เอกสารอ้างอิง

กฤตพล สมมาตย์. 2550ก. โภชนพลังงานศาสตร์ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

กฤตพล สมมาตย์. 2550ข. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการผลิตโค-กระบือ. พิมพ์ครั้งที่ 3. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

กรมปศุสัตว์. 2543. ข้อมูลจำนวนสัตว์ในประเทศไทย ปี 2543. สำนักกลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติ ศูนย์สารสนเทศ กรมปศุสัตว์. กรุงเทพฯ.

กรมปศุสัตว์. 2546. พืชอาหารสัตว์พันธุ์ดี. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

กรมปศุสัตว์. 2551. ข้อมูลจำนวนสัตว์ในประเทศไทย ปี 2551. สำนักกลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติ ศูนย์สารสนเทศ กรมปศุสัตว์. กรุงเทพฯ.

กรมปศุสัตว์. 2553. ข้อมูลจำนวนสัตว์ในประเทศไทย ปี 2553. สำนักกลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติ ศูนย์สารสนเทศ กรมปศุสัตว์. กรุงเทพฯ.

กองอาหารสัตว์. 2538. หญ้ารูซี่. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

กิตติเดช เชี่ยวชาญ. 2552. พืชอาหารสัตว์. ว. สัตว์. 27(1):37–40.

จรูญโรจน์ จันทรศิริ, ธำรงศักดิ์ พลบำรุง, จีรวัชร์ เข็มสวัสดิ์ และ สุชาติ จำรัสบุญ. 2547. เทคโนโลยีการใช้พืชอาหารสัตว์คุณภาพดีและมันเส้นขุนโคพันธุ์ตากและกบินทร์บุรี. ว. ข่าวปศุสัตว์. 27(247):6–9.

จารุณี หนูละออง และ องอาจ อินทร์สังข์. 2553. ผลของระดับการเสริมอาหารข้นต่อปริมาณและคุณภาพน้ำนมของแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ. ว. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. 5(1):29–40.

จีรสิทธิ์ สงค์ประเสริฐ. 2549. การขุนโค – กระบือ. พิมพ์ครั้งที่ 5. อาร์ จี บี แอดเวอร์ไทซิ่ง เอเจนซี่. เชียงใหม่.

ฉลอง วชิราภากร. 2541. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ฉัตรชัย แก้วพิลา. 2553. ผลของระดับพลังงานที่กินได้ต่อความสามารถในการย่อยได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน เมทาบอไลท์ในกระแสเลือด และสมรรถนะการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

ฉายแสง ไผ่แก้ว, สมจิตร อินทรมณี, พิมพาพร เทวาหุดี, วรพงษ์ สุริยจันทราทอง, อุดร เสนากัสน์, กานดานาคมณี และ ไพบูรณ์ พลบุญ. 2528. ผลของระยะเวลาตัดที่มีต่อผลผลิตเมล็ดหญ้ารูซี่. ประมวลเรื่องการประชุมวิชาการปศุสัตว์ ครั้งที่ 4. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เฉลิมชัย สุโข. 2551. การศึกษาค่าพลังงานที่ย่อยได้ ค่าโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมดและกระบวนการหมักในกระเพาะหมักในโคเนื้อพันธุ์บราห์มันและโคพื้นเมืองที่ได้รับฟางข้าวเป็นแหล่งของอาหารหยาบหลัก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

ชาญชัย นรเทพไพศาล. 2546. วัวเนื้อ. ศูนย์วิชาการวัวเนื้อเพื่อประชาชน. กรุงเทพฯ.

ชำนาญ ดงปาลี. 2550. โคขาวลำพูน มรดกล้านนา. ว. ข่าวปศุสัตว์. 29(263):20–21.

ทรงศักดิ์ จำปาวะดี. 2545. โภชนศาสตร์สัตว์ประยุกต์. สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ธนสิทธิ์ เหล่าประเสริฐ. 2543. มารู้จักโคเนื้อพันธุ์ตาก:โคเพื่อเกษตรกรไทยที่กรมปศุสัตว์กำลังดำเนินการ. มติชนบทฉบับเทคโนโลยีชาวบ้าน. 13(248):62–64.

ธำรงศักดิ์ พลบำรุง. 2531. การเลี้ยงโคเนื้อ. ไทยวัฒนาพานิช. กรุงเทพฯ.

ธำรงศักดิ์ พลบำรุง และ จีรวัชร์ เข็มสวัสดิ์. 2550. การผลิตอาหารสัตว์ใช้ในฟาร์มเพื่อลดต้นทุนการผลิต. วารสารข่าวปศุสัตว์. 29(262):21–23.

นัทธมน ตั้งจิตวัฒนาชัย และ กฤตพล สมมาตย์. 2553. ผลของระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้ต่อคุณภาพเนื้อของโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองไทย. ว. แก่นเกษตร. 38(ฉบับพิเศษ):24-29.

นันทนา มูลมาตย์. 2552. การประเมินคุณค่าทางโภชนะและค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของรำละเอียด กากเมล็ดนุ่น และกากมะพร้าวในโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

นันทนา มูลมาตย์, มาโกโตะ โอสุกะ, ศุภชัย อุดชาชน และ กฤตพล สมมาตย์. 2553. การประเมินคุณค่าทางโภชนะและค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของรำละเอียด กากเมล็ดนุ่น และกากมะพร้าวในโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองไทย. ว. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 29(4):382–388.

นันทนา มูลมาตย์, Makoto Otsuka และ กฤตพล สมมาตย์. 2552. ผลของวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิดต่อปริมาณการกินได้ และการปลดปล่อยแก๊สมีเทนในโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองไทย. การประชุมวิชาการการนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาครั้งที่ 2. สำนักบริหารวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

บัญชา สัจจาพันธุ์. 2543. ลักษณะเด่นประจำพันธุ์ของโคชนภาคใต้. ว. สัตวบาล. 10(51):40–41.

บุญฤา วิไลพล. 2533. การเลี้ยงโคเนื้อเพื่อเพิ่มรายได้และเป็นอาชีพในภาคอีสาน. ข่าวสารเกษตรภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. 19 (3): 8 – 15.

บุญฤา วิไลพล. 2534. ปัญหาการพัฒนาพันธุ์พืชอาหารสัตว์. ถนนปศุสัตว์. 2(15):60–67.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541. โภชนศาสตร์สัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปณิตา บัวทอง และ มานพ นามสมบูรณ์. 2536. พืชอาหารสัตว์. ข่าวสารเกษตรศาสตร์. 38(5):40-46.

ปรัชญา ปรัชญาลักษณ์, อุทัย ลีรัตนชัย และ วิโรจ วนาสิทธชัยวัฒน์. 2540. การใช้วัสดุผลพลอยได้ทางการเกษตรเป็นอาหารโครีดนมในฤดูแล้ง. สาส์นไก่และการเกษตร. 45(6):55–64.

ปิ่น จันจุฬา. 2550. หลักการผลิตโคเนื้อ. ภาควิชาเทคโนโลยีและการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พรศรี ชัยรัตนายุทธิ์. 2531. การให้อาหารข้นโคนม. ว. โคนม. 4(8):11–12.

พิชญะ จงตระกูล. 2533. วิกฤตการณ์วัตถุดิบอาหารสัตว์: มาตรการและผลกระทบ. ว. เศรษฐศาสตร์เกษตร. 9(1):79–85.

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วรินทร มณีรัตน์ และ ศรเทพ ธัมวาสาร. 2551. อิทธิพลของระบบการผลิตต่อผลผลิตซากและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในการเลี้ยงโคเนื้อขุน. ว. เกษตรนเรศวร. 11(2):145–453.

วิโรจน์ ภัทรจินดา. 2546. โคนม. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2538. แนวคิดการจัดการอาหารโคนม ตอนที่ 3 การใช้ผลพลอยได้ทางการเกษตร. ว. โคนม. 14(5):42–44.

วีระพล แจ่มสวัสดิ์. 2534. ผลของการใช้ฟางข้าว ยอดอ้อย และเปลือกสับปะรดหมักด้วยยูเรียเป็นอาหารหยาบสำหรับโคสาวในฤดูแล้ง. ว. ศูนย์บางพระ. 28(2):35–39.

ศรเทพ ธัมวาศร. 2548. การเลี้ยงโคเนื้อ: แนวทางการพัฒนาอาชีพของเกษตรกรไทย. พิมพ์ครั้งที่ 3. อักษรสยามการพิมพ์. กรุงเทพฯ.

ศรันยา วิทยานุภาพยืนยง, จิตราภรณ์ ธวัชพันธุ์ และ อิสสระ กรีธาพล. 2535. การศึกษาคุณค่าทางอาหารและอนุกรมวิธานของหญ้าพืชอาหารสัตว์บางชนิด. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2535. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, ศกุนตลา ภู่เจริญ และ วารุณี เตีย. 2552. ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในการผลิตเอทานอลโดยใช้มันสำปะหลังและกากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบ. ว. ราชบัณฑิตยสถาน. 34(2):328–336.

สมพร ดวนใหญ่, สุนทรีพร ดวนใหญ่ และ วรวิทย์ ธนสุนธรสุทธิ์. 2550. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยการผลิตเนื้อโคพื้นเมือง กรณีศึกษาจังหวัดอุบลราชธานีและยโสธร. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

สมศักดิ์ เภาทอง, อานุภาพ เส็งสาย และ มณฑป นพคุณ. 2549. การใช้อาหารหยาบคุณภาพดีเลี้ยงโคนม. ข่าวสารพืชอาหารสัตว์. 11(1):22–23.

สัญญา อาจสามารถ, สนธยา งาคม และ ทองพูล เคนมาตร. 2551. การใช้ลำต้นและใบมันสำปะหลังหั่นผสมอาหารเลี้ยงโคนม. ว. ข่าวปศุสัตว์. 31(270):16–20.

สุทิสา แต้มจันทร์, วันวิศาข์ งามผ่องใส, เสาวนิต คูประเสริฐ และ สุรศักดิ์ คชภักดี. 2550. ปริมาณการกินได้การใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะและการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองภาคใต้เพศผู้ที่ได้รับหญ้าพลิแคททูนั่มแห้งเสริมด้วยอาหารข้นระดับต่างๆ. ว. สงขลานครินทร์ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 29(2):385– 397.

สุรชัย บุญเอก. 2530. โคเนื้อ. โครงการหนังสือเกษตรชุมชน. กรุงเทพฯ.

สุรเดช พลเสน. 2548. ทุ่งหญ้าเขตร้อน. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อนันตเดช แย้มหอม, วรพจน์ เหล่าสิงห์, ศุภลักษณ์ รามณีย์, อาแอเสาะ อับดุลเลาะ, รัญจวน อิสรรักษ์ และ สุรศักดิ์ คชภักดี. 2552. ลักษณะทั่วไปและสภาพการเลี้ยงโคพื้นเมืองภาคใต้เพศเมียในตำบลแหลมโตนด อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง. ว. มหาวิทยาลัยทักษิณ. 11(3): 60–67.

อนันท์ เชาว์เครือ และ กฤตพล สมมาตย์. 2552. การประเมินค่าการย่อยได้และค่าพลังงานของอาหารหยาบสำหรับโคนมในเขตร้อน. ใน การประชุมสัมมนาวิชาการเกษตร ประจำปี 2552 ในงานวันเกษตรภาคอีสาน ระหว่างวันที่ 26-27 มกราคม 2552 ณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

อนันท์ เชาว์เครือ, Takehiro Nishida, รำไพ ใจเที่ยง และ กฤตพล สมมาตย์. 2551. การปลดปล่อยแก๊สมีเทนของโคเนื้อพันธุ์บราห์มันที่ได้รับพืชอาหารสัตว์เป็นอาหารหยาบหลัก. ใน: การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 9. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

อนันท์ เชาว์เครือ, Takehiro Nishida, อิทธิพล เผ่าไพศาล และ กฤตพล สมมาตย์. 2550. ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์พลังงานในโคเนื้อพันธุ์บราห์มัน. ว. เกษตร (ม. เชียงใหม่). 23(ฉบับพิเศษ):241–245.

อนุชา ศิริ. 2536. การศึกษาระดับหญ้ารูซี่ในแกะที่มีต่อปริมาณการกินและการย่อยได้ของอาหารหยาบที่มีหญ้ารูซี่ผสมกับฟางข้าว. ว. วิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร. 10(2):30–35.

AFRC. 1993. Energy and Protein Requirements of Ruminants. Agricultural and Food Research Council. CAB International, Wallingford, UK.

AFFRC. 2000. Japanese Feeding Standard for Beef Cattle. Agriculture Forestry and Fisheries Research Council. Central Association of Livestock Industry, Tokyo, Japan.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis.15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

ARC. 1980. The Nutrient Requirement of Ruminant Livestock. London. Agricultural Research Council. CAB International, Wallingford, UK.

Blaxter, K. L. 1989. Energy Metabolism in Animals and Man. Cambridge University Press, Cambridge, New York, NY.

Brouwer, E., 1965. Report of sub-committee on constants and factors. Pages 441-443 in Proc. 3rd Symp. Energy Metabolism. K. L. Blaxter, ed. EAAP Publ. no. 11. Academic Press, New York, NY.

Chaokaur, A. 2009. Metabolizable Energy Requirement for Maintenance and Energetic Efficiency for Growth in Brahman Beef Cattle. Doctor of Philosophy Thesis in Animal Science, Graduate School, Khon Kaen University.

Chaokaur, A., T. Nishida, I. Phaowphaisal, and K. Sommart. 2007. Energy metabolism and energy requirement for maintenance of Brahman steers in tropical condition. Pages 505-506 in Proc. 2nd Symp. Energy and Pritein Metabolism and Nutrition. I. Ortigues-Marty, N. Miraux and W. Brand-Williams, ed. EAAP Publ. no. 124. Wageningen. The Netherlands.

Chaokaur, A., T. Nishida, S. Wijitphan, V. Pattarajinda, and K. Sommart. 2008. Metabolizable energy and crude protein requirement for maintenance of Brahman cattle offered varying levels of feed intake under tropical condition. Page 76-79. in Proc. Symp. Establishment of a Feeding Standard of Beef Cattle and a Feed Database for the Indochainese Peninsula. S. Oshio, M. Otsuka, and K. Sommart, ed. Klungnanavithaya Press, Khon Kaen, Thailand.

Cheva-Isarakul, B., S. Promma, K. Tagan, and B. Maliwan. 2009. Nutritive value and energy determination of some roughages for beef cattle. Page 1-5. in Establishment of a Feeding Standard for Beef Cattle and a Feed Database for the Indochinese Peninsula. S. Oshio, M. Otsuka and K. Sommart ed. Japan International Research Center for Agricultural Sciences, Tsukuba, Ibaraki, Japan.

Chizzotti, M. L., S. C. Valadares Filho, L. O. Tedeschi, F. H. M. Chizzotti, and G. E. Carsten. 2007. Energy and protein requirements for growth and maintenance of Nellore x Red angus bull, steer, and heifer. J. Anim. Sci. 85:1971-1981.

Chizzotti, M. L., L. O. Tedeschi, and S. C. Valadares Filho. 2008. A meta-analysis of energy and protein requirements for maintenance and growth of Nellore cattle. J. Anim. Sci. 86:1588-1597.

El-Kadi, S. W., K. R. McLeod, N. A. Elam, S. E. Kitts, C. C. Taylor, D. L. Harmon, B. J. Bequette, and E. S. Vanzant. 2008. Nutrient net absorption across the portal-drained viscera of forage-fed beef steers: Quqntitative assessment and application to a nutritional prediction model. J. Anim. Sci. 86:2277–2287.

Ensminger, M.E., J.E. Oldfiedl, and W.W. Heinemann. 1990. Feed & Nutrition digest. Ensminger Publishing Company. California, USA.

Estermann, B. L., F. Sutter, P. O. Schlegel, D. Erdin, H. R. Wettstein, and M. Kreuzer. 2002. Effect of calf age and dam breed on intake, energy expenditure, and excretion of nitrogen, phosphorus, and methane of beef cows with calves. J. Anim. Sci. 80: 1124-1134.

Ferrell, C.L., and T. G. Jenkins. 1998. Body composition and energy utilization by steer of diverse genotypes fed a high concentrate diet during the finishing period I. J. Anim. Sci. 76:637-646.

Galyean, M. L., D. G. Wagner, and F. N. Owens. 1979. Level of feed intake and site and extent of digestion of high concentrate diets by steers. J. Anim. Sci. 49:199-203.

Gao, Z., H. Yuan, W. Ma, X. Liu, and R. L. Desjardins. 2011. Methane emissions from a dairy feedlot during the fall and winter seasons in Northern China. Environmental Pollution. 159:1183–1189.

Garrette, W. N. 1979. Relationships among diet, metabolizable energy utilization and net energy values of feedstuffs. J. Anim. Sci. 49:1403-1409.

Hornick, J. L., C. Van Eenaeme, A. Clinquart, M. Diez, and L. Istasse. 1998. Different periods of feed restriction before compensatory growth in Belgian Blue bulls: I. Animal performance, nitrogen balance, meat characteristics, and fat composition. J. Anim. Sci. 76:249–259.

Janssen, P. H. 2010. Influence of hydrogen on rumen methane formation and fermentation balances through microbial growth kinetics and fermentation thermodynamics. Anim. Feed Sci. Technol. 160:1–22.

Johnson, K. A., and D. E. Johnson. 1995. Methane emissions from cattle. J. Anim. Sci. 73:2483-2492.

Kawashima, T., W. Sumamal, P. Pholsen, R. Chaithiang, W. Boonpakdee, and F. Terada. 2000. Energy and nitrogen metabolisms of Thai native cattle given Ruzi grass hay with different levels of soybean meal. Page 147–155. in Improvement of cattle production with locally available feed resources in Northeast Thailand. T. Kawashima, ed. Phratammakun Press, Khon Kaen, Thailand.

Kearl, L. C. 1982. Nutrient Requirements of Ruminants in Developing Countries. International Feedstuffs Institute, Utah State University, Longan, Utah.

Kellems, R.O., and D.C. Church. 2002. Livestock feeds and feeding. 4th ed. Prentice hall, Upper saddle river, New Jersey, USA.

Labussiere, E., S. Dubois, J. V. Milgen, G. Bertrand, and J. Noblet. 2009. Effect of solid feed on energy and protein utilization in milk-fed veal calves. J. Anim. Sci. 73:2483-2492.

Laurenz, J. C., F. M. Byers, G. T. Schelling, and L. W. Greene. 1991. Effects of season on the maintenance requirements of mature beef cows. J. Anim. Sci. 69:2168–2176.

Leng R. A. 2003. Drought and dry season feeding strategie for cattle sheep and goats. Penambul Books. Coolum Beach Qld, Australia.

Lopez, S. 2005. In vitro and in situ techniques for estimating digestibility. Page 87–122. in 2nd ed. Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism. J. Dijkstra, J. M. Forbes, and J. France, ed. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, UK.

Machmuller, A., and H. Clark. 2006. First results of a meta-analysis of the methane emission data of New Zealand ruminants. International Congress Series. 1293:54-57.

Mao, H. L., J. K. Wang, Y. Y. Zhou, and J. X. Liu. 2010. Effects of addition of tea saponins and soybean oil on methane production, fermentation and microbial population in the rumen of growing lambs. Livest. Sci. 129:56–62.

Martínez, M. E., M. J. Ranilla, M. L. Tejido, C. Saro, and M. D. Carro. 2010. The effect of the diet to donor sheep on *in vitro* methane production and ruminal fermentation of diets of variable composition. Anim. Feed Sci. Technol. 158:126–135.

McDonald, P., R. A. Edwards, J. F. D. Greenhalgh, and C. A. Morgan. 2002. Animal Nutrition. 6th ed. Pearson Education Ltd., New York, USA.

McLeod M. N., and D. J. Minson. 1978. The accuracy of pepsin-cellulase technique for determining the dry metter digestibility in vivo of grasses and legumes. Anim. Feed Sci. Technol. 3:277-287.

Menke, K. H., L. Raab, A. Salewski, H. Steingass, D. Fritz, and W. Sehneider. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubate with rumen liquor *in vitro*. J. Agric. Sci. 93:217–222.

Nader, G. A., and P. H. Robinson. 2008. Effects of maceration of rice straw on voluntary intake and performance of growing beef cattle fed rice straw-based rations. Anim. Feed Sci. Technol. 146:74-86.

Nitipot, P. 2010. Energy utilization in Thai native cattle fed some tropical feed sources. Doctor of Philosophy Thesis in Animal Science, Graduate School, Khon Kaen University.

Nitipot, P., T. Nishida, and K. Sommart. 2008. Methane production in Thai native beef cattle fed different level of Pangola grass hay in diets. Pages 394-398 in Proc. Mae Fah Luang Symp. Chiangrai, Thailand.

Nitipot, P., V. Pattarajinda, and K. Sommart. 2010. Energy requirements of Zebu beef cattle: A meta-analysis. Khon Kaen Agr. J. 38(supplement):184–188.

Nkrumah, J. D., E. K. Okine, G. W. Mathison, K. Schmid, C. Li, J. A. Basarab, M. A. Price, Z. Wang, and S. S. Moore. 2006. Relayionships of feedlot feed efficiency, performance and feeding behavior with metabolic rate, methane production and energy partitioning in beef cattle. J. Anim. Sci. 84:145–153.

NRC. 1996. Nutrient Requirement of Beef Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press. Washington, D.C.

NRC. 2000. Nutrient Requirement of Beef Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press. Washington, DC.

NRC. 2001. Nutrient Requirement of Daily Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press. Washington, D.C.

Ørskov, E. R., and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. J. Agr. Sci. (Cambridge). 92:499-504.

Pearce, F. 1989. Methane: the hidden greenhouse gas. New Scientist. 1663:37–41.

Pond, W. G., D. C., Church, and K. R. Pond. 1995. Basic Animal Nutrition and Feeding. 4th ed. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA.

Pond, W. G., D. C., Church, K. R. Pond, and P. A. Schoknecht. 2005. Basic Animal Nutrition and Feeding. 5th ed. John Wiley & Sons., Inc., USA.

Sainz, R. D., F. De la Torre, and J. W. Oltjen. 1995. Compensatory growth and carcass quality in growth-restricted and refed beef steers. J. Anim. Sci. 73:2971–2979.

SAS, 1996. SAS User's Guide: Statistics, Version 6.12th Edition. SAS Institute Inc. Cary, NC.

Schneider, B. H., and W. P. Flatt. 1975. The Evaluation of Feeds through Digestibility Experiments. Univ. Georgia Press, Georgia.

Seephueak, W., W. Ngampongsai, and P. Chanjula. 2010. Khon kaen. Agr. J. 38(supplement): 129–133.

Sundstol, F. 1993. Energy systems for ruminant. Icel. Agr. Sci. 7:11-19.

Suzuki, T., I. Phaowphaisal, P. Pholsen, R. Narmsilee, S. Indramanee, P. Nittpot, A. Chaokaur, K. Sommart, N. Khotprom, V. Panichpol, and T. Nishidai. 2008. In Vivo Nutritive Value of Pangola Grass (*Digitaria eriantha*) Hay by a Novel Indirect Calorimeter with a Ventilated Hood in Thailand. Japan Agricultural Research Quarterly. 42:123-129.

Takahashi, J. 2006. Emission of GHG from livestock production in Japan. International Congress Series. 1293:13-20.

Tangjitwattanachai, N. 2010. Metabolizable energy requirement for maintenance and energetic efficiency for growth in Thai native beef cattle. Doctor of Philosophy Thesis in Animal Science, Graduate School, Khon Kaen University.

Tilley J.M.A., and R.A. Terry. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crop. J. Br. Grassl. Soc. 18:104-111.

Van Soest, P. J., P. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Method for dietary fiber neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy. Sci. 74:3583-3597.

Wiseman, J., and D. J. A. Cole. 1990. Feedstuff evaluation. Butterworths, London. UK.

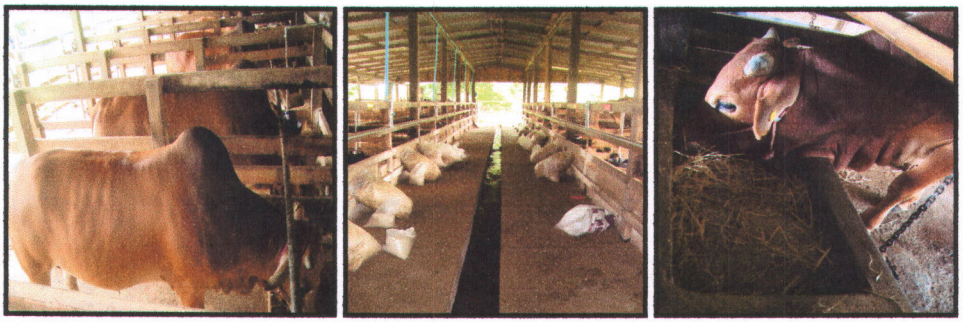
WTSR. 2008. Nutrient Requirement of beef cattle in Thailand. The Working Committee of Thai Feeding Standard for Ruminant. Klungnanavithaya Press, Khon Kaen.

WTSR. 2010. Nutrient Requirement of beef cattle in Indochinese Peninsula. 1st rev. ed. The Working Committee of Thai Feeding Standard for Ruminant. Klungnanavithaya Press, Khon Kaen.

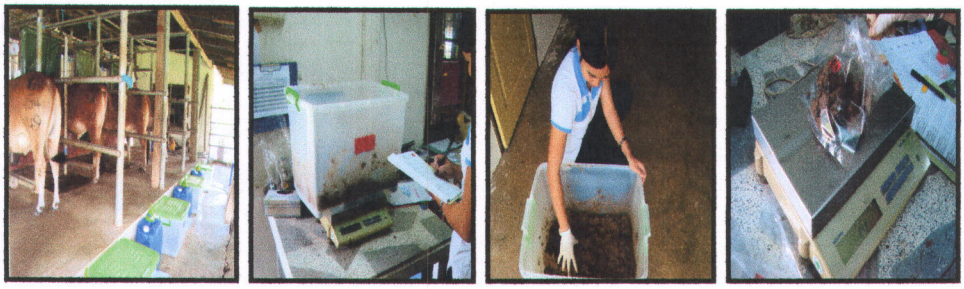
Yan, T., C.S. Mayne, and M.G. Porter. 2006. Effects of dietary and animal factors on methane production in dairy cows offered grass silage-based diets. International Congress Series. 1293:123-126.

Zhao, R., Z. Zhang, R. Zhang, M. Li, Z. Lei, M. Utsumi, and N. Sugiura. 2010. Methane production from rice straw pretreated by a mixture of acetic–propionic acid. Bioresource Technology. 101:990–994.

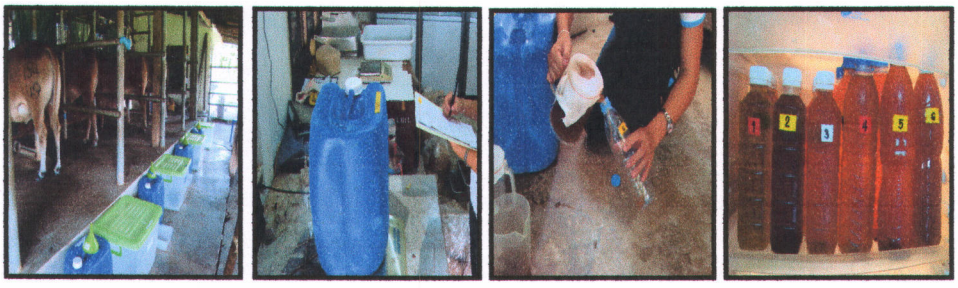
ภาคผนวก



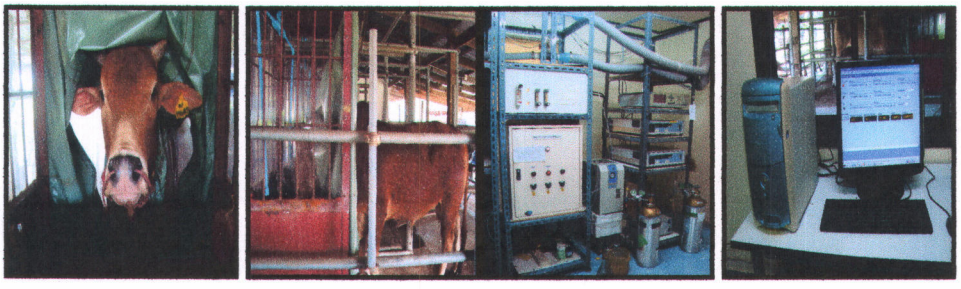
ภาพผนวกที่ 1 ลักษณะคอกเลี้ยงสัตว์



ภาพผนวกที่ 2 การเก็บตัวอย่างมูล



ภาพผนวกที่ 3 การเก็บตัวอย่างปัสสาวะ



ภาพผนวกที่ 4 การวัดการหายใจเพื่อประเมินเมแทบอลิซึมพลังงาน

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารสัตว์โดยวิธีวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate analysis) ตามวิธีการของ AOAC (1990)

1. การวิเคราะห์หาความชื้น (moisture) หรือ วัตถุแห้ง (dry matter)

1.1 อุปกรณ์

1. ถ้วยกระเบื้อง (porcelain crucible) หรือ จานอลูมิเนียม (aluminium pan)
2. โถดูดความชื้น (desiccator)
3. ตู้อบแห้ง (drying oven)
4. คีมสำหรับจับถ้วยกระเบื้อง (tong)
5. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (electronic weight)

1.2 วิธีการวิเคราะห์หาวัตถุแห้งหรือความชื้น

1. เตรียมจานอลูมิเนียม หรือถ้วยกระเบื้องที่ล้างสะอาดแล้ว นำมาอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง จากนั้นนำออกจากเตาอบเข้าใส่ในโถดูดความชื้น และดูดอากาศออกโดยเครื่องดูดสุญญากาศ (vacuum pump) ทิ้งให้เย็นแล้วนำมาชั่งจนได้น้ำหนักที่แน่นอน จดบันทึกน้ำหนักไว้

2. ชั่งตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 2.5 กรัม หรือ 20 – 25 กรัมของเป็นมูลเปียก (ประมาณ 2 – 5 กรัม ของน้ำหนักสิ่งแห้ง) ใส่ในจานอลูมิเนียมหรือถ้วยกระเบื้องที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว พร้อมทั้งบันทึกน้ำหนักไว้

3. นำจานอลูมิเนียมหรือถ้วยกระเบื้องพร้อมทั้งตัวอย่างไปอบในเตาอบแห้งที่ตั้งอุณหภูมิ 100 – 105 องศาเซลเซียส นาน 12 – 14 ชั่วโมง หรือตลอดคืน (ถ้าเป็นมูลเปียกประมาณ 12 – 24 ชั่วโมงจนให้แห้ง)

4. นำจานอลูมิเนียมหรือถ้วยกระเบื้องพร้อมตัวอย่างออกจากเตาอบนำไปใส่ในโถดูดความชื้นและดูดอากาศออก ปล่อยไว้ให้เย็น แล้วทำการชั่งน้ำหนักคืน

1.3 การคำนวณ

% วัตถุแห้ง (% DM) = [(A - B) x 100] / C

เมื่อ A = น้ำหนักจานอลูมิเนียมหรือถ้วยกระเบื้อง + ตัวอย่างหลังอบ

B = น้ำหนักจานอลูมิเนียมหรือถ้วยกระเบื้อง

C = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์

% ความชื้น (% Moisture) = 100 - % DM

2. การวิเคราะห์หาเถ้า (ash) หรืออินทรียวัตถุ (organic matter)

2.1 อุปกรณ์

1. ถ้วยกระเบื้อง (porcelain crucible)
2. โถดูดความชื้น (desiccator)
3. เตาเผา (muffle furnace)
4. คีมสำหรับจับถ้วยกระเบื้อง (tong)
5. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (electronic weight)

2.2 วิธีการวิเคราะห์หาเถ้าหรืออินทรียวัตถุ

1. เตรียมถ้วยกระเบื้องทนความร้อน (porcelain crucible) ที่สะอาดและแห้งแล้ว นำมาเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน จดบันทึกน้ำหนักเอาไว้

2. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 1 - 2 กรัม ใส่ลงในถ้วยกระเบื้องที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว พร้อมทั้งบันทึกน้ำหนัก

3. นำถ้วยกระเบื้องพร้อมทั้งตัวอย่างไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง หรือตลอดคืน (โดยปล่อยให้เย็นในเตาเผาใช้เวลาประมาณ 8 ชั่วโมง)

4. นำถ้วยกระเบื้องพร้อมตัวอย่างออกจากเตาเผา นำไปใส่ในโถดูดความชื้นปล่อยไว้ให้เย็น แล้วทำการชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

2.3 การคำนวณ

% เถ้ารวม (% Ash) = [(A - B) x 100] / C

เมื่อ A = น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง + น้ำหนักเถ้าหลังเผา

B = น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง

C = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์

% อินทรียวัตถุ (% OM) = 100 - % Ash

3. การวิเคราะห์หาโปรตีนหยาบ (crude protein, CP)

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดย่อยไนโตรเจน (digestion unit)
2. ชุดกลั่นไนโตรเจน (distillation unit)
3. ชุดไตรเตรท (burette, clamp holder, stand)
4. ขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
5. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (lectronic weight)
6. ถุงมือกันความร้อน
7. กระบอกตวง (cylinder) ขนาด 100 มิลลิลิตร

3.2 สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น (concentrate H_2SO_4 - reagent grade)
2. ตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst): ใช้ K_2SO_4 น้ำหนัก 10 กรัม $CuSO_4$ น้ำหนัก 0.30 กรัม หรือเป็นแบบก้อนผสมสำเร็จรูป 1 ก้อน
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 50 % (NaOH, sodium hydroxide - technical grade): ทำการละลาย NaOH น้ำหนัก 500 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับให้ได้ปริมาตรครบ 1 ลิตร
4. สารละลายกรดบอริคเข้มข้น 2.9 % (boric acid solution): ละลายกรดบอริคน้ำหนัก 261 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 9 ลิตร แล้วเติมสารละลายอินดิเคเตอร์ผสม ปริมาตร 25 มิลลิลิตร แล้วทำการผสมให้เป็นเนื้อเดียว
5. สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.1 นอร์มอล (standard 0.1 N HCl)
6. สารละลายอินดิเคเตอร์ผสม (mixed indicator): ละลาย methyl red น้ำหนัก 0.3125 กรัม และ methylene blue น้ำหนัก 0.2062 กรัม ใน 95 % ethanol ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ผสมให้ละลายเป็นเนื้อเดียว (โดยใช้เครื่อง stirer) นาน 24 ชั่วโมง

3.3 วิธีการวิเคราะห์โปรตีนหยาบ

3.3.1 การย่อยตัวอย่าง (digestion)

1. ชั่งตัวอย่างแห้งให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 0.5 - 2 กรัม ในกระดาษรองชั่งที่ไม่มีไนโตรเจนเพื่อป้องกันไม่ให้ตัวอย่างหกหล่น พร้อมทั้งบันทึกน้ำหนัก แล้วใส่ลงในหลอดย่อยแต่ละหลอด หากเป็นตัวอย่างที่เป็นของเหลว เช่น ปัสสาวะ หลังจากผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวแล้ว ทำการตวงปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดย่อยแต่ละหลอด
2. เติมตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) โดยใช้เป็นแบบก้อนผสมสำเร็จ (K_2SO_4 3.5 g + Se 3.5 mg) และเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร ลงไปในหลอดย่อยตามลำดับ สำหรับ

การเติมกรดให้เอียงหลอดและค่อยๆ รินกรดลงด้านข้างโดยรอบ เพื่อให้กรดชะล้างตัวอย่างที่อาจติดอยู่ด้านข้างออกให้หมด

3. เตรียม blank โดยการใส่กระดาษรองชั่งในหลอดย่อย และดำเนินการใส่สารเคมีตามขั้นตอนต่างๆ เหมือนการวิเคราะห์ตัวอย่างปกติ เนื่องจากสารเคมีต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์จะมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหรือปนเปื้อนอยู่ด้วย ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องวิเคราะห์หาไนโตรเจนดังกล่าว เพื่อให้การคำนวณผลการวิเคราะห์ถูกต้องมากขึ้น

4. นำหลอดย่อยเข้าย่อยในเข้าย่อยใน digestion block และตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 150 องศาเซลเซียส ใช้เวลานาน 15 นาที แล้วเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นเป็น 250 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที แล้วเพิ่มเป็น 370 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที จนกระทั่งเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 420 องศาเซลเซียส ทำการย่อยต่ออีก 30 นาที หลังจากการย่อยตัวอย่างในเครื่องหากปฏิกิริยาทางเคมีเสร็จสมบูรณ์ จะสังเกตเห็นตัวอย่างในหลอดย่อยถูกย่อยหมด สารละลายจะมีลักษณะใสไม่มีสีหรือมีสีเหลืองอ่อน จากนั้นปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นเพื่อรอการกลั่นต่อไป

3.3.2 การกลั่นและการไตรเตรท (distillation and titration)

1. เปิดเครื่องกลั่น แล้วทำการกลั่นโดยใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่างนานประมาณ 5 นาที (ทำประมาณ 2 รอบ เพื่อล้างเครื่องกลั่น)

2. ตวงสารละลายกรดบอริค (2.9 % boric acid-methyl purple indicator) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วนำไปต่อเข้ากับ condenser ของเครื่องกลั่น โดยให้ปลายของ condenser จุ่มลงในสารละลายกรดบอริค

3. เติมน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงในหลอดย่อยตัวอย่างที่ผ่านการย่อยมาแล้ว

4. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 45 % ปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วดำเนินการกลั่น

5. ให้ความร้อนจนแอมโมเนียถูกกลั่นออกมาให้ได้ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ (จะสังเกตเห็นสารละลายเปลี่ยนจากสีม่วงแดงเป็นสีเขียว) จึงหยุดให้ความร้อน

6. นำขวดรูปชมพู่ที่บรรจุส่วนที่ได้จากการกลั่นตามขั้นตอนข้างต้นมาไตรเตรทร่วมกับสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนกระทั่งสีของอินดิเคเตอร์เปลี่ยนสีที่จุดยุติ (end point) ซึ่งอินดิเคเตอร์จะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงแดง จดบันทึกปริมาตรกรดที่ใช้ เพื่อนำไปคำนวณต่อไป

3.4 การคำนวณ

% ไนโตรเจน (% Nitrogen) = [(S – B) x 0.014 x N x 100] / W

เมื่อ S = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตรเตรทตัวอย่าง

B = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตรเตรท blank

N = Normolity ของสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก

W = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์

%โปรตีนหยาบ (% CP) = % Nitrogen x 6.25

4. การวิเคราะห์หาไขมัน (ether extract, EE)

4.1 อุปกรณ์

1. เครื่องสกัดแบบ soxhlet
2. Condenser
3. Extractor
4. ขวดแก้วก้นแบน (flat bottom flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
5. Thimble ใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 28 – 30 มิลลิเมตร
6. สำลี
7. คีมสำหรับจับ (tong)

4.2 สารเคมี

1. Petroleum ether ที่มีจุดเดือด 40 – 60 องศาเซลเซียส

4.3 วิธีการวิเคราะห์หาไขมัน

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างอาหารที่แห้งประมาณ 3 – 5 กรัม ใส่ลงใน thimble แล้วปิดด้วยสำลีที่สะอาด

2. นำขวดแก้วก้นแบนที่สะอาดไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ชั่วโมง นำมาทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

3. ใส่ petroleum ether ประมาณ 180 มิลลิลิตร ลงในขวดแก้วก้นแบน และนำ thimble ที่มีตัวอย่างไปใส่ใน extractor แล้วนำไปต่อเข้ากับเครื่องสกัดแบบ soxhlet

4. ให้ความร้อนและเปิดน้ำให้ไหลผ่าน condenser ตลอดเวลา โดยทำการสกัดนานประมาณ 6 ชั่วโมง

5. เมื่อครบ 6 ชั่วโมงแล้ว ให้ความร้อนต่อไปจนกระทั่งเกือบไม่มี petroleum ether เหลืออยู่ในขวดแก้วก้นแบน แล้วนำขวดแก้วก้นแบนออกจากเครื่อง

6. นำขวดแก้วก้นแบนที่ได้จากการสกัดไปอบที่ตู้อบอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง หรือตลอดคืน แล้วนำออกมาทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ซึ่งน้ำหนักของขวดแก้วก้นแบนที่เพิ่มขึ้น คือน้ำหนักของปริมาณไขมัน

4.4 การคำนวณ

%ไขมัน (% EE) = [(B – A) x 100] / C

เมื่อ A = น้ำหนักของขวดแก้วก้นแบน

B = น้ำหนักของขวดแก้วก้นแบน + ไขมันหลังอบ

C = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในอาหารสัตว์โดยใช้วิธี Detergent fiber analysis ตามวิธีการของ Van Soest et al. (1991)

1. การวิเคราะห์หาเยื่อใยที่ไม่สามารถละลายได้ในสารฟอกที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber, NDF)

1.1 อุปกรณ์

1. บีกเกอร์ (berzelius beaker)
2. เครื่องดูดสูญญากาศ
3. Filtering flask
4. Rubber adapter
5. Buchner funnel
6. Gooch crucible หรือ glass filtering crucible

1.2 การเตรียมสารเคมี

1. สารฟอกที่มีฤทธิ์เป็นกลาง (neutral detergent solution) การเตรียมสารละลายปริมาตร 10 ลิตร จะเตรียมสารละลายแยกกันก่อนในภาชนะ 3 ส่วน คือ

- ชั่งน้ำหนัก EDTA ($C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8$) จำนวน 186.2 กรัม ร่วมกับ BORAX ($Na_2B_4O_7.\ 10H_2O$) น้ำหนัก 68.1 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 3 ลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นปริมาตร 1.5 ลิตร แล้วคนให้สารละลายผสมเป็นเนื้อเดียวด้วย stirrer

- ชั่ง Na_2HPO_4 น้ำหนัก 45.6 กรัม ลงในบีกเกอร์ แล้วละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร

- ชั่ง sodium laryuryl suphate ($C_{12}H_{25}Na_4O_4S$) น้ำหนัก 300 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 3 ลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นปริมาตร 1.5 ลิตร ผสมให้ละลายแล้วเติม 2 - ethoxyethanol ($C_4H_{10}O_2$)

- ตวงน้ำกลั่นปริมาตร 6 ลิตร ลงในถังเก็บสารละลายขนาด 12 ลิตร แล้วเติมสารละลาย sodium laryuryl suphate ที่ได้จากการเตรียมในขั้นตอนข้างต้น ตามด้วยสารละลาย EDTA – BORAX และสุดท้ายเติม Na_2HPO_4 หากสารละลายผสมกันเป็นเนื้อเดียวอย่างสมบูรณ์แล้วสารละลายที่ได้จะมี pH ระหว่าง 6.9 – 7.1 (ใช้กระดาษลิสมัสตรวจสอบค่า pH ของสารละลายที่ได้)

2. Acetone: technical grade

3. เอนไซม์ (α - amylase)

1.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการบดละเอียดขนาด 1 มิลลิเมตร น้ำหนักประมาณ 0.5 – 1 กรัม ลงในบีกเกอร์ จดบันทึกน้ำหนักที่แน่นอนไว้

2. เติมสารละลาย NDF Solution ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์แต่ละใบ

3. นำบีกเกอร์ไปต่อเข้ากับ condenser แล้วต้มด้วย heater ที่ นาน 5 – 10 นาที ให้เดือดแล้วลดความร้อนลงเพื่อไม่ให้เดือดแรงเกินไป ระวังอย่าให้เกิดฟอง เนื่องจากจะทำให้เศษอาหารลอยตัวขึ้นสูงเกาะติดขอบบีกเกอร์จะทำให้การย่อยไม่สม่ำเสมอ

4. ต้มต่อไปเวลานาน 60 นาที หลังจากปรับลดอุณหภูมิลงในระดับต่ำให้พอเดือด

5. ในระหว่างนั้นให้เตรียมถ้วยกรอง (glass filtering crucible) ขนาดของรูเท่ากับ 1 (porosity 1) ซึ่งผ่านการทำความสะอาด อบแห้งในตู้อบร้อนและปล่อยไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

6. หลังจากการต้มสารละลายในข้อ 4 ครบ 60 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลง (ประมาณ 5 – 10 นาที) แล้วนำไปกรองผ่านถ้วยกรอง (glass filtering crucible) โดยใช้เครื่องสูญญากาศแรงดูดเบาๆ (กรณีไม่มีถ้วยกรองสามารถใช้กระดาษกรอง Whatman No.541 แทนได้; Galyean, 1989) ถ้าหากตัวอย่างที่คาดว่าจะมีแป้ง ปล่อยให้สารละลายที่ต้มเย็นลงเหลืออุณหภูมิประมาณ 55 องศาเซลเซียส แล้วเติมสารละลาย 2 % α - amylase 1 มิลลิเมตร ต่อสารละลาย NDF 100 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมกันเป็นเนื้อเดียวแล้วนำไปต้มเบาๆ ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที ก่อนนำไปกรองเพื่อเป็นการละลายแป้งที่เกิด gelatinized ออก การกรองจะง่ายขึ้นและแยกส่วนแป้งออกจากเยื่อใย

7. หลังจากการกรองเสร็จ ล้างด้วยน้ำร้อน 3 ครั้ง

8. ล้างต่อด้วย acetone 2 ครั้ง

9. นำถ้วยกรองเข้าอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง หรือตลอดคืน แล้วนำออกมาปล่อยไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

10. นำถ้วยกรองเข้าเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง แล้วนำออกมาปล่อยไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

1.4 การคำนวณ

$$\% \text{ NDF} = [(A - B) \times 100] / C$$

$$\% \text{ NDF Ash} = [(A - B') \times 100] / C$$

เมื่อ A = น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง + น้ำหนักกากที่ย่อยแล้วหลังอบแห้ง

B = น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง

B′ = น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง + น้ำหนักเถ้าหลังเผา

C = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์

2. การวิเคราะห์หาเยื่อใยที่ไม่สามารถละลายได้ในสารฟอกที่เป็นกรด (acid detergent fiber, ADF)

2.1 อุปกรณ์

1. บีกเกอร์ (berzelius beaker)
2. เครื่องดูดสูญญากาศ
3. Filtering flask
4. Rubber adapter
5. Buchner funnel
6. Gooch crucible หรือ glass filtering crucible

2.2 การเตรียมสารเคมี

1. สารฟอกที่มีฤทธิ์เป็นกรด (acid detergent solution) การเตรียมสารละลายปริมาตร 10 ลิตร จะเตรียมสารละลายแยกกันก่อนในภาชนะ 2 ส่วนรวมกัน คือ

- ชั่ง CTAB ($C_{19}H_{42}NBr$) น้ำหนัก 200 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 2 ลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นปริมาตร 1.5 ลิตร ผสมเป็นเนื้อเดียวกันด้วย stirrer

- ตวงน้ำกลั่นปริมาตร 1,725 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 2 ลิตร แล้วนำเข้าในตู้ดูดควัน แล้วค่อยๆเติมกรดกำมะถัน (98% sulfuric acid, H_2SO_4) ปริมาตร 725 มิลลิลิตร ผสมให้เป็นเนื้อเดียวด้วยแท่งแก้ว

- ตวงน้ำกลั่นปริมาตร 6.7 ลิตร ลงในถังเก็บสารละลาย ADF ขนาด 12 ลิตร แล้วจึงเติมสารละลาย CTAB และสุดท้ายเติมสารละลาย sulfuric acid ผสมให้เป็นเนื้อเดียว

2. Acetone: technical grade

2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการบดละเอียดขนาด 1 มิลลิเมตร น้ำหนักประมาณ 0.5 – 1 กรัม ลงในบีกเกอร์ จดบันทึกน้ำหนักที่แน่นอนไว้

2. เติมสารละลาย ADF Solution ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์แต่ละใบ

3. นำบีกเกอร์ไปต่อเข้ากับ condenser แล้วต้มด้วย heater ที่ นาน 5 – 10 นาที ให้เดือด แล้วลดความร้อนลงเพื่อไม่ให้เดือดแรงเกินไป ระวังอย่าให้เกิดฟอง เนื่องจากจะทำให้เศษอาหารลอยตัวขึ้นสูงเกาะติดขอบบีกเกอร์จะทำให้การย่อยไม่สม่ำเสมอ

4. ต้มต่อไปเวลานาน 60 นาที หลังจากปรับลดอุณหภูมิลงในระดับต่ำให้พอเดือด

5. ในระหว่างนั้นให้เตรียมถ้วยกรอง (glass filtering crucible) ขนาดของรูเท่ากับ 1 (porosity 1) ซึ่งผ่านการทำความสะอาด อบแห้งในตู้อบร้อนและปล่อยไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

6. หลังจากการต้มสารละลายในข้อ 4 ครบ 60 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลง (5 – 10 นาที) แล้วนำไปกรองผ่านถ้วยกรอง (glass filtering crucible) โดยใช้เครื่องสูญญากาศแรงดูดเบาๆ

7. หลังจากการกรองเสร็จ ล้างด้วยน้ำร้อน 3 ครั้ง

8. ล้างต่อด้วย acetone 2 ครั้ง

9. นำถ้วยกรองเข้าอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง หรือตลอดคืน แล้วนำออกมาปล่อยไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

2.4 การคำนวณ

$$\%ADF = [(A - B) \times 100] / C$$

เมื่อ A = น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง + น้ำหนักกากที่ย่อยแล้วหลังอบแห้ง

B = น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง

C = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์

การวิเคราะห์พลังงานในอาหารสัตว์โดยใช้ Adiabatic Bomb Calorimeter

1. อุปกรณ์

1. Automatic adiabatic bomb calorimeter (CA-4PJ; Shimadzu, Kyoto, Japan)
2. The bomb (jacket bomb)
3. กระดาษ หรือถุงพลาสติก สำหรับใส่ตัวอย่างที่ทราบค่าพลังงานที่แน่นอน
4. ลวด (fuse wire)

2. การเตรียมสารเคมี

1. Corn starch (standard sample สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่าง โดย corn starch จะมีค่าพลังงานเท่ากับ 15,246.19 J/g)
2. Benzoic acid (standard sample โดย benzoic acid จะมีค่าพลังงานเท่ากับ 26,460 J/g)

3. ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างที่จะทำการวิเคราะห์ประมาณ 1 กรัม ใส่ลงในกระดาษที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน เพื่อป้องกันการหกหล่นของตัวอย่าง พร้อมทั้งบันทึกน้ำหนัก หากเป็นตัวอย่างที่เป็นของเหลว เช่น ปัสสาวะ ให้ทำการตวงปริมาตรประมาณ 20 กรัม ลงในถุงพลาสติกที่ทราบน้ำหนักแน่นอน แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง
2. วางตัวอย่างลงใน crucible หรือ cup ที่วางไว้ใน bomb แล้วตัดลวด (fuse wire) ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร สำหรับเกี่ยวเป็นสะพานระหว่าง electrode ของ bomb มาสัมผัสกับตัวอย่างอาหาร
3. หมุน bomb เข้ากับเครื่องให้แน่นและปิด pressure release valve แล้วปล่อยก๊าซออกซิเจน (Oxygen) เข้าไปใน bomb ปริมาตร 20 atmospheres gauge pressure
4. นำ bomb ไปต่อกับ bucket ในเครื่อง automatic adiabatic bomb calorimeter
5. ปิดฝาเครื่อง automatic adiabatic bomb calorimeter แล้วกดปุ่มเริ่มการเผาไหม้ (start) เครื่อง automatic adiabatic bomb calorimeter จะทำงานโดยอัตโนมัติ
6. เมื่อเครื่องทำงานเสร็จสิ้น (finish) ทำการจดบันทึกค่าที่ได้

4. การคำนวณ

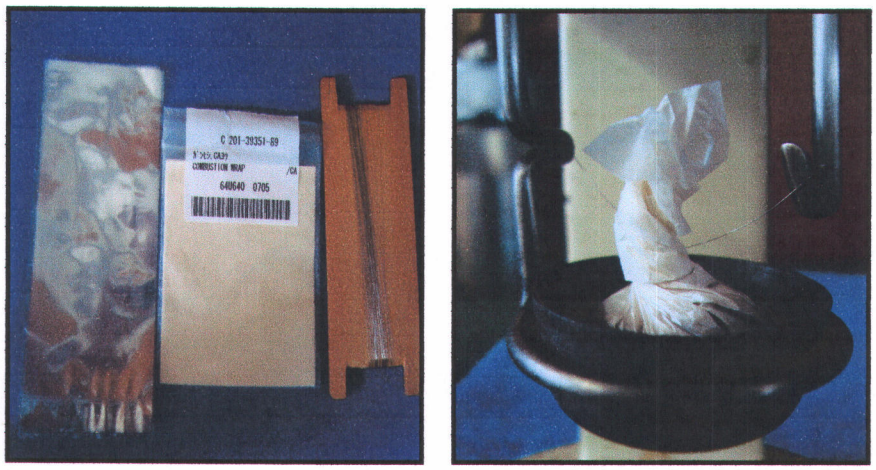
Gross energy (GE, J/g) = [FIN – (A x B)] / C

เมื่อ FIN = ค่าที่อ่านได้จากเครื่อง automatic adiabatic bomb calorimeter เมื่อวิเคราะห์เสร็จสิ้น

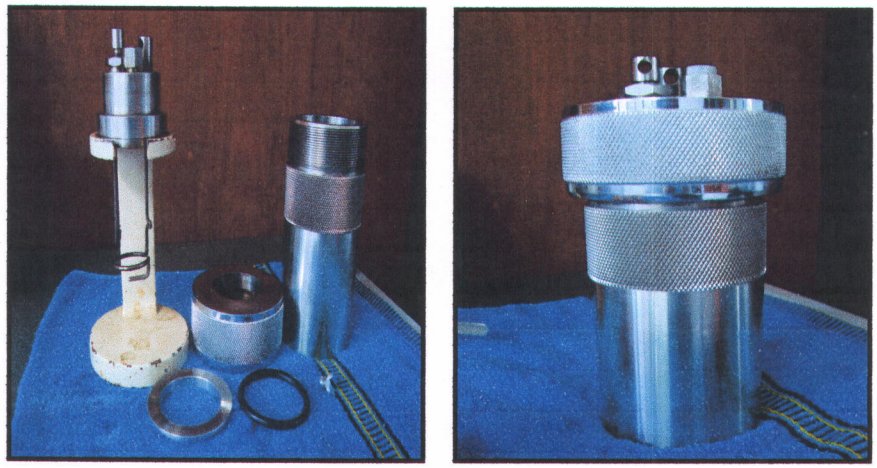
A = ค่าพลังงานของกระดาษ (16,050 J/g) หรือ ถุงพลาสติก (46,188 J/g)

B = น้ำหนักกระดาษหรือถุงพลาสติก

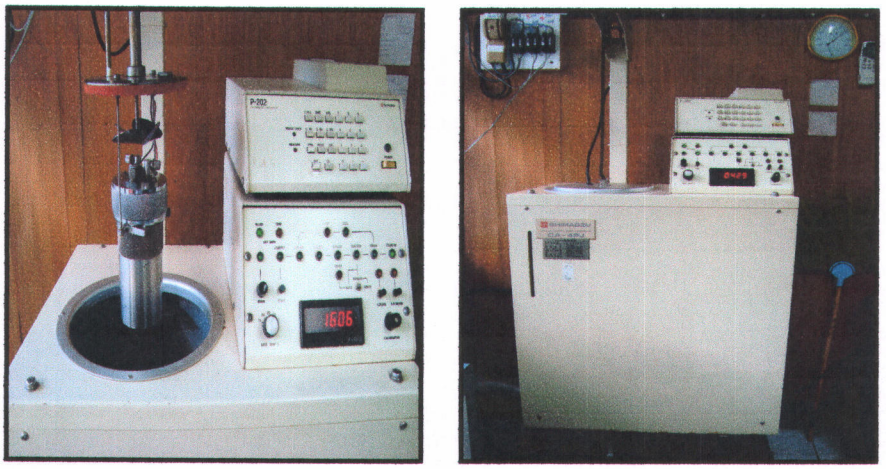
C = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์



ภาพผนวกที่ 5 แสดงถุงพลาสติก กระดาษ ลวด และลักษณะการเกี่ยวสะพานระหว่างลวดกับตัวอย่าง



ภาพผนวกที่ 6 แสดงส่วนประกอบภายใน Bomb และ Bomb



ภาพผนวกที่ 7 แสดงเครื่อง Automatic adiabatic bomb calorimeter

ประวัติผู้เขียน

นางสาวกนกวรรณ กองพิธี เกิดเมื่อวันที่ 16 เดือนธันวาคม พุทธศักราช 2528 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปีพุทธศักราช 2551 และได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท เมื่อปีพุทธศักราช 2551 ระหว่างทำการศึกษาได้รับทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์จากชุดโครงการวิจัยเทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตโคเนื้อ โคนม โคพื้นเมืองไทยอย่างยั่งยืน ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ภายใต้สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ปี 2553 และการสนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์การวิจัยจากศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การเกษตรนานาชาติแห่งประเทศญี่ปุ่น (Japan International Research Center for Agricultural Sciences, JIRCAS)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย