379. Washington, D.C. : USDA.

Gosselink, J.M.J., Dulphy, J.P., Poncet, C., Tamminga, S. and Cone, J.W. 2004. A comparison of *in situ* and *in vitro* method to estimate *in vivo* fermentable organic matter of forages in ruminants. NJAS. 52 : 29-45.

Hungate, R. E. 1966. The Rumen and Its Microbes. (ed. R. E. Hungate). New York : Acadermic Press.

Ishida, M. and Abu Hassan, O. 1997. Utilization of oil palm frond as cattle feed. JARQ. 13 : 41-47.

Islam, M., Dahlan, I., Rajion, A. M. and Jelan, A. Z. 1998. Influence of urea and molasses on preservation of oil palm (*Elaeis guineensis*) frond. Proceedings of the International Science Conference, Kuala Lumpur, Malaysia, 7-9 May 1998, pp. 147-148.

Jain, N. C. 1993. Essential of Veterinary Hematology. Philadelphia : Lea & Febiger.

Jetana, T., Abdulla, N., Halim, R. M., Jalaludin, S. and Ho, Y.W. 1998. Effect of protein and carbohydrate supplement on fibre digestion and microbial population. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 11 : 510-521.

Josefa, M., Dolores, M. M. and Fuensanta, H. 1999. Determination of short chain volatile fatty acids in silages from artichoke and orange by-products by capillary gas chromatography. J. Sci. Food Agric. 79 : 580-584.

Kaneko, J. J. 1980. Appendexes. *In* Clinical Biochemistry of Domestic Animals. (3rd ed.). (ed. J. J. Kaneko) pp. 877-901. New York : Academic Press.

Kawamoto, H., Mohamed, W. Z., Norismail, M. S., Mohamedsharudin, M. A., Ismail, A. and Oshio, S. 2001. Palatability digestibility and voluntary intake of processed oil palm fronds in cattle. JARQ. 35 : 195-200.

Khamseekhiew, B., Liang, J. B., Jelan, Z. A. and Wong, C. C. 2002. Fibre degradability of oil palm frond pellet, supplemented with *Arachis pintoi* in cattle. Songklanakarin J. Sci. Technol. 24 : 209-216.

Leng, R. A. 1990. Factors affecting the utilization of "poor quality" forages by ruminants particularly under tropical conditions. Nutr. Res. Rev. 3 : 277-303.

Menke, K.H., Raab, L., Salewski, L.A., Steingass, H., Fritz, D. and Schneider, W. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. J. Agric. Sci. (Camb.). 93 : 217-222.

Menke, K. H. and Steingass, H. 1988. Estimation of energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. Anim. Res. Dev. 28 : 7-55.

Mohd Sukri, I. 2003. Fattening of beef cattle with oil palm by-product-oil palm frond based diets. Proceedings of the 8th Meeting of the Regional Working Group on Grazing and Feed Resources for Southeast Asia, Kuala Lumpur, Malaysia, 22-28 September 2003, pp. 71-75.

Nasir, H. M., Dahlan, I. and Alimon., A.R. 1997. Maintenance requirement of pen-fed Sannen goat in Malaysia. Malaysian J. Anim. Sci. 3 : 47-51.

Nolan, J. V., Cocimano, M. R. and Leng, R. A. 1970. Prediction of parameter of urea metabolism in sheep from the concentration of urea in plasma. Proc. Australian. Soc. Anim. Prod. 8 : 22.

NRC. 1989. Nutrient Requirement of Dairy Cattle. 6th rev. ed. Washington, D.C : National Academy Press.

Ørskov, E. R. and McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci. 92 : 499-503.

Oude Elferink, S. J. W. H., Driehuis, F., Gottschal, J. C. and Spoelstra, S. F. 2000. Silage fermentation processes and their manipulation. *In* Silage Making in the Tropics with Particular Emphasis on Smallholders. (ed. L. 't Mannetje), pp. 17-30. Rome : FAO

Paengkoum, P., Liang, J.B., Basery, M. and Jelan, Z.A. 2001. Ruminal and intestinal digestibilities of oil palm (*Elaeis guineensis*) fronds in cattle. Songklanakarin J. Sci. Technol. 24 : 335-341.

Paengkoum, P., Liang, J. B., Jelan, Z. A. and Basery, M. 2006. Utilization of steam-treated oil palm frond in growing goats : I Supplementation with dietary urea. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 19 : 1305-1313.

Perdok, H. B. and Leng, R. A. 1990. Effect of supplementation with protein meal on the growth of cattle given a basal diet of untreated or ammoniated rice straw. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 3 : 269-279.

Pitt, R. E. 1990. Silage and Hay Preservation. New York: Northeast Agricultural Engineering Service.

Preston, R. L., Schnakanberg, D. D. and Pander, W. H. 1965. Protein utilization in ruminant. I. Blood urea nitrogen as affected by protein intake. J. Nutr. 86 : 281-287.

Preston, R. L. and Leng, R. A. 1987. Matching Ruminant Production System with Available Resources in the Tropic and Sub-Tropics. Armidale : Penambull Book.

Radostits, O. M., Gay, C. C., Blood, D. C. and Herichcliff, K. W. 2000. Veterinary Medicine. (9th ed.). London : Harcourt Publisher Ltd.

Russell, J. B. 2002. Rumen Microbiology and Its Role in Ruminant Nutrition. New York : Cornell University Press.

Satter, R. D. and Slyter, R. R. 1974. Effect of ammonia concentration on ruminant microbial protein production *in vitro.* Br. J. Nutr. 22 : 199.

Schultz, L. H., Mayland, H. F. and Emerick, R. J. 1988. Metabolic problems related to nutrition. *In* The Ruminant Animal : Digestive Physiology and Nurtition (ed. D.C.). pp. 493-531. New Jersey : Prentice Hall, Englewid Cliffs.

Steel, R. G. D. and Torrie, J. H. 1981. Principles and Procedures of Statistics : A Biometrical Approach (2nd ed.). New York : McGraw-Hill Book Co. Inc.

Sutton, J. D. 1985. Digestion and absorption of energy substrates in the lactating cow. J. Dairy Sci. 68 : 1110-1120

Swenson, M. J. 1977. Physiologycal properties and cellular and chemical constituents of blood. *In* Dukes' Physiology of Domestic Animal. 9thed. (ed. M.J. Swenson). pp. 14-15. New York : Cornell University Press.

Van Soest, P.J. 1964. Symposium on factor influencing the voluntary intake of herbage by ruminant : Voluntary intake retention time to chemical composition and digestibility. J. Anim. Sci. 23 : 834-843

Wanapat, M. 2000. Rumen manipulation to increase the efficient use of local feed resources and productivity of ruminants in the tropics. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 13 (Supplement) : 59-67.

Wanapat, M., Wora-anu, S., Yuangklang, C., Chanjula, P. and Poungchompu, O. 2005. Effect of Dietary sources on rumen ecology of swamp buffaloes (*Bubalus Bubalis*). Conference on Congress on Gastro-intestinal Function held in Illinois, Chicago, USA, 11-13 April 2005.

Wanapat, M. and Pimpa, O. 1998. Effect of ruminal NH_3-N levels on ruminal fermentation, purine derivatives, digestibility and rice straw intake in swamp buffaloes. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 12 : 904-907.

Wan Zahari, M., Oshio, S. Mohd Jaffar, D., Najib, M. A., Mohd Yunus, I. and Nor Ismail, M. S. 2000. Voluntary intake and digestibility of treated oil palm fronds. *In* Silage Making in the Tropics with Particular Emphasis on Smallholders. (ed. L. 't Mannetje) pp. 103-105. Rome : FAO.

Wan Zahari, M. and Alimon, A. R. 2003. Use of palm kernel cake and oil palm by-products in compound feed. *In* Oil Palm Developments. pp. 5-9. Selangor : Universiti Putra Malaysia.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพประกอบการทำทางใบปาล์มน้ำมันหมัก

ภาพที่ 1 การสับทางใบปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องสับหญ้า

ภาพที่ 2 ลักษณะทางใบปาล์มน้ำมันหลังสับ

ภาพที่ 3 ทางใบปาล์มน้ำมันสับผสม-กากน้ำตาล

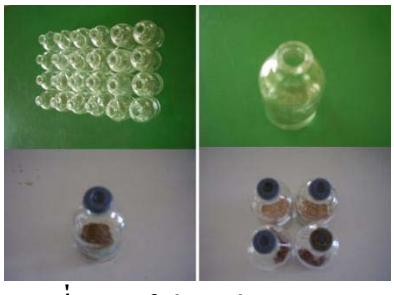
ภาพที่ 4 การอัดทางใบปาล์มน้ำมันสับในถังหมัก

ภาพที่ 5 ปิดฝาหมักเก็บไว้ประมาณ 30 วัน

ภาคผนวก ข

ภาพประกอบการทดลอง

การทดลองที่ 1 การประเมินจลนพลศาสตร์การย่อยสลายและพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมักโดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส

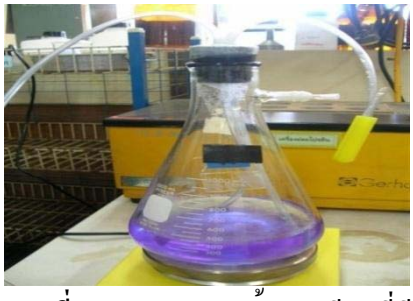


ภาพที่ 6 ขวดใส่ตัวอย่าง

ภาพที่ 7 อุปกรณ์วัดปริมาตรแก๊ส

ภาพที่ 8 การเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมน

ภาพที่ 9 การกรองของเหลวจากกระเพาะรูเมน



ภาพที่ 10 สารละลายน้ำลายเทียมที่มีออกซิเจน

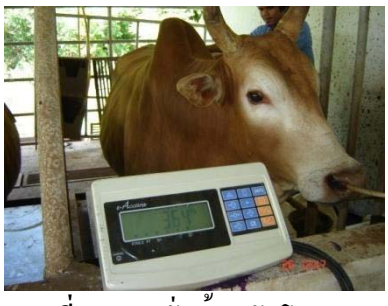
ภาพที่ 11 สารละลายน้ำลายเทียมที่ไร้ออกซิเจน

ภาพที่ 12 สารละลายผสมของน้ำลาย-เทียมและของเหลวจากกระ-เพาะรูเมน

ภาพที่ 13 การบ่มขวดตัวอย่างที่อุณหภูมิที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 14 การวัดปริมาตรแก๊ส

การทดลองที่ 2 ผลการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ เป็นสารเสริมการหมักต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะและกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองไทย



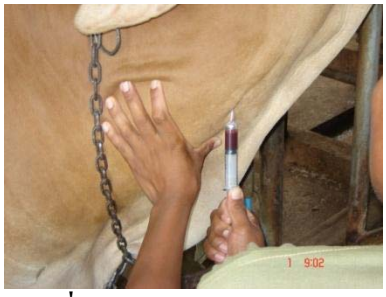
ภาพที่ 15 การชั่งน้ำหนักโคทดลอง

ภาพที่ 16 ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้กากน้ำตาลเป็นสารเสริมการหมัก

ภาพที่ 17 อาหารข้นที่ใช้ในการทดลอง

ภาพที่ 18 ภาชนะรองรับมูลและปัสสาวะในคอกทดลองหาการย่อยได้

ภาพที่ 19 การวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของของเหลวจากกระเพาะรูเมน



ภาพที่ 20 การเก็บเลือดจากเส้นเลือดดำใหญ่บริเวณคอ (jugular vein)

ภาคผนวก ค

องค์ประกอบของน้ำลายเทียม

น้ำลายเทียมที่ใช้ในการหาการย่อยได้ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส ประกอบด้วย

1. น้ำกลั่น	475.00 มิลลิลิตร
2. สารละลายแร่ธาตุหลัก	240.00 มิลลิลิตร
3. สารละลายแร่ธาตุรอง	0.12 มิลลิลิตร
4. สารละลายบัฟเฟอร์	240.00 มิลลิลิตร
5. สารละลายรีซาซูริน	1.22 มิลลิลิตร

ที่มา : Menke and Steingass (1988)

ภาคผนวก ง

การนับจำนวนประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน โดยวิธีนับตรง (Total direct count)

การนับจำนวนประชากรจุลินทรีย์โดยวิธีนับตรง เป็นวิธีการนับจุลินทรีย์ที่ไม่ละเอียดมากนัก มีข้อดี คือ เป็นวิธีการที่ง่าย สะดวก ส้วนข้อเสีย จะมีส่วนของตัวจุลินทรีย์ที่ตาย เนื่องจากของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่นำมานับจำนวนจุลินทรีย์ต้อง fix ด้วยฟอร์มาลิน 10 เปอร์เซ็นต์

อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมน

1. ฟอร์มาลิน 10 เปอร์เซ็นต์ ในน้ำเกลือความเข้มข้น 0.90 เปอร์เซ็นต์
2. ขวดพลาสติกขนาด 30 มิลลิลิตร
3. กระบอกฉีดยา
4. ผ้าขาวบาง
5. บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร และ 100 มิลลิลิตร
6. กล้องจุลทรรศน์ขนาดกำลังขยาย 10, 20, และ 40 เท่า
7. น้ำกลั่น
8. สไลด์นับเม็ดเลือด
9. cover grass
10. กระดาษทิชชู
11. ที่กดนับเม็ดเลือด
12. ไมโครปิเปต
13. กระดาษเซ็ดเลนส์

วิธีการสุ่มของเหลวจากกระเพาะรูเมน

ทำการสุ่มเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมนในช่วงเวลาที่ต้องการศึกษา โดยนำของเหลวจากกระเพาะรูเมนปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในขวดที่บรรจุฟอร์มาลิน 10 เปอร์เซ็นต์ในน้ำเกลือความเข้มข้น 0.90 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 9 มิลลิลิตา เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นเก็บไว้ที่

อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอนับจำนวนประชากรจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย โปรโตซัว และเชื้อรา ด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

การนับจำนวนแบคทีเรีย

วิธีการ 1. ทำการเจือจางของเหลวจากกระเพาะรูเมน โดยใช้ของเหลวจากกระเพาะรูเมนต่อ น้ำกลั่นในสัดส่วน 1:9

2.ใช้ไมโครปิเปตดูดของเหลวจากกระเพาะรูเมน แล้วหยดประมาณ 1 มิลลิลิตร ลงบนสไลด์นับเม็ดเลือด

3. นำ cover grass ปิดบนสไลด์พยายามอย่าให้เกิดฟองอากาศ

4. นับจำนวนแบคทีเรียโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 10 เท่า

5. การนับจำนวนประชากรแบคทีเรีย นับเพียง 5 ช่องใหญ่ ของสไลด์นับเม็ดเลือด โดยนับในแนวทแยงมุม ทำการนับ 2 ซ้ำ

สูตรที่ใช้ในการคำนวณจำนวนประชากรแบคทีเรีย

$Y = X \times F \times D$

เมื่อ Y = จำนวนประชากรแบคทีเรีย

X = ค่าเฉลี่ยที่นับได้

D = dilution factor

F = square factor ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4×10^6

การนับจำนวนประชากรโปรโตซัว

วิธีการ 1. ใช้ไมโครปิเปตดูดของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เก็บมาได้เลย โดยไม่ต้องเจือจางประมาณ 1 มิลลิลิตร หยดลงบนสไลด์นับเม็ดเลือด

2. นำ cover grass ปิดสไลด์ พยายามอย่าให้เกิดฟองอากาศ

3. นับจำนวนโปรโตซัว โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 10 หรือ 20 เท่า

4. การนับจำนวนประชากรโปรโตซัว โดยนับทั้ง 25 ช่องใหญ่ ของสไลด์ นับเม็ดเลือด ทำการนับ 2 ซ้ำ

สูตรที่ใช้ในการคำนวณจำนวนประชากรโปรโตซัว

$Y = X \times Fx D$

เมื่อ Y = จำนวนประชากรโปรโตซัว

X = ค่าเฉลี่ยที่นับได้

D = dilution factor

F = square factor ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4×10^4

การนับจำนวนประชากรเชื้อรา

วิธีการ 1. ใช้ไมโครปิเปตดูดของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เก็บมาได้เลย โดยไม่ต้องเจือจางประมาณ 1 มิลลิลิตร หยดลงบนสไลด์นับเม็ดเลือด

2. นำ cover grass ปิดสไลด์ พยายามอย่าให้เกิดฟองอากาศ

3. นับจำนวนโปรโตซัว โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 40

4. การนับจำนวนประชากรเชื้อรา โดยนับทั้ง 25 ช่องใหญ่ ของสไลด์ นับเม็ดเลือด ทำการนับ 2 ซ้ำ

สูตรที่ใช้ในการคำนวณจำนวนประชากรโปรโตซัว

$Y = X \times Fx D$

เมื่อ Y = จำนวนประชากรเชื้อรา

X = ค่าเฉลี่ยที่นับได้

D = dilution factor

F = square factor ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4×10^5

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายสันติ หมัดหมัน

รหัสประจำตัวนักศึกษา 4910620079

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีการผลิตสัตว์)	มหาวิทยาลัยทักษิณ	2548

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

สันติ หมัดหมัน, ไชยวรรณ วัฒนจันทร์, วันวิศาข์ งามผ่องใส และ เสาวนิต คูประเสริฐ. 2552. การใช้เทคนิคผลผลิตแก๊สเพื่อประเมินการย่อยได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล. การสัมมนาวิชาการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น วันที่ 26-27 มกราคม 2552 หน้า 28-30.