



ความต้องการโภชนะของโคเนื้อ ในประเทศไทย

Nutrient Requirements of Beef Cattle
in Thailand

คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย
The Working Committee of Thai Feeding Standard for Ruminant (WTSR)
กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
(ฉบับแรก ปี พ.ศ. 2551)

ความต้องการโภชนะของโคเนื้อในประเทศไทย
(Nutrient Requirements of Beef Cattle in Thailand)

คณะกรรมการจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย
The Working Committee of Thai Feeding Standard for Ruminant (WTSR)
กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
(ฉบับแรก ปี พ.ศ. 2551)

ความต้องการโภชนาของโคเนื้อในประเทศไทย

คณะกรรมการจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย

<http://www.dld.go.th/feedingstandard/wtsr2008.pdf>

Email: WTSR2008@yahoo.co.th

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2551 จำนวน 1,000 เล่ม

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

คณะกรรมการจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย. 2551.

ความต้องการโภชนาของโคเนื้อในประเทศไทย. โรงพิมพ์คลังน่านวิทยา. 193 หน้า

1. ความต้องการโภชนาของโคเนื้อ I. ชื่อเรื่อง

ISBN: 978-974-682-293-0

ผู้สนับสนุนการจัดพิมพ์: Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS)

จัดพิมพ์โดย:

กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ถนนพญาไท กรุงเทพฯ 10400

โทรศัพท์: 0-2653-4489 โทรสาร: 0-2653-4933

พิมพ์ที่:

โรงพิมพ์: โรงพิมพ์คลังน่านวิทยา

โทรศัพท์: 043-328589-91

โทรสาร: 043-328592

หน่วยงาน สถาบัน องค์การงานการประสานความร่วมมือของ
คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย
(ตาม คำสั่งกรมปศุสัตว์ที่ 668/2549 และ คำสั่งกรมปศุสัตว์ที่ 669/2549 รายละเอียดในภาคผนวก)

กรมปศุสัตว์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

มหาวิทยาลัยศิลปากร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตกาฬสินธุ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

สมาคมผู้ผลิตอาหารสัตว์ไทย

สมาคมสัตว์บาลแห่งประเทศไทย

สมาคมโคเนื้อแห่งประเทศไทย

บริษัท เครือเจริญโภคภัณฑ์ จำกัด

บริษัท ท็อป ฟีด มิลล์ จำกัด

บริษัท เบทาโกร จำกัด

บริษัท อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ไทย จำกัด

คำนำ

มาตรฐานอาหารโคเนื้อของประเทศไทยฉบับนี้เกิดจากความร่วมมือทางวิชาการระหว่าง กรมปศุสัตว์ สถาบันอุดมศึกษา ภาคเอกชน และ Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกษตรกร ผู้ประกอบการ นักวิชาการ นักศึกษา ตลอดจนผู้กำหนดนโยบายการผลิตปศุสัตว์ของประเทศ ได้ใช้เป็นมาตรฐานประเมินคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบอาหารสัตว์และค่าความต้องการโภชนาการของโคเนื้อ ตลอดจนใช้เป็นแนวทางในการศึกษาและวิจัยต่อไปในอนาคต

การจัดการด้านอาหารสัตว์ให้มีประสิทธิภาพ ต้องอาศัยข้อมูล 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลความต้องการโภชนาการของตัวสัตว์ และข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบอาหารสัตว์ หนังสือ “ความต้องการโภชนาการของโคเนื้อในประเทศไทย ฉบับแรก ปี พ.ศ. 2551” นี้ แบ่งเนื้อหาออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ความต้องการโภชนาการของโคเนื้อ ประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณการกินได้ ความสำคัญ และปริมาณความต้องการโภชนาการ ส่วนที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบอาหารสัตว์

หนังสือเล่มนี้ ได้ผ่านการตรวจรับรองเอกสารโดยคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ และอยู่ภายใต้การสนับสนุนการดำเนินงานของคณะกรรมการนโยบายการจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะช่วยให้การผลิตโคเนื้อในประเทศไทยได้รับการพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพให้ดียิ่งขึ้น สามารถแข่งขันได้ในระดับนานาชาติและพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืน

อนึ่ง หากผู้อ่านหรือผู้ใช้หนังสือเล่มนี้มีข้อเสนอแนะ หรือพบข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการค้นคว้า การเขียน และการพิมพ์ประการใด คณะผู้จัดทำขออภัยไว้ ณ ที่นี้ และขอขอบพระคุณสำหรับคำแนะนำ ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับการปรับปรุงในครั้งต่อไป

คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย

สิงหาคม พ.ศ. 2551

คำขอบคุณ

คณะกรรมการจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย ขอขอบคุณ นายจิระวัชร เข็มสวัสดิ์ รองอธิบดีกรมปศุสัตว์ เป็นอย่างสูง ที่มีบทบาทริเริ่ม ให้คำปรึกษา และสนับสนุนการจัดทำมาตรฐานอาหารโคเนื้อฉบับแรกของประเทศไทยมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ รศ. ดร.วรงค์ สุริยภัทร มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี รศ. ดร.เยาวมาลย์ คำเจริญ มหาวิทยาลัยขอนแก่น รศ. ดร. บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และ รศ. ดร. สุวัฒน์ รัตนธนาชาติ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ศ. ดร.วินัย ประลัมภ์กาญจน์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ รศ. ดร.พรศรี ชัยรัตนยุทธ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ ศ. ประภานา พุกษะศรี สมาคมโคเนื้อพันธุ์กำแพงแสน ที่ให้คำปรึกษาแนะนำ ให้ข้อมูลและตรวจรับรองเอกสารแก่คณะกรรมการ ขอขอบคุณ คุณทวีเดช ประเจสสกุล บริษัท ท็อป ฟีด มิลล์ จำกัด คุณฉัตรมงคล นิจถาวร บริษัท เครือเจริญโภคภัณฑ์ จำกัด คุณวารุณี เจริญรุ่งเรือง บริษัท อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ไทย จำกัด และคุณคมกฤษ เอกฉัตร บริษัท เบทาโกร อโกรกรุ๊ป จำกัด ที่สนับสนุนข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารสัตว์ ขอขอบคุณ สมาคมผู้ผลิตอาหารสัตว์ไทย สมาคมโคเนื้อแห่งประเทศไทย และสมาคมสัตวบาลแห่งประเทศไทย ที่ส่งผู้แทนเข้าร่วมประชุม และให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อคณะกรรมการ ขอขอบคุณ ผู้เชี่ยวชาญวารุณี พานิชผล รวมทั้งคณะกรรมการในการจัดทำตารางคุณค่าทางโภชนาของวัตถุดิบอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง รศ. ดร. กฤตพล สมมาตย์ และคณะกรรมการในการจัดทำมาตรฐานค่าความต้องการโภชนาโคเนื้อ ที่ได้ทุ่มเทกำลังกาย กำลังใจ และกำลังความคิด ในการจัดทำหนังสือจนสำเร็จตามวัตถุประสงค์ ขอขอบคุณ Dr. Shuichi Oshio, Director of Animal Production Division, JIRCAS ที่สนับสนุนโครงการนี้ ขอขอบคุณ นายสมจิตร์ อินทรมณี ผู้อำนวยการกองอาหารสัตว์ นายศุภชัย อุดชาชน ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ขอนแก่น และนักวิชาการกองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ อีกหลาย ๆ ท่าน ที่ไม่สามารถระบุชื่อไว้ในที่นี้ ที่มีส่วนสนับสนุนและร่วมดำเนินงานในการจัดทำหนังสือฉบับนี้

ขอขอบคุณ Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS) ผู้สนับสนุนงบประมาณในการจัดพิมพ์

คณะกรรมการจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย

สิงหาคม พ.ศ. 2551

คำนิยม

ผมมีความยินดีเป็นอย่างยิ่ง ที่ได้ทราบว่าหนังสือ “ความต้องการโภชนาของโคเนื้อในประเทศไทย ฉบับแรก ปี พ.ศ 2551” ได้จัดทำสำเร็จลุล่วง และตีพิมพ์เผยแพร่ ซึ่งเป็นผลงานที่เกิดจากความร่วมมือร่วมใจของ คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ และคณะทำงานทุกฝ่ายทุกท่าน ทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน และสถาบันอุดมศึกษาต่าง ๆ นับเป็นตัวอย่างที่ดีของการทำงานแบบบูรณาการ ที่ให้ความสำคัญกับการมีส่วนร่วมของทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง และมุ่งให้บรรลุเป้าหมายเดียวกัน

ในโอกาสนี้ ผมขอขอบคุณ และขอชมเชยคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ และคณะทำงานทุกท่านที่มีความมุ่งมั่น ในการจัดทำหนังสือเล่มนี้ ซึ่งจะเป็นเอกสารที่สามารถใช้เป็นบรรทัดฐานอ้างอิง และนำไปใช้ประโยชน์กับทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ทั้งหน่วยงานภาครัฐ สถาบันการศึกษา ผู้ประกอบการ และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อ ในการพัฒนาด้านอาหารและวิธีการจัดการให้อาหารโคเนื้อ เพื่อเพิ่มผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ และประหยัด สามารถเพิ่มมูลค่าผลผลิตด้านปศุสัตว์ และนำไปสู่การพัฒนาเป็นอาชีพอย่างยั่งยืนต่อไป



นายศักดิ์ชัย ศรีบุญเชื้อ

อธิบดีกรมปศุสัตว์

คำนิยม

กรมปศุสัตว์ได้สนับสนุนให้จัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทยขึ้น เพื่อให้เกษตรกรและผู้ประกอบการ หน่วยงานภาครัฐและสถาบันการศึกษาต่าง ๆ ใช้เป็นคู่มือ ในการจัดการให้อาหารสัตว์ที่ถูกต้องเหมาะสม เนื่องจากอาหารสัตว์เป็นปัจจัยสำคัญต่อการผลิตสัตว์ ถ้ามีการให้อาหารไม่เหมาะสม ก็จะทำให้ประสิทธิภาพการผลิตต่ำ และต้นทุนการผลิตสูง

ความสำเร็จในการจัดทำหนังสือ “ความต้องการโภชนะของโคเนื้อในประเทศไทย ฉบับแรก ปี พ.ศ. 2551” จึงเป็นสิ่งที่น่ายินดีเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากการจัดทำหนังสือในครั้งนี้ ได้พัฒนาขึ้นจากความสามารถ และความร่วมมือของนักวิจัยไทย ทำให้ประเทศไทยมีมาตรฐานความต้องการโภชนะของโคเนื้อที่เป็นของตนเอง ซึ่งจะมี ความเหมาะสม และใช้ได้ถูกต้อง มีประสิทธิภาพสำหรับสภาวะแวดล้อมของประเทศไทย ต่อจากนี้ก็จะนำไปสู่การจัดทำ และเผยแพร่มาตรฐานความต้องการอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ จนครบทุกชนิด ท้ายที่สุดก็จะนำไปสู่ การพัฒนาทางวิชาการ และการผลิตสัตว์ของประเทศอย่างกว้างขวาง



นายจิระวัชร เช็มสวัสดิ์

รองอธิบดีกรมปศุสัตว์

สารบัญ

คำนำ	4
คำขอบคุณ	5
คำนิยม	6
คำนิยม	7
สารบัญ	8
สารบัญรูป	12
สารบัญตาราง	13
บทที่ 1 บทนำ (Introduction)	15
บทที่ 2 ปริมาณการกินได้ (Feed intake)	17
1. บทนำและความสำคัญของปริมาณการกินได้	17
2. การสร้างสมการเพื่อทำนายปริมาณการกินได้ในโคพื้นเมืองไทยและโคพันธุ์บราห์มัน	17
3. สรุป	18
4. เอกสารอ้างอิง	18
บทที่ 3 พลังงาน (Energy)	21
1. บทนำและความสำคัญของพลังงาน	21
2. หน่วยวัดค่าพลังงานอาหารสัตว์	21
3. การประเมินค่าพลังงานของอาหารสัตว์	21
4. ความต้องการพลังงานของโคเนื้อ	23
4.1 ค่าประสิทธิภาพพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้	24
4.2 ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพในโคอินเดียและโคยุโรป	25
4.3 ความต้องการพลังงานสุทธิและพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพของโคอินเดียและโคยุโรป	26
4.4 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโตของโคอินเดียและโคยุโรป	29

4.5 ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพ และเพื่อการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทยและโคพันธุ์บราห์มัน	31
5. สรุป.....	32
6. เอกสารอ้างอิง	32
บทที่ 4 โปรตีน (Protein).....	37
1. บทนำและความสำคัญของโปรตีน	37
2. แหล่งของโปรตีน.....	37
3. การประเมินคุณค่าทางโภชนาของโปรตีนในโคเนื้อ.....	37
4. การย่อยและการดูดซึมโปรตีนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	38
5. การใช้สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน	39
6. หลักการประเมินความต้องการโปรตีนในโคเนื้อ.....	40
7. ผลกระทบของการได้รับโปรตีนไม่เพียงพอหรือมากเกินไปเกินความต้องการ	40
8. ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการเจริญเติบโตของโคเนื้อ	40
9. สรุป.....	43
10. เอกสารอ้างอิง	44
บทที่ 5 แร่ธาตุ (Minerals)	47
1. บทนำ	47
2. ประเภทของแร่ธาตุ (แบ่งตามความต้องการของสัตว์).....	47
3. หน้าที่และความสำคัญของแร่ธาตุ.....	47
4. แร่ธาตุหลัก.....	48
4.1 แคลเซียม	48
4.2 ฟอสฟอรัส	48
4.3 แมกนีเซียม	49
4.4 โพแทสเซียม	50
4.5 โซเดียม	50
4.6 คลอรีน	50

4.7 กำมะถัน.....	51
5. แร่ธาตุรอง.....	51
5.1 เหล็ก.....	51
5.2 สังกะสี.....	51
5.3 ทองแดง.....	52
5.4 แมงกานีส.....	52
5.5 โคบอลต์.....	53
5.6 ซีลีเนียม.....	53
5.7 ไอโอดีน.....	53
5.8 โมลิบดีนัม.....	53
6. ความต้องการแร่ธาตุของโคเนื้อ.....	54
7. สรุป.....	57
8. เอกสารอ้างอิง.....	58
บทที่ 6 วิตามิน (Vitamins).....	59
1. บทนำและความสำคัญวิตามิน.....	59
2. หน้าที่ของวิตามิน.....	59
3. ความต้องการวิตามิน.....	59
4. ประเภทของวิตามิน.....	59
5. วิตามินที่ละลายได้ในไขมัน.....	60
5.1 วิตามินเอ (vitamin A).....	60
5.2 วิตามินดี (vitamin D).....	61
5.3 วิตามินอี (vitamin E).....	61
5.4 วิตามินเค (vitamin K).....	62
6. วิตามินที่ละลายได้ในน้ำ.....	63
6.1 วิตามินบี 1 (Thiamine, B1).....	63

6.2 ไนอะซิน (Niacin, B3)	63
6.3 วิตามินบี 12 (Cyanocobalamin, B12)	63
6.4 โคลีน (Choline).....	64
7. สรุป.....	64
8. เอกสารอ้างอิง	64
บทที่ 7 น้ำ (Water)	67
1. บทนำและความสำคัญของน้ำ	67
2. ความต้องการน้ำของโคเนื้อ	67
3. ปัจจัยที่มีผลต่อการกินได้ของน้ำ	68
4. สรุป	68
5. เอกสารอ้างอิง	69
บทที่ 8 การสร้างตารางแนะนำความต้องการโภชนะและปริมาณการกินได้ของโคเนื้อ	71
1. สมการทำนายความต้องการโภชนะและปริมาณการกินได้ของโคเนื้อ	71
2. การสร้างตารางความต้องการโภชนะของโคเนื้อ	72
3. การประกอบสูตรอาหารสำหรับโคเนื้อ	79
บทที่ 9 ตารางคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ.....	83
1. วิธีการจัดทำตารางคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ.....	83
2. วิธีการใช้ตารางเพื่อค้นหาข้อมูล.....	87
3. ความหมายของค่าและคำย่อที่แสดงในตาราง	88
4. เอกสารอ้างอิง	162
ภาคผนวก(Appendix)	169
ดัชนี(Index)	190

สารบัญรูป

รูปที่ 1 การใช้ประโยชน์พลังงานของสัตว์เลี้ยง	23
รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้ กับค่าพลังงานที่ร่างกายสามารถเก็บกักไว้ได้ และการประเมินค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (EFFICIENCY OF METABOLIZABLE ENERGY FOR MAINTENANCE, K_m) และค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (EFFICIENCY OF METABOLIZABLE ENERGY FOR GROWTH, K_g)	24
รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG, g/kgBW ^{0.75} /d) และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้ (MEI, kJ/kgBW ^{0.75} /d) ในโคพื้นเมืองไทย (•, เส้นทึบ) และโคพันธุ์บราห์มัน (*, เส้นประ).....	31
รูปที่ 4 การใช้ประโยชน์และความต้องการโปรตีนในสัตว์เคี้ยวเอื้องในการให้ผลผลิต	39
รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG, g/kgBW ^{0.75} /d) กับค่าโปรตีนหยานที่กินได้ (CPI, g/kgBW ^{0.75} /d) ในโคพื้นเมืองไทย	42
รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG, g/kgBW ^{0.75} /d) กับค่าโปรตีนหยานที่กินได้ (CPI, g/kgBW ^{0.75} /d) ในโคพันธุ์บราห์มัน	42
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG, g/kgBW ^{0.75} /d) กับค่าโปรตีนหยานที่กินได้ (CPI, g/kgBW ^{0.75} /d) โคลูกผสม	43

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1	สมการเพื่อการทำนายค่าพลังงานที่ย่อยได้ และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้	22
ตารางที่ 2	ค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพของโคอินเดีย	27
ตารางที่ 3	ค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพของโคยุโรป	28
ตารางที่ 4	ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโตของโคอินเดียและโคยุโรป	30
ตารางที่ 5	ความต้องการแร่ธาตุของโคเนื้อระยะต่าง ๆ	54
ตารางที่ 6	แหล่งแร่ธาตุและการใช้ประโยชน์ได้ของแร่ธาตุ	55
ตารางที่ 7	ค่าความต้องการวิตามินเอและดีในโคเนื้อระยะต่าง ๆ	61
ตารางที่ 8	ปริมาณแร่ธาตุหรือสารประกอบในน้ำดื่มที่อาจก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อโคเนื้อ	68
ตารางที่ 9	ค่าน้ำหนักร่างกายเมแทบอลิก	75
ตารางที่ 10	ค่าความต้องการโปรตีนและพลังงานของโคพื้นเมืองไทย	76
ตารางที่ 11	ค่าความต้องการโปรตีนและพลังงานของโคพันธุ์บราห์มัน	77
ตารางที่ 12	ค่าความต้องการโปรตีนและพลังงานของโคลูกผสมบราห์มัน	78
ตารางที่ 13	คุณค่าทางอาหารและราคาของวัตถุดิบอาหารสัตว์ (ดัดแปลงมาจากตารางในบทที่ 9)	80
ตารางที่ 14	การเปลี่ยนน้ำหนักแห้งเป็นน้ำหนักสด และราคาของสูตรอาหาร	82
ตารางที่ 15	ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ แคลเซียม ฟอสฟอรัสและพลังงานของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ	89
ตารางที่ 16	ค่าแร่ธาตุ (ยกเว้น แคลเซียม และฟอสฟอรัส) ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ	141
ตารางที่ 17	ค่าแร่ธาตุชนิดต่าง ๆ ของวัตถุดิบแหล่งแร่ธาตุสำหรับโคเนื้อ	154

บทที่ 1 บทนำ (Introduction)

การเพิ่มขึ้นของประชากรของประเทศ พื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจเพิ่มมากขึ้น ทำให้พื้นที่ทำเลเลี้ยงสัตว์ลดลง จึงมีผลกระทบต่อระบบการเลี้ยงโคของเกษตรกรไทย จากเดิมที่เคยเลี้ยงโคเพื่อการยังชีพตามวิถีชีวิตเกษตรกรชนบท หรือการเลี้ยงแบบปล่อยให้หาพืชอาหารที่มีอยู่ตามธรรมชาติกินเอง เปลี่ยนมาเป็นการเลี้ยงแบบประณีต โดยการนำอาหารมาให้กินในคอกหรือการเลี้ยงแบบขุน ทั้งนี้เป็นเพราะปริมาณการผลิตเนื้อโคภายในประเทศไม่เพียงพอ อีกทั้งในปัจจุบันประชาชนในชุมชนเมืองต้องการบริโภคอาหารที่ปลอดภัย (food safety) จึงต้องมุ่งเน้นการตรวจสอบคุณภาพมากยิ่งขึ้น

การจัดการด้านอาหาร รวมทั้งวิธีการให้อาหารเป็นปัจจัยแห่งความสำเร็จที่จำเป็นต่อการเพิ่มผลผลิตของโคเนื้อ เกษตรกรได้ให้ความสนใจต่อยุทธศาสตร์ความสำเร็จนี้อย่างสูง มีการจัดแบ่งที่ดินปลูกสร้างแปลงหญ้าหาแหล่งวัตถุดิบผลพลอยได้จากอุตสาหกรรม และเศษเหลือทางการเกษตร ทำให้เกิดอุตสาหกรรมการผลิตอาหารข้น และการผลิตอาหารหยาบที่มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ ทั้งภาครัฐบาลและเอกชนต่างได้ลงทุนในการวิจัยและพัฒนาด้านอาหารสัตว์อย่างต่อเนื่อง โดยผ่านทางสถาบันวิจัย ศูนย์วิจัย มหาวิทยาลัยและสถานศึกษาของประเทศ แต่ข้อมูลเหล่านั้น ยังขาดการประเมินโดยวิธีวิเคราะห์เมตา (meta-analysis) หรือ “การอภินิหาร” บางครั้งเรียกว่า “การวิเคราะห์ห่อหุ้ม” เพื่อสร้างองค์ความรู้รวม และยังขาดแหล่งข้อมูลอ้างอิงด้านคุณค่าทางโภชนาการวัตถุดิบอาหารสัตว์ และค่าความต้องการโภชนาการของโคเนื้อของประเทศ ดังนั้น จึงได้จัดทำหนังสือ “ความต้องการโภชนาการของโคเนื้อประเทศไทย ฉบับแรก ปี พ.ศ. 2551” เล่มนี้ขึ้น

โค (cattle) จัดเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้อง (ruminant) ที่เลี้ยงแพร่หลายมากที่สุดในโลก ปัจจุบัน มีโคอยู่ในโลกกว่า 1,300 ล้านตัว (ประเทศไทยมีโค ประมาณ 8 ล้านตัว) โคมีความสำคัญต่อการให้ประโยชน์แก่มนุษย์ โดยใช้เป็นอาหาร ทำเป็นผลิตภัณฑ์ และใช้เป็นแรงงาน ตลอดจนให้ความเพลิดเพลิน เช่น กีฬาต่างๆ เป็นต้น โคที่เป็นสัตว์เศรษฐกิจหลัก มีอยู่ 2 ชนิด (species) คือ โคยุโรป (*Bos taurus*) ซึ่งเป็นโคที่มีถิ่นกำเนิดในยุโรป มีหลังตรง ไม่มีตะโพนก และโคอินเดีย (*Bos indicus*) ซึ่งมีถิ่นกำเนิดในอินเดีย ปากีสถาน เอเชีย และแอฟริกา นอกจากนี้ เพื่อเพิ่มศักยภาพการให้ผลผลิตที่เหมาะสมตามสภาพแวดล้อมหรือการจัดการเลี้ยง จึงได้มีการผสมข้ามชนิด ทำให้เกิดมีโคลูกผสม และพันธุ์ใหม่ (breeds) หลายพันธุ์

แม้ว่าโคจะได้รับการเลี้ยงดูภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกัน แต่ศักยภาพทางพันธุกรรม หรือพันธุ์โคมีผลทำให้ความต้องการโภชนาการเพื่อการดำรงชีพ และความสามารถตอบสนองต่อการให้ผลผลิตแตกต่างกัน นอกจากนี้ ขนาด (size) น้ำหนัก (body weight, BW) และระดับการให้ผลผลิต เป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการควบคุมค่าความต้องการโภชนาการของตัวสัตว์ในแต่ละวัน เพื่อความสะดวกต่อการใช้งาน จึงได้เสนอตารางคำแนะนำ แยกตามความแตกต่างระหว่างพันธุ์ น้ำหนัก และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain, ADG)

สมการที่พัฒนาได้จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีการวิเคราะห์ห่อหุ้ม โดยรวบรวมข้อมูลจากผลงานวิจัยโคเนื้อภายใต้สภาพการจัดการเลี้ยงดู สภาพแวดล้อมด้านภูมิอากาศ และแหล่งอาหารสัตว์ของไทยเพื่อสร้างฐานข้อมูล และได้สมการที่สามารถครอบคลุมค่าความต้องการโภชนาการเฉพาะโปรตีนและพลังงาน เพื่อการดำรงชีพ และการให้ผลผลิตของโคพื้นเมืองไทย (Thai native cattle) โคพันธุ์บราห์มัน และโคลูกผสมพันธุ์บราห์มัน

เท่านั้น เนื่องจากเหตุผล ข้อจำกัดทางด้านจำนวนผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์และทรัพยากร รายละเอียดและสมการ แสดงไว้ในบทที่ 2 (ปริมาณการกินได้) บทที่ 3 (พลังงาน) และ บทที่ 4 (โปรตีน)

ความสำคัญของปริมาณการกินได้ต่อการให้ผลผลิตโคเนื้อในบทที่ 2 เสนอผลจากการสร้างสมการ เพื่อทำนายปริมาณการกินได้จากน้ำหนักโค บทที่ 3 อธิบายพื้นฐานความรู้ด้านความต้องการพลังงาน หน่วยวัด พลังงาน วิธีการประเมินค่าพลังงานในอาหารสัตว์ การวิเคราะห์ห่อหุ้มค่าความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ เพื่อการดำรงชีพ และเพื่อการเจริญเติบโต ได้เน้นให้เห็นความแตกต่างระหว่างโคยุโรปกับโคอินเดีย โคพื้นเมืองไทย กับโคพันธุ์บราห์มัน และโคลูกผสมบราห์มัน บทที่ 4 อธิบายความรู้ด้านโปรตีน ความต้องการโปรตีน การวิเคราะห์ห่อหุ้ม เนื่องจากเหตุผลข้อจำกัดทางด้านจำนวนงานวิจัย ทำให้สามารถแนะนำได้เฉพาะค่าความต้องการโปรตีนหยาบ

บทที่ 5 6 และ 7 เป็นการรวบรวมความรู้ด้านโภชนาแร่ธาตุ วิตามิน และน้ำ ที่มีความสำคัญและมี บทบาทต่อการให้ผลผลิตโคเนื้อ ด้วยเหตุที่จำนวนนักวิจัยและผลงานวิจัยด้านนี้มีจำกัดมาก จึงไม่สามารถ วิเคราะห์ห่อหุ้มได้ เพื่อลดข้อผิดพลาดการให้อาหารและเป็นแนวทางการใช้งาน จึงได้แนะนำค่าความต้องการ โภชนาดังกล่าว จากแหล่งเอกสารอ้างอิงที่มาจากต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่

บทที่ 8 เพื่อให้ผู้อ่านสามารถเข้าใจและนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย จึงได้สรุปสมการที่ใช้คำนวณและการ สร้างตารางค่าความต้องการปริมาณการกินได้ ส่วนค่าความต้องการโปรตีนและพลังงาน แม้ว่าเทคโนโลยี คอมพิวเตอร์สามารถประยุกต์ใช้เพื่อการคำนวณสูตรอาหารได้อย่างสะดวก แต่เพื่อเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์ จากสมการและตาราง เพื่อการคำนวณสูตรอาหาร จึงได้อธิบายแนวทางขั้นพื้นฐานการคำนวณค่าความต้องการ โภชนาของโคเนื้อ และการคำนวณสูตรอาหารจากวัตถุดิบไว้ในบทนี้

สำหรับประเภทและชนิดของวัตถุดิบอาหารสัตว์ของประเทศไทย ได้รวบรวมและแสดงไว้ในตาราง ค่าองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาวัตถุดิบอาหารโคเนื้อของประเทศไทย ในบทที่ 9 ซึ่งมีข้อมูล ชื่อวัตถุดิบ ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ส่วนประกอบผนังเซลล์ แร่ธาตุและค่าพลังงานของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

บทที่ 2 ปริมาณการกินได้ (Feed intake)

1. บทนำและความสำคัญของปริมาณการกินได้

โดยเหตุที่ปริมาณโภชนาที่จำเป็นต้องใช้เพื่อการดำรงชีพต่อวันของโคเนื้อที่มีปริมาณคงที่ ดังนั้น การเพิ่มปริมาณการกินได้ของอาหารในระดับที่สูงกว่าค่าความต้องการเพื่อการดำรงชีพ จะสามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตต่อวันในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลโดยตรงกับต้นทุนการผลิต หรือกำไรที่ได้รับ หากอัตราการเจริญเติบโตลดลง ทำให้ประสิทธิภาพการจัดการฟาร์มต่ำ เนื่องจากระยะเวลาการใช้แรงงาน การใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ในฟาร์ม และระยะเวลาการลงทุนนานกว่า การวัดค่าปริมาณการกินได้ นิยมแสดงค่าโดยน้ำหนักแห้ง (dry matter intake, DMI) ในหน่วยสากล มีหน่วยเป็นค่า กิโลกรัมที่กินได้ต่อวัน (kg/d) หรือเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (percent of body weight, %BW) หรือกรัมที่กินได้ต่อน้ำหนักกิโลกรัมเมแทบอลิก (g/kg metabolic body weight, g/kgBW^{0.75})

ปริมาณการกินได้โดยน้ำหนักแห้ง มีความจำเป็นต่อการคาดคะเนผลผลิตสัตว์ โดยสามารถใช้ทำนายค่าอัตราการเจริญเติบโต หรือใช้ทำนายค่าความต้องการโภชนาของโคเนื้อได้ มีรายงานผลวิจัยจำนวนมากที่ระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมปริมาณการกินได้ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง ประกอบด้วย ปัจจัยทางด้านกายภาพ และด้านเคมี นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยอื่น ๆ เช่น เมแทบอลิซึม หรือฮอร์โมนในร่างกาย ภาวะทางสรีรวิทยาของร่างกาย สภาพภูมิอากาศของสิ่งแวดล้อม และการจัดการเลี้ยงดู ฯลฯ (ARC, 1980; NRC, 2000) ดังนั้น การสร้างสมการทำนายปริมาณการกินได้จึงเป็นสิ่งที่ยุ่งยากและซับซ้อน หากต้องการใช้งานให้ครอบคลุมในสัตว์ทุกสภาวะสิ่งแวดล้อมและการจัดการให้อาหาร

2. การสร้างสมการทำนายปริมาณการกินได้ในโคพื้นเมืองไทยและโคพันธุ์บราห์มัน

การสร้างสมการทำนายปริมาณการกินได้ในเอกสารนี้ได้ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกินได้กับน้ำหนักโคเนื้อ ฐานข้อมูลที่ใช้เพื่อการทดสอบ ได้จากเอกสารผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ จำนวน 16 เรื่อง (เกษม, 2530; สุจิตรา, 2530; ปรัชญา, 2531; เมธา และคณะ, 2533; วรพงษ์ และ บุญญา, 2533; ชุมพล, 2534; วุฒิพงษ์, 2539; สุนทร และคณะ, 2544; คณิน, 2546; ศิวพร และคณะ, 2546; เวียงสกุล, 2547; ศักดา และคณะ, 2549; เสกสรรค์ และคณะ, 2549; อานุกาพ และคณะ, 2549; อธิพิล และ สำราญ, 2549; Shinoda et al., 2000) รวมทั้งหมด 59 ปัจจัยการทดลอง ในโคพื้นเมืองไทยและโคพันธุ์บราห์มัน ข้อมูลทั้งหมดถูกนำมาวิเคราะห์ถ้อยคำเพื่อสร้างสมการทำนาย ตามวิธีการของ St-Pierre (2001) (แสดงรายละเอียดในภาคผนวกที่ 1) ได้สมการทำนายระหว่าง ค่าความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัว กับปริมาณการกินได้โดยน้ำหนักแห้ง โดยสมการที่มีความถูกต้องและแม่นยำสูงที่สุด มีค่า R² (coefficient of determination) เท่ากับ 0.91 (แสดงรายละเอียดในตารางภาคผนวกที่ 2.1 และ 2.2) คือ

$$DMI = 0.02887BW - 0.5778 \quad (n = 59, R^2 = 0.91, RSD = 0.10, P < 0.001) \quad \text{--- (สมการที่ 1)}$$

โดย DMI = ปริมาณการกินได้โดยน้ำหนักแห้ง (กิโลกรัมต่อวัน)

BW = น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)

3. สรุป

ปริมาณการกินได้มีความจำเป็นต่อการทำนายค่าอัตราการเจริญเติบโต หรือใช้คำนวณค่าความต้องการโภชนะของโคเนื้อได้ รวมทั้งสามารถทำนายปริมาณการกินได้ของโคพื้นเมืองไทย และโคพันธุ์บราห์มันของไทยจากสมการที่สร้างขึ้น

4. เอกสารอ้างอิง

- เกษม ทั้งทอง. 2530. ผลของการใช้รำอ่อนร่วมกับใบผักตบชวาเลี้ยงโคเนื้อพื้นเมืองหลังหย่านม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 48 น.
- คณิน บรรณกิจ. 2546. ผลของโปรตีนกากถั่วเหลืองที่ผ่านการป้องกันการย่อยสลายในกระเพาะหมักต่อองค์ประกอบทางเคมีของอาหารชั้น, ปริมาณการกินได้, ความสามารถในการย่อยได้, ค่าทางชีวเคมีในเลือด, กระบวนการหมักในกระเพาะหมัก และอัตราการเจริญเติบโตในโคเนื้อพื้นเมือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 91 น.
- ชุมพล ทงวิชา. 2534. ผลของความถี่ของการให้อาหารต่อประสิทธิภาพการใช้อาหารและการเจริญเติบโตในโคเนื้อพันธุ์พื้นเมือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 66 น.
- ปรัชญา สรรพพานิช. 2531. การเสริมไขมันสำปะหลังแห้งในสูตรอาหารที่ใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหลักเพื่อใช้เลี้ยงโคเนื้อพื้นเมือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 107 น.
- เมธา วรรณพัฒน์ อติศักดิ์ สังข์แก้ว จุลอง วชิราภากร และเวชสิทธิ์ โทบุรณ. 2533. การศึกษาเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนะของฟางข้าวเจ้าและฟางข้าวเหนียวเพื่อเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. เกษตร. 18(3): 132-141.
- วรพงษ์ สุริยจันทร์ทอง และ บุญญา วิไลพล. 2533. การเสริมถั่วอาหารสัตว์ในโคเนื้อพื้นเมือง. เกษตร. 18 (3): 142-151.
- วุฒิพงษ์ อินทรธรรม. 2539. ผลของการเสริมเมล็ดฝ้ายในสูตรอาหารโคเนื้อขุนที่มีต่อกระบวนการหมักในรูเมน สมรรถนะการผลิต และคุณสมบัติของซาก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 105 น.
- เวียงสกุล นาประเสริฐ. 2547. ผลของแหล่งอาหารหยาบพลังงานในสูตรอาหารชั้น ต่อปริมาณการกินได้ รูปแบบกระบวนการหมัก ความสามารถในการย่อยได้ และอัตราการไหลผ่านของอาหารในโคเนื้อ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 109 น.
- ศักดิ์ดา ประจักษ์บุญเจษฎา จุรีรัตน์ เงินแดง และภิรมย์ บัวแก้ว. 2549. การใช้หญ้าชิกแนลเลื่อยและถั่วท่าพระสไตโลเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคเนื้อ. หน้า 153-167. ใน: รายงานการประชุมวิชาการเกษตรประจำปี 2549. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.
- ศิวพร วรอนุ เมธา วรรณพัฒน์ สิทธิศักดิ์ คำผา และจุลอง วชิราภากร. 2546. ผลของระดับมันเฮย์และมันเส้นในสูตรอาหารชั้นต่อนิเวศวิทยาumenและปริมาณการกินได้ของฟางหมักยูเรียในโคเนื้อ. หน้า 191-200. ใน: รายงานการประชุมวิชาการเกษตรประจำปี 2546. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

- เศกสรรค์ สนวนกุล อานูภาพ เส็งสาย และศุภวันจักรี พลมีศักดิ์. 2549. สมรรถภาพโคเนื้อพื้นเมืองเพศผู้ภายใต้การเลี้ยงแบบปล่อยแทะเล็มในแปลงหญ้าซีตาเรีย และแปลงถั่วท่าพระสไตโลในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี. หน้า 236-250. ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2549. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- สุจิตรา สราวิช. 2530. ผลของการเสริมใบกระถินแก่ระดับต่าง ๆ ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของโคเนื้อพื้นเมืองที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหารหลัก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 76 น.
- สุนทร วิทยาคุณ ศกร คุณวุฒิมิทธิธรณ พัทธ์พัล พรเอนก และชำนาญวิทย์ พรหมโคตร. 2544. การใช้มูลขี้เถ้าแฉะในแม่โคเนื้อหลังคลอด. หน้า 200-203. ใน: รายงานการสัมมนาและเสวนาวิชาการงานแสดงเทคโนโลยีการเกษตรเพื่ออินโดจีน. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. อุบลราชธานี.
- อานูภาพ เส็งสาย ปรัชญา ปรัชญลักษณ์ วิโรจน์ วนาสิทธิชัยวัฒน์ และสมน โพธิ์จันทร์. 2549. น้ำหนักเริ่มขุนต่ออัตราการเจริญเติบโตและลักษณะซากของโคเนื้อพื้นเมืองเพศผู้ในสภาพการเลี้ยงแบบขังคอก. หน้า 221-235. ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2549. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- อิทธิพล เผ่าไพศาล และสำราญ วิจิตรพันธ์. 2549. ผลของปริมาณโปรตีนและพลังงานที่กินต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองไทย. หน้า 108-124. ใน: รายงานการประชุมวิชาการเกษตรประจำปี 2549. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.
- Agricultural Research Council. 1980. The Nutrient Requirement of Ruminant Livestock. London. UK.
- National Research Council. 2000. Nutrient Requirement of Beef Cattle. 7thed. National Academic Press, Washington, DC.
- Shinoda, M., T. Kawashima, P. Pholsen, and T. Chuenpreecha. 2000. Quality and nutritive value of Napier grass silage. Final report of collaborative research project between Japan International Research Center for Agriculture Sciences. Japan and Department of Livestock Development, Thailand.
- St-Pierre, N. R. 2001. Integrating quantitative finding from multiple studies using mixed model methodology. J. Dairy Sci. 84: 741-755.

บทที่ 3 พลังงาน (Energy)

1. บทนำและความสำคัญของพลังงาน

โคเนื้อมีความจำเป็นต้องได้รับโภชนาที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์จากอาหาร เพื่อเป็นพลังงานสำหรับการสร้างเนื้อเยื่อของร่างกาย (หรือพลังงานเพื่อให้ผลผลิต) รวมทั้งสัตว์มีความต้องการโภชนา เพื่อเป็นแหล่งพลังงานในการดำเนินกิจกรรมพื้นฐานของร่างกาย เรียกว่า “พลังงานเพื่อการดำรงชีพ” โดยทั้งค่าความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพ และเพื่อให้ผลผลิตดังกล่าว ได้มาจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของพลังงานที่มีจากอาหารในรูปแบบพลังงานเคมี (chemical energy) ทั้งนี้ พลังงานเคมีจากอาหาร เมื่อเกิดการสันดาป/เผาผลาญในร่างกายจะเปลี่ยนรูปแบบเป็นพลังงานกล (mechanical energy) และพลังงานความร้อน (heat energy) ผู้สนใจศึกษารายละเอียดด้านเมแทบอลิซึมพลังงานในสัตว์สัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถอ่านเพิ่มเติมได้จาก Blaxter (1962; 1989) ARC (1980) AFRC (1993) Orskov and Ryle (1998) และ NRC (1996; 2001)

2. หน่วยวัดค่าพลังงานอาหารสัตว์

คำจำกัดความ “พลังงาน (energy)” หมายถึง ศักยภาพของการทำงาน โดย “งาน” หมายถึง ผลจากการออกแรงเพื่อเคลื่อนย้ายวัตถุให้ได้ในระยะทางหนึ่ง

หน่วยวัดพลังงานตามมาตรฐานสากลที่นิยมใช้ในแถบยุโรป เรียกว่า จูล (joules, J = volts × amperes × seconds) บางประเทศนิยมใช้หน่วย “แคลอรี (calorie, cal)” โดยพลังงาน 1 แคลอรี หมายถึง พลังงานความร้อนที่ทำให้ น้ำจำนวน 1 กรัม มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียส คือ จาก 14.5 องศาเซลเซียส เป็น 15.5 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ ค่าความร้อน 1 แคลอรี มีค่าเทียบเท่ากับ 4.184 จูล หรือ 1 จูล เท่ากับ 0.239 แคลอรี วิธีการแสดงค่าจำนวนพลังงานความร้อน นิยมแสดงในรูปแบบค่า “กิโลจูล (kilo joules, kJ)” เท่ากับ 1,000 จูล หรือ “เมกะจูล (mega joules, MJ)” เท่ากับ 1,000 กิโลจูล หรือ 1,000,000 จูล นอกจากนี้ อาจใช้หน่วยเป็น “BTU (British Thermal Unit)” โดย 1 BTU เท่ากับ 252 แคลอรี

3. การประเมินค่าพลังงานของอาหารสัตว์

พลังงานของอาหารสัตว์ สามารถตรวจวัดได้ด้วยเครื่องมือวัดค่าพลังงานความร้อน ที่เรียกว่า “บอมบ์แคลอริมิเตอร์ (bomb calorimeter)” ค่าพลังงานความร้อนที่ปล่อยออกมาจากการเผาไหม้อาหารอย่างสมบูรณ์ เรียกว่า “ค่าพลังงานรวม (gross energy, GE)”

จากหลักการทางพลังงานทางโภชนาศาสตร์สัตว์ สามารถแยกส่วนพลังงานที่กินได้ ตามการนำไปใช้ประโยชน์ของสัตว์เลี้ยง ดังแสดงในรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่า ค่าพลังงานรวม ไม่สามารถใช้อธิบายบอกความสามารถของการนำไปใช้ประโยชน์พลังงานจากอาหารได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้น หากนำค่าพลังงานที่กินได้รวมทั้งหมด หักลบด้วยค่าพลังงานที่สูญเสียออกทางการขับถ่ายมูล (fecal energy, FE) เรียกว่า “ค่าพลังงานที่ย่อยได้ (digestible energy, DE)” ซึ่งประเมินได้จากการทดลอง เพื่อวัดการย่อยได้ (digestion trial) สัดส่วนค่า DE:GE มีความผันแปรสูง เริ่มจาก 0.3 ในพืชอาหารสัตว์คุณภาพต่ำ ถึง 0.9 ในเมล็ดธัญพืชที่มีคุณภาพดี อย่างไรก็ตาม ค่าพลังงานที่ย่อยได้มีความถูกต้องและความแม่นยำต่ำกว่าค่า “พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy, ME)” ซึ่งเป็นค่าพลังงานที่ประเมินได้จากการนำค่าพลังงานที่กินได้รวมทั้งหมด หักลบ

ด้วยพลังงานที่สูญเสียออกจากการขับถ่ายมูล การขับถ่ายปัสสาวะ (urinary energy, UE) และการขับถ่ายแก๊สมีเทน (methane energy) สัดส่วนระหว่างค่า ME:GE บ่งบอกถึง ค่าความเข้มข้นของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ในอาหาร (metabolizable energy concentration หรือ metabolisability, q) ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ มีความสัมพันธ์กับ ค่าพลังงานที่ย่อยได้สูง วัตถุประสงค์อาหารสัตว์ในเขตหนาวมีค่าสัดส่วน ME:DE ประมาณ 0.82 (ARC, 1980; NRC, 2000) ในขณะที่ วัตถุประสงค์อาหารเขตร้อนมีค่าสัดส่วน ME:DE อยู่ในช่วง 0.78-0.88 หรือเฉลี่ยประมาณ 0.84 (อนันท์ และคณะ 2551) ในทำนองเดียวกัน ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ยังคงมีข้อจำกัด เนื่องจาก ไม่ได้คำนึงถึงค่าพลังงานความร้อนที่สูญเสีย เนื่องจากการกินและการใช้ประโยชน์จากอาหารของสัตว์ (heat increment, HI) (McDonald et al., 2002; Johnson et al., 2003) จึงส่งผลให้ ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้มีความถูกต้องต่ำกว่าค่า “พลังงานสุทธิ (net energy, NE)” ซึ่งเป็น ค่าพลังงานที่ได้จากค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ ลบด้วยค่า “พลังงานความร้อนที่เพิ่มขึ้นจากการกิน และการใช้ประโยชน์จากอาหาร”

ค่าพลังงานสุทธิ สามารถแยกออกเป็นสองส่วนหลัก คือ “พลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (net energy for maintenance, NE_m)” และ “พลังงานสุทธิเพื่อการให้ผลผลิต (net energy for production, NE_p)” ซึ่งสามารถแยก รายละเอียด ตามชนิด ประเภท และรูปแบบการให้ผลผลิตของสัตว์ (ดูรูปที่ 1 ประกอบ) ถึงแม้ว่า ค่าพลังงานสุทธิมีความ ถูกต้อง และแม่นยำสูงที่สุด แต่วิธีการประเมินค่าพลังงานสุทธิยังมีข้อจำกัด ในด้านวิธีการวัดค่าพลังงานความร้อนที่เพิ่มขึ้น จากการกิน และการใช้ประโยชน์จากอาหาร เนื่องจาก เป็นวิธีการที่ซับซ้อน ยุ่งยาก และต้องใช้เครื่องมือที่มีความละเอียด ลงทุนสูง จึงส่งผลให้ปัจจุบันในบางประเทศ เช่น ประเทศสหราชอาณาจักร และออสเตรเลีย ยังคงใช้ระบบพลังงานที่ใช้ ประโยชน์ได้ (ARC, 1980; AFRC, 1993) สำหรับงานวิจัย ด้านการประเมินค่าพลังงานในวัตถุประสงค์อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของ ประเทศไทยยังมีอยู่อย่างจำกัดมาก

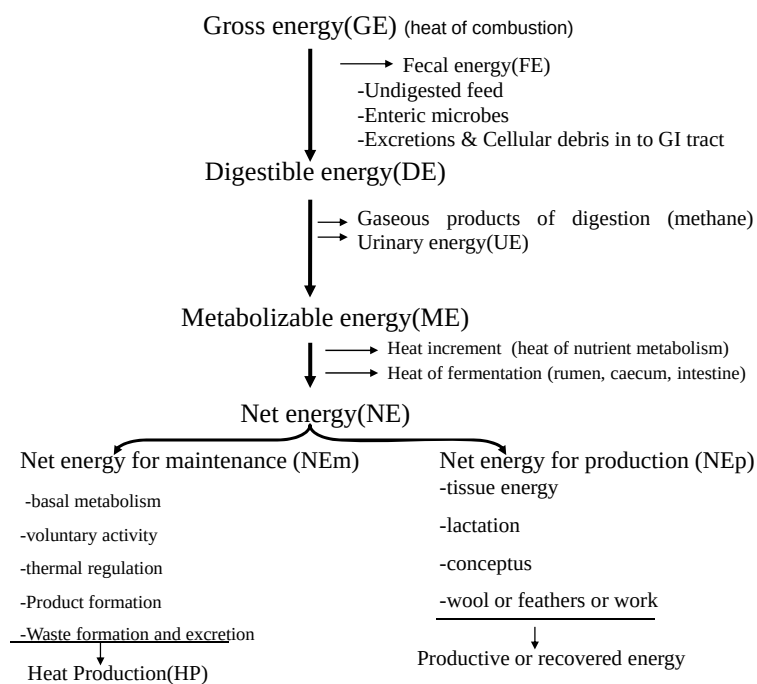
ตารางที่ 1 สมการเพื่อการทำนายค่าพลังงานที่ย่อยได้ และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้

Sources	Equations ^{1/}	R ²	RSD ^{2/}	P-value	n
Kaewpila et al. (2008)					
(1)	ME = 0.1913OM + 0.0956EE - 0.0992ADF - 6.1887	0.63	0.27	<0.001	27
(2)	ME = 0.1586TDN - 1.0738	0.74	0.16	<0.001	45
(3)	ME = 0.0865OMD + 0.2355EE - 0.0445ADF + 4.0362	0.73	0.23	<0.001	26
(4)	ME = 0.9613DE - 1.2276	0.93	0.07	<0.001	57
(5)	DE = 0.1663TDN + 0.1401	0.79	0.12	<0.001	44
McDonald (2002)	ME = 0.160OMD	NA	NA	NA	NA
NRC (2000)	ME = 0.2413DE - 0.1076	NA	NA	NA	NA
NRC (2000)	DE = 0.1845TDN	NA	NA	NA	NA

^{1/} ME, metabolizable energy (MJ/kg); DE, digestible energy (MJ/kg); TDN, total digestible nutrients (%); OMD, organic matter digestibility (%); OM, organic matter (%); EE, ether extract (%); ADF, acid detergent fiber (%);

^{2/} RSD, residual standard deviation; NA, not available.

ผลการประเมินค่าพลังงาน ในอาหารสัตว์ที่มีความถูกต้องสูง จะมีผลโดยตรงกับความแม่นยำของการคำนวณค่าพลังงานในสูตรอาหาร แต่เนื่องจาก ทรัพยากรการตรวจประเมินค่าพลังงานของประเทศไทยมีจำกัด จึงไม่สามารถทำการตรวจค่าพลังงานเป็นรายวัตถุดิบ ในแต่ละครั้งของการคำนวณสูตรอาหารได้ ผู้ใช้งานอาจเลือกใช้ข้อมูลค่าพลังงานของวัตถุดิบอาหารสัตว์ในตารางองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบอาหารสัตว์ ที่แสดงในบทที่ 9 เพื่อการคำนวณได้ นอกจากนี้ ยังสามารถทำนายค่าพลังงานด้วยความแม่นยำยิ่งขึ้น หากสามารถตรวจวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ เพื่อทำนายค่าพลังงานจากสมการ ตารางที่ 1 แสดงสมการเพื่อการทำนายค่าพลังงานที่ย่อยได้ และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้



รูปที่ 1 การใช้ประโยชน์พลังงานของสัตว์เลี้ยง

ที่มา: Pond et al. (2005)

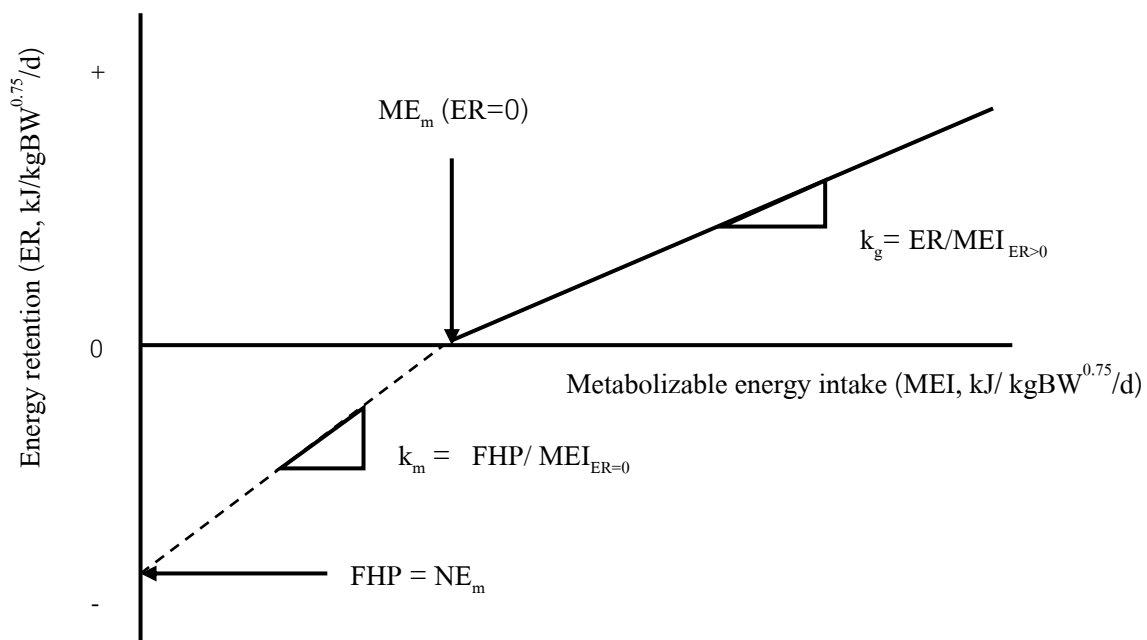
4. ความต้องการพลังงานของโคเนื้อ

สามารถจัดแบ่งค่าความต้องการพลังงานออกได้เป็น 2 ส่วน ส่วนแรก คือ ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพ (net energy for maintenance, NE_m) ซึ่งหมายถึง ปริมาณพลังงานระดับต่ำสุด ที่สัตว์ต้องการนำไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมขั้นพื้นฐานของร่างกาย พลังงานที่เกิดขึ้นจะถูกระบายออกจากตัวสัตว์ ในรูปของพลังงานความร้อน (ARC, 1980; Johnson et al., 2003) ส่วนที่สอง คือ ความต้องการพลังงานเพื่อการให้ผลผลิต (net energy for production, NE_p) ซึ่งหมายถึง พลังงานที่สัตว์สามารถนำไปใช้สร้างเนื้อเยื่อและผลผลิต ได้แก่ เนื้อ นม ขน ทั้งนี้หมายความว่า พลังงานที่ใช้เพื่อการสืบพันธุ์ และพลังงานที่ใช้เพื่อการเจริญเติบโตของตัวอ่อนในขณะตั้งท้อง (NRC, 2000; McDonald et al., 2002; Pond et al., 2005) ปริมาณพลังงานที่ถูกเก็บกักไว้ใช้เพื่อการสร้างผลผลิตดังกล่าว เรียกว่า “พลังงานที่ร่างกายสามารถเก็บกักได้ (energy retention, ER หรือ recovered energy)” (กฤตพล, 2550; McDonald et al., 2002; Pond et al., 2005)

4.1 ค่าประสิทธิภาพพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้

ค่าประสิทธิภาพพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ หมายถึง ค่าความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานในอาหารที่อยู่ในรูปพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ ไปเป็นพลังงานสุทธิในรูปแบบของพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ และพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต ซึ่งค่าประสิทธิภาพพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่ง คือ ค่าประสิทธิภาพพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (efficiency of ME for maintenance, k_m) และส่วนที่สอง คือ ค่าประสิทธิภาพพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (efficiency of ME for growth, k_g) (รูปที่ 2) (Ferrell and Jenkins, 1984; NRC, 2000; McDonald et al., 2002; Johnson et al., 2003)

หลักการประเมินค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงาน และค่าความต้องการพลังงานในโคเนื้อ สามารถทำได้โดยนำข้อมูลทั้งหมดมาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (แกน X, ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้) กับตัวแปรตาม (แกน Y, ค่าพลังงานที่ร่างกายเก็บกักได้) (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้ กับค่าพลังงานที่ร่างกายสามารถเก็บกักไว้ได้ และการประเมินค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (efficiency of metabolizable energy for maintenance, k_m) และค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (efficiency of metabolizable energy for growth, k_g)

ที่มา: ดัดแปลงจาก McDonald et al. (2002)

จากรูปที่ 2 ณ จุดตัดแกน X หมายถึง ค่าการเก็บกักของพลังงานในร่างกาย เท่ากับศูนย์ ถือว่าเป็น ค่าความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (ME_m หรือ ที่ค่า $MEI_{ER=0}$) และค่าความชันของเส้นกราฟที่อยู่ได้แกน X

(ที่ค่า $ER < 0$) เป็นค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (k_m) ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$k_m = FHP / MEI_{ER=0}$$

โดยที่ FHP = พลังงานขั้นพื้นฐานเพื่อกระบวนการเมแทบอลิซึม (fasting heat production หรือ basal metabolism)

ME_m = พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ

ค่าความชันของเส้นกราฟที่อยู่เหนือแกน X (ปริมาณการกินได้ของพลังงานสูงกว่า 1.2 เท่าของการดำรงชีพ ($1.2 \times M$) เป็นจุดที่แสดงค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (k_g) คำนวณได้จาก

$$k_g = ER / MEI_{ER>0}$$

โดยที่ ER = พลังงานที่เก็บกักในร่างกาย

$MEI_{ER>0}$ = พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้

ในทางปฏิบัติ การใช้ค่าพลังงานสุทธิ เพื่อกำหนดความต้องการพลังงานของโคเนื้อนั้น อาจมีความยุ่งยากในการนำมาใช้ ทั้งนี้เพราะ การวิเคราะห์ส่วนประกอบพลังงานสุทธอาหารสัตว์ในประเทศไทย ยังไม่สามารถดำเนินการได้ และใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ที่ซับซ้อน แต่ปัจจุบันมีห้องปฏิบัติการของสถาบันการศึกษาในประเทศ สามารถวิเคราะห์ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ในอาหารทั้งโดยตรง และโดยทางอ้อม โดยวิเคราะห์ปริมาณแก๊ส การวัดความต้องการพลังงาน และส่วนประกอบพลังงานในรูปพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ จึงมีความเหมาะสมในปัจจุบัน

4.2 ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพในโคอินเดียและโคยุโรป

ค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพของโคอินเดียและโคยุโรป ได้จากการประเมินจากงานวิจัย จำนวน 10 เรื่อง (Lofgreen and Garrette, 1968; DiCostanzo et al., 1990; Ferrell and Jenkins, 1998a; Ferrell and Jenkins, 1998b; Kawashima et al., 2000a; Kawashima et al., 2000b; Tedeschi et al., 2002; Chaokaur et al., 2007; Nitipot et al., 2008; Chaokaur et al., unpublished data) (แสดงรายละเอียดในตารางภาคผนวกที่ 3.1) จากการประมวลผลข้อมูลทางสถิติและการวิเคราะห์หองิมาณ ตามวิธีการของ St-Pierre (2001) สามารถแสดงสมการความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้ (MEI , $\text{kJ/kgBW}^{0.75}/\text{d}$) กับค่าพลังงานที่ร่างกายเก็บกักได้ (ER , $\text{kJ/kgBW}^{0.75}/\text{d}$) ดังนี้ (แสดงรายละเอียดในตารางภาคผนวกที่ 3.3)

โคอินเดีย;

$$ER = 0.64MEI - 276.47 \quad (n = 80, R^2 = 0.85, RSD = 6.73, P < 0.001) \text{ --- สมการที่ 2}$$

โคยุโรป;

$$ER = 0.58MEI - 326.03 \quad (n = 28, R^2 = 0.91, RSD = 8.63, P < 0.001) \text{ --- สมการที่ 3}$$

หมายเหตุ: ค่าสมการที่ได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณการกินได้ของพลังงานต่ำกว่า 1.2 เท่าของการดำรงชีพ ($1.2 \times M$)

จากสมการที่ 2 และ 3 พบว่า ค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพของโคอินเดีย (0.64) มีค่าสูงกว่าของโคยุโรป (0.58) ประมาณ 9.38 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่า โคอินเดียมีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานที่อยู่ในรูปของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ในอาหารไปเป็นพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพได้ดีกว่าโคยุโรป ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลในตารางที่ 3 และ 4 ที่พบว่า โคอินเดียมีค่าประสิทธิภาพในการใช้พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพสูงกว่าโคยุโรป โดยมีค่าความผันแปรอยู่ในช่วงระหว่าง 0.58 – 0.91 (Liang and Young, 1995; Kawashima et al., 2000a; Kawashima et al., 2000b; Tedeschi et al., 2002; Chaokaur et al., 2007; Nitipot et al., 2008; Suzuki et al., unpublished data) และเมื่อพิจารณาข้อมูลที่ยานงานในประเทศไทย พบว่า โคพื้นเมืองไทยมีค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 0.62 – 0.69 (Kawashima et al., 2000a; Chaokaur et al., 2007) และโคพันธุ์บราห์มันมีค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 0.58 – 0.82 (Chaokaur et al., 2007; Kawashima et al., 2000a) ซึ่งความผันแปรของค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพนั้น อาจเนื่องมาจาก ความแตกต่างของพันธุ์ การจัดการอาหาร ความแตกต่างกันทางสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม ตลอดจนคุณภาพของวัตถุดิบอาหารสัตว์ (ARC, 1980; NRC, 2000; McDonald et al., 2002; Jonhson et al., 2003)

4.3 ความต้องการพลังงานสุทธิและพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพของโคอินเดียและโคยุโรป

จากสมการที่ 2 และ 3 พบว่า ค่าความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพหรือความต้องการพลังงานขั้นพื้นฐานเพื่อใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมของร่างกาย (NE_m , หมายถึง ค่า ณ จุดที่ $MEI = 0$) ของโคอินเดีย เท่ากับ 276.47 kJ/kgBW^{0.75}/d ซึ่งมีค่าต่ำกว่าโคยุโรป (326.03 kJ/kgBW^{0.75}/d) ประมาณ 15.20 เปอร์เซ็นต์ สำหรับค่าความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (ME_m หมายถึง ค่า ณ จุดที่ $ER = 0$) ของโคอินเดีย เท่ากับ 431.98 kJ/kgBW^{0.75}/d ซึ่งมีค่าต่ำกว่าโคยุโรป (562.12 kJ/kgBW^{0.75}/d) ประมาณ 23.15 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพของโคยุโรปที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลครั้งนี้ มีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Garrett (1980) และ NRC (2000) ที่ระบุว่า ค่าความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ มีค่าเท่ากับ 77 kcal/kgBW^{0.75}/d หรือ 322.17 kJ/kgBW^{0.75}/d

ค่าความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพของโคอินเดียที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลครั้งนี้ มีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Ferrell and Jenkins (1998b) และ Chaokaur et al. (2007) ที่พบว่า ค่าความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพของโคพันธุ์บราห์มัน มีค่าเท่ากับ 458 kJ/kgBW^{0.75}/d และ 488 kJ/kgBW^{0.75}/d ตามลำดับ และเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับรายงานของ Tedeschi et al. (2002) ที่พบว่า ค่าความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพของโคพันธุ์ Nellore มีความผันแปรอยู่ในช่วง 448 - 494 kJ/kgBW^{0.75}/d สามารถสรุปได้ว่า โคอินเดียมีค่าความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพต่ำกว่าโคยุโรปประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับ NRC (2000) ที่รายงานว่า โคอินเดียมีค่าความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพต่ำกว่าโคยุโรปอยู่ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2 ค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพของโคอินเดีย

Reference	Breed	n	BW (kg)	Method ^{1/}	k _m
Solis et al. (1988)	Brahman	4	499	IC; ER/MEI	0.67
Liang and Young (1995)	Kedah Kelantan	16	335	IC; ER/MEI	0.64
Ferrell and Jenkins (1998b)	Boran	15	277	CS; ER/MEI	0.65
	Brahman	15	313	CS; ER/MEI	0.69
	Tuli	16	287	CS; ER/MEI	0.68
Kawashima et al. (2000a)	Brahman	44	353	IC; ER/MEI	0.82
Kawashima et al. (2000b)	Thai native	20	163	IC; ER/MEI	0.69
Tedeschi et al. (2002)	Nellore	15	200	CS; ER/MEI	0.65
	Nellore	16	200	CS; ER/MEI	0.63
	Nellore	35	327	CS; ER/MEI	0.72
	Nellore	31	300	CS; ER/MEI	0.70
Chaokaur et al. (2007)	Brahman	19	373	IC; ER/MEI	0.58
Nitipot et al. (2008)	Thai native	20	185	IC; ER/MEI	0.62
Suzuki et al. (unpublished data)	Brahman	20	370	IC; ER/MEI	0.91
This study	Beef cattle	80	265	MA	0.64

^{1/} CS, comparative slaughter technique; IC, indirect respiratory calorimetry; ER, energy retention; MEI, metabolizable energy intake; k_m, efficiency of ME for maintenance; MA, meta-analysis

ตารางที่ 3 ค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพของโคยุโรป

Reference	Breed	n	BW (kg)	Method ^{1/}	k _m
Fox et al. (1972)	Hereford	6	230	CS; ER/MEI	0.67
	Hereford	4	247	CS; ER/MEI	0.82
Solis et al. (1988)	Angus	4	504	CS; ER/MEI	0.81
	Hereford	4	490	CS; ER/MEI	0.66
Solis et al. (1989)	Angus crossbred	37	351	CS; ER/MEI	0.66
	Simmental crossbred	34	306	CS; ER/MEI	0.65
Old and Garrette (1987)	Hereford	12	223	CS; ER/MEI	0.64
	Charolais	12	240	CS; ER/MEI	0.62
DiCostanzo et al. (1990)	Angus	28	498	CS; ER/MEI	0.76
Birkelo et al. (1991)	Hereford	8	344	CS; ER/MEI	0.75
DiCostanzo et al. (1991)	Angus	16	533	CS; ER/MEI	0.68
Hotovy et al. (1991)	Hereford crossbred	4	370	CS; ER/MEI	0.73
	Angus crossbred	8	378	CS; ER/MEI	0.74
Laurenz et al. (1991)	Simmental	30	NA	CS; ER/MEI	0.60
	Angus	30	NA	CS; ER/MEI	0.71
Shuey et al. (1993)	Hereford	12	420	CS; ER/MEI	0.73
	Angus	21	467	CS; ER/MEI	0.76
Hutcheson et al. (1997)	Angus crossbred	24	409	CS; ER/MEI	0.62
Ferrell and Jenkins (1998a)	Hereford x Angus	16	340	CS; ER/MEI	0.67
	Belgian Blue crossbred	15	346	CS; ER/MEI	0.65
	Piedmontese crossbred	14	323	CS; ER/MEI	0.65
Ferrell and Jenkins (1998b)	Hereford	8	286	CS; ER/MEI	0.67
	Angus	8	346	CS; ER/MEI	0.67
Kirkland and Gordon (1999)	Holstein Fresian	24	603	IC; HP/MEI	0.66
Odai et al. (2005)	Holstein Fresian crossbred	20	399	IC; ER/MEI	0.79
Kurihara (1996)	Holstein Fresian	6	NA	IC; ER/MEI	0.69
	Holstein Fresian	2	NA	IC; ER/MEI	0.70
ARC (1980)	Beef cattle	NA	NA	NA	0.71
NRC (2000)	Beef cattle	NA	NA	NA	0.69
This study	Beef cattle	28	294	MA	0.58

^{1/} CS, comparative slaughter technique; IC, indirect respiratory calorimetry; ER, energy retention; MEI, metabolizable energy intake; HP, heat production; NA, not available; MA, meta-analysis

4.4 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโตของโคอินเดียและโคยุโรป

ค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ เพื่อการเจริญเติบโตของโคอินเดียและโคยุโรป ได้จากการประเมินข้อมูลที่ได้จากงานวิจัย จำนวน 12 เรื่อง (Lofgreen and Garrette, 1968; Garrette, 1979; Robelin, 1979; Ferrell and Jenkins, 1984; Solis et al., 1989; Sainz et al., 1995; Hutcheson et al., 1997; Ferrell and Jenkins, 1998a; Ferrell and Jenkins, 1998b; Kawashima et al., 2000a; Tedeschi et al., 2002; Chaokaur et al., 2007) (แสดงรายละเอียดในตารางภาคผนวกที่ 3.2) จากการประมวลผลข้อมูลทางสถิติและการวิเคราะห์ห่อภิมาณ ตามวิธีการของ St-Pierre (2001) สามารถแสดงสมการความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้ (MEI, $\text{kJ/kgBW}^{0.75}/\text{d}$) กับ ค่าพลังงานที่ร่างกายเก็บกักได้ (ER, $\text{kJ/kgBW}^{0.75}/\text{d}$) ดังนี้ (แสดงรายละเอียดในตารางภาคผนวกที่ 3.3)

โคอินเดีย;

$$\text{ER} = 0.51\text{MEI} - 210.57 \quad (n = 44, R^2 = 0.94, \text{RSD} = 3.86, P < 0.001) \text{ --- สมการที่ 4}$$

โคยุโรป;

$$\text{ER} = 0.45\text{MEI} - 232.05 \quad (n = 85, R^2 = 0.88, \text{RSD} = 4.11, P < 0.001) \text{ --- สมการที่ 5}$$

หมายเหตุ: ค่าสมการที่ได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณการกินได้ของพลังงานสูงกว่า 1.2 เท่าของการดำรงชีพ ($1.2 \times \text{M}$)

จากสมการที่ 4 และ 5 พบว่า ค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโตของโคอินเดีย (0.51) มีค่าสูงกว่าค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโตของโคยุโรป (0.45) ประมาณ 11.76 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานเพื่อการเจริญเติบโตของโคอินเดีย ที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลครั้งนี้ มีค่าสูงกว่าของโคอินเดียพันธุ์ Kedah Kelantan และ Boran ที่ได้จากรายงานของ Liang and Young (1995) และ Ferrell and Jenkins (1998b) ซึ่งมีค่า เท่ากับ 0.30 และ 0.32 ตามลำดับ แต่มีค่าต่ำกว่าค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานเพื่อการเจริญเติบโตของโคพันธุ์ Nellore ที่ได้จากรายงานของ Tedeschi et al. (2002) และโคพันธุ์บราห์มันที่ทำการเลี้ยงในสภาพของประเทศไทยที่รายงานโดย Chaokaur et al. (unpublished data) มีค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโตผันแปรอยู่ในช่วง 0.50 - 0.57 ด้านค่าประสิทธิภาพพลังงานเพื่อการเจริญเติบโตของโคยุโรป พบว่า ค่าที่ได้ครั้งนี้มีค่าสูงกว่าค่าประสิทธิภาพพลังงานเพื่อการเจริญเติบโตของโคลูกผสมพันธุ์แองกัส ที่มีค่าความผันแปรอยู่ในช่วง 0.42 - 0.43 (Garrette, 1979; Hutcheson et al., 1997) และโคพันธุ์เฮียฟอร์ด ที่มีค่าอยู่ในช่วง 0.32 - 0.40 (Ferrell and Jenkins, 1998a) ดังแสดงในตารางที่ 3 และ 4 ซึ่งความผันแปรของค่าประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์จากพลังงาน อาจมีสาเหตุหลายประการ ได้แก่ พันธุ์ การจัดการด้านอาหาร อุดมภูมิและสิ่งแวดล้อม ตลอดจนคุณภาพของพืชอาหารสัตว์ (ARC, 1980; McDonald et al., 2002; Jonhson et al., 2003; Pond et al., 2005)

ตารางที่ 4 ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโตของโคอินเดียและโคยุโรป

Reference	Breed	n	BW (kg)	Method ^{1/}	k _g
<i>Bos indicus</i>					
Liang and Young (1995)	Kedah Kelantan	16	335	IC; ER/MEI	0.30
Tedeschi et al. (2002)	Nellore	22	327	CS; ER/MEI	0.57
	Nellore	26	300	CS; ER/MEI	0.50
Ferrell and Jenkins (1998b)	Boran	15	277	CS; ER/MEI	0.32
	Brahman	15	313	CS; ER/MEI	0.52
	Tuli	16	287	CS; ER/MEI	0.42
Chaokaur et al. (unpublished data)	Brahman	25	354	IC; ER/MEI	0.54
This study	Beef cattle	44	317	MA	0.51
<i>Bos taurus</i>					
Hutcheson et al. (1997)	Angus crossbred	24	409	CS; ER/MEI	0.43
Solis et al. (1989)	Angus crossbred	37	351	CS; ER/MEI	0.46
	Simmental crossbred	34	306	CS; ER/MEI	0.45
Garrette (1979)	Hereford x Angus	86	234	CS; ER/MEI	0.42
	Hereford x Angus	NA	NA	CS; ER/MEI	0.37
Old and Garrette (1987)	Hereford	12	223	CS; ER/MEI	0.32
	Charolais	12	240	CS; ER/MEI	0.31
Ferrell and Jenkins (1998a)	Hereford crossbred	8	340	CS; ER/MEI	0.60
	Angus crossbred	16	340	CS; ER/MEI	0.38
	Belgian Blue crossbred	15	346	CS; ER/MEI	0.44
	Piedmontese crossbred	14	323	CS; ER/MEI	0.27
Ferrell and Jenkins (1998b)	Hereford	8	286	CS; ER/MEI	0.40
	Angus	8	346	CS; ER/MEI	0.32
Gerrits et al. (1996)	Holstein Fresian crossbred	36	120	CS; ER/MEI	0.67
	Holstein Fresian crossbred	36	200	CS; ER/MEI	0.58
ARC (1980)	Beef cattle	NA	465	NA	0.44
This study	Beef cattle	85	355	MA	0.45

^{1/} CS, comparative slaughter technique; IC, indirect respiratory calorimetry; ER, energy retention;

MEI, metabolizable energy intake; NA, not available; MA, meta-analysis

4.5 ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพ และเพื่อการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทยและโคพันธุ์บราห์มัน

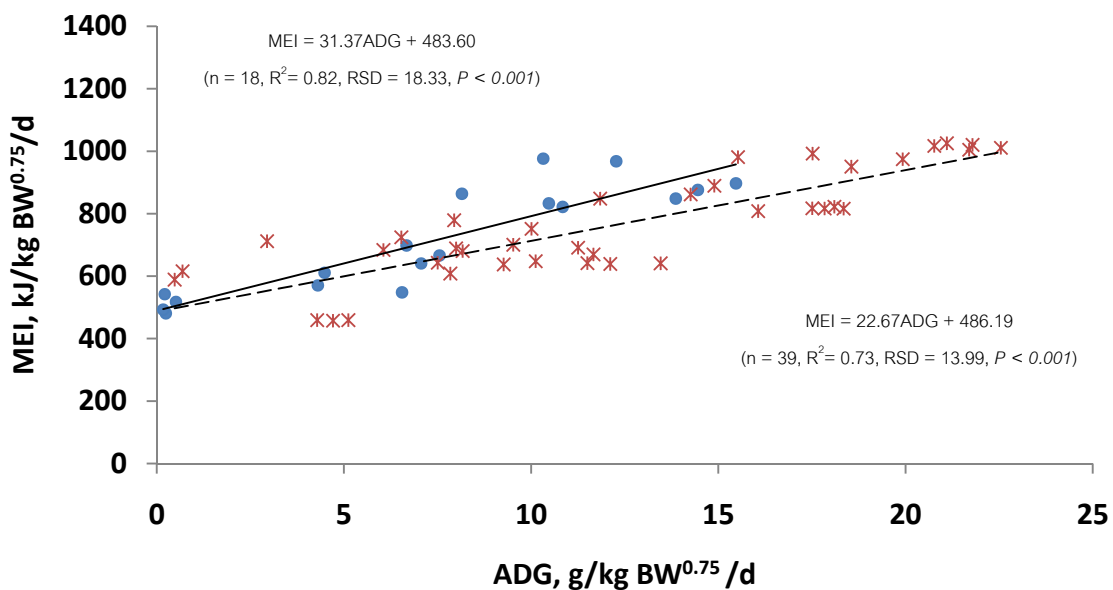
ค่าความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพ และเพื่อการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทยและโคพันธุ์บราห์มัน จากการประมวลผลด้วยวิธีวิเคราะห์ห่อหุ้ม ได้สมการระหว่าง ค่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG, g/kgBW^{0.75}/d) เป็นตัวแปรอิสระ (X) และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้เฉลี่ยต่อวัน (MEI, kJ/kgBW^{0.75}/d) เป็นตัวแปรตาม (Y) จากข้อมูลงานวิจัย จำนวน 6 เรื่อง (ศักดิ์ดา และคณะ, 2549; อานูภาพ และคณะ, 2549; อิทธิพล และสำราญ, 2549; สุทิส และคณะ, 2550; พีรพจน์ และคณะ, ยังไม่ตีพิมพ์; อนันท์ และคณะ, ยังไม่ตีพิมพ์) ได้สมการที่ 6 และ 7 ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งจุดตัดแกน Y ที่มีค่าอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับศูนย์ หมายถึง ค่าความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ ดังนี้

โคพื้นเมืองไทย;

$$MEI = 31.37ADG + 483.60 \quad (n = 18, R^2 = 0.82, RSD = 18.33, P < 0.001) \quad \text{--- (สมการที่ 6)}$$

โคพันธุ์บราห์มัน;

$$MEI = 22.67ADG + 486.19 \quad (n = 39, R^2 = 0.73, RSD = 13.99, P < 0.001) \quad \text{--- (สมการที่ 7)}$$



รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG, g/ kgBW^{0.75}/d) และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้ (MEI, kJ/ kgBW^{0.75}/d) ในโคพื้นเมืองไทย (•, เส้นทึบ) และโคพันธุ์บราห์มัน (*, เส้นประ)

จากสมการที่ 6 และ 7 พบว่า ค่าความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพของโคพื้นเมืองไทยและโคพันธุ์บราห์มัน มีค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเท่ากับ 484 และ 486 kJ/kgBW^{0.75}/d ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ นัทธมน และ กฤตพล (2550) ที่พบว่า ค่าความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพของโคพื้นเมืองไทยและโคพันธุ์บราห์มัน มีค่าแตกต่างกัน ประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Ferrell and Jenkins (1998b) ที่พบว่า ค่าความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพในโคพันธุ์บราห์มันที่เลี้ยงในประเทศสหรัฐอเมริกา มีค่าประมาณ 488 kJ/kgBW^{0.75}/d

ค่าความต้องการพลังงานเพื่อการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทย มีค่าสูงกว่าโคพันธุ์บราห์มัน ประมาณ 28 เปอร์เซ็นต์ โดยโคพื้นเมืองไทยและโคพันธุ์บราห์มัน มีความต้องการพลังงานเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว $100 \text{ g/kgBW}^{0.75}/\text{d}$ ประมาณ 3,620.60 และ 2,753.19 $\text{kJ/kgBW}^{0.75}/\text{d}$ ตามลำดับ เนื่องจาก การศึกษาวิจัยความต้องการพลังงานของโคในประเทศไทยมีอยู่อย่างจำกัด จึงควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องและแม่นยำยิ่งขึ้น

5. สรุป

จากการวิเคราะห์ห่อหุ้มครั้งนี้ สรุปได้ว่า โคอินเดีย มีค่าความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพต่ำกว่าโคยุโรป ประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ โคอินเดีย มีค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ ($k_m = 0.64$) สูงกว่าโคยุโรป ($k_m = 0.58$) ประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโตของโคอินเดีย ($k_g = 0.51$) สูงกว่าโคยุโรป ($k_g = 0.45$) ประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์

สำหรับภายในกลุ่มโคอินเดีย โคพื้นเมืองไทย มีค่าความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพใกล้เคียงกับโคพันธุ์บราห์มัน แต่มีความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต สูงกว่าโคพันธุ์บราห์มัน ประมาณ 28 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างของศักยภาพทางพันธุกรรม อย่างไรก็ตาม เนื่องจากข้อมูลที่มีอยู่มีจำนวนจำกัด จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติม

6. เอกสารอ้างอิง

- กฤตพล สมมาตย์. 2550. โภชนพลังงานศาสตร์ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 183 น.
- นัทธมน ตั้งจิตวัฒนาชัย และกฤตพล สมมาตย์. 2550. ความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพในโคเนื้อพื้นเมืองพื้นเมืองไทยและโคเนื้อพันธุ์บราห์มัน โดยประเมินจากฐานข้อมูลจากงานทดลองค่าความสมดุลพลังงาน. เกษตร. 35(3): 287-300.
- ศักดิ์ ประจักษ์บุญเจษฎา จุริรัตน์ เงินแดง และภิรมย์ บัวแก้ว. 2549. การใช้หญ้าชิกแนลเลื่อยและถั่วท่าพระสโตไล เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคเนื้อ. หน้า 153-167. ใน: รายงานการประชุมวิชาการเกษตรประจำปี 2549. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.
- สุทิสา แท้มจันทร์ วันวิศาข์ งามผ่องใส เสาวนิต คูประเสริฐ และสุรศักดิ์ คชภักดี. 2550. ปริมาณการกินได้ การใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ และการเจริญเติบโตของโคเนื้อพื้นเมืองภาคใต้เพศผู้ที่ได้รับหญ้าพลีแคทูลัมแห้งเสริมด้วยอาหารชั้นระดับต่าง ๆ. ว.สงขลานครินทร์. 29(2): 385-397.
- อนันท์ เชาว์เครือ พิมพ์พร พลเสน Takehiro Nishida และกฤตพล สมมาตย์. 2551. การประเมินค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อในเขตร้อน. หน้า 34- 37. ใน: รายงานการประชุมวิชาการเกษตรครั้งที่ 4 ประจำปี 2551. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.
- อานุภาพ เสี่ยงสาย ปรัชญา ปรัชญลักษณ์ วิโรจน์ วณาสติธิชัยวัฒน์ และสุนน โพธิ์จันทร์. 2549. น้ำหนักเริ่มขุนต่ออัตราการเจริญเติบโตและลักษณะซากของโคเนื้อพื้นเมืองเพศผู้ในสภาพการเลี้ยงแบบขังคอก. หน้า 221-235. ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2549. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

อิทธิพล เฝ้าไพศาล และสำราญ วิจิตรพันธ์. 2549. ผลของปริมาณโปรตีนและพลังงานที่กินต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองไทย. หน้า 108-124. ใน: รายงานการประชุมวิชาการเกษตรประจำปี 2549. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

Agricultural and Food Research Council. 1993. Energy and protein requirements of ruminants. Wallingford, London. UK.

Agricultural Research Council. 1980. The Nutrient Requirement of Ruminant Livestock. London. UK.

Blaxter, K.L. 1962. The Energy Metabolism of Ruminants. Hutchinson, London, UK.

Blaxter, K.L. 1989. Energy metabolism in animal and man. Cambridge University Press, UK.

Birkelo, C. P., D. E. Johnson, and H. P. Phetteplace. 1991. Maintenance requirements of beef cattle as affected by season on different planes of nutrition. J. Anim. Sci. 69: 1214-1222.

Chaokaur, A., T. Nishida, I. Phaophasan, P. Pholsen, R. Chaithiang, and K. Sommart. 2007. Energy metabolism and energy requirement for maintenance of Brahman steers in tropical condition. Proc. 2nd Inter. Symp. on Energy and Protein Metabolism and Nutrition, Vichy, France. 505-507.

DiCostanzo, A., J. C. Meiske, and S. D. Plegge. 1991. Characterization of energetically efficient and inefficient beef cow. J. Anim. Sci. 69: 1337-1348.

DiCostanzo, A., J. C. Meiske, S. D. Plegge, T. M. Peters, and R. D. Goodrich. 1990. Within-herd variation in energy utilization for maintenance and gain in beef cows. J. Anim. Sci. 68: 2156-2165.

Ferrell, C.L., and T. G. Jenkins. 1984. Energy utilization by mature, nonpregnant, nonlactating cows of different types. J. Anim. Sci. 58: 234-243.

Ferrell, C.L., and T. G. Jenkins. 1998a. 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.

Ferrell, C.L. and T. G. Jenkins. 1998b. Body composition and energy utilization by steer of diverse genotypes fed a high concentrate diet during the finishing period II. J. Anim. Sci. 76: 647-657.

Fox, D. G., R. R. Johnson, R. L. Preston, and T. R. Dockerty. 1972. Protein and energy utilization during compensatory growth in beef cattle. J. Anim. Sci. 34: 310 - 318.

Garrette, W. N. 1980. Factors influencing energetic efficiency of beef production. J. Anim. Sci. 51: 1434-1440.

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

Gerrits, Walter J. J., G. H. Tolman, J. W. Schrama, S. Tamminga, M. W. Bosch, and W. A. Verstegen. 1996. Effect of protein and protein-free energy intake on protein and fat deposition rates in preruminant calves of 80 to 240 kg live weight. J. Anim. Sci. 74: 2129-2139.

Hotovy, S., K., K. A. Johnson, D. E. Johnson, G. E. Carsten, and G. E. Seidel. 1991. Variation among twin beef cattle in maintenance and feed values for growing and finishing beef cattle. J. Anim. Sci. 69: 940-946.

- Hutcheson, J. P., D. E. Johnson, C. L. Gerken, J. B. Morgan, and J. D. Tatum. 1997. Anabolic implant effects on visceral organ mass, chemical body composition and estimated energetic efficiency in cloned beef steer. *J. Anim. Sci.* 75: 2620-2626.
- Johnson, D. E., C. L. Ferrell, and T. G. Jenkins. 2003. The history of energetic efficiency research : Where have we been and where are we going?. *J. Anim. Sci.* 81 (Suppl. 1): E27-E38.
- Kaewpila, C., O. Makoto [†] and K. Sommart. 2008. Prediction of the energy value of cattle diets based on nutritive value content of tropical feedstuffs. *Proc. 13th Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies*. Hanoi - Vietnam September 22-26, 2008. (in press).
- Kawashima, T., W. Sumamal, P. Pholsen, R. Chaithiang, W. Boonpakdee, and M. Kurihara. 2000a. Comparative study on energy and nitrogen metabolism between Brahman cattle and swamp buffalo fed with low quality diet. Final report of collaborative research project between Japan International Research Center for Agriculture Sciences. Japan and Department of Livestock Development, Thailand.
- Kawashima, T., W. Sumamal, P. Pholsen, R. Chaithiang, W. Boonpakdee, and F. Tereda. 2000b. Energy and nitrogen metabolism of Thai native cattle given Ruzi hay with different levels of soybean meal. Final report of collaborative research project between Japan International Research Center for Agriculture Sciences. Japan and Department of Livestock Development, Thailand.
- Kirkland, R.M., and F.J. Gordon. 1999. The metabolisable energy requirement for maintenance and the efficiency of use of metabolisable energy for lactation and tissue gain in dairy cows offered a straw/concentrate ration. *Livest. Prod. Sci.* 61: 23–31.
- Kurihara, M. 1996. Energy requirement and feed of dairy cows under high temperature conditions. *JARQ.* 30: 107-112.
- 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.
- Liang, J. B., and B. A. Young. 1995. Comparative energetic efficiencies of male Malaysian cattle and buffalo. *Livest. Prod. Sci.* 41: 19-27.
- Lofgreen, G.P., and W. N. Garrett. 1968. A system of expressing net energy requirement and feed values for growing and finishing beef cattle. *J. Anim. Sci.* 27: 793-805.
- McDonald, P., R. A. Edwards, J. F. D. Greenhalgh, and C. A. Morgan. 2002. *Animal Nutrition*. 6th Ed. Longman Scientific and Technical. New York.
- National Research Council. 2000. *Nutrient Requirement of Beef Cattle*. 7th Ed. National Academic Press. Washington, DC.
- National Research Council. 2001. *Nutrient Requirement of Dairy Cattle*. 7th Ed. National Academic Press, Washington DC.
- Nitipot, P., T. Nishida, I. Phaophaisal, and K. Sommart. 2008. Metabolizable energy requirement for maintenance of Thai native beef cattle fed Pangola grass hay based diets. *Proc. 13th Animal Science*

- Congress of the Asian - Australasian Association of Animal Production Societies. Hanoi - Vietnam September 22-26, 2008. (in press).
- Orskov, E. R. and M. Ryle 1990. Energy Nutrition in Ruminants. Elsevier Science Publishers Ltd. England.
- Odai, M., W. Sumamal, R. Narmsilee, P. Pholsen, T. Chuenpreecha, and S. Indramanee. 2005. Energy and nitrogen metabolism of Holstein crossbred dry cows fed Ruzi grass hay with different levels of soybean meal. In: M. Odai (ed.) Improvement of dairy cattle production with locally available feed resources in Northeast Thailand, JIRCAS and DLD, 1-7.
- Old, C. A., and W. N. Garrette. 1987. Efficiency of feed energy utilization for protein and fat gain in Hereford and Charolais steers. J. Anim. Sci. 60: 766-771.
- Paul, S. S., A. B. Mandal, G. P. Mandal, A. Kannan, and N. N. Pathak. 2003. Deriving nutrient requirements of growing Indian sheep under tropical condition using performance and intake data emanated from feeding trials conducted in different research institutes. Small Rum. Res. 50: 97-107.
- 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, New York. USA.
- Robelin, J. 1979. Evolution de la composition corporelle des jeunes bovins males entiers de la race Limousine entre 9 et 19 mois. 11. Composition chimique et valeur calorifique. Ann. Zootechnie 28: 191-198.
- Sainz, R. D., F. De la Torre, and J. W. Oltjen. 1995. Compensatory growth and carcass quality in growth-restricted and refed beef steers. 73: 2971-2979.
- SAS. 1999. SAS User's Guide: Statistics. 8.0. SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA.
- Shuey, S. A., C. P. Birkelo, and D. M. Marshall. 1993. The relationship of the maintenance energy requirement to heifer production efficiency. J. Anim. Sci. 71: 2253-2259.
- Solis, J. C., F. M. Byer, and L.W. Greene. 1988. Maintenance requirement and energetic efficiency of cow of different breed types. J. Anim. Sci. 66: 764-778.
- Solis, J. C., F. M. Byer, G. T. Schelling, and L.W. Greene. 1989. Anabolic implant and frame size effects on growth regulation, nutrient repartitioning and energetic efficiency of feedlot steers. J. Anim. Sci. 67: 2792-2801.
- St-Pierre, N. R. 2001. Integrating quantitative finding from multiple studies using mixed model methodology. J. Dairy Sci. 84: 741-755.
- Tedeschi, L. O., C. Boin, D. G. Fox, P. R. Leme, G. F. Alleoni, and D. P. D. Lanna. 2002. Energy requirement for maintenance and growth of Nellore bulls and steers fed high-forage diets. J. Anim. Sci. 80: 1671-1682.

บทที่ 4 โปรตีน (Protein)

1. บทนำและความสำคัญของโปรตีน

โปรตีน เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ มีโครงสร้างซับซ้อน ประกอบด้วยกรดอะมิโนเรียงตัวต่อกันเป็นสายด้วยพันธะเพปไทด์ (peptide bond) (McDonald et al., 2002)

ร่างกายของสัตว์มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ ประมาณ 12-16 เปอร์เซ็นต์ พบในทุกส่วนของร่างกาย ยกเว้นปัสสาวะและน้ำดี หนึ่งในสามของโปรตีนในร่างกายพบในกล้ามเนื้อ โปรตีนมีความสำคัญและหน้าที่ดังนี้

1. เป็นโครงสร้างของร่างกาย ช่วยบำรุงรักษาและซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่สึกหรอ
2. ใช้ในการสังเคราะห์สารอินทรีย์ที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น เอ็นไซม์ ฮอร์โมน และสารภูมิคุ้มกัน
3. ช่วยในการควบคุมสภาพหรือสภาวะของร่างกายให้เป็นไปตามปกติ
4. ใช้เป็นแหล่งพลังงานได้ (โปรตีน 1 กรัม จะให้พลังงานประมาณ 16.736 กิโลจูล หรือ 4.0 แคลอรี)

2. แหล่งของโปรตีน

1. แหล่งโปรตีนจากพืช (plant protein) ส่วนใหญ่ได้จากเมล็ดถั่ว และเมล็ดพืชน้ำมัน หรือผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชเหล่านี้ เช่น กากถั่วเหลือง กากถั่วลิสง กากเมล็ดฝ้าย กากมะพร้าว กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม กากยางพารา กากงา กากทานตะวัน กากนุ่น กากเบียร์ กากเรปซีด (rapeseed meal หรือ canola seed meal) กากลินซีด (linseed meal หรือ flax seed meal) นอกจากนี้ อาจได้จากใบพืชที่มีโปรตีนสูง เช่น ใบกระถิน ใบมันสำปะหลัง เป็นต้น

2. แหล่งโปรตีนจากสัตว์ (animal protein) ส่วนใหญ่จะได้จากสัตว์ หรือผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง เช่น ปลาป่น เนื้อป่น เลือดป่น ขนป่น หางนม และหางเนย เป็นต้น

3. แหล่งโปรตีนเซลล์เดียว (single cell protein) ซึ่งได้จากการเพาะเลี้ยง หรือการหมักจุลินทรีย์เพื่อให้ได้โปรตีนจากยีสต์ รา แบคทีเรีย และสาหร่าย

4. แหล่งไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non protein nitrogen, NPN) เช่น ยูเรีย ยูริค แอมโมเนีย เกลือแอมโมเนีย ไบยูเรท (biuret) และโพลียูเรียฟอรัมาลดีไฮด์ (poly urea formaldehyde) ในการเลือกใช้แหล่งไนโตรเจนเหล่านี้จะต้องพิจารณาถึงราคา ความสะดวกในการใช้ ความน่ากินของอาหารที่ผสมแล้ว และความเป็นพิษของสารนั้น

3. การประเมินคุณค่าทางโภชนาของโปรตีนในโคเนื้อ

การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในอาหารสัตว์ นิยมทำการวิเคราะห์โดยวิธีประมาณ (proximate analysis) เพื่อหาธาตุไนโตรเจนทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหารนั้น คูณด้วยปริมาณของไนโตรเจนที่หาได้ด้วยค่า 6.25 (เนื่องจากโปรตีนมีธาตุไนโตรเจนเฉลี่ย ประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก เพราะฉะนั้น ธาตุไนโตรเจน 1 หน่วย จะมีค่าเทียบเท่ากับโปรตีน 6.25 หน่วย, 100หารด้วย 16) โปรตีนที่วิเคราะห์ได้โดยวิธีนี้เรียกว่า “โปรตีนรวมหรือโปรตีนหยาบ (crude protein, CP)” [crude protein = nitrogen x 6.25] ค่าโปรตีนที่ได้ ประกอบด้วย โปรตีนแท้ (true protein) และสารที่ไม่ใช่โปรตีน แต่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์โดยวิธีนี้ยังเป็นที่นิยมใช้กันอยู่จนถึงปัจจุบัน เนื่องจากทำได้ง่าย สะดวก และต้นทุนต่ำ

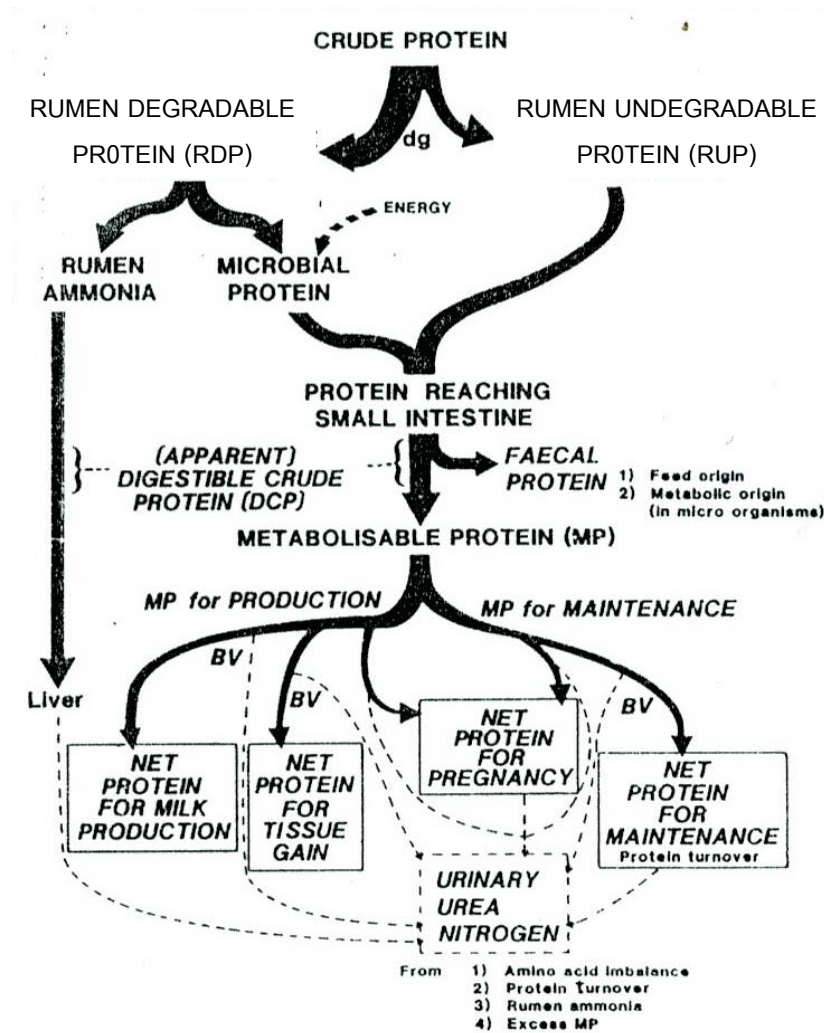
ตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1988 หรือ พ.ศ. 2531 เป็นต้นมา NRC (1989) ได้ให้ความสำคัญ และคำนึงถึงการสลายตัวที่แตกต่างกันของโปรตีนในกระเพาะหมัก ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของโปรตีนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยโปรตีนจากแหล่งวัตถุดิบอาหารต่างชนิดกัน จะถูกย่อยสลายได้แตกต่างกัน ค่าการย่อยสลายได้ของโปรตีนในกระเพาะหมักสามารถประเมินได้ โดยวิธี Protein solubility test เช่น การประเมินโดยการวัดการละลายได้ในสารละลายบัฟเฟอร์ การละลายได้ในเอ็นไซม์ และการย่อยสลายโดยวิธีถุงไนลอน (nylon bag, in sacco หรือ in situ) จึงจัดแบ่งโปรตีน ออกเป็น 2 ส่วน ตามความสามารถในการย่อยสลายได้ คือ โปรตีนที่ถูกย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (rumen-degradable protein, RDP) และ โปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมัก (rumen-undegradable protein, RUP) ดังแสดงในรูปที่ 4 นอกจากนี้ ยังมีการประเมินคุณค่าของโปรตีนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง ด้วยวิธีการอื่นหลายวิธีซึ่งไม่ขอกล่าวในที่นี้ ผู้ต้องการศึกษารายละเอียดเพิ่มเติม สามารถค้นคว้าได้ใน NRC (2000), McDonald et al. (2002) และ Pond et al. (2005)

4. การย่อยและการดูดซึมโปรตีนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

โปรตีนจากอาหาร ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ (แบคทีเรีย โปรโตซัว และรา) ในกระเพาะหมัก ให้เป็นเปปไทด์ กรดแอมิโน และแอมโมเนีย หลังจากนั้น จุลินทรีย์จะนำไปสังเคราะห์เป็น “โปรตีนของจุลินทรีย์ (microbial protein)” โดยประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ของโปรตีนของจุลินทรีย์ที่สังเคราะห์ได้ มาจากการใช้แอมโมเนีย ส่วนอีก 20 เปอร์เซ็นต์ ได้มาจากกรดแอมิโน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ แหล่งของโปรตีน แหล่งของพลังงาน และแร่ธาตุ (Nolan, 1993)

กรดแอมิโนสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง ได้มาจากการย่อยสลายอาหารโปรตีนและย่อยสลายโปรตีนของตัวจุลินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในกระเพาะหมัก สามารถสังเคราะห์กรดแอมิโนได้ ทั้งชนิดที่จำเป็น (essential amino acid) ซึ่งหมายถึง กรดแอมิโนที่จำเป็นต้องมีในอาหาร เพราะร่างกายสัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์จากสารอื่นได้ หรือสังเคราะห์ได้ แต่ไม่พอเพียงกับความต้องการของร่างกาย และกรดแอมิโนชนิดที่ไม่จำเป็น (non - essential amino acid) ซึ่งหมายถึง กรดแอมิโนที่ไม่จำเป็นต้องมีในอาหาร เพราะร่างกายสามารถสังเคราะห์จากสารอื่นได้ ในปริมาณที่พอเพียงกับความต้องการของร่างกาย เป็นที่ทราบกันดีว่า โปรตีนจากจุลินทรีย์เป็นโปรตีนที่มีคุณภาพ กล่าวคือ มีคุณค่าทางชีววิทยา (biological value, BV) สูง ประมาณ 66-87 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกับโปรตีนจากสัตว์ และดีกว่าโปรตีนจากพืช จึงอาจกล่าวได้ว่า ความต้องการโปรตีนของสัตว์เคี้ยวเอื้องเพื่อการดำรงชีพ หรือการให้ผลผลิตระดับต่ำ ไม่จำเป็นต้องเสริมกรดแอมิโนชนิดที่จำเป็น

แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพในการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การประสานเวลาระหว่างอัตราการย่อยสลายอาหารพลังงาน และการปลดปล่อยไนโตรเจน (synchronization the rate of degradation of dietary energy and nitrogen release) เป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยควบคุมการย่อยสลายสารอาหาร ที่ให้พลังงานกับโปรตีน ให้เกิดขึ้นด้วยอัตราและปริมาณที่สมดุลในเวลาอันเหมาะสม ทำให้ไนโตรเจนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักถูกนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นผลให้ความต้องการโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมักลดลง การขับไนโตรเจนทางปัสสาวะลดลง (Sinclair et al., 1993) รวมทั้ง ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะหมัก และความเข้มข้นแอมโมเนียในกระเพาะหมัก มีความผันแปรต่ำ (Chumpawadee et al., 2006) ส่งผลให้ประสิทธิภาพการนำแอมโมเนียไปใช้ประโยชน์เพื่อการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ได้สูงขึ้น (Kolver et al., 1998; Shabi et al., 1998; Sinclair et al., 1993)



รูปที่ 4 การใช้ประโยชน์และความต้องการโปรตีนในสัตว์เคี้ยวเอื้องในการให้ผลผลิต

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Holmes and Wilson (1987)

5. การใช้สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน

แหล่งของไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน ที่นิยมใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง คือ ยูเรีย ส่วนใหญ่ใช้ในรูปของปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) มีไนโตรเจน 46 เปอร์เซ็นต์ เทียบเท่ากับ โปรตีน 287 เปอร์เซ็นต์ (46×6.25) จุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก ย่อยสลายยูเรียด้วยเอนไซม์ยูรีเอส (urease) และนำเอาแอมโมเนียที่สลายได้ไปใช้ในการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ โดยปกติยูเรียจะถูกใช้ได้ดีหากมีอัตราการสลายตัวอย่างช้า ๆ และมีแหล่งอาหารคาร์โบไฮเดรตที่สลายได้ง่ายสูง (readily fermentable carbohydrate, RFC) เช่น อาหารจำพวกธัญพืช มันเส้น และกากน้ำตาล เป็นต้น

ถึงแม้ยูเรียจะสามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนในสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ แต่มีข้อควรระวังในการใช้เนื่องจาก อาจเกิดการเป็นพิษของยูเรีย (urea toxicity) ได้ โดยทั่วไปแล้ว มีคำแนะนำปริมาณการใช้ยูเรียในอาหาร ดังนี้

1. ไม่ควรใช้ยูเรียเกิน 1 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณวัตถุดิบที่กินได้
2. ไม่ควรใช้ยูเรียเกิน 3 เปอร์เซ็นต์ ของอาหารชั้นที่เลี้ยงสัตว์
3. ไม่ควรใช้ยูเรีย เมื่อคิดเป็นไนโตรเจนเกิน 1 ใน 3 ส่วน ของปริมาณไนโตรเจนในอาหารทั้งหมด

6. หลักการประเมินความต้องการโปรตีนในโคเนื้อ

ความต้องการโปรตีน สามารถจำแนกออกเป็นสองส่วน ได้แก่ 1. ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ (protein requirements for maintenance) และ 2. ความต้องการโปรตีนเพื่อผลผลิต (protein requirements for production) การประเมินหาความต้องการโปรตีน สามารถทำได้ด้วยวิธีต่อไปนี้ (McDonald et al., 2002; Pond et al., 2005)

1. ประเมินได้จาก endogenous nitrogen losses โดยวิธีแฟคทอเรียล (factorial method) ตามวิธีการ ที่เสนอโดย Mitchell ในปี ค.ศ. 1926 เพื่อคำนวณค่าความต้องการโปรตีน อธิบายโดย Swanson (1977) และ NRC (1984)
2. ประเมินได้จาก วิธีการวัดสมดุลไนโตรเจน (nitrogen balance) ด้วยการให้อาหารที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน โดย ณ ที่ระดับโปรตีนต่ำสุด ที่ทำให้สมดุลไนโตรเจนเท่ากับศูนย์ (ไม่มีการเก็บกักหรือสูญเสียไนโตรเจน) ถือว่าเป็น ระดับความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ (ARC, 1980; Silva et al., 2003)
3. ประเมินได้จาก วิธีการชำแหละซาก (comparative slaughter technique) จากการให้อาหารที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบการสะสมโปรตีนในซาก และวัดการกักเก็บไนโตรเจน (โปรตีน) ในซากต่อปริมาณโปรตีนที่ได้รับ (Lofgreen, 1965; Chizzotti et al., 2007)
4. ประเมินได้จาก การทดสอบการกินอาหาร โดยวิธีวัดค่าเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว (long-term feeding trials) เป็นวิธีที่วัดค่าการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวต่อหนึ่งหน่วยของโปรตีนที่สัตว์กินได้ (Taylor et al., 1981; Luo et al., 2004)

7. ผลกระทบของการได้รับโปรตีนไม่เพียงพอหรือมากเกินไปเกินความต้องการ

การขาดโปรตีน มีผลทำให้ระดับโปรตีนในเลือดต่ำ ส่งผลให้ภูมิคุ้มกันโรคลดลง และสัตว์ป่วยง่าย บาดแผลหายช้า รวมถึงขน ผิวหนัง กีบเท้าจะหยาบกร้าน แคระแกร็น และอัตราการเจริญเติบโตต่ำ (NRC, 2000) การขาดโปรตีน มีผลทำให้ประสิทธิภาพการย่อยของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักลดลง ซึ่งส่งผลกระทบทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของพลังงานลดต่ำลงด้วย (ARC, 1984) นอกจากนี้ การขาดโปรตีนในโคที่กำลังตั้งท้องจะมีผลทำให้ลูกโคในท้องชะงักการเจริญเติบโต ส่งผลให้ลูกโคที่คลอดตัวเล็ก และอ่อนแอ ถ้าอาการขาดรุนแรงลูกโคแรกเกิดอาจตาย หรือแท้งก่อนกำหนด ลูกโคมีอัตราการตายสูง อัตราการเจริญเติบโตของลูกโคลดลง สำหรับโคระยะให้นมมีผลทำให้น้ำนมลดลง เปอร์เซ็นต์ของแข็งในน้ำนม (total solid) โดยเฉพาะโปรตีนลดลง แต่ถ้าโคขาดโปรตีนรุนแรงในช่วงแรกของการให้น้ำนม โคจะซบเซา ไม่สามารถเพิ่มน้ำหนักตัวได้ (NRC, 2000) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการสืบพันธุ์

การได้รับโปรตีนมากเกินไปเกินความต้องการ จะไม่มีผลกระทบกับโคเนื้อ ยกเว้นถ้าได้รับสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนมากเกินไป อาจเกิดเป็นพิษได้ แต่การให้อาหารโปรตีนมากเกินไปเกินความต้องการของสัตว์ จะมีผลเสียหายทางเศรษฐกิจ ทำให้สิ้นเปลืองเงินต้นทุนค่าอาหาร และในการกำจัดไนโตรเจนออกจากร่างกาย สัตว์จำเป็นต้องใช้พลังงานเพื่อกำจัดไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนีย และขับออกในรูปยูเรียทางปัสสาวะ ทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่ำลง นอกจากนี้ ยังทำให้เกิดปัญหามลภาวะเป็นพิษ อันเนื่องมาจากระดับไนโตรเจนที่เกินพอถูกขับออกมาทางมูลสัตว์สิ่งแวดล้อม (NRC, 2000)

8. ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการเจริญเติบโตของโคเนื้อ

ความต้องการโปรตีนของสัตว์ มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องมากมาย ได้แก่ ขนาดร่างกาย ชนิดพันธุ์ (ARC, 1980; NRC, 2000) และสิ่งแวดล้อมที่โคอาศัยอยู่ รวมถึงคุณภาพของอาหาร (Orskov, 1992) ด้วย ดังนั้น ด้วยความแตกต่างของทั้งชนิดพันธุ์สัตว์ และอาหารที่ใช้เลี้ยงของโคเนื้อ ในสภาพอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย กับโคยุโรปที่เลี้ยงในเขตอบอุ่น

ของประเทศในยุโรปและอเมริกา จึงอาจมีค่าความต้องการโปรตีนแตกต่างกันได้ จึงเป็นที่มาของการตรวจสอบการวิจัยด้านโปรตีนในโคเนื้อของประเทศไทย เพื่อประเมินหาค่าความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ และเพื่อการเจริญเติบโตในโคเนื้อที่เลี้ยงของประเทศไทย ดังแสดงในรายละเอียดต่อไป

ค่าความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทย พันธุ์บราห์มัน และโคลูกผสม ได้จากการประมวลผลข้อมูล และการวิเคราะห์หาค่าตามวิธีการของ St-Pierre (2001) โดยการสร้างสมการเชิงเส้นตรงระหว่าง ค่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG, g/kgBW^{0.75}/d) เป็นตัวแปรอิสระ (X) และค่าโปรตีนหยาบที่กินได้เฉลี่ยต่อวัน (CPI, gCP/kgBW^{0.75}/d) เป็นตัวแปรตาม (Y) ค่าความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ และเพื่อการเจริญเติบโต ประเมินจาก ข้อมูลที่ได้จากผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับค่าความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ และเพื่อการเจริญเติบโตของโคในประเทศไทย จำนวน 14 เรื่อง (เกษม, 2530; สุจิตรา, 2530; ปรัชญา, 2531; วรพงษ์ และ บุญฤา, 2533; ชุมพล, 2534; วิเชียร, 2535; บัญชา, 2538; กานดา และคณะ, 2539; เวชสิทธิ์, 2538; วัชรินทร์ และคณะ, 2540; คณิน, 2546; วีระพล และคณะ, 2548; เมธี และคณะ, 2550; และ อนันท์ และคณะ, ยังไม่ตีพิมพ์) (แสดงรายละเอียดในตารางภาคผนวกที่ 4.1) จากการประมวลผล ได้สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าโปรตีนหยาบที่กินได้ และอัตราการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทย (สมการที่ 8) โคพันธุ์บราห์มัน (สมการที่ 9) และโคลูกผสม (สมการที่ 10) และแสดงในรูปที่ 4, 5 และ 6 ตามลำดับ (แสดงรายละเอียดในตารางภาคผนวกที่ 4.2)

โคพื้นเมืองไทย;

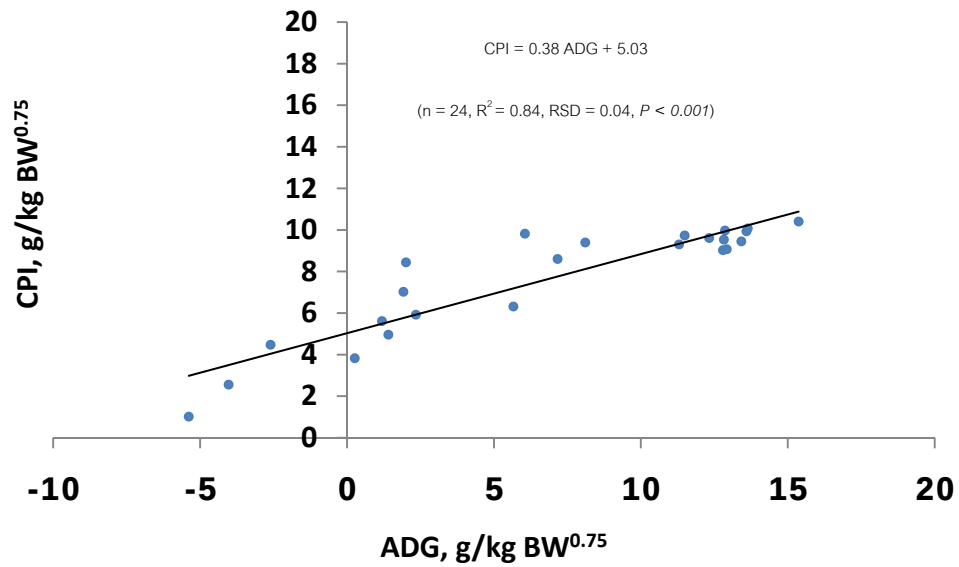
$$CPI = 0.38 ADG + 5.03 \quad (n = 24, R^2 = 0.84, RSD = 0.04, P < 0.001) \text{ ---- (สมการที่ 8)}$$

โคพันธุ์บราห์มัน;

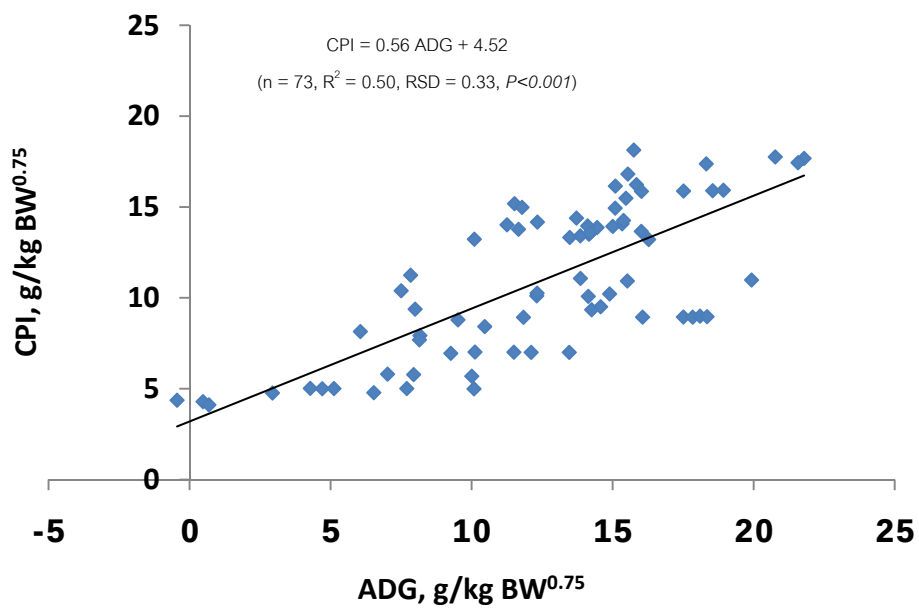
$$CPI = 0.56 ADG + 4.52 \quad (n = 73, R^2 = 0.50, RSD = 0.33, P < 0.001) \text{ ---- (สมการที่ 9)}$$

โคลูกผสม;

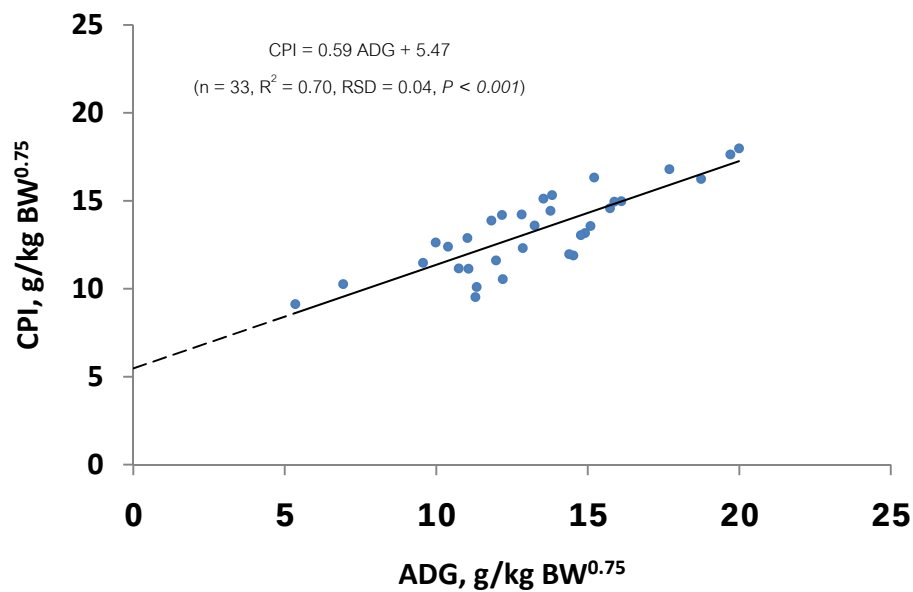
$$CPI = 0.59 ADG + 5.47 \quad (n = 33, R^2 = 0.70, RSD = 0.04, P < 0.001) \text{ --- (สมการที่ 10)}$$



รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG, g/ kgBW^{0.75}/d) กับค่าโปรตีนหยাবที่กินได้ (CPI, g/ kgBW^{0.75}/d) ในโคพื้นเมืองไทย



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG, g/ kgBW^{0.75}/d) กับค่าโปรตีนหยাবที่กินได้ (CPI, g/ kgBW^{0.75}/d) ในโคพันธุ์บราห์มัน



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG, g/ kgBW^{0.75}/d) กับค่าโปรตีนหยาดที่กินได้ (CPI, g/ kgBW^{0.75}/d) โคลูกผสม

จากการประมวลผลข้อมูล พบว่า โคเนื้อพื้นเมืองไทย โคพันธุ์บราห์มัน และโคลูกผสม มีค่าความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ เท่ากับ 5.03, 4.52 และ 5.47 gCP/kgBW^{0.75}/d ตามลำดับ และมีค่าความต้องการโปรตีนเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 100 g/kgBW^{0.75}/d เท่ากับ 43.03, 60.52 และ 64.47 gCP/kgBW^{0.75}/d ตามลำดับ จากค่าที่ได้นี้ สามารถคำนวณค่าความต้องการโปรตีนในรูปของไนโตรเจนได้ โดยการหารด้วยค่าคงที่ 6.25

จากการเปรียบเทียบระหว่าง โคเนื้อพื้นเมืองไทยกับโคลูกผสม พบว่า ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ สำหรับโคลูกผสมที่เลี้ยงในประเทศที่กำลังพัฒนาใกล้เคียงกับที่ Kearl (1982) แนะนำ และที่ NRC (1976) แนะนำ สำหรับโคเนื้อยุโรปที่เลี้ยงในแถบอเมริกา (5.35 และ 5.55 gCP/kgBW^{0.75}/d ตามลำดับ) ในขณะที่ ความต้องการโปรตีนของโคเนื้อพันธุ์บราห์มัน มีค่าที่ใกล้เคียงกับที่ ARC (1980) แนะนำ สำหรับโคเนื้อที่เลี้ยงในแถบยุโรป (4.42 gCP/kgBW^{0.75}/d)

9. สรุป

การวิเคราะห์ห่อหุ้ม โดยใช้ฐานข้อมูลจากงานวิจัย ซึ่งทดสอบการกินอาหารด้วยการวัดค่าเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของโคเนื้อที่เลี้ยงในสภาพอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย ชี้ให้เห็นได้ว่า โคเนื้อพันธุ์บราห์มัน มีค่าความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพต่ำกว่าโคพื้นเมืองไทย และโคลูกผสม ในขณะที่ ความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตของโคพันธุ์บราห์มัน และโคพื้นเมืองลูกผสมมีค่าสูงกว่าโคพื้นเมืองไทย

การศึกษาวิจัยค่าความต้องการโปรตีนของโคเนื้อในประเทศไทยยังมีอยู่อย่างจำกัด จึงควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องและแม่นยำยิ่งขึ้น

10. เอกสารอ้างอิง

- กานดา นาคมณี วีระพล พูนพิพัฒน์ และ อารังศักดิ์ พลบำรุง. 2539. การใช้ถั่วไมยราเลียงโคเนื้อ. หน้า 315-328. ใน: รายงานการประชุมวิชาการปศุสัตว์ ครั้งที่ 15 ประจำปี 2539. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- เกษม ทั้งทอง. 2530. ผลของการใช้รำอ่อนร่วมกับใบผักตบชวาเลียงโคเนื้อพื้นเมืองหลังหย่านม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 48 น.
- คณิน บรรณกิจ. 2546. ผลของโปรตีนจากถั่วเหลืองที่ผ่านการป้องกันการย่อยสลายในกระเพาะหมัก ต่อองค์ประกอบทางเคมีของอาหารชั้น, ปริมาณการกินได้, ความสามารถในการย่อยได้, ค่าทางชีวเคมีในเลือด, กระบวนการหมักในกระเพาะหมัก และอัตราการเจริญเติบโตในโคเนื้อพื้นเมือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 91 น.
- ชุมพล ทรงวิชา. 2534. ผลของความถี่ของการให้อาหารต่อประสิทธิภาพการใช้อาหารและการเจริญเติบโตในโคเนื้อพันธุ์พื้นเมือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 66 น.
- บัญชา สัจจาพันธ์. 2538. การศึกษาการใช้ยูเรียทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในอาหารชั้นสูตรมันสำปะหลังสำหรับโคลูกผสมพันธุ์ชาโรเลส์-บราห์มัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 89 น.
- เมธี สุกุลธนากร สมิต ยัมมงคล สมเกียรติ ประสานพานิช และ เลอชาติ บุญเอก. 2550. การใช้ถั่วเหลืองเพื่อทดแทนมันเส้นในอาหารสำหรับโคขุน. หน้า 221-235. ใน: รายงานการประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ครั้งที่ 3 ประจำปี 2550. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.
- ปรัชญา สรรพานิช. 2531. การเสริมไขมันสำปะหลังแห้งในสูตรอาหารที่ใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหลักเพื่อใช้เลี้ยงโคเนื้อพื้นเมือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 107 น.
- วรพงษ์ สุริยจันทร์ทอง และ บุญฤา วิไลพล. 2533. การเสริมถั่วอาหารสัตว์ในโคเนื้อพื้นเมือง. เกษตร. 18 (3) : 142-151.
- วิเชียร มหาวิจิตร. 2535. การเพิ่มโปรตีนของมันสำปะหลังเส้นบดโดยกากผงชูรสเพื่อใช้เป็นอาหารโค. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- วีระพล พูนพิพัฒน์ รัชดาวรรณ พูนพิพัฒน์ และ เสน่ห์ กุลนะ. 2548. การใช้หญ้าแพงโกล่าแห้งร่วมกับอาหารชั้นในระดับต่าง ๆ ในการเลี้ยงโคเนื้อ. หน้า 117-131. ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2548. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- เวชสิทธิ์ โทบุราณ. 2538. การเสริมอาหารอัดเม็ดคุณภาพสูง (HQFP) ในโคลูกผสมพื้นเมือง-บราห์มัน : ผลของระดับโปรตีนในอาหารอัดเม็ดคุณภาพสูงต่ออัตราการเพิ่มน้ำหนัก. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 17 น.
- วัชรินทร์ บุญภักดี บัญชา สัจจาพันธ์ และ วิทยา สุมาลย์. 2540. ผลการใช้ยูเรียในอาหารชั้นสูตรมันสำปะหลังขุนโคลูกผสมพันธุ์ชาโรเลส์-บราห์มัน. หน้า 14-28. ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2540. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- สุจิตรา สราวิช. 2530. ผลของการเสริมใบกระถินแห้งระดับต่าง ๆ ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของโคเนื้อพื้นเมืองที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหารหลัก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 76 น.

- Agricultural Research Council. 1980. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. (Supplement) Commonwealth Agricultural Bureaux. The Gresham Press, Surrey.
- Chizzotti, M. L., S. C. Valadares Filho, L. O. Tedeschi, F. H. M. Chizzotti and G. E. Carstens. 2007. Energy and protein requirements for growth and maintenance of F1 Nellore x Red Angus bulls, steers, and heifers. J. Anim. Sci. 85: 1971-1981.
- Chumpawadee, S., K. Sommart, T. Vongpralub, and V. Pattarajinda. 2006. Effects of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen release on ruminal fermentation, microbial protein synthesis, blood urea nitrogen and nutrient digestibility in beef cattle. Asian-Austr. J. Anim. Sci. 19 (2): 181-188.
- Holmes, C. W. and G. F. Wilson. 1987. Milk production from pasture. Butterworths.
- Kearl, L. C. 1982. Nutrient Requirements of Ruminants in Developing Countries. International Feedstuffs Institute, Utah Agricultural experiment station Utah State University Logan, Utah USA. 149 pp.
- Kolver, E., L. D. Muller, G. A. Varga, and T. J. Cassidy. 1998. Synchronization of ruminal degradation of supplemental carbohydrate with pasture nitrogen in lactation dairy cows. J. Dairy Sci. 81: 2017-2028.
- Lofgreen, G. P. 1965. A comparative slaughter technique for determining net energy values with beef cattle. Energy Metab. Proc. Symp. 11: 309-317.
- Luo, J., A. L. Goestch, I. V. Nsahla, T. Sahlu, C. L. Ferrell, F. N. Owens, M. L. Galyean, J. E. Moore and Z. B. Johnson. 2004. Prediction of metabolizable energy. Small Rum. Res. 53: 339-356.
- McDonald, P., R.A. Edwards, J.F.D. Greenhalgh and C.A. Morgan. 2002. Animal Nutrition. 6th ed. Longman Scientific and Technical. New York, 693 p.
- National Research Council. 1976. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 5th ed. National Academy Press, Washington, DC.
- National Research Council. 1984. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 6th ed. National Academy Press, Washington, DC.
- National Research Council. 1989. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6th ed. Update. National Academy Press, Washington, DC.
- National Research Council. 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th ed. National Academy Press, Washington DC.
- Nolan, J. V. 1993. Nitrogen kinetics. In: Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism. (Eds, Forbes, J.M. and France. CAB International Wallingford, UK.
- Orskov, E. R. 1992. Host Animal Protein Requirement and Protein Utilization. Protein Nutrition in Ruminants. 2nd ed. Academic Press, London.
- Pond, W. G., D. C. Church, K. R. Pond and P. A. Schoknecht. 2005. Basic Animal and Feeding. 5th ed. John Wiley and Sons Inc., New York, 580 p.
- Shabi, Z., A. Arieli, L. Bruckental, Y. Aharoni, S. Zamwel, A. Bor, and H. Tagari. 1998. Effect of the synchronization of the degradation of dietary crude protein and organic matter and feeding frequency on ruminal fermentation and flow of digesta in the abomasum of dietary cows. J. Dairy Sci. 81: 1991-2000.

- Silva, A. M. A., A. G. da Silva Sobrinho, I. A. C. M. Trindade, K. T. Resende and O. A. Bakke. 2003. Net requirements of protein and energy for maintenance of wool and hair lambs in a tropical region. *Small Rum. Res.* 49: 165-171.
- Sinclair, L. A., P. C. Garnsworthy, J. R. Newbold, and P. J. Buttery. 1993. Effect of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen release on rumen fermentation and microbial protein synthesis in sheep. *J. Agric. Sci. (Camb)*.120: 251-263.
- St-Pierre, N. R. 2001. Integrating quantitative finding from multiple studies using mixed model methodology. *J. Dairy Sci.* 84: 741-755.
- Swanson, E. W. 1977. Factors for computing requirements of protein for maintenance of cattle. *J. Dairy Sci.* 60: 1583-1593.
- Taylor, St. C. S., H. G. Tumer and G. B. Young. 1981. Genetic control of equilibrium maintenance efficiency in cattle. *Anim. Prod.* 33: 179-194.

บทที่ 5 แร่ธาตุ (Minerals)

1. บทนำ

แร่ธาตุ เป็นสารอาหารที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตเช่นเดียวกับโภชนาอื่น ๆ แร่ธาตุแบ่งตามความต้องการของสัตว์ และปริมาณที่มีอยู่ในร่างกายสัตว์ ได้แก่ แร่ธาตุหลัก และแร่ธาตุรอง บทนี้ได้กล่าวถึงความสำคัญ หน้าที่และความต้องการแร่ธาตุแต่ละชนิดของโคเนื้อ

2. ประเภทของแร่ธาตุ (แบ่งตามความต้องการของสัตว์)

1.แร่ธาตุหลัก (macro minerals) เป็นแร่ธาตุที่สัตว์ต้องการในปริมาณมาก และมีในร่างกายสัตว์ในปริมาณมาก ได้แก่ แคลเซียม (Calcium, Ca) ฟอสฟอรัส (Phosphorus, P) แมกนีเซียม (Magnesium, Mg) โพแทสเซียม (Potassium, K) โซเดียม (Sodium, Na) คลอรีน (Chlorine, Cl) และกำมะถัน (Sulphur, S)

2.แร่ธาตุรอง (micro minerals) เป็นแร่ธาตุที่สัตว์ต้องการในปริมาณน้อย และพบในเนื้อเยื่อของสัตว์ ในปริมาณน้อยกว่าแร่ธาตุหลัก แร่ธาตุกลุ่มนี้ได้แก่ แมงกานีส (Manganese, Mn) ไอโอดีน (Iodine, I) เหล็ก (Iron, Fe) ทองแดง (Copper, Cu) สังกะสี (Zinc, Zn) โคบอลต์ (Cobalt, Co) โมลิบดีนัม (Molybdenum, Mo) ซีลีเนียม (Selenium, Se) และโครเมียม (Chromium, Cr)

3. หน้าที่และความสำคัญของแร่ธาตุ

แร่ธาตุแต่ละชนิดในร่างกาย มีหน้าที่จำเพาะ และยังต้องทำงานร่วมกับแร่ธาตุชนิดอื่น เพื่อทำให้ระบบต่าง ๆ ในร่างกายทำงานได้อย่างปกติ ซึ่งหน้าที่ทั่วไปของแร่ธาตุ สามารถจำแนกได้ดังนี้

1. เป็นส่วนประกอบของโครงสร้าง เนื้อเยื่อ และอวัยวะของร่างกาย ได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม ซึ่งเป็นส่วนประกอบของกระดูกและฟัน นอกจากนี้ ฟอสฟอรัสและซิลิคอนยังเป็นส่วนประกอบของโปรตีนในกล้ามเนื้อด้วย
2. เป็นส่วนประกอบของของเหลวที่อยู่ในเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของร่างกาย โดยทำหน้าที่รักษาสสมดุลกรด-ด่าง การรักษาความดันออสโมซิส เพื่อควบคุมสมดุลของน้ำ และความสามารถในการซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ ได้แก่ โซเดียม โพแทสเซียม คลอรีน แร่ธาตุเหล่านี้ จะอยู่ในกระแสเลือด ของเหลวในสมอง ในกระดูกสันหลัง ในน้ำย่อยของระบบทางเดินอาหาร
3. ควบคุมการตื่นตัวของประสาท และกล้ามเนื้อ ได้แก่ โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เป็นต้น
4. เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมกับเอนไซม์ หรือเป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของเอนไซม์ เช่น แมกนีเซียม ซีลีเนียม แมงกานีส และสังกะสี เป็นต้น
5. ทำหน้าที่เกี่ยวกับการแข็งตัวของเลือด เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม และเหล็ก เป็นต้น
6. เป็นส่วนประกอบของสารต่าง ๆ ที่สำคัญในร่างกาย เช่น ไอโอดีน เป็นส่วนประกอบของฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์ เหล็กในเฮโมโกลบิน โคบอลต์ในวิตามินบี 12 เป็นต้น

4. แร่ธาตุหลัก

4.1 แคลเซียม

แคลเซียม เป็นแร่ธาตุที่มีมากที่สุดในร่างกาย โดยพบว่า มีอยู่ประมาณ 1-2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว แคลเซียมในร่างกาย ประมาณ 99 เปอร์เซ็นต์ พบอยู่ในกระดูกและฟัน แคลเซียมส่วนใหญ่เมื่อเข้าสู่ร่างกาย จะถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็กส่วนต้น และส่วนกลาง โดยมีการดูดซึมทั้งแบบใช้พลังงาน และไม่ใช้พลังงาน การดูดซึมแบบใช้พลังงานถูกควบคุมโดยความต้องการของร่างกาย การดูดซึมแคลเซียมจะเพิ่มขึ้นในช่วงตั้งครรภ์ และช่วงให้นม มีปัจจัยหลายอย่างที่มีอิทธิพลต่อการดูดซึมแคลเซียม เช่น การมีฟลูออรีน และแคลเซียมในอาหารมาก มีวิตามินดีในอาหารน้อย อายุสัตว์มากขึ้น หรือมีการออกซาลิกในอาหาร จะมีผลทำให้การดูดซึมแคลเซียมน้อยลง (McDowell, 1992) หลังจากที่ถูกดูดซึมแล้ว แคลเซียมจะถูกนำเข้าสู่กระแสเลือด แคลเซียมที่อยู่ในพลาสมา มี 3 รูปแบบ คือ แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) มีประมาณ 46-50 เปอร์เซ็นต์ จับตัวกับโปรตีน โดยจับตัวกับอัลบูมิน 80 เปอร์เซ็นต์ และไกลบูลิน 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการจับตัวกับโปรตีนเป็นการสะสมแคลเซียมที่สำคัญรูปแบบหนึ่ง และรูปแบบสุดท้าย คือ จับตัวกับสารอินทรีย์ เช่น กรดซิตริก หรือสารอินทรีย์ เช่น ฟอสเฟต หรือซัลเฟต เป็นต้น แคลเซียมส่วนใหญ่ถูกขับออกจากร่างกายทางอุจจาระ ส่วนทางปัสสาวะและเหงื่อมีเล็กน้อย นอกจากนี้ การสูญเสียแคลเซียมยังสามารถเกิดได้มากเมื่อโคให้นม

แคลเซียม มีหน้าที่สำคัญหลายประการ เช่น ช่วยในการแข็งตัวของเลือด ควบคุมการเต้นของหัวใจ ควบคุมการหดตัวของกล้ามเนื้อ และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด

โคเนื้อที่ปล่อยแพะเล็มในทุ่งหญ้า ไม่ค่อยพบปัญหาการขาดแคลเซียมมากนัก ยกเว้น พืชอาหารสัตว์ที่ปลูกในดินที่ถูกชะล้างมากๆ และการมีสารออกซาเลตในพืชอาหารสัตว์บางชนิด ทำให้สัตว์ขาดแคลเซียมได้ แม้ว่าพืชอาหารสัตว์จะมีแคลเซียมเพียงพอ ระดับปกติของแคลเซียมในพลาสมาโคเนื้อ อยู่ในช่วง 8-10 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิตร แต่ในโคเนื้อที่เป็นไข้ (milk fever หรือ parturient paresis) หรือโคเนื้อที่ขาดแคลเซียมจะมีแคลเซียมในพลาสมาลดลง เหลือ 3-7 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิตร ลูกโคเนื้อเมื่อขาดแคลเซียมจะเกิดโรคกระดูกอ่อน (rickets) โดยมีอาการกระดูกบาง กระดูกอ่อน ข้อต่อใหญ่ผิดปกติ ทำให้ขาเสีย ขาแข็ง และพิการ โคเนื้อโตเต็มวัยจะเกิดโรคกระดูกเปราะ (osteomalacia) เนื่องจากแคลเซียมถูกดึงไปใช้มาก ทำให้กระดูกเปราะหักง่าย นอกจากนี้ เมื่อมีแคลเซียมในเลือดต่ำจะทำให้กล้ามเนื้อ และระบบประสาทเกิดความรู้สึกไวต่อสิ่งเร้ามากกว่าปกติ เกิดอาการกล้ามเนื้อชักกระตุก (tetany) การแข็งตัวของเลือดช้ากว่าปกติ ในโคเนื้อระยะให้นมจะเกิดเป็นโรคไข้หลังคลอดลูก โดยมีแคลเซียมในเลือดและในน้ำนมลดลง กล้ามเนื้อกระตุกและล้มลง (Georgievskii, 1982; Kearl, 1982)

ผลพลอยได้จากสัตว์ เป็นแหล่งที่ดีที่สุดของแคลเซียม ได้แก่ ปลายัน เนื้อมัน และกระดูกป่น นอกจากนี้ ในน้ำนมพืชสีเขียว โดยเฉพาะถั่วมีแคลเซียมสูง ส่วนเมล็ดธัญพืชและพืชหัวมีแคลเซียมค่อนข้างต่ำ (McDowell, 1992)

4.2 ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัส มีอยู่ในทุกเซลล์ของร่างกาย ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ของฟอสฟอรัสในร่างกาย พบอยู่ในกระดูกและฟัน ส่วนที่เหลือรวมตัวกับสารประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น ฟอสโฟลิพิด กรดนิวคลีอิก และนิวคลีโอไทด์ เป็นต้น ฟอสฟอรัส จึงมีความสำคัญต่อเนื้อเยื่อทุกส่วนของร่างกาย (Temouth, 1990) ฟอสฟอรัสมีการดูดซึมมากในลำไส้เล็กส่วนต้น โดยมีการดูดซึมทั้งแบบใช้พลังงาน และไม่ใช้พลังงาน (Georgievskii, 1982) การดูดซึมฟอสฟอรัสเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณฟอสฟอรัสในอาหาร และยังขึ้นอยู่กับแหล่งของฟอสฟอรัสในอาหาร ความเป็นกรด-ด่างในลำไส้เล็ก อายุสัตว์ ปริมาณการกินอาหาร

ระดับของวิตามินดี สัดส่วนของแคลเซียมและฟอสฟอรัสในอาหาร ระดับของแร่ธาตุชนิดอื่น และสารอาหารชนิดอื่นในอาหาร เช่น เหล็ก อลูมิเนียม แมงกานีส โพแทสเซียม แมกนีเซียม รวมทั้งระดับไขมัน เป็นต้น หลังจากที่ถูกดูดซึมแล้ว ฟอสฟอรัสจะเข้าสู่ระบบหมุนเวียนโลหิตและไปสะสมที่กระดูกและฟัน ฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ถูกขับถ่ายออกจากร่างกายทางอุจจาระ ส่วนทางปัสสาวะมีเพียงเล็กน้อย (McDowell, 1992) ฟอสฟอรัสมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและไขมัน เป็นองค์ประกอบของฟอสโฟลิพิดซึ่งมีในเนื้อเยื่อทุกชนิด ฟอสฟอรัสทำหน้าที่ร่วมกับแร่ธาตุชนิดอื่น ควบคุมสมดุลกรด-ด่าง ช่วยในการสังเคราะห์โปรตีน การขนส่งกรดไขมันและกรดแอมิโน (Georgievskii, 1982) นอกจากนี้ ฟอสฟอรัสยังจำเป็นต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของโคเนื้อ โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใย (Komisarczuk et al., 1987)

โคเนื้อที่ปล่อยแทะเล็ม มักขาดแร่ธาตุฟอสฟอรัส เนื่องจาก ในพืชอาหารและดินมีฟอสฟอรัสในระดับต่ำ โดยเฉพาะในประเทศที่อยู่ในเขตร้อน (McDowell et al., 1986) สำหรับประเทศไทย มีรายงานการขาดฟอสฟอรัสในโคเนื้อเช่นกัน (Vilchulata et al., 1983; Ngampongsai et al., 1999) การขาดฟอสฟอรัสนอกจากจะทำให้การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลงแล้ว ยังทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับความสมบูรณ์พันธุ์ด้วย โคที่ขาดฟอสฟอรัสแสดงอาการข้อแข็ง เดินกะเผลก กระดูกอ่อน ขอบแทะเล็มสิ่งที่ไม่ใช่อาหาร (pica) เช่น ก้อนกรวด และรั้วกันคอก เป็นต้น ระดับปกติของฟอสฟอรัสในพลาสมาโคเนื้อโตเต็มวัย คือ 4.5-6.0 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิตร ส่วนลูกโคเนื้อ พบอยู่ในช่วง 6.0-8.0 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิตร (McDowell, 1992) ฟอสฟอรัสพบมากในผลพลอยได้จากกระดูกสัตว์เช่นเดียวกับแคลเซียม นอกจากนี้ นํ้านม ปลาป่น เนื้อป่น กระดูกป่น และเมล็ดธัญพืช ก็เป็นแหล่งที่ดีของฟอสฟอรัส ส่วนหญ้าและฟางข้าวมีฟอสฟอรัสในระดับต่ำ (Underwood and Suttle, 1999)

4.3 แมกนีเซียม

แมกนีเซียม พบในร่างกายน้อย ประมาณ 0.05 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว แมกนีเซียมที่มีอยู่ในร่างกายเป็นองค์ประกอบของกระดูกและฟัน 60-70 เปอร์เซ็นต์ กล้ามเนื้อ 25-28 เปอร์เซ็นต์ เนื้อเยื่อและของเหลว ประมาณ 7-8 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียมมีบทบาทสำคัญต่อการสังเคราะห์โปรตีน การส่งกระแสประสาท และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดที่จำเป็นต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและไขมัน การหดตัวของกล้ามเนื้อ และเกี่ยวข้องกับระบบสืบพันธุ์ของสัตว์ด้วย (McDowell, 1992)

โคเนื้อโตเต็มวัย มีการดูดซึมแมกนีเซียม ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ลูกโคเนื้อช่วงกินนมสามารถดูดซึมแมกนีเซียมได้ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ และการดูดซึมจะลดลงเมื่อสัตว์อายุมากขึ้น หลังการดูดซึมจะพบแมกนีเซียม 2 รูปแบบในกระแสเลือด คือ แมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) ประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์ และจับตัวกับโปรตีนโดยเฉพาะกับอัลบูมิน ประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียมส่วนใหญ่ถูกขับถ่ายทางอุจจาระ ขณะที่ทางปัสสาวะและนํ้านมมีเพียงเล็กน้อย (Georgievskii, 1982) การขาดแมกนีเซียมมีผลทำให้กล้ามเนื้อกระดูก อ่อนแอ ความดันเลือดลดลง การตื่นตัวของระบบประสาทมากกว่าปกติ นอกจากนี้ สัตว์อาจเกิดโลหิตจางเนื่องจากการแตกสลายของเม็ดเลือดแดง (haemolysis) ระดับปกติของแมกนีเซียมในซีรัมโคเนื้ออยู่ในช่วง 1.8-3.2 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิตร (McDowell, 1992; Underwood and Suttle, 1999)

อาหารในธรรมชาติมีแมกนีเซียมเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ เช่น ในใบพืชสีเขียว รำข้าว นํ้านม เนื้อสัตว์ ดับไช้แดง ยีสต์ ปากเมล็ดฝ้าย เมล็ดลินซีด การเสริมแมกนีเซียมในอาหารสัตว์นิยมใช้แมกนีเซียมออกไซด์ (magnesium oxide) และแมกนีเซียมซัลเฟต (magnesium sulfate)

4.4 โพแทสเซียม

โพแทสเซียม ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ในร่างกายอยู่ภายในเซลล์ (intracellular) โพแทสเซียมถูกดูดซึมมากที่ลำไส้เล็กส่วนต้น โดยมีการดูดซึมในรูปโพแทสเซียมไอออนผ่านเซลล์มิวโคซาของลำไส้ โดยวิธีใช้พลังงาน ฮอร์โมนอัลโดสเตอโรน (aldosterol hormone) มีอิทธิพลต่อการขับถ่ายโพแทสเซียม โดยถ้ามีโพแทสเซียมในของเหลวระหว่างเซลล์มาก จะไปกระตุ้นให้มีการหลั่งฮอร์โมนอัลโดสเตอโรนมาก ทำให้มีการขับโพแทสเซียมจากร่างกายทางปัสสาวะ เพื่อรักษาสมดุล และมีผลให้อัตราส่วนของโซเดียมต่อโพแทสเซียมในของเหลวระหว่างเซลล์สมดุลด้วย ถ้าในเซลล์มีโพแทสเซียมน้อยจะมีการนำโซเดียมเข้าสู่เซลล์แทนที่โพแทสเซียม เพื่อทำให้เกิดสมดุลของความดันออสโมซิส และความเป็นกรด-ด่าง (Underwood and Suttle, 1999) โพแทสเซียมมีหน้าที่ควบคุมระดับสมดุลของของเหลวภายในเซลล์ (intracellular fluids) มีความสำคัญในส่วนของระบบประสาท และการยึดหดตัวของกล้ามเนื้อ ควบคุมสมดุลความเป็นกรด-ด่างในร่างกาย เกี่ยวข้องในกระบวนการเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต โดยเป็นตัวเร่งการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เช่น ไพวูเวทไคเนส เป็นต้น (Kearl, 1982) และช่วยให้กรดแอมิโนถูกดูดซึมเข้าสู่เซลล์ โดยแลกเปลี่ยนเอาโพแทสเซียมออกมาภายนอกเซลล์ (Georgievskii, 1982) การขาดโพแทสเซียมมักพบในสัตว์ที่เลี้ยงตามธรรมชาติ ส่วนการเลี้ยงสัตว์ในลักษณะที่เป็นฟาร์มมักไม่ค่อยพบการขาด การขาดโพแทสเซียมทำให้สัตว์มีการเจริญเติบโตชะงัก ผอมแห้ง กล้ามเนื้อไม่มีแรง มีอาการทะลึ่ง สิ่งของเช่นเดียวกับอาการขาดฟอสฟอรัส ในสัตว์เคี้ยวเอื้องในระยะเล็กจะเกิดเป็นอัมพาต กล้ามเนื้ออ่อนแอ และผอมแห้ง เนื่องจาก ในน้ำนมมีโพแทสเซียมต่ำ (Underwood and Suttle, 1999) โพแทสเซียมมีมากในพืช เช่น หนุ่ย และผักสีเขียว เป็นต้น (McDowell, 1992)

4.5 โซเดียม

โซเดียมในร่างกายส่วนใหญ่ ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในรูปประจุบวก อยู่ในของเหลวภายนอก (extracellular fluid) หรือรอบเซลล์ โซเดียมในร่างกายครึ่งหนึ่งอยู่ในพลาสมาและของเหลวระหว่างเซลล์ อีกครึ่งหนึ่งเป็นส่วนประกอบของกระดูก ส่วนอีก 10 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือพบในเซลล์ โซเดียมส่วนใหญ่ถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็กส่วนต้น โดยดูดซึมในรูปไอออน โดยวิธีใช้พลังงาน (McDowell, 1992) โซเดียมทำหน้าที่ รักษาสมดุลของความดันออสโมซิสของของเหลวรอบเซลล์ รักษาสมดุลของความเป็นกรด-ด่าง ทำหน้าที่ถ่ายทอดกระแสประสาทร่วมกับโพแทสเซียม และเกี่ยวข้องกับความไวต่อสิ่งเร้าของเซลล์ระบบประสาท และกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ ยังช่วยในการขนส่งน้ำตาล และกรดแอมิโนเข้าสู่เซลล์ (Georgievskii, 1982) โคเนื้อที่ขาดโซเดียมจะเบื่ออาหาร การเจริญเติบโตชะงัก ประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง เกิดตะคริว ความดันออสโมซิสลดลง ทำให้มีการสูญเสียในร่างกายเพิ่มมากขึ้น และผลผลิตลดลง

โซเดียมพบมากในพวกเนื้อสัตว์และอาหารที่ได้จากทะเล โดยทั่วไปให้เสริมในรูปของเกลือแกง (McDowell, 1992)

4.6 คลอรีน

คลอรีน เป็นธาตุไอออนประจุลบที่สำคัญที่สุดในร่างกาย มีอยู่ในของเหลวทั้งภายใน และภายนอกเซลล์ (intra-extracellular fluid) ทั้งนี้ ประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์ ของคลอรีนในร่างกายอยู่ในของเหลวภายนอกเซลล์ คลอรีนส่วนใหญ่ถูกดูดซึมที่กระเพาะอาหารและลำไส้เล็กส่วนต้น โดยวิธีใช้พลังงาน ส่วนที่ลำไส้ใหญ่มีการดูดซึมคลอรีน โดยวิธีการแพร่ คลอรีนมีบทบาทควบคุมความเป็นกรด-ด่างของของเหลวในร่างกายให้สมดุล ควบคุมความดันออสโมซิสของของเหลวในร่างกาย และคลอรีนยังเป็นส่วนประกอบของกรดเกลือในกระเพาะอาหาร เพื่อทำให้สภาพในกระเพาะเกิดสภาวะเป็นกรด

(Georgievskii, 1982) การขาดคลอรีนในสัตว์จะแสดงอาการการเจริญเติบโตชะงัก ปริมาณของคลอรีนในกล้ามเนื้อ ตับ ไต และสมองลดลง ความเป็นด่างในเลือดเพิ่มขึ้น ซึ่งมีสาเหตุจากการมีไบคาร์บอเนตเพิ่มขึ้น

พืชอาหารสัตว์มีคลอรีนอยู่น้อย ประมาณ 0.003 – 0.342 เปอร์เซ็นต์ โดยพบมากในปลาและเนื้อสัตว์ แต่แหล่งคลอรีนส่วนใหญ่มาจากเกลือแกง (McDowell, 1992)

4.7 กำมะถัน

กำมะถัน ในร่างกายมี ประมาณ 0.15 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว โดยพบกระจายอยู่ทั่วร่างกายในรูปกำมะถัน กำมะถันในรูปซัลเฟตไฮดรอกไซด์เกิดการดูดซึมที่ลำไส้เล็กส่วนต้น แบบใช้พลังงาน ส่วนกำมะถันในรูปสารประกอบอินทรีย์จะดูดซึมได้อย่างรวดเร็ว ซัลเฟตไฮดรอกไซด์ถูกขับออกจากร่างกายทางอุจจาระ และปัสสาวะ (McDowell, 1992; Underwood and Suttle, 1999) กำมะถันในรูปซัลเฟตไฮดรอกไซด์ทำหน้าที่รักษาสมดุลกรด-ด่างในร่างกาย นอกจากนี้ กำมะถันยังเป็นส่วนประกอบของกรดแอมิโน ซึ่งสำคัญในการสังเคราะห์โปรตีน เป็นส่วนประกอบของไบโอติน ซึ่งมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเมแทบอลิซึมของไขมัน เป็นส่วนประกอบของมิวโคโพลิแซคคาไรด์ ซึ่งสำคัญต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของคอลลาเจน และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เป็นส่วนประกอบของวิตามินบีสอง (riboflavin) และโคเอนไซม์เอ (coenzyme A) ที่สำคัญต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต เป็นส่วนประกอบของเฮพาริน ซึ่งช่วยป้องกันไม่ให้เลือดแข็งตัว และยังเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase) โซโรโมเนสโตเจน และอินซูลิน นอกจากนี้ กำมะถันยังเป็นส่วนประกอบของผม ขน และเล็บ (McDowell, 1992; Kears, 1982) การขาดกำมะถันทำให้เกิดการขาดกรดแอมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ ขาดวิตามินบี1 และขาดไบโอติน ทำให้การสังเคราะห์โปรตีนช้าลง มีไขมันสะสมในตับมาก อาการขาดที่สังเกตได้ คือ น้ำหนักลด ผอมแห้ง อัตราการงอกของขน เล็บ เขา และนมต่ำ กำมะถันพบในขนสัตว์ ประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการเสริมในอาหารสัตว์ปกติเสริมในรูปของแร่ธาตุกำมะถัน (element sulfur) หรือโซเดียมซัลเฟต (sodium sulfate, Na_2SO_4) และไม่ควรรีในอาหารเกิน 0.3-0.4% อาจทำให้เกิดพิษได้ (Kandylis, 1984)

5. แร่ธาตุรอง

5.1 เหล็ก

เหล็ก พบอยู่ในรูปของเฮโมโกลบิน (haemoglobin) และไมโอโกลบิน (myoglobin) ซึ่งทำให้เกิดสีแดงในเลือด และในกล้ามเนื้อ เหล็กยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของฮีม (heme) ซึ่งฮีมเป็นองค์ประกอบของ cytochrome ที่มีความสำคัญในกระบวนการหายใจของเซลล์ นอกจากนี้ เหล็กยังเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ เช่น xanthine oxidase, succinate dehydrogenase สัตว์ที่ขาดเหล็กจะแสดงอาการไม่ยอมกินอาหาร (anoraxia) การเจริญเติบโตลดลง และเกิดโรคโลหิตจาง แต่ถ้าได้รับเหล็กในปริมาณมากเกินไปจะทำให้มีผลต่อเมแทบอลิซึมของทองแดงโดยเฉพาะในลูกสัตว์ และทำให้ผลผลิตน้ำนมลดลง น้ำหนักลด เกิดอาการท้องร่วง (Underwood and Suttle, 1999)

5.2 สังกะสี

สังกะสี มีบทบาทต่อการเจริญเติบโต การพัฒนาของระบบสืบพันธุ์ การสร้างกระดูกและเลือด รวมทั้งกระบวนการเมแทบอลิซึมของกรดนิวคลีอิก โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต สังกะสีจะเข้าไปเกี่ยวข้องในการทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบ

ของเอนไซม์ และตัวกระตุ้นของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ความเข้มข้นของสังกะสีในเลือดโคเนื้ออยู่ระหว่าง 12.0–18.5 ไมโครโมลต่อลิตร ส่วนในน้ำนมประมาณ 0.05 – 1.0 ไมโครโมลต่อลิตร แต่ปริมาณสังกะสีเปลี่ยนแปลงได้ง่าย ขึ้นกับปริมาณของสังกะสีที่ได้รับ ระยะเวลาของการให้นม และการให้นมน้ำเหลือง

ในโคเนื้อที่ขาดสังกะสี จะมีการหลั่งน้ำลายมาก ขนแข็งกระด้างไม่มีความยืดหยุ่น และเกิดขนร่วงบริเวณรอบๆ ปากและตา กระดูกข้อต่อเคลื่อนไหว มีการแตกหักของกีบ ผิวหนังบริเวณจมูก คอ อวัยวะ มีลักษณะหยาบแห้ง เป็นขุย และหลุดลอกได้ง่าย ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของผิวหนังแบบนี้ เรียกว่า “parakeratosis” อาการเหล่านี้ มีผลทำให้การเจริญเติบโตลดลง เนื่องจากปริมาณการกินได้ลดลงและประสิทธิภาพต่ำ นอกจากนี้ ยังพบว่าขาดแคลเซียมและมีความไวต่อการติดเชื้อโรค รวมทั้งการพัฒนาและการสร้างสเปิร์มลดลง (Underwood and Suttle, 1999)

5.3 ทองแดง

ทองแดง มีความสำคัญต่อการสร้างเม็ดเลือดแดง มีผลต่อการนำเหล็กไปเป็นโครงสร้างของฮีโมโกลบิน และช่วยให้เม็ดเลือดแดงเจริญเต็มที่ นอกจากนี้ ทองแดงในรูป cupric ion (Cu^{3+}) ยังเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่จำเพาะเจาะจง เช่น sulphide oxidase, tyrosine iodooxidase เป็นต้น และยังช่วยในการรักษากิจกรรมของ labile hypophyseal hormones ในเลือดอีกด้วย การดูดซึมทองแดงส่วนมากเกิดในลำไส้เล็กและในลำไส้ใหญ่ เมื่อถูกดูดซึมทองแดงจะจับกับอัลบูมิน และกรดแอมิโนแบบหลวม ๆ เพื่อให้สามารถส่งผ่านไปยังตับ ซึ่งเป็นที่เก็บสะสมของทองแดง การดูดซึมทองแดงในสัตว์ที่โตเต็มที่ อยู่ระหว่าง 5-10 เปอร์เซ็นต์ แต่ในลูกสัตว์ทองแดงถูกดูดซึม ระหว่าง 15-30 เปอร์เซ็นต์ ส่วนทองแดงที่ถูกขับออกมาจะอยู่ในมูลเป็นส่วนมาก มีส่วนน้อยถูกขับออกมากับปัสสาวะ ในสัตว์เกือบทุกชนิดการขาดทองแดงจะมีลักษณะอาการโลหิตจาง อัตราการเจริญและการพัฒนาลดลง มีอาการท้องร่วง ขนมีสีจางลง ยับยั้งการสร้างกระดูก และเกิดการแตกร้าวของกระดูก ในโคเนื้อที่ขาดทองแดงมีการเจริญเติบโตลดลงและมีปัญหาทางระบบสืบพันธุ์ ลูกโคเนื้อมีการเพิ่มน้ำหนักน้อย และกระดูกแตกหักง่าย การทำงานของกระดูกสันหลังส่วนท้ายผิดปกติและขนมีสีซีดจาง (allotriophagy) นอกจากนี้ การขาดทองแดงในโคเนื้อยังทำให้มีมูลเหลวคล้ายกับท้องเสีย (scour) หรือ “peat diarrhea” (Underwood and Suttle, 1999)

5.4 แมงกานีส

แมงกานีส พบมากใน ขน ผม ตับและกระดูก มีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่เป็น co-factor ของเอนไซม์หลายชนิด และยังเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ที่สำคัญในกระบวนการทางชีวเคมีหลายกระบวนการ โดยเฉพาะ redox processes คือ การสังเคราะห์ mucopolysaccharides ที่ใช้ในการสร้างกระดูกและฟัน การสังเคราะห์โคเลสเตอรอล ที่ใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ฮอร์โมนหลายชนิด แมงกานีสยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์กลูโคส (gluconeogenesis) นอกจากนี้ แมงกานีสยังมีบทบาทที่สำคัญในการสืบพันธุ์ การสร้างเลือด และการทำงานของต่อมไร้ท่อ แมงกานีสมีการดูดซึมที่ลำไส้เล็กที่บริเวณดูโอดินัมและลำไส้ใหญ่ ส่วนที่ดูดซึมไม่ได้จะถูกขับออกทางมูล สัตว์ที่มีอายุน้อยที่ได้รับอาหารที่มีแมงกานีสต่ำจะทำให้การสร้างกระดูกผิดปกติ ส่วนในสัตว์ที่โตเต็มวัยจะมีปัญหาทางด้านการสืบพันธุ์ เช่น ทำให้การเป็นสัดช้าหรือขยายช่วงการแสดงอาการเป็นสัด (oestrous) มีอัตราการผสมติดต่ำ (Underwood and Suttle, 1999)

5.5 โคบอลต์

โคบอลต์ ถูกนำไปใช้ในการสังเคราะห์วิตามินบี 12 และวิตามินบีตัวอื่น ๆ โดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะรูเมน เนื่องจาก โคบอลต์เป็นองค์ประกอบของวิตามินบี 12 หน้าที่ของโคบอลต์จึงเหมือนกันกับหน้าที่ของวิตามินบี 12 คือ มีส่วนในการควบคุมกระบวนการ hemopoiesis และเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมของไนโตรเจน กรดนิวคลีอิก คาร์โบไฮเดรต และโคบอลต์ทำหน้าที่ ในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เช่น arginase, glycine-glycyl-dipeptidase, carboanhydrase aldolase, oxalysuccinic acid decarboxylase, deoxyribonuclease เป็นต้น โคบอลต์ จะดูดซึมในลำไส้เล็ก และมีการสะสมในร่างกายน้อยมาก ส่วนใหญ่พบที่ตับ ในสัตว์ที่ขาดโคบอลต์จะมีลักษณะอาการโลหิตจาง ไม่อยากอาหาร และอ่อนเปลี้ย (exhaustion) เกิด fatty degeneration ในตับ และมีปริมาณวิตามินบี 12 ลดต่ำลง (Underwood and Suttle, 1999)

5.6 ซีลีเนียม

ซีลีเนียม พบอยู่ทั่วไปในเนื้อเยื่อ เซลล์ และของเหลวในร่างกาย ความเข้มข้นของซีลีเนียมในเลือดโคมีค่าระหว่าง 50-180 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งความเข้มข้นของซีลีเนียมในเม็ดเลือดแดงมีมากกว่าในพลาสมาสองเท่า หรือกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ของซีลีเนียมในเลือดอยู่ในเม็ดเลือดแดง ซีลีเนียมเป็นแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต และความสมบูรณ์พันธุ์ มีผลต่อการป้องกันโรคหลายชนิดที่มีความเกี่ยวข้องกับวิตามินอี โรคเหล่านี้ ได้แก่ Muscular dystrophy หรือ White muscle disease ในลูกแกะและลูกโค ซีลีเนียมที่มีบทบาทในการป้องกันโรค ส่วนมากอยู่ในรูปเอนไซม์กลูตาไทโอน เปอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase) ซึ่งทำหน้าที่ กำจัดอนุมูลอิสระ ซีลีเนียมที่ได้รับจากอาหารมีการดูดซึมอย่างรวดเร็วในส่วนปลายของลำไส้เล็ก โดยวิธีอาศัยพลังงาน (Underwood and Suttle, 1999)

5.7 ไอโอดีน

ไอโอดีน มีอยู่มากในต่อมไทรอยด์ (70-80 เปอร์เซ็นต์) กล้ามเนื้อ (10-12 เปอร์เซ็นต์) กระดูกสันหลัง (3-4 เปอร์เซ็นต์) โครงร่าง (3 เปอร์เซ็นต์) และอวัยวะอื่น ๆ (5-10 เปอร์เซ็นต์) สำหรับในเลือดทั้งหมด (whole blood) มีไอโอดีน 50-150 ไมโครกรัมต่อลิตร ส่วนในพลาสมามีเพียง 50-70 ไมโครกรัมต่อลิตร ไอโอดีนที่พบในพลาสมาอยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ โดยอยู่ในรูปของฮอร์โมนที่จับอยู่กับโกลบูลินเป็นส่วนใหญ่ และจับกับอัลบูมินเป็นส่วนน้อย หน้าที่ของไอโอดีนในร่างกายสัตว์ที่สำคัญ คือ เป็นองค์ประกอบของฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์ (thyroid hormone) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเมแทบอลิซึมของพลังงาน และการสังเคราะห์โปรตีนในเซลล์

ไอโอดีนที่ได้รับจากอาหาร น้ำ และแร่ธาตุเสริมจะถูกย่อยสลายให้เป็นไอโอดายด์ (iodide) และส่วนมากจะถูกดูดซึมที่กระเพาะรูเมน แล้วนำไปเก็บไว้ที่ต่อมไทรอยด์ทันที การขาดไอโอดีนมีผลต่อการสังเคราะห์ thyroxine และ triiodotyronine ในต่อมไทรอยด์ ทำให้มีการขยายขนาดเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของต่อมไทรอยด์ และเกิดอาการคอบหอยพอก (Underwood and Suttle, 1999)

5.8 โมลิบดีนัม

โมลิบดีนัม มีความสำคัญต่อกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ และเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเอนไซม์หลายชนิด โดยเฉพาะเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับ flavoprotein คือ xanthine oxidase ซึ่งมีโมลิบดีนัมเป็นองค์ประกอบ และมีบทบาทที่

สำคัญต่อ nucleic acid catabolism รวมทั้งการเกิดกระบวนการรีดักชันของ ferric ion (Fe^{3+}) เป็น ferrous ion (Fe^{2+}) เพื่อให้เกิดการสะสมเหล็กในเนื้อเยื่อในรูปของ ferritin และ hemosiderin ปกติในเลือดโคมีความเข้มข้นของโมลิบดีนัมอยู่ระหว่าง 0.62-1.88 ไมโครโมลต่อลิตร (0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร) โดยสัตว์จะไม่ขาดโมลิบดีนัม แต่อาการผิดปกติมักเกิดจากการได้รับโมลิบดีนัมมากเกินไป โดยมีอาการคล้ายคลึงกับที่พบในสัตว์ที่มีการขาดทองแดง ในโคพบว่ามีปัญหาทางด้านการสืบพันธุ์ การเจริญเติบโตลดลง ท้องร่วง และซุบผอม (Underwood and Suttle, 1999)

6. ความต้องการแร่ธาตุของโคเนื้อ

ความต้องการแร่ธาตุของโคเนื้อ ขึ้นอยู่กับพันธุ์ น้ำหนักตัว อัตราการเจริญเติบโต ช่วงการตั้งท้อง ปริมาณน้ำนม และอายุของสัตว์ (Kearl, 1982; McDonald et al., 1995) โดยปกติความต้องการแร่ธาตุจะระบุเป็นปริมาณต่อวัน เช่น กรัมต่อวัน หรือสัดส่วนของแร่ธาตุแต่ละชนิดในอาหาร เช่น เปอร์เซ็นต์ในอาหาร (ตารางที่ 5) ซึ่งการระบุความต้องการแร่ธาตุแบบหลังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายกว่าแบบแรก ระดับความต้องการแร่ธาตุที่ระบุจะเป็นระดับต่ำสุดที่โคเนื้อจะได้รับแร่ธาตุเพียงพอต่อความต้องการ (McDowell, 1992) การหาความต้องการแร่ธาตุ สามารถประเมินได้จากวิธีแฟคทอเรียล (factorial method) และวิธีหาสมมูลของแร่ธาตุ ซึ่งมีความผันแปรค่อนข้างสูง ขึ้นกับพันธุ์โค การใช้ประโยชน์ได้ของแร่ธาตุรูปแบบการเลี้ยง (แทะเล็มหรือเลี้ยงในโรงเรือน) รวมทั้งการเป็นโรค และพยาธิ เป็นต้น (McDonald et al., 1995)

ตารางที่ 5 ความต้องการแร่ธาตุของโคเนื้อระยะต่าง ๆ

แร่ธาตุ	โคเนื้อรุ่น-สาว	แม่โคเนื้อ	
		ระยะตั้งท้อง	ระยะให้นมช่วงแรก
แคลเซียม, เปอร์เซ็นต์	0.31	0.18	0.27
ฟอสฟอรัส, เปอร์เซ็นต์	0.27	0.18	0.27
แมกนีเซียม, เปอร์เซ็นต์	0.10	0.12	0.20
โพแทสเซียม, เปอร์เซ็นต์	0.60	0.60	0.70
โซเดียม, เปอร์เซ็นต์	0.07	0.07	0.10
กำมะถัน, เปอร์เซ็นต์	0.15	0.15	0.15
โคบอลต์, มก./กก.	0.10	0.10	0.10
ทองแดง, มก./กก.	10.00	10.00	10.00
ไอโอดีน, มก./กก.	0.50	0.50	0.50
เหล็ก, มก./กก.	50.00	50.00	50.00
แมงกานีส, มก./กก.	20.00	20.00	20.00
ซีลีเนียม, มก./กก.	0.10	0.10	0.10
สังกะสี, มก./กก.	30.00	30.00	30.00

ที่มา: NRC (2000)

สำหรับความต้องการแร่ธาตุของโคเนื้อในประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลเพียงพอในการแนะนำระดับความต้องการแร่ธาตุ แม้แต่ระดับความต้องการแร่ธาตุของโคเนื้อในประเทศกำลังพัฒนาโดย Kearl (1982) แสดงเพียงระดับความต้องการ

แคลเซียม และฟอสฟอรัสต่อวันของโคเนื้อเท่านั้น ปัจจุบันระดับความต้องการแร่ธาตุของโคเนื้อที่แนะนำโดยNRC (2000) เป็นแหล่งข้อมูลที่ใช้อ้างอิงมาก

ตารางที่ 6 แหล่งแร่ธาตุและการใช้ประโยชน์ได้ของแร่ธาตุ

แร่ธาตุ	แหล่ง	ปริมาณแร่ธาตุ (%)	การใช้ประโยชน์ได้
แคลเซียม	โมโนแคลเซียมฟอสเฟต (monocalcium phosphate)	16.2	สูง
	ไดแคลเซียมฟอสเฟต (dicalcium phosphate)	23.2	สูง
	หินปูนบด (ground limestone)	38.5	ปานกลาง
	แคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate)	40	ปานกลาง
	เปลือกหอยบด (oyster shell ground)	38.0	-
	กระดูกป่นอบ (steamed bone meal)	29.8	-
	ไดแคลเซียมฟอสเฟต (dicalcium phosphate)	18.5	ปานกลาง
	แคลเซียมฟอสเฟต (calcium phosphate)	18.6-21	สูง
ฟอสฟอรัส	กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid)	23-25	สูง
	กระดูกป่นอบ (steamed bone meal)	12.6	สูง
	แมกนีเซียมคาร์บอเนต (magnesium carbonate)	21-28	สูง
	แมกนีเซียมคลอไรด์ (magnesium chloride)	12	สูง
แมกนีเซียม	แมกนีเซียมซัลเฟต (magnesium sulfate)	9.8-17	สูง
	โพแทสเซียมคลอไรด์ (potassium chloride)	50	สูง
	โพแทสเซียมซัลเฟต (potassium sulfate)	41	สูง

ตารางที่ 6 แหล่งแร่ธาตุและการใช้ประโยชน์ได้ของแร่ธาตุ (ต่อ)

แร่ธาตุ	แหล่ง	ปริมาณแร่ธาตุ (%)	การใช้ประโยชน์ได้
โคบอลต์	โคบอลต์คาร์บอเนต (cobalt carbonate)	46-55	ยังไม่มีการตลาด
	โคบอลต์ซัลเฟต (cobalt sulfate)	21	ยังไม่มีการตลาด
	โคบอลต์คลอไรด์ (cobalt chloride)	24.27	-
ทองแดง	คิวปริกซัลเฟต (cupric sulfate)	25	สูง
	คิวปริกคาร์บอเนต (cupric carbonate)	53	ปานกลาง
	คิวปริกคลอไรด์ (cupric chloride)	37.2	สูง
	คิวปริกออกไซด์ (cupric oxide)	80	ต่ำ
	แคลเซียมไอโอเดต (calcium iodate)	63.5	สูง
ไอโอดีน	โพแทสเซียมไอโอไดด์ (potassium iodide)	69	สูง
	คิวปรัสไอโอไดด์ (cuprous iodide)	66.6	สูง
	เฟอร์รัสคาร์บอเนต (ferrous carbonate)	36-42	ต่ำ
เหล็ก	เฟอร์รัสซัลเฟต (ferrous sulfate)	20-30	สูง
	เฟอร์รัสออกไซด์ (ferrous oxide)	11.46	-
	แมงกานีสซัลเฟต (manganous sulfate)	27	สูง
แมงกานีส	แมงกานีสออกไซด์ (manganous oxide)	52-62	สูง

ตารางที่ 6 แหล่งแร่ธาตุและการใช้ประโยชน์ได้ของแร่ธาตุ (ต่อ)

แร่ธาตุ	แหล่ง	ปริมาณแร่ธาตุ (%)	การใช้ประโยชน์ได้
ซีลีเนียม	โซเดียมซีลีไนท์ (sodium selenite)	40	สูง
	โซเดียมซีลีเนต (sodium selenate)	45.6	สูง
กำมะถัน	แคลเซียมซัลเฟต (calcium sulfate)	12-20	ต่ำ
	โพแทสเซียมซัลเฟต (potassium sulfate)	28	สูง
	แคลเซียมซัลเฟต (calcium sulfate)	12-20	ต่ำ
	โพแทสเซียมซัลเฟต (potassium sulfate)	28	สูง
	โซเดียมซัลเฟต (sodium sulfate)	10	ปานกลาง
	ผงกำมะถัน (sulfur powder)	99.0	-
	ซิงค์คาร์บอเนต (zinc carbonate)	52	สูง
	ซิงค์คลอไรด์ (zinc chloride)	48	ปานกลาง
สังกะสี	ซิงค์ซัลเฟต (zinc sulfate)	22-36	สูง
	ซิงค์ออกไซด์ (zinc oxide)	46-73	สูง

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก McDowell (1992) และ Kears (1982)

7. สรุป

แร่ธาตุมีความสำคัญต่อการดำรงชีพและการให้ผลผลิตของโคเนื้อ ในการประกอบสูตรอาหารจำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับความต้องการแร่ธาตุของโคเนื้อ เพื่อให้โคได้รับแร่ธาตุเหมาะสมกับเพศ อายุ และระยะการเจริญเติบโต สามารถให้ผลผลิตได้ตามเป้าหมายการผลิตโคเนื้ออย่างมีประสิทธิภาพ

8. เอกสารอ้างอิง

- Georgievskii, V. I. 1982. The physiological role of macroelements. In: Mineral Nutrition of Animals. (V.I. Georgievskii, B. N. Annenkov and V. I. Samokhin (Eds)). Mansells Bookbinders Ltd, Essex. UK. pp. 91-170.
- Kandylis, K. 1984. Toxicology of sulfur in ruminants. Review. J. Dairy Sci. 67: 2179-2187.
- Kearl, L. C. 1982. Nutrient Requirements of Ruminants in Developing Countries. International Feedstuffs Institute. Utah Agricultural Experiment Station. Utah State University, Logan, Utah.
- Komisarczuk, S., R. J. Merry, and A. B. McAllan. 1987. Effect of different levels of phosphorus on rumen microbial fermentation and synthesis determined using a continuous culture technique. Br. J. Nutr. 57: 279-290.
- McDowell, L. R. 1992. Minerals in Animal and Human Nutrition. Academic Press, Inc., San Diego, California.
- McDowell, L. R., J. H. Conrad and G. L. Ellis. 1986. Mineral deficiencies and toxicities of tropical forages for grazing livestock. In: International Rangeland Development Symposium, Orlando.
- McDonald, P., R. A. Edwards, J. F. D. Greenhalgh, and C. A. Morgan. 1995. Animal Nutrition. Longman Singapore Publishers (Pte) Ltd., Singapore.
- Ngampongsai, W., P. Chitprasan, and W. Pralomkarn. 1999. Evaluating the mineral status of beef cattle in Songkhla province, southern Thailand. I. macro-minerals, hemoglobin and hematocrit. Songklanakarin. J. Sci. Technol. 21: 285-292.
- National Research Council. 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th revised edition. National Academy Press. Washington, DC.
- Ternouth, J. H. 1990. Phosphorus and beef production in northern Australia. 3. Phosphorus in cattle - a review. Trop. Grasslands. 24:159-169.
- Underwood, E.J. and N.F. Suttle. 1999. The Mineral Nutrition of Livestock. 3rded. Biddles Ltd, Guildford and King's Lynn, Oxon.
- Vilchulata, P, S. Shipadpanich, and L. R. McDowell. 1983. Mineral status of cattle raised in villages in central Thailand. Trop. Anim. Prod. 8: 131-137.

บทที่ 6 วิตามิน (Vitamins)

1. บทนำและความสำคัญวิตามิน

วิตามิน หรือไวตามิน เป็นสารอินทรีย์ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ (carbon containing organic substances) ชนิดหนึ่ง ร่างกายสัตว์ต้องการในปริมาณเพียงเล็กน้อย แต่เป็นสิ่งที่สัตว์ขาดไม่ได้ วิตามินไม่ให้พลังงานแก่ร่างกายแต่จำเป็นต่อกระบวนการทางเคมีต่าง ๆ มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตให้เป็นปกติ ถ้าสัตว์ขาดวิตามินหรือได้รับไม่เพียงพอจะมีผลทำให้สัตว์มีอาการผิดปกติที่เป็นลักษณะเฉพาะ สัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์วิตามินได้ แต่จุลินทรีย์ภายในระบบทางเดินอาหารสามารถสังเคราะห์วิตามินบางชนิดได้

2. หน้าที่ของวิตามิน

วิตามิน เป็นตัวควบคุมกระบวนการเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีนในเซลล์ของร่างกาย ดังนั้น วิตามินจึงช่วยให้ร่างกายทำงานได้เป็นปกติ ในขณะที่สัตว์เจ็บป่วย การทำงานของระบบต่าง ๆ ผิดปกติไป วิตามินจะช่วยปรับประคองไม่ให้งานเหล่านั้นด้อยลง แต่จะช่วยเสริมให้ดีขึ้น ภาวะปกติวิตามินช่วยเร่งการเจริญเติบโต เพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร เพิ่มผลผลิตและช่วยในการต้านทานโรค การขาดวิตามินชนิดหนึ่งชนิดใด หรือมีปริมาณไม่เพียงพอ กับความต้องการของร่างกาย จะทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึมที่เกี่ยวข้องกับวิตามินชนิดนั้น ทำงานไม่เต็มที่ หรือผิดปกติไป ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต การสร้างผลผลิต และเสี่ยงต่อการเกิดโรคได้ง่าย

3. ความต้องการวิตามิน

สัตว์จะมีความต้องการวิตามินที่แตกต่างกันตามชนิด และช่วงอายุของสัตว์ สัตว์เคี้ยวเอื้องระยะก่อนหย่านม ที่กระเพาะหมักยังไม่สามารถทำหน้าที่ได้อย่างสมบูรณ์ จะมีความต้องการวิตามินเช่นเดียวกับสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง แต่สัตว์เคี้ยวเอื้องที่โตเต็มที่แล้ว สามารถสังเคราะห์วิตามินที่ละลายได้ในน้ำและวิตามินเคได้ โดยอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้น สัตว์เคี้ยวเอื้องจะมีความต้องการวิตามินจากอาหารในปริมาณมาก เฉพาะวิตามินที่ละลายได้ในไขมันเป็นส่วนใหญ่ คือ วิตามินเอ ดี และ อี

4. ประเภทของวิตามิน

สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ตามคุณสมบัติของการละลาย คือ

1. วิตามินที่ละลายได้ในไขมัน (fat soluble vitamins) ได้แก่ วิตามินเอ วิตามินดี วิตามินอี และวิตามินเค
2. วิตามินที่ละลายได้ในน้ำ (water soluble vitamins) ได้แก่ วิตามินบีรวม และวิตามินซี

5. วิตามินที่ละลายได้ในไขมัน

5.1 วิตามินเอ (vitamin A)

อาจกล่าวได้ว่าวิตามินเอ เป็นวิตามินที่สำคัญที่สุดสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจากไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้ สัตว์เคี้ยวเอื้องมีความเสี่ยงต่อการขาดวิตามินเอสูง หากได้รับอาหารคุณภาพต่ำที่ไม่มีสีเขียว

วิตามินเอ มีรูปร่างเป็นผลึกสีเหลืองอ่อนมากจนเกือบไม่มีสี แหล่งของวิตามินเอ จะพบเฉพาะในเนื้อเยื่อของสัตว์เท่านั้น โดยเฉพาะบริเวณตับ ส่วนแหล่งของวิตามินเอที่ได้จากพืชจะอยู่ในรูปของรงควัตถุ (pigments) ที่เรียกว่า “carotenoids” ซึ่งเป็นสารที่สามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้ รงควัตถุชนิดที่สำคัญคือ เบต้าแคโรทีน (beta-carotene) เมื่อถูก oxidize จะได้วิตามินเอ 2 โมเลกุล แต่เมื่อถูกดูดซึมแล้วจะมีประสิทธิภาพเพียงครึ่งหนึ่งของวิตามินเอในน้ำหนักเท่ากัน

หน้าที่ของวิตามินเอ เกี่ยวข้องกับความสามารถในการมองเห็น การสร้างกระดูก ตลอดจน มีความจำเป็นสำหรับการคงสภาพให้เป็นปกติ และการทำหน้าที่ของเนื้อเยื่อผิว (epithelial tissues) ของอวัยวะต่าง ๆ เช่น ตา ระบบทางเดินหายใจ ระบบทางเดินอาหาร ระบบประสาท ระบบสืบพันธุ์ และระบบขับถ่ายของเสีย อีกทั้งยัง จำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์กลูโคสด้วย

ความต้องการวิตามินเอของโคเนื้อแต่ละระยะแสดงในตารางที่ 7 ค่าความต้องการวิตามินเอของโคเนื้อ ในโคขุนมีความต้องการ 2,200 IU/กิโลกรัมของสูตรอาหาร โคเนื้อสาวตั้งท้องต้องการ 2,800 IU/กิโลกรัมของสูตรอาหาร และโคที่ให้นมและโคพ่อพันธุ์ต้องการ 3,900 IU/กิโลกรัมของสูตรอาหาร (Guibert and Hart, 1935; Jones et al., 1938; Guibert et al., 1940; Madsen et al., 1948; Church et al., 1956; Chapman et al., 1964; Cullison and Ward, 1965; Perry et al., 1965, 1968; Swanson et al., 1968; Kohlmeier and Burroughs, 1970; Meacham et al., 1970; Kirk et al., 1971; NRC, 2000; Rasby et al., 1999) อย่างไรก็ตาม ความต้องการวิตามินเอในโคเนื้อยังมีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ชนิดและพันธุ์โค อาหารที่ได้รับ และสภาวะความเครียด ตัวอย่างเช่น โคที่กินข้าวโพดหมักเป็นอาหารหลัก แนะนำว่าควรฉีดวิตามินเอ 1 ล้าน IU เข้ากล้ามเนื้อทุกๆ 28 วัน ส่วนโคที่อยู่ภายใต้สภาวะความเครียด ควรฉีดวิตามินเอ 500,000–1,000,000 IU เข้ากล้ามเนื้อ หรือกระเพาะรูเมน หรือเสริมวิตามินเอ 50,000 IU/ตัว/วันในอาหาร หรือในน้ำดื่ม 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์ ซึ่งการฉีดเข้ากล้ามเนื้อจะให้ผลที่ดีกว่าการเสริมในอาหาร (Perry et al., 1967; Schelling et al., 1975; Rossi, 2006)

การขาดวิตามินเอจะพบในลูกโคเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะลูกโคที่เกิดจากแม่ที่ได้รับอาหารที่ขาดวิตามินเอในช่วงกำลังตั้งท้อง ทำให้ลูกอ่อนที่อยู่ในท้องได้รับวิตามินเอไม่เพียงพอต่อความต้องการ และมีผลกระทบต่อเนื่อง จนถึงระยะเวลาที่คลอดออกมาแล้วได้รับนม น้ำเหลือง (colostrum) จากแม่ที่มีวิตามินเอในนม น้ำเหลืองต่ำกว่าแม่โคทั่วไป ทำให้ลูกโคแสดงอาการขาดวิตามินเอขึ้นได้ นอกจากนี้ แม้ในลูกโคที่เกิดจากแม่โคที่ได้รับอาหารที่มีวิตามินเอเพียงพอก็ตาม แต่ถ้าลูกโคได้รับวิตามินเอจากอาหารน้อยเกินไป หรือได้รับน้ำนม น้อยกว่าปกติก็จะแสดงอาการขาดวิตามินได้เช่นกัน

อาการขาดวิตามินเอ ในลูกโคที่สังเกตได้คือ เบื่ออาหาร ต่อมาจะมีอาการท้องร่วง มองไม่ค่อยเห็นในที่มืด ขนหยิกหยอง ชุบผอม ตาเปื่อยและ และสุดท้ายอาจตาบอดได้

โครุ่นมีโอกาสที่จะเกิดการขาดวิตามินเอได้เช่นกัน โดยจะมีอาการขั้นแรก คือ มองไม่เห็นในที่มืด และอาจจะมีอาการคันกระดูก มีอาการบวมที่ขา ส่วนใหญ่จะเกิดกับโครุ่นที่ได้รับพืชหมักเป็นอาหารหลักเป็นเวลานาน ถึงแม้ว่าจะได้รับแคโรทีนอย่างเพียงพอก็ตาม

โคเจริญวัยหรือโตเต็มที่แล้ว ไม่ค่อยแสดงอาการขาดวิตามินเอให้เห็นมากนัก หรืออาจจะแสดงอาการขาดให้เห็นหลังจากที่ได้รับวิตามินเอไม่เพียงพอต่อความต้องการมาเป็นระยะเวลานาน ส่วนแม่โคการขาดจะทำให้ประสิทธิภาพในการผสมพันธุ์ต่ำ ระยะเวลาในการตั้งท้องจะสั้นกว่าปกติ หลังคลอดจะพบอาการรูดังในมดลูก ในบางกรณีอาจจะมี การแท้ง

ลูกที่ออกมาจะอ่อนแอ ไม่สมบูรณ์ ลูกโคมีอัตราการตายสูงกว่าปกติ โคฟอสพันธุที่เกิดการขาดวิตามินเอ จะทำให้ความสามารถในการผสมพันธุ์ลดลง และตัวอสุจิที่ไม่สมบูรณ์จะมีจำนวนมากขึ้น

โดยทั่วไปแล้ว โคเนื้อที่ปล่อยลงทะเลในแปลงหญ้า หรือได้รับอาหารหยาบคุณภาพดี จะไม่แสดงอาการขาดวิตามินเอ แต่การเลี้ยงโคแบบขังคอกตลอดเวลา และอาหารส่วนใหญ่ประกอบด้วยอาหารข้นพวกธัญพืช หรือพืชหัวที่มีวิตามินต่ำจะมีโอกาสขาดวิตามินเอสูง จึงจำเป็นต้องเสริมวิตามินให้เพียงพอเพื่อป้องกันการขาดที่อาจเกิดขึ้นได้

ตารางที่ 7 ค่าความต้องการวิตามินเอและดีในโคเนื้อระยะต่าง ๆ

Vitamins	Unit	Growing	Finishing *	Cows and Gestation	Early Lactation
Vitamin A	IU/kg	2,200		2,800	3,900
Vitamin D	IU/kg	275		275	275

* รวมถึงสำหรับโคฟอสพันธุ

ที่มา: NRC (2000)

5.2 วิตามินดี (vitamin D)

โครงสร้างของวิตามินดี มีอยู่หลายรูปแบบด้วยกัน แต่มีอยู่เพียง 2 รูปแบบ ที่มีความสำคัญในทางอาหารสัตว์ คือ วิตามินดี 2 (ergocalciferol) และวิตามินดี 3 (cholecalciferol)

สารอินทรีย์ในธรรมชาติ ที่สามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินดี (provitamin D) พบในผิวหนังของสัตว์ ได้แก่ 7-dehydrocholesterol เมื่อถูกแสงแดดหรือรังสียูวี (UV) จะเปลี่ยนไปเป็นวิตามินดี 3 ส่วน ergosterol เป็น provitamin D ที่พบในพืช และจุลินทรีย์ เช่น รำข้าว ยีสต์ และรา เมื่อถูกแสง UV จะเปลี่ยนไปเป็นวิตามินดี 2

แหล่งของวิตามินดี ส่วนใหญ่จะอยู่ในอาหารที่ได้จากสัตว์และปลา โดยเฉพาะตับปลาและไข่แดงจะมีวิตามินดีอยู่มาก แต่ในน้ำมันจะมีอยู่น้อย ยกเว้นน้ำมันเล็องจะมีวิตามินดีมากกว่าในน้ำมันมรรมาดาประมาณ 6 เท่า พืชจะพบวิตามินดีน้อยมาก ยกเว้น พวหญ้าแห้ง (hay) ที่ทำให้แห้งโดยแสงแดด

หน้าที่ของวิตามินดี ที่สำคัญได้แก่ ช่วยในการดูดซึมของแคลเซียมและฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นแร่ธาตุหลักในการสร้างกระดูก จึงทำให้วิตามินดีมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของกระดูกและมีผลต่อการเจริญเติบโตของลูกสัตว์ด้วย

ค่าความต้องการวิตามินดีของโคเนื้อแต่ละระยะแสดงในตารางที่ 7 โคเจริญวัยมีความต้องการวิตามินดี ประมาณ 275 IU/กิโลกรัมของสูตรอาหาร (NRC, 2000; Rasby et al., 1999) ส่วนในลูกโคมีความต้องการวิตามินดีประมาณ 300 IU/กิโลกรัมของสูตรอาหาร

อาการขาดวิตามินดี จะสังเกตเห็นได้ชัดเจนเมื่อเกิดโรคกระดูกอ่อน (rickets) สัตว์ที่เจริญวัยแล้วจะทำให้เกิดโรคกระดูกฝุ (osteomalacia) อย่างไรก็ตาม การเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องในเขตร้อนที่มีปริมาณแสงแดดอย่างเพียงพอ สัตว์จะได้รับวิตามินดีในระดับที่เพียงพอต่อความต้องการ อาการขาดวิตามินดีจึงมักไม่ค่อยพบเห็นเหมือนกับอาการขาดวิตามินชนิดอื่น ๆ

5.3 วิตามินอี (vitamin E)

วิตามินอี เป็นกลุ่มของสารประกอบที่มีโครงสร้างคล้ายคลึงกัน ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 8 ชนิด คือ

1. พวโทโคฟีรอล (tocopherols) 4 ชนิด ได้แก่ alpha, gamma, beta และ sigma tocopherol

2. พกโทโคโทรีนอล (tocotrienols) 4 ชนิด ได้แก่ alpha, gamma, beta และ sigma tocotrienol

วิตามินอีตามธรรมชาติ จะอยู่ในรูปของแอลกอฮอล์ (alcohol) ชนิดที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพสูงสุดคือ alpha-tocopherol และเป็นชนิดที่ใช้เสริมวิตามินในอาหาร

แหล่งของวิตามินอีตามธรรมชาติ มีปริมาณมากในพืชสีเขียว หรือน้ำมันพืช โดยพืชที่อายุน้อยจะมีมากกว่าพืชที่มีอายุมาก ส่วนใบของพืชจะมีมากกว่าลำต้น ประมาณ 20-30 เท่า วิตามินอีในพืชอาหารสัตว์ที่ผ่านการตากแดดเพื่อทำหญ้าแห้ง จะเกิดการสูญเสียมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ แต่ในการทำพืชหมัก หรือการใช้ความร้อนเพื่อการอบแห้งจะสูญเสียวิตามินอีในปริมาณที่น้อยกว่า

วิตามินอี มีบทบาทในการป้องกันการเกิด oxidation (antioxidant) ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acids) นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์ (coenzyme) โดยเป็นตัวให้ไฮโดรเจน (hydrogen donor) ในระบบ hydrogen transferring systems อีกด้วย ซึ่งถือว่าไฮโดรเจนจาก hydroxyl group เป็นตัว active component วิตามินอีมีความสำคัญต่อระบบสืบพันธุ์ มีผลต่อการสร้างน้ำเชื้อในเพศผู้ และการตกไข่ การผสมติดในเพศเมีย ป้องกันการ oxidize ของวิตามินเอ และเพิ่มความต้านทานของเม็ดเลือดแดง

ความต้องการวิตามินอีของโคเล็อยู่ระหว่าง 15-60 IU/กก.อาหาร (NRC, 2000 และ Rasby et al., 1999)

การขาดวิตามินอี จะพบในสัตว์เคี้ยวเอื้องที่อายุน้อยมากกว่าในสัตว์ที่โตเต็มที่แล้ว โดยจะทำให้เกิดโรคกล้ามเนื้อลีบ (nutritional muscular dystrophy, NMD) หรือที่เรียกว่า white muscle disease ในลูกโค โรคนี้มีอาการแสดงออกเนื่องมาจากการเสื่อมของกล้ามเนื้อโครงร่าง (striated skeletal muscle) และกล้ามเนื้อหัวใจ (cardiac muscle) ทำให้การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อขา และคอลำบาก คอและขาจะแข็ง กรณีที่อาการรุนแรงกล้ามเนื้อจะซีดจนดูมีสีขาว กล้ามเนื้อหัวใจส่วนห้องล่างขวาจะกระทบกระเทือนมากที่สุด สัตว์จะมีอาการหายใจติดขัด และตาย

การป้องกันการขาดวิตามินอีในลูกสัตว์ ที่ได้ผลดีคือ การให้วิตามินอีแก่แม่สัตว์ที่อยู่ในระยะเวลาอุ้มท้องอย่างเพียงพอ จะทำให้ลูกอ่อนที่อยู่ในท้องได้รับวิตามินอีในระดับที่ต้องการด้วย

นอกจากการเสริมวิตามินอีแล้ว การให้สัตว์ได้รับธาตุซีลีเนียม (selenium) ในปริมาณที่เหมาะสม จะช่วยป้องกันโรคกล้ามเนื้อเสื่อมได้ แต่การใช้ซีลีเนียมเสริมในอาหารไม่ควรจะให้ในปริมาณมากเกินไปเกินความต้องการ เพราะอาจเป็นอันตรายต่อสัตว์ได้

5.4 วิตามินเค (vitamin K)

วิตามินเค เป็นกลุ่มของสารประกอบที่มีอยู่หลายชนิดด้วยกัน แต่ชนิดที่สำคัญที่สุดที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ได้แก่ วิตามินเค 1 (phyloquinones) ในแบคทีเรียจะมีวิตามินเค 2 (methylmenaquinone)

หน้าที่สำคัญของวิตามินเค คือ ช่วยการแข็งตัวของเลือดเมื่อเกิดบาดแผล ทำให้เลือดหยุดไหล ร่างกายต้องการวิตามินเคเพื่อการสังเคราะห์โปรตีนโปรทรอมบิน (prothrombin) ที่ช่วยให้เลือดแข็งตัว

สำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องวิตามินเค 2 เป็นแหล่งที่สำคัญที่สุดของวิตามินเค เพราะสามารถสังเคราะห์ได้ โดยแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ภายในกระเพาะรูเมน ส่วนวิตามินเค 1 จะได้จากพืชสีเขียว (Rasby et al., 1999) ในสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ได้รับอาหารภายใต้สภาพปกติจะได้รับวิตามินเคอย่างเพียงพอ และจากวิตามินเคที่สังเคราะห์ได้เองโดยแบคทีเรียในทางเดินอาหาร แต่บางครั้งสัตว์เคี้ยวเอื้องอาจแสดงอาการขาดวิตามินเคได้ โดยมีอาการเลือดไหลไม่หยุด

6. วิตามินที่ละลายได้ในน้ำ

วิตามินในกลุ่มนี้เป็นกลุ่มของวิตามินซี และวิตามินบีรวม (B complex) ได้แก่ thiamine, riboflavin, niacin, pyridoxine, pantothenic acid, lipoic acid, biotin, folic acid, inositol, para-aminobenzoic acid, cyanocobalamin และ choline สัตว์ต้องการวิตามินเหล่านี้เพื่อใช้เป็น co-factors ในระบบเอ็นไซม์ของกระบวนการเมแทบอลิซึมในร่างกาย

จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง สามารถสังเคราะห์วิตามินเหล่านี้ได้ ในระดับที่พอเพียงกับความต้องการ ทำให้โดยทั่วไปแล้วไม่มีความจำเป็นที่จะต้องเสริมวิตามินในกลุ่มนี้ลงในอาหาร ยกเว้น ในกรณีที่สัตว์ได้รับอาหารที่ทำให้เมแทบอลิซึมภายในกระเพาะรูเมนผิดปกติ และทำให้การสังเคราะห์วิตามินเหล่านี้ลดลงกว่าที่ร่างกายต้องการ จึงต้องมีการเสริมวิตามินบางชนิดให้กับสัตว์

6.1 วิตามินบี 1 (Thiamine, B1)

ทำหน้าที่สำคัญ ในการเปลี่ยน pyruvic acid ให้เป็น acetyl-Co A อีกทั้งยังมีส่วนร่วมในการ decarboxylation ของ alpha-keto acid ในกระบวนการ transketolase reactions ด้วย

การขาดไทอะมีน จะทำให้สัตว์เบื่ออาหาร และตายเนื่องจากการสูญเสียน้ำเป็นจำนวนมาก แต่โดยทั่วไปแล้ว จะไม่เกิดการขาดไทอะมีนกับสัตว์เคี้ยวเอื้อง ถึงแม้ว่า จะให้อาหารที่มีไทอะมีนอยู่เป็นจำนวนที่น้อยมากก็ตาม จึงไม่จำเป็นต้องเสริมในอาหาร ยกเว้น ในกรณีที่เมแทบอลิซึมของอาหารในกระเพาะรูเมนผิดปกติ ทำให้การสังเคราะห์ไทอะมีนลดลง

6.2 ไนอะซิน (Niacin, B3)

ไนอะซิน เป็นวิตามินที่มีความคงทนต่อความร้อน ความเป็นกรด-ด่างสูง หรือการ oxidation ไนอะซินสามารถสังเคราะห์ได้จากกรดแอมิโนทริปโตเฟน ซึ่งจะเกิดขึ้นภายในเซลล์ของแบคทีเรีย เช่นเดียวกับภายในเนื้อเยื่อของร่างกาย ดังนั้น สัตว์เคี้ยวเอื้องซึ่งมีแบคทีเรียอาศัยอยู่ในกระเพาะรูเมน จึงสามารถสังเคราะห์ไนอะซินได้ทั้งโดยตัวสัตว์เอง และโดยแบคทีเรียในกระเพาะรูเมน ทำให้สัตว์ได้รับไนอะซินในระดับที่เพียงพอต่อความต้องการ

หน้าที่สำคัญของไนอะซินคือ เป็นส่วนประกอบของ coenzymes 2 ชนิด ได้แก่ nicotinamide adenine dinucleotide (NAD) และ nicotinamide adenine dinucleotide phosphate (NADP) ซึ่งมีความสำคัญในกระบวนการเมแทบอลิซึมของพลังงาน

โอกาสที่สัตว์จะขาดไนอะซินจะเกิดขึ้นได้ ถ้าได้รับกรดแอมิโนทริปโตเฟนในอาหารน้อยกว่าระดับที่ร่างกายต้องการ ซึ่งจะทำให้การสังเคราะห์ไนอะซินลดลงตามไปด้วย

6.3 วิตามินบี 12 (Cyanocobalamin, B12)

วิตามินบี 12 มีความสำคัญสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเมแทบอลิซึม หลายขั้นตอนด้วยกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเปลี่ยนกรดไขมันโพธิโอเนต เพื่อการสังเคราะห์กลูโคส (gluconeogenesis) ในร่างกาย ดังนั้น การขาดวิตามินบี 12 จึงมีผลทำให้การสังเคราะห์กลูโคสผิดปกติไป โดยเหตุที่วิตามินบี 12 มีโคบอลต์ (Co) เป็นส่วนประกอบ ดังนั้น การขาด Co จะทำให้การสังเคราะห์วิตามินบี 12 ในสัตว์เคี้ยวเอื้องลดลงไปด้วย โดยพบว่าการเสริม Co ลงในอาหารจะช่วยทำให้การสังเคราะห์วิตามินบี 12 ดีขึ้น และสัตว์ที่แสดงอาการขาด Co ก็เนื่องมาจากการขาดวิตามินบี 12

ลูกสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ยังมีการพัฒนาของกระเพาะหมักยังไม่สมบูรณ์ ทำให้การสังเคราะห์วิตามินบี 12 ยังไม่มีประสิทธิภาพเต็มที่ ในกรณีนี้ จำเป็นจะต้องมีการเสริมวิตามินบี 12 โดยตรงให้กับลูกโควัยอ่อน แต่ในสัตว์เคี้ยวเอื้องที่กระเพาะหมักพัฒนาสมบูรณ์แล้ว สามารถสังเคราะห์วิตามินบี 12 ได้ และถ้าสัตว์แสดงอาการขาดวิตามินบี 12 ก็สามารถให้ Co เสริมลงในอาหารแทนวิตามินบี 12 ได้

6.4 โคลีน (Choline)

หน้าที่สำคัญของโคลีน ได้แก่ การเข้าร่วมตัวกับ acetyl-coenzyme A เปลี่ยนไปเป็น acetylcholine โดยเอ็นไซม์ choline acetylase ซึ่ง acetylcholine มีความสำคัญสำหรับการทำงานของระบบประสาทให้เป็นไปตามปกติ

สัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับโคลีนเพียงพอกับความต้องการของร่างกาย โดยการสังเคราะห์ของจุลินทรีย์ แต่ในสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กการสังเคราะห์โคลีนอาจจะยังไม่มีประสิทธิภาพเต็มที่ จึงอาจจะต้องมีการเสริมในอาหาร การเสริมโคลีนลงในอาหารของโคขุนอาจช่วยให้อัตราการเจริญเติบโตดีขึ้น ซึ่งสาเหตุอาจจะเนื่องมาจากการทำให้ประชากรของแบคทีเรียภายในกระเพาะรูเมนเพิ่มมากขึ้น โดยที่จุลินทรีย์บางชนิดมีความต้องการโคลีนหรือ methyl group มากกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่น

7. สรุป

วิตามินหลายชนิด มีบทบาทเป็นตัวควบคุมกระบวนการเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีนในเซลล์ จึงช่วยให้ร่างกายทำงานได้เป็นปกติ โคลีนมีความต้องการวิตามินที่แตกต่างกันตามชนิด และช่วงอายุของสัตว์ สัตว์เคี้ยวเอื้องระยะก่อนหย่านมจะมีความต้องการวิตามินเช่นเดียวกับสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง แต่สัตว์เคี้ยวเอื้องที่โตเต็มที่แล้ว สามารถสังเคราะห์วิตามินที่ละลายได้ในน้ำ และวิตามินเค โดยอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้น โคลีนอาจมีความต้องการเสริมวิตามินในอาหารเฉพาะวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน คือ วิตามินเอ ดี และ อี

8. เอกสารอ้างอิง

- Chapman, H. L., Jr., R. L. Shirley, A. Z. Palmer, C. E. Haines, J. W. Carpenter, and T. J. Cunha. 1964. Vitamins A and E in steer fattening rations on pasture. *J. Anim. Sci.* 23: 669-673.
- Church, D. C., L. S. Pope, and R. MacVicar. 1956. Effect of plane of nutrition of beef cows on depletion of liver vitamin A during gestation and on carotene requirements during lactation. *J. Anim. Sci.* 15: 1078-1088.
- Cullison, A. E., and C. S. Ward. 1965. Coastal Bermuda grass hay as a source of vitamin A for beef cattle. *J. Anim. Sci.* 24: 969-972.
- Guilbert, H. R., and G. H. Hart. 1935. Minimum vitamin A with particular reference to cattle. *J. Nutr.* 10: 409-427.
- Guilbert, H. R., C. E. Howell, and G. H. Hart. 1940. Minimum vitamin A and carotene requirement of mammalian species. *J. Nutr.* 19: 91-103.
- Jones, J. H., J. K. Riggs, G. S. Fraps, J. M. Jones, H. Schmidt, R. E. Dickson, P. E. Howe, and W. H. Black. 1938. Carotene requirements for fattening beef cattle. *Proc. Am. Soc. Anim. Prod.* 94: 102.

- Kirk, W. G., R. L. Shirley, J. F. Easley, and F. M. Peacock. 1971. Effect of carotene-deficient rations and supplemental vitamin A on gain, feed utilization and liver vitamin A of calves. *J. Anim. Sci.* 33: 476-480.
- Kohlmeier, R. H., and W. Burroughs. 1970. Estimation of critical of plasma and liver vitamin A levels in feedlot cattle with observation upon influences of body stores and daily dietary requirements. *J. Anim. Sci.* 30: 1012-1018.
- Madsen, L. L., O. N. Eaton, L. Memmstra, R. E. Davis, C. A. Cabell, and B. Knapp, Jr. 1948. Effectiveness of carotene and failure of ascorbic acid to increase sexual activity and semen quality of vitamin A deficient beef bulls. *J. Anim. Sci.* 7: 60-69.
- Meacham, T. N., K. P. Bovard, B. M. Priode, and J. P. Fontenot. 1970. Effect of supplemental vitamin A on the performance of beef cows and their calves. *J. Anim. Sci.* 31: 428-433.
- National Research Council. 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th Ed. National Academy Press, Washington, D.C.
- Perry, T. W., W. M. Beeson, W. H. Smith, R. B. Harrington and M. T. Mohler. 1968. Interrelationships among vitamins A, E and K when added to the rations of fattening beef cattle. *J. Anim. Sci.* 27: 190-194.
- Perry, T. W., W. M. Beeson, W. H. Smith, and M. T. Mohler. 1967. Injectable VS. oral vitamin A for fattening steer calves. *J. Anim. Sci.* 26: 115-118.
- Perry, T. W., W. H. Smith, W. M. Beeson, and M. T. Mohler. 1965. Value of supplemental vitamin A for fattening beef cattle on pasture. *J. Anim. Sci.* 25: 814-816.
- Rasby, R., D. Brink, I. Rush and D. Adams. 1999. Minerals and Vitamins For Beef Cows. online: <http://ianrpubs.unl.edu/beef/ec277.htm> available 27/3/2008.
- Rossi, J. 2006. Mineral Supplements for Beef Cattle. online: <http://pubs.caes.uga.edu/caespubs/B895/B895.htm> available 27/3/2008.
- Schelling, G. T., L. W. Chittenden, T. C. Jackson, Jr., S. A. Koch, R. L. Stuart, R. E. Tucker, and G. E. Mitchell, Jr. 1975. Liver storage of oral and intramuscular vitamin A. *J. Anim. Sci.* 40: 199 (abstr.).
- Swanson, E. W., G. G. Martin, F. E. Pardue, and G. M. Gorman. 1968. Milk production of cows fed diets deficient in vitamin A. *J. Anim. Sci.* 27: 541-548.

บทที่ 7 น้ำ (Water)

1. บทนำและความสำคัญของน้ำ

น้ำ เป็นองค์ประกอบอยู่ในร่างกาย ประมาณ 70-75 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ สภาวะทางสรีระ (physiological stage) ของสัตว์ น้ำมีความจำเป็นต่อการควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย รวมทั้งมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ การให้ผลผลิตน้ำนม การย่อยอาหาร เมแทบอลิซึม การขับถ่ายของเสีย การควบคุมสมดุลของแร่ธาตุ การหล่อลื่นข้อต่อและไขข้อ การได้ยินเสียง และการมองเห็น น้ำเป็นตัวทำละลายกลูโคส กรดแอมิโน อีออนของแร่ธาตุ และวิตามินที่ละลายได้ในน้ำ และยังช่วยในการขนส่งของเสียที่เกิดจากเมแทบอลิซึมในร่างกาย

ปริมาณความต้องการน้ำของโคเนื้อ สามารถประเมินได้จากปริมาณน้ำที่ได้รับจากอาหารที่กิน รวมกับปริมาณที่ดื่มได้อย่างอิสระ ค่าความต้องการน้ำ มีปัจจัยที่มีอิทธิพลหลายด้าน ประกอบด้วย อัตราการเจริญเติบโต และองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อเยื่อ การตั้งท้อง การให้ผลผลิตน้ำนม การดำเนินกิจกรรมของสัตว์ ประเภทของอาหาร ปริมาณอาหารที่ได้รับ และอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม

การจำกัดปริมาณการกินน้ำที่ได้รับ จะมีผลทำให้ปริมาณการกินอาหารได้ลดลง ซึ่งจะมีผลกระทบทำให้การให้ผลผลิตต่ำลง ปริมาณความต้องการน้ำของโคเนื้อ มีปัจจัยหลายอย่างมาเกี่ยวข้อง เช่น การเจริญเติบโตของร่างกาย การเจริญเติบโตของลูกอ่อนในท้อง หรือการให้น้ำนม รวมทั้งปริมาณการสูญเสียน้ำในรูปของปัสสาวะ มูลสัตว์ เหงื่อ และการหายใจ ปัจจัยเหล่านี้ มีอิทธิพลต่อค่าความต้องการน้ำขั้นต่ำของโคเนื้อในแต่ละวัน

ปริมาณการขับถ่ายปัสสาวะต่อวัน ขึ้นกับกิจกรรมของสัตว์ อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ปริมาณการดื่มน้ำ ตลอดทั้งปัจจัยด้านอื่น ๆ เช่น ฮอริโมนวาโซเพรสซิน (vasopressin) ซึ่งควบคุมการดูดซึมน้ำของไต สัตว์ที่อยู่ภายใต้สภาวะการอดน้ำ ร่างกายอาจปรับสภาพตัวเองให้ดูดซึมน้ำกลับในไตเพิ่มมากกว่าปกติ สามารถช่วยลดความต้องการน้ำลงได้ระดับหนึ่ง

2. ความต้องการน้ำของโคเนื้อ

ความต้องการน้ำของโคเนื้อจะเพิ่มสูงขึ้น หากได้รับอาหารที่มีโปรตีน เกลีส และแร่ธาตุอยู่สูง การสูญเสียน้ำผ่านทางมูลสัตว์ มีปัจจัยหลัก คือ อาหารที่ได้รับ เช่น วัตถุดิบอาหารที่มีความชื้นสูง หรืออาหารที่มีความเข้มข้นของแร่ธาตุสูง จะมีส่วนทำให้มูลเหลว นอกจากนั้นแล้ว การสูญเสียน้ำด้วยการระเหยผ่านทางผิวหนัง (เหงื่อ) หรือทางการหายใจจะมีปริมาณมากขึ้น หากอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมและสัตว์ดำเนินกิจกรรมเพิ่มสูงขึ้น

การศึกษาวิจัยปริมาณความต้องการน้ำของโคเนื้อในประเทศไทยมีอยู่อย่างจำกัด อย่างไรก็ตาม NRC (2000) ได้นำเสนอสมการ สำหรับทำนายความต้องการน้ำของโคขุนที่รายงานโดย Hicks et al. (1988) ดังสมการ

$$WD = -18.67 + (0.3937MT) + (2.432DMI) - (3.870PP) - (4.437DS)$$

โดยที่ WD (water daily intake) = ปริมาณน้ำที่กินได้ต่อวัน (ลิตรต่อวัน)

MT (maximum temperature) = อุณหภูมิสูงสุดของสภาพแวดล้อม (องศาฟาเรนไฮต์)

DMI (dry matter intake) = ปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบแห้ง (กิโลกรัมต่อวัน)

PP (precipitation) = ปริมาณน้ำฝน (ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวัน)

DS (dietary salt) = ปริมาณเกลือในอาหาร (เปอร์เซ็นต์)

3. ปัจจัยที่มีผลต่อการกินได้ของน้ำ

ปริมาณน้ำที่โคกินได้ ขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำ กล่าวคือ ถ้าน้ำมีคุณภาพดีโคจะกินได้มากกว่าน้ำที่มีคุณภาพต่ำกว่า แหล่งน้ำที่โคสามารถกินได้ มีทั้งน้ำจากผิวดิน และน้ำจากใต้ดิน โดยโคเนื้อมีความต้องการน้ำที่แตกต่างกันไปตามกระบวนการเมแทบอลิซึม อีกทั้ง การจำกัดปริมาณน้ำที่ให้อาจน้อยกว่าปริมาณความต้องการจะมีผลกระทบต่อสมรรถนะการผลิต สำหรับโคที่ขาดน้ำจะมีความผิดปกติของเยื่อเมือกในปาก น้ำหนักลด เกิดการอักเสบของเยื่อเมือก (mucous membrane) และดวงตาจะเริ่มมัว (dull)

ปริมาณสูงสุดของแร่ธาตุ หรือสารประกอบในน้ำดื่มที่อาจก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อโคเนื้อ ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ปริมาณแร่ธาตุหรือสารประกอบในน้ำดื่มที่อาจก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อโคเนื้อ

แร่ธาตุ/สารประกอบ	ค่าสูงสุดที่รับได้ (ส่วนต่อล้านส่วน)
อาร์ซีนิก	0.2
แคดเมียม	0.05
แคลเซียม	500
คลอไรด์	1500
โครเมียม	1.0
โคบอลต์	1.0
ฟลูออไรด์	2.0
ตะกั่ว	0.1
แมงกานีส	250
ปรอท	0.01
นิกเกิล	1.0
ไนโตรเจน ไนโตรเจน	300
ความเค็ม (ที่ละลายได้ทั้งหมด)	3000
โซเดียม	1000
ซัลเฟต	500
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	2500
ความเป็นกรด-ด่าง	5.5 – 8.5
วานาเดียม	0.1
สังกะสี	25.0

ที่มา : Shane (2008)

4. สรุป

น้ำ เป็นองค์ประกอบหลักที่มีมากที่สุดในร่างกาย ผู้เลี้ยงโคควรให้ความสนใจในเรื่องปริมาณและคุณภาพของน้ำ หากโคได้รับไม่เพียงพอ จะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตของโค และควรมีการตรวจสอบปริมาณแร่ธาตุ หรือสารประกอบที่ปนเปื้อนมากับน้ำให้อยู่ในปริมาณที่ไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อโค

5. เอกสารอ้างอิง

Shane, G. 2008. Water for Beef Cattle. Division of Agriculture, University of Arkansas. Online:

<http://www.uaex.edu> available 2/4/2008.

National Research Council. 2000. Nutrients Requirement of Beef Cattle. 7th ed. National Academy Press, Washington, DC.

Hicks, R.B., F. N. Owen, D. R. Gill, J. J. Martin, and C. A. Strasia. 1988. Water intake by feedlot steers. Okla. Anim. Sci. Rpt. Mp-125:208.

บทที่ 8 การสร้างตารางแนะนำความต้องการโภชนะและปริมาณการกินได้ของโคเนื้อ

(Formulation guideline table of nutrient requirements and feed intake)

การสร้างตารางแนะนำความต้องการโภชนะและการกินได้ของโคเนื้อฉบับแรกนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินความต้องการโภชนะตามสมรรถนะการเจริญเติบโตของโคเนื้อสายเลือดไทย 3 พันธุ์ คือ โคพื้นเมืองไทย โคพันธุ์บราห์มัน และโคลูกผสมบราห์มัน โดยได้นำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีการวิเคราะห์ห่อถักมานำมาพัฒนาสมการทำนาย เริ่มจากการสร้างฐานข้อมูล ที่รวบรวมข้อมูลจากงานวิจัยด้านโภชนะในโคเนื้อภายใต้สภาพการจัดการเลี้ยงดู สภาพแวดล้อมด้านภูมิอากาศ และแหล่งอาหารสัตว์ของไทย แล้วนำสมการที่ได้ มาประเมินความต้องการโภชนะ และปริมาณการกินได้ของโคเนื้อ จากนั้น จะนำผลการวิเคราะห์ไปสร้างสูตรอาหารโคเนื้อต่อไป

อย่างไรก็ตาม ในขั้นตอนการสังเคราะห์เอกสารงานวิจัย ด้านโภชนะโคเนื้อของประเทศไทยที่ตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสาร และเอกสารวิชาการ พบว่า มีข้อมูลน้อย ทำให้สมการที่สร้างได้ มีค่าความถูกต้อง แม่นยำและความเชื่อมั่นได้อย่างจำกัด สำหรับรายงานนี้ จึงเสนอการประเมินค่าความต้องการโภชนะเฉพาะโปรตีนและพลังงานเพื่อการดำรงชีพและเจริญเติบโตของโคเนื้อที่เลี้ยงในประเทศไทยบางสายพันธุ์เท่านั้น สำหรับรายละเอียด ที่มา และคำอธิบาย เกี่ยวกับสมการที่นำมาใช้ประเมินความต้องการโภชนะและปริมาณการกินได้ สามารถอ่านได้ในบทที่ 2 (ปริมาณการกินได้) บทที่ 3 (พลังงาน) และ บทที่ 4 (โปรตีน) ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. สมการทำนายความต้องการโภชนะและปริมาณการกินได้ของโคเนื้อ

สมการทำนายความต้องการโภชนะ และปริมาณการกินได้ของโคเนื้อ ที่เลือกใช้เป็นฐานในการประเมินความต้องการโภชนะของโค มีดังนี้

ปริมาณการกินได้

ใช้สมการทำนายปริมาณการกินได้โดยน้ำหนักแห้ง (DMI, kg/d) จากค่าน้ำหนักตัวโค (BW, kg)

โคเนื้อในประเทศไทย $DMI = 0.02887BW - 0.5778$ (สมการที่ 1)

พลังงาน

ใช้สมการทำนายความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (MEI, $\text{kJ/kgBW}^{0.75}/\text{d}$) เพื่อการดำรงชีพและเจริญเติบโต (ADG, $\text{g/kgBW}^{0.75}/\text{d}$)

โคพื้นเมืองไทย $MEI = 30.294ADG + 489.367$ (สมการที่ 6)

โคพันธุ์บราห์มัน $MEI = 22.669ADG + 486.196$ (สมการที่ 7)

โปรตีน

ใช้สมการทำนายความต้องการโปรตีน (CPI, $\text{gCP/kgBW}^{0.75}/\text{d}$) เพื่อการดำรงชีพและเจริญเติบโต (ADG, $\text{g/kgBW}^{0.75}/\text{d}$)

โคพื้นเมืองไทย $CPI = 0.3808ADG + 5.0262$ (สมการที่ 8)

โคพันธุ์บราห์มัน $CPI = 0.5633ADG + 4.5152$ (สมการที่ 9)

โคลูกผสมบราห์มัน $CPI = 0.5898ADG + 5.4685$ (สมการที่ 10)

2. การสร้างตารางความต้องการโภชนะของโคเนื้อ

ตารางความต้องการโภชนะของโคเนื้อ สร้างขึ้นจากสมการทำนายปริมาณการกินได้ และสมการทำนายความต้องการโภชนะของโค ตามสายพันธุ์ น้ำหนัก และระดับการให้ผลผลิต ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างตาราง โดยสรุปดังนี้

1. กำหนดสายพันธุ์โค เช่น โคพื้นเมืองไทย โคพันธุ์บราห์มัน และโคลูกผสมบราห์มัน เพื่อใช้ประกอบในการเลือกสมการทำนายการกินได้ และสมการทำนายความต้องการโภชนะ
2. กำหนดน้ำหนักโคที่ต้องการจะคำนวณความต้องการโภชนะ
3. กำหนดระดับการให้ผลผลิตของโค เช่น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain, ADG)

ตัวอย่าง คำนวณปริมาณการกินได้ ความต้องการพลังงาน และความต้องการโปรตีนของโคพันธุ์บราห์มัน น้ำหนัก 150 กิโลกรัม และต้องการให้มีอัตราการเจริญเติบโตวันละ 250 กรัม คำนวณความต้องการโภชนะ โดยเลือกใช้สมการในการคำนวณปริมาณการกินได้ และความต้องการโภชนะสำหรับโคพันธุ์บราห์มันที่เลี้ยงในประเทศไทย ได้แก่

1. ปริมาณการกินได้โดยน้ำหนักแห้ง (DMI)

$$DMI = 0.02887BW - 0.5778 \quad \dots\dots\dots (\text{จากสมการที่ 1})$$

2. ค่าความต้องการพลังงาน (MEI)

$$MEI = 22.669ADG + 486.196 \quad \dots\dots\dots (\text{จากสมการที่ 7})$$

3. ค่าความต้องการโปรตีน (CPI)

$$CPI = 0.5633ADG + 4.5152 \quad \dots\dots\dots (\text{จากสมการที่ 9})$$

คำนวณปริมาณการกินได้ ปริมาณการกินได้โดยน้ำหนักแห้ง (DMI, kg/d) คำนวณได้โดยการแทนค่าน้ำหนักตัวโค (BW, kg) ในสมการที่ 1

$$DMI \text{ (kg/d)} = [0.02887 \times (150)] - 0.5778$$

$$DMI \text{ (kg/d)} = 3.753 \text{ กิโลกรัมต่อวัน}$$

คำนวณความต้องการพลังงาน ความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (MEI, kJ/kgBW^{0.75}/d) เพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโต คำนวณได้โดยการแทนค่า อัตราการเจริญเติบโต (250 กรัมต่อวัน) ในสมการที่ 7 โดยแยกการคำนวณเป็น 2 ส่วน คือ คำนวณความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพ และความต้องการพลังงานเพื่อการเจริญเติบโต

ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพ คือ ความต้องการพลังงานเมื่อโคมีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 0

$$\text{แทนค่าในสมการ } MEI \text{ (kJ/kgBW}^{0.75}\text{/d)} = [22.669 \times (0)] + 486.196$$

$$\text{จะได้ } MEI \text{ (kJ/kgBW}^{0.75}\text{/d)} = 486.196 \text{ kJ/kgBW}^{0.75}\text{/d}$$

ค่าที่ได้ เป็นความต้องการพลังงานต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก ดังนั้น เมื่อหาค่าความต้องการพลังงานต่อโคน้ำหนัก 150 กิโลกรัม ต้องแปลงน้ำหนักจริง เป็นน้ำหนักเมแทบอลิก โดยแสดงค่าและวิธีแปลงค่าในตารางที่ 9 โคน้ำหนัก 150 กิโลกรัม แปลงเป็นน้ำหนักเมแทบอลิกได้ 42.86 จึงคำนวณความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพ โดยแทนค่าในสมการ

$$MEI \text{ (kJ/d)} = 486.196 \times 42.86$$

$$MEI \text{ (kJ/d)} = 20,838 \text{ kJ/d } (20.84 \text{ MJ/d})$$

ดังนั้นจะได้ ค่าความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพจะมีค่าเท่ากับ 20.84 MJ/d

การคำนวณความต้องการพลังงานเพื่อการเจริญเติบโตใช้สมการที่ 7 เช่นเดียวกัน โดยแทนค่าอัตราการเจริญเติบโตในสมการซึ่งประเมินความต้องการพลังงานต่อหน่วยน้ำหนักเมแทบอลิก ดังนั้น ก่อนแทนค่าในสมการต้องแปลงอัตราการเจริญเติบโต (250 กรัมต่อวัน) เป็นหน่วยน้ำหนักเมแทบอลิก จาก $250 \div 42.86 = 5.83 \text{ g/kgBW}^{0.75}/\text{d}$

แทนค่าในสมการ $\text{MEI (kJ/kgBW}^{0.75}/\text{d)} = [22.669 \times (5.83)] + 486.196$

จะได้ $\text{MEI (kJ/kgBW}^{0.75}/\text{d)} = 618.36 \text{ kJ/kgBW}^{0.75}/\text{d}$

ปรับค่าน้ำหนักเมแทบอลิก $\text{MEI (kJ/d)} = 618.36 \times 42.86$

$$\text{MEI (kJ/d)} = 26,503 \text{ kJ/d} \quad (26.51 \text{ MJ/d})$$

ดังนั้นจะได้ ค่าความต้องการพลังงานเพื่อการเจริญเติบโต 250 กรัมต่อวัน 26.51 – 20.84 จะมีค่าเท่ากับ 5.67 MJ/d

คำนวณความต้องการโปรตีน ความต้องการโปรตีน (CPI, gCP/kgBW^{0.75}/d) เพื่อการดำรงชีพและเจริญเติบโตคำนวณได้โดยการแทนค่าในสมการที่ 9 ซึ่งต้องแปลงน้ำหนักโคให้เป็นหน่วยน้ำหนักเมแทบอลิก (BW, kgBW^{0.75}) คือ 42.86 kgBW^{0.75} สำหรับโคหนัก 150 กิโลกรัม และแปลงอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน เป็นสัดส่วนต่อหน่วยของน้ำหนักเมแทบอลิก (ADG, g/kgBW^{0.75}/d) ซึ่งคำนวณได้จาก $250 \div 42.86$ จะมีค่าเท่ากับ $5.83 \text{ g/kgBW}^{0.75}/\text{d}$

สมการที่ใช้ คือ $\text{CPI (gCP/kgBW}^{0.75}/\text{d)} = 0.5633\text{ADG} + 4.5152$

คำนวณค่าความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ คือ ความต้องการโปรตีนเมื่ออัตราการเจริญเติบโต เท่ากับ 0

แทนค่าในสมการ $\text{CPI (gCP/kgBW}^{0.75}/\text{d)} = [0.5633 \times (0)] + 4.5152$

จะได้ $\text{CPI (gCP/kgBW}^{0.75}/\text{d)} = 4.5152 \text{ gCP/kgBW}^{0.75}/\text{d}$

ปรับค่าน้ำหนักเมแทบอลิก $\text{CPI (gCP/d)} = 4.5152 \times 42.86$

$$\text{CPI (gCP/d)} = 193.5 \text{ gCP/d}$$

ดังนั้นจะได้ ค่าความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพจะมีค่าเท่ากับ 194 gCP/d

การคำนวณความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตใช้สมการที่ 9 เช่นเดียวกัน โดยแทนค่าอัตราการเจริญเติบโตในสมการซึ่งประเมินความต้องการโปรตีนต่อหน่วยน้ำหนักเมแทบอลิก ดังนั้น ก่อนแทนค่าในสมการต้องแปลงอัตราการเจริญเติบโต (250 กรัมต่อวัน) เป็นหน่วย น้ำหนักเมแทบอลิก จาก $250 \div 42.86 = 5.83 \text{ g/kgBW}^{0.75}/\text{d}$

แทนค่าในสมการ $\text{CPI (gCP/kgBW}^{0.75}/\text{d)} = [0.5633 \times (5.83)] + 4.5152$

จะได้ $\text{CPI (gCP/kgBW}^{0.75}/\text{d)} = 7.799 \text{ gCP/kgBW}^{0.75}/\text{d}$

ปรับค่าน้ำหนักเมแทบอลิก $\text{CPI (gCP/d)} = 7.799 \times 42.86$

$$\text{CPI (gCP/d)} = 334.4 \text{ gCP/d}$$

ดังนั้น จะได้ค่าความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต 500 กรัมต่อวัน คือ $334.4 - 193.5 = 140.9 \text{ gCP/d}$

สรุปผลการคำนวณ โคพันธุ์บราห์มัน น้ำหนัก 150 กิโลกรัม และเจริญเติบโตเฉลี่ยวันละ 250 กรัม จะต้องกินอาหารโดยน้ำหนักแห้ง เท่ากับ 3.75 กิโลกรัมต่อวัน ต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 26.51 เมกกะจูลต่อวัน และมีต้องการโปรตีน 334.4 กรัมต่อวัน เมื่อนำผลการประเมินนี้ไปสร้างสูตรอาหารโค จึงกำหนดได้ว่า ในสูตรอาหารโค ต้องมีพลังงาน 7.06 เมกกะจูลต่อวัตต์แห้ง 1 กิโลกรัม (คำนวณได้จากความต้องการพลังงาน $26.51 \div 3.753 = 7.06 \text{ MJ/kgDM}$) และมีโปรตีน 8.91 เปอร์เซ็นต์ (คำนวณได้จาก $334.4 \div 3.753 = 89.1 \text{ gCP/kgDM}$ หรือ 8.91 เปอร์เซ็นต์)

ตารางที่ 10 11 และ 12 แสดงความต้องการโภชนะของโคเนื้อที่เลี้ยงในประเทศไทย จากการคำนวณ และสร้างตาราง ตามวิธีการที่ได้กล่าวมาข้างต้น โดยแสดงตัวอย่าง ค่าปริมาณการกินได้โดยน้ำหนักแห้ง ค่าความต้องการโปรตีน และค่าความต้องการพลังงานของโคแต่ละสายพันธุ์ ผู้ใช้สามารถนำไปเป็นข้อมูลในการประกอบการคำนวณสูตรอาหารโค ให้ตรงตามความต้องการโภชนะของโคแต่ละขนาด และตามระดับการให้ผลผลิต

ตารางที่ 9 คำนำน้หนักร่างกายเมแทบอลิก^{1/}

(Metabolic size for live body weight, $\text{kgBW}^{0.75}$)

น้ำหนักตัว (kgBW)	น้ำหนักเมแทบอลิก ($\text{kgBW}^{0.75}$)	น้ำหนักตัว (kgBW)	น้ำหนักเมแทบอลิก ($\text{kgBW}^{0.75}$)	น้ำหนักตัว (kgBW)	น้ำหนักเมแทบอลิก ($\text{kgBW}^{0.75}$)
0.5	0.59	130	38.50	480	102.55
1.0	1.00	140	40.70	490	104.15
1.5	1.36	150	42.86	500	105.74
2.0	1.68	160	44.99	510	107.32
2.5	1.99	170	47.08	520	108.89
3.0	2.28	180	49.14	530	110.46
3.5	2.56	190	51.18	540	112.02
4.0	2.83	200	53.18	550	113.57
4.5	3.09	210	55.17	560	115.12
5.0	3.34	220	57.12	570	116.66
5.5	3.59	230	59.06	580	118.19
6.0	3.83	240	60.98	590	119.71
6.5	4.07	250	62.87	600	121.23
7.0	4.30	260	64.75	620	124.25
7.5	4.53	270	66.61	640	127.24
8.0	4.76	280	68.45	660	130.21
8.5	4.98	290	70.27	680	133.16
9.0	5.20	300	72.08	700	136.09
9.5	5.41	310	73.88	720	139.00
10.0	5.62	320	75.66	740	141.88
15.0	7.62	330	77.43	760	144.75
20.0	9.46	340	79.18	780	147.59
25.0	11.18	350	80.92	800	150.42
30.0	12.82	360	82.65	820	153.24
35.0	14.39	370	84.36	840	156.03
40.0	15.91	380	86.07	860	158.81
45.0	17.37	390	87.76	880	161.57
50.0	18.80	400	89.44	900	164.32
60.0	21.56	410	91.11	920	167.05
70.0	24.20	420	92.78	940	169.76
80.0	26.75	430	94.43	960	172.47
90.0	29.22	440	96.07	980	175.15
100.0	31.62	450	97.70	1000	177.83
110.0	33.97	460	99.33	1100	191.00
120.0	36.26	470	100.94	1200	203.89

^{1/} คำนำน้หนักร่างกายเมแทบอลิก ($\text{kgBW}^{0.75}$ หรือ $\text{kgBW}^{3/4}$) คำนวณได้จากการนำเอาค่าของน้ำหนักตัว (kgBW) คูณกับ 3 ครั้ง แล้วถอดรากที่สอง 2 ครั้ง

ตารางที่ 10 ค่าความต้องการโปรตีนและพลังงานของโคพื้นเมืองไทย

(Nutrient requirements for Thai native cattle in Thailand)

Weight range	100-400 kg						
ADG range	0-1.00 kg						
Breed Code	Thai native						
Body Weight, kg	100	150	200	250	300	350	400
Dry Matter Intake (kg/d)	2.31	3.75	5.20	6.64	8.08	9.53	10.97
Maintenance and Growth Requirements							
ADG (kg/d)	ME required for gain (MJ/d)						
0.00	15.29	20.73	25.72	30.40	34.86	39.13	43.25
0.25	23.13	28.57	33.56	38.25	42.70	46.97	51.10
0.50	30.98	36.41	41.40	46.09	50.54	54.82	58.94
0.75	38.82	44.25	49.24	53.93	58.39	62.66	66.78
1.00	46.66	52.09	57.09	61.77	66.23	70.50	74.62
ADG (kg/d)	CP required for gain (g/d)						
0.00	159	215	267	316	362	407	450
0.25	254	311	363	411	458	502	545
0.50	349	406	458	506	553	597	640
0.75	445	501	553	602	648	692	735
1.00	540	596	648	697	743	788	830

ตารางที่ 11 ค่าความต้องการโปรตีนและพลังงานของโคพันธุ์บราห์มัน
(Nutrient requirements for Brahman cattle in Thailand)

Weight range	150-500 kg							
ADG range	0-1.75 kg							
Breed Code	Brahman							
Body Weight, kg	150	200	250	300	350	400	450	500
Dry Matter Intake (kg/d)	3.75	5.20	6.64	8.08	9.53	10.97	12.41	13.86
Maintenance and Growth Requirements								
ADG (kg/d)	ME required for gain (MJ/d)							
0.00	20.84	25.86	30.57	35.05	39.34	43.49	47.50	51.41
0.25	26.51	31.52	36.24	40.71	45.01	49.15	53.17	57.08
0.50	32.17	37.19	41.90	46.38	50.68	54.82	58.84	62.74
0.75	37.84	42.86	47.57	52.05	56.34	60.49	64.50	68.41
1.00	43.51	48.53	53.24	57.72	62.01	66.16	70.17	74.08
1.25	49.18	54.19	58.90	63.38	67.68	71.82	75.84	79.75
1.50	54.84	59.86	64.57	69.05	73.35	77.49	81.51	85.41
1.75	60.51	65.53	70.24	74.72	79.01	83.16	87.17	91.08
ADG (kg/d)	CP required for gain (g/d)							
0.00	194	240	284	325	365	404	441	477
0.25	334	381	425	466	506	545	582	618
0.50	475	522	566	607	647	686	723	759
0.75	616	663	706	748	788	826	864	900
1.00	757	803	847	889	929	967	1004	1041
1.25	898	944	988	1030	1069	1108	1145	1182
1.50	1038	1085	1129	1170	1210	1249	1286	1322
1.75	1179	1226	1270	1311	1351	1390	1427	1463

ตารางที่ 12 ค่าความต้องการโปรตีนและพลังงานของโคลูกผสมบราห์มัน
(Nutrient requirements for Brahman crossbred cattle in Thailand)

Weight range	100-400 kg						
ADG range	0-1.25 kg						
Breed Code	Brahman crossbred						
Body Weight, kg	100	150	200	250	300	350	400
Dry Matter Intake (kg/d)	2.31	3.75	5.20	6.64	8.08	9.53	10.97
Maintenance and Growth Requirements							
ADG (kg/d)	ME required for gain (MJ/d)						
0.00	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na
0.25	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na
0.50	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na
0.75	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na
1.00	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na
1.25	Na	Na	Na	Na	Na	Na	Na
ADG (kg/d)	CP required for gain (g/d)						
0.00	173	234	291	344	394	443	489
0.25	320	382	438	491	542	590	637
0.50	468	529	586	639	689	737	784
0.75	615	677	733	786	837	885	931
1.00	763	824	881	934	984	1032	1079
1.25	910	972	1028	1081	1131	1180	1226

Na = ไม่มีข้อมูล

3. การประกอบสูตรอาหารสำหรับโคเนื้อ

การประกอบสูตรอาหาร (Feed formulation) เป็นการคำนวณปริมาณวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่จะให้สัตว์กินในสัดส่วนที่เหมาะสม เพื่อให้สัตว์ได้รับโภชนะครบตามความต้องการในการดำรงชีพและการให้ผลผลิต ซึ่งจำเป็นจะต้องอาศัยข้อมูลพื้นฐาน และมีขั้นตอนในการคำนวณหาส่วนประกอบสูตรอาหาร โดยสรุปดังนี้

1. ผู้ทำสูตรอาหารต้องทราบค่าความต้องการโภชนะของสัตว์เลี้ยงที่จะประกอบสูตรอาหาร เพื่อให้ถูกต้อง และตรงตามความต้องการเพื่อการดำรงชีพ และเพิ่มระดับของการให้ผลผลิตของสัตว์ (ดูจากตารางที่ 10, 11 และ 12)
2. ผู้ทำสูตรอาหารต้องทราบรายการวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่จะนำมาประกอบสูตรอาหาร โดยควรเลือกวัตถุดิบที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น และมีในฤดูกาล ต้องทราบองค์ประกอบทางเคมี และคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบที่นำมาใช้เป็นส่วนประกอบ (ดูจากบทที่ 9)
3. คำนวณหาสัดส่วนของวัตถุดิบอาหารสัตว์ในสูตรต่อกิโลกรัมโดยน้ำหนักแห้งของอาหาร
4. ทำการตรวจสอบปริมาณโภชนะในสูตรอาหารที่คำนวณได้ว่าเพียงพอหรือไม่อีกครั้ง
5. เมื่อได้ส่วนประกอบของสูตรอาหารแล้ว ควรเปลี่ยนจากน้ำหนักแห้ง (dry matter basis) ให้เป็นน้ำหนักสด (as fed basis) เพื่อความสะดวกในการผสม หรือให้อาหารเลี้ยงสัตว์

ตัวอย่างการคำนวณสูตรอาหารโคเนื้อ

สมมติว่า ต้องการประกอบสูตรอาหารเลี้ยงโคพันธุ์บราห์มัน น้ำหนักตัว 150 กิโลกรัม กำหนดให้มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยวันละ 250 กรัม โดยเลือกใช้วัตถุดิบราคาถูก และหาได้ง่ายในท้องถิ่น สามารถคำนวณสูตรอาหารได้ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 หาค่าความต้องการโภชนะของสัตว์ (ดูจากตารางที่ 10, 11 และ 12)

จากตารางความต้องการโภชนะของโคพันธุ์บราห์มัน (ตารางที่ 11) โค น้ำหนัก 150 กิโลกรัม อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยวันละ 250 กรัม จะต้องกินอาหารโดยน้ำหนักแห้ง 3.753 กิโลกรัมต่อวัน ต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME) 26.51 MJ/d และต้องการโปรตีน 334.4 กรัมต่อวัน ดังนั้น ในสูตรอาหาร 1 กิโลกรัมโดยน้ำหนักแห้ง จะต้องมีส่วนพลังงาน 7.06 เมกกะจูล และมีโปรตีนหยาบ 8.91 เปอร์เซ็นต์

ขั้นตอนที่ 2 เลือกวัตถุดิบอาหารที่จะนำมาใช้ประกอบสูตรอาหาร โดยเลือกวัตถุดิบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น

จากนั้นพิจารณา คุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบ โดยดูจากบทที่ 9 จึงจำแนกวัตถุดิบ ออกเป็นกลุ่มๆ ตามโภชนะหลักที่มีในวัตถุดิบ เช่น กลุ่มพลังงาน กลุ่มโปรตีน กลุ่มแร่ธาตุ ขอยกตัวอย่างวัตถุดิบที่มีมากในท้องถิ่น 5 ชนิด ตามตารางที่ 13 วัตถุดิบดังกล่าว แยกเป็นกลุ่มพลังงาน ได้แก่ พางข้าว, มันเส้น, รำละเอียด กลุ่มแหล่งโปรตีน ได้แก่ ปากเปียร์แห้ง และมีวัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบ ได้แก่ พางข้าว และหญ้าแพงโกล่าแห้ง หลักการพื้นฐานในการสร้างสูตรอาหารสัตว์ คือ ประกอบสูตรอาหารให้ได้อาหารที่เหมาะสม และมีราคาต่ำที่สุด ดังนั้น จากตารางที่ 13 จะเห็นว่าพางข้าวเป็นอาหารหยาบที่มีราคาต่อหน่วยพลังงานต่ำที่สุด ขณะที่มันเส้น และรำละเอียดเป็นอาหารชั้นซึ่งราคาค่อนข้างถูก และหาได้ง่ายในท้องถิ่น จึงเลือกวัตถุดิบ 3 ชนิดในสูตรอาหาร

ตารางที่ 13 คุณค่าทางอาหารและราคาของวัตถุดิบอาหารสัตว์ (ดัดแปลงมาจากตารางในบทที่ 9)

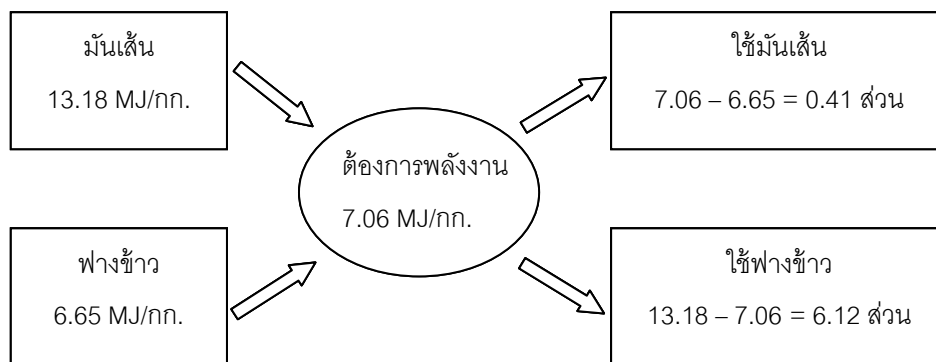
วัตถุดิบอาหารสัตว์	วัตถุดิบแห้ง %DM	ME MJ/กก.	โปรตีน %DM	NDF %DM	*ราคา(บาท/กก.) นน.สด นน.แห้ง		ราคา(บาท/หน่วยโภชนะ) /MJ ME /กก.โปรตีน	
ฟางข้าว	88.8	6.65	3.2	61.2	2.00	2.25	0.34	70.38
หญ้าแพงโกล่าแห้ง	87.0	8.87	8.7	61.2	3.00	3.45	0.39	39.64
กากเบียร์แห้ง	91.3	10.38	22.9	46.3	7.50	8.22	0.79	35.87
มันเส้น	89.8	13.18	2.1	9.1	6.60	7.35	0.56	349.98
รำละเอียด	89.9	12.64	12.2	16.9	6.80	7.56	0.60	62.00

* ราคา ณ เดือน กรกฎาคม ปี พ.ศ. 2551

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณสัดส่วนวัตถุดิบในสูตรอาหาร ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี ตัวอย่างนี้ จะกล่าวถึงการคำนวณโดยใช้วิธีเพียร์สันสแควร์ ดังนี้

1. ใส่ค่าความต้องการโภชนะของสัตว์ไว้ตรงกลาง
2. ใส่ค่าโภชนะ (เช่น พลังงาน เป็นเมกกะจูลต่อกิโลกรัม) ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ 2 ชนิด ที่เลือกใช้ไว้ตรงมุมซ้ายบน และล่างของสี่เหลี่ยม อย่างละ 1 ชนิด
3. นำค่าโภชนะของวัตถุดิบแต่ละตัว ลบกับค่าโภชนะที่ต้องการ แล้วใส่ค่าไว้มุมตรงข้าม
4. ค่าที่ได้ คือ สัดส่วนของวัตถุดิบแต่ละชนิด ที่ต้องใช้ในการผสมอาหารให้ได้ระดับโภชนะที่ต้องการ

ตัวอย่างการคำนวณค่าพลังงาน คำนวณโดยใช้วิธีเพียร์สันสแควร์ โดยเลือกใช้ มันเส้น และฟางข้าว ดังนี้



คำนวณเป็นค่าร้อยละ โดยรวมสัดส่วนวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้งหมด = 0.41 + 6.12 = 6.53 ส่วน

ดังนั้น มันเส้น = $(0.41 \div 6.53) \times 100 = 6.28 \%$

ฟางข้าว = $(6.12 \div 6.53) \times 100 = 93.72 \%$

ตรวจสอบการได้รับโภชนะ เมื่อโคกินวัตถุดิบได้ 3.753 กิโลกรัม ในอาหารมีมันเส้น $(3.753 \times 6.28 \%) = 0.2356$ กิโลกรัม จึงได้ พลังงานจากมันเส้น $(0.2356 \text{ ก.ก} \times 13.18 \text{ MJ/ก.ก}) = 3.1055 \text{ MJ}$ และมีฟางข้าว $(3.753 \times 93.72 \%) = 3.5171$ กิโลกรัม ซึ่งจะได้ พลังงานจากฟางข้าว $(3.5171 \text{ ก.ก} \times 6.65 \text{ MJ/ก.ก}) = 23.3886 \text{ MJ}$ จึงได้ พลังงานรวม 26.9057 MJ ตรงตามความต้องการของโค

คำนวณค่าโปรตีน

ขั้นต่อมา คือ คำนวณปริมาณโปรตีนที่จะได้จากฟางข้าว และมันเส้น ตามสัดส่วนที่คำนวณไว้ข้างต้น

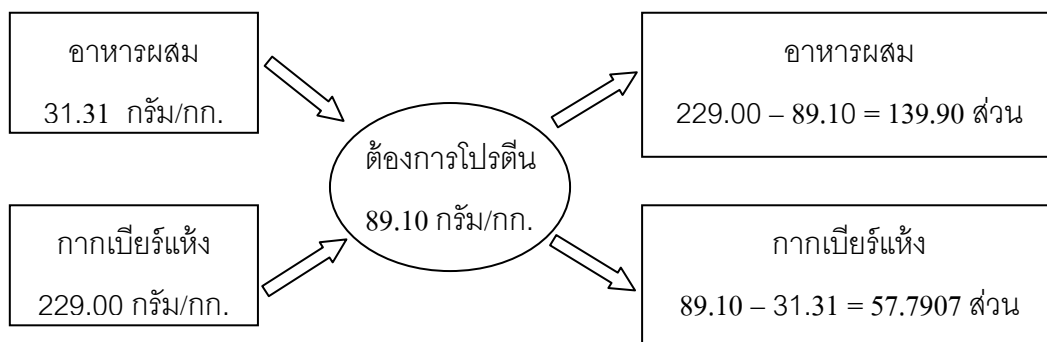
โปรตีนจากฟางข้าว $0.93721 \text{ ก.ก.} \times 32 \text{ กรัม/ก.ก.} = 29.9908 \text{ กรัม/ก.ก.}$

โปรตีนจากมันเส้น $0.06279 \text{ ก.ก.} \times 21 \text{ กรัม/ก.ก.} = 1.3185 \text{ กรัม/ก.ก.}$

รวมโปรตีนที่ได้ $= 31.3093 \text{ กรัม/ก.ก.}$

จะเห็นได้ว่า สูตรอาหารที่มีฟางข้าวร่วมกับมันเส้น ให้โปรตีนไม่เพียงพอความต้องการของโค ซึ่งต้องการโปรตีน 89.1 กรัมในอาหาร 1 กิโลกรัม ยังขาดอยู่ $89.1 - 31.3093 = 57.7907 \text{ กรัม/ก.ก.}$ ดังนั้น จะต้องหาวัตถุดิบที่มีโปรตีนสูง มาเพิ่มเติมในสูตรอาหาร จากวัตถุดิบที่มีในตารางที่ 13 แหล่งโปรตีนราคาถูกที่สุด คือ กากเบียร์แห้ง (35.87 บาท/กก.โปรตีน) จึงเป็นวัตถุดิบที่เลือกมาปรับโปรตีนในสูตรอาหารให้สูงขึ้น สามารถคำนวณโดยใช้เพียร์สันสแควร์เช่นเดียวกัน ดังตัวอย่าง

คำนวณค่าโปรตีน



คำนวณเป็นค่าร้อยละ โดยรวมสัดส่วนวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้งหมด $= 139.90 + 57.79 = 197.69 \text{ ส่วน}$

ดังนั้น อาหารผสมหลัก $= (139.90 \div 197.69) \times 100 = 70.77 \%$

กากเบียร์แห้ง $= (57.79 \div 197.69) \times 100 = 29.23 \%$

ดังนั้น เมื่อคำนวณสัดส่วนวัตถุดิบในสูตรอาหารใหม่ จะได้

ฟางข้าว $= 70.77 \% \times 93.72 \% = 66.32 \%$

มันเส้น $= 70.77 \% \times 6.28 \% = 4.44 \%$

กากเบียร์แห้ง $= 29.23 \% \times 100 \% = 29.23 \%$

เป็นสูตรอาหารเลี้ยงโคเนื้อพันธุ์บราห์มัน น้ำหนัก 150 กิโลกรัม ให้มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 250 กรัมต่อวัน เมื่อโคกินอาหาร คิดเป็นวัตถุแห้ง 3.75 กิโลกรัม จะได้รับโปรตีนและพลังงานเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตดังกล่าว

ข้อควรระวังในการใช้วิธีเพียร์สันสแควร์

ค่าโภชนะของวัตถุดิบที่เลือกใช้ และนำมาคำนวณโดยวิธีเพียร์สันสแควร์ ต้องมีโภชนะสูงกว่าค่าโภชนะที่ต้องการอย่างหนึ่ง และต่ำกว่าค่าโภชนะที่ต้องการอย่างหนึ่ง ตัวอย่างเช่น ต้องการโปรตีน 89.10 กรัม/กิโลกรัม ต้องใช้วัตถุดิบที่มีโปรตีนสูงกว่า 89.10 กรัม และวัตถุดิบที่มีโปรตีนต่ำกว่า 89.10 กรัม จึงจะนำมาคำนวณโดยวิธีนี้ได้

ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบปริมาณโภชนะในสูตรอาหารที่คำนวณได้ว่าเพียงพอหรือไม่

เมื่อคำนวณได้สัดส่วนของวัตถุดิบในสูตรสัตว์แล้ว ต้องตรวจสอบโภชนะในสูตรอาหาร ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตรวจสอบ ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ ในอาหารที่โคกินได้ต่อวัน คือ 3.75 กิโลกรัม มีฟางข้าว 2.48 กิโลกรัม มั่นเส้น 0.17 กิโลกรัม และกากเบียร์แห้ง 1.10 กิโลกรัม คำนวณ ค่าพลังงานที่สัตว์กินต่อวัน

ฟางข้าว	2.48 ก.ก. × 6.65 MJ/ก.ก.	= 16.5519 MJ
มั่นเส้น	0.17 ก.ก. × 13.18 MJ/ก.ก.	= 2.1984 MJ
กากเบียร์แห้ง	1.10 ก.ก. × 10.38 MJ/ก.ก.	= 11.3858 MJ
รวม	3.75 ก.ก.	= 30.1361 MJ

ตรวจสอบค่าโปรตีนทั้งหมด

ฟางข้าว	2.48 ก.ก. × 32 กรัม/ก.ก.	= 79.65 กรัม
มั่นเส้น	0.17 ก.ก. × 21 กรัม/ก.ก.	= 3.50 กรัม
กากเบียร์แห้ง	1.10 × 229 กรัม/ก.ก.	= 251.19 กรัม
รวม	3.75 ก.ก.	= 334.34 กรัม

ขั้นตอนที่ 5 เปลี่ยนน้ำหนักของวัตถุดิบในสูตรอาหารให้เป็นน้ำหนักสดหรือน้ำหนักขณะกิน

ทำการเปลี่ยน คำนำน้ำหนักแห้ง (dry matter basis) ของวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนประกอบของสูตรอาหารที่คำนวณได้ ให้เป็นค่าน้ำหนักสด (as fed basis) โดยการหารค่าน้ำหนักแห้งของวัตถุดิบด้วยเปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบแห้งของวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิด ผลลัพธ์จึงเป็นปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ผสมอาหารจริง

จากโจทย์ ที่ต้องการประกอบสูตรอาหารสำหรับโคพันธุ์บราห์มัน น้ำหนัก 150 กิโลกรัม มีการเจริญเติบโตเฉลี่ยวันละ 250 กรัม ได้สูตรอาหารที่เป็นน้ำหนักแห้ง น้ำหนักสด และราคาต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง และน้ำหนักสด แสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 การเปลี่ยนน้ำหนักแห้งเป็นน้ำหนักสด และราคาของสูตรอาหาร

วัตถุดิบอาหารสัตว์	วัตถุแห้ง (%)	สัดส่วนในสูตรอาหาร (%)		ราคา (บาท)
		น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักสด	
ฟางข้าว	88.8	66.33	66.90	133.80 (2.00 บาท/กก.)
มั่นเส้น	89.8	4.44	4.43	29.24 (6.60 บาท/กก.)
กากเบียร์แห้ง	91.3	29.23	28.67	215.02 (7.50 บาท/กก.)
รวม		100.00	100.00	378.06 (3.78 บาท/กก.)

อย่างไรก็ตาม การประกอบสูตรอาหารด้วยมือ หรือเครื่องคิดเลขธรรมดาจะเสียเวลามาก และอาจเกิดการผิดพลาดได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าต้องใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์หลายชนิดรวมกัน อีกทั้งราคาของวัตถุดิบอาหารสัตว์มีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ และจะต้องมีการเปลี่ยนสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงเป็นประจำตามน้ำหนักตัวสัตว์ ทำให้ในปัจจุบัน ได้มีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการสร้างโปรแกรมคำนวณประกอบสูตรอาหาร โดยอาศัยหลักการพื้นฐานดังที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งสามารถคำนวณได้หลาย ๆ สูตรอย่างรวดเร็ว มีราคาต่ำและมีโภชนะต่าง ๆ ครบตามความต้องการของสัตว์

บทที่ 9 ตารางคุณค่าทางโภชนาของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

(Table of beef cattle feed composition)

ตารางคุณค่าทางโภชนาของวัตถุดิบอาหารสัตว์ (feed table) เป็นตารางที่แสดงข้อมูลส่วนประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาของวัตถุดิบอาหารสัตว์ เช่น วัตถุดิบ โปรตีน พลังงาน ฯลฯ จากการที่อาหารสัตว์มีผลต่อการให้ผลผลิตของสัตว์ สัตว์จะให้ผลผลิตได้เต็มที่หรือไม่ ขึ้นอยู่กับค่าโภชนาในอาหารสัตว์นั้น ดังนั้น ผู้เลี้ยงสัตว์จึงต้องเลือกใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพดี ไม่มีสิ่งแปลกปลอม และต้องมีคุณค่าทางอาหารสัตว์สูงด้วย ซึ่งในส่วนของคุณค่าทางอาหารสัตว์นี้ ผู้เลี้ยงสัตว์สามารถเลือกใช้ได้โดยพิจารณาจากข้อมูลในตารางคุณค่าทางโภชนาของวัตถุดิบอาหารสัตว์ หลังจากที่ได้เลือกชนิดของวัตถุดิบที่ต้องการใช้ได้แล้ว การจะประกอบสูตรให้ได้อาหารผสมที่มีโภชนาเพียงพอสำหรับสัตว์แต่ละชนิด แต่ละระยะการเจริญเติบโต ก็จำเป็นต้องใช้ข้อมูลจากตารางนี้เช่นกัน

จากประโยชน์ของตารางคุณค่าทางโภชนาของวัตถุดิบอาหารสัตว์ดังกล่าวข้างต้น กรมปศุสัตว์ สถาบันการศึกษาต่างๆ และภาคเอกชน จึงมีความเห็นตรงกันว่าควรมีตารางคุณค่าทางโภชนาของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นของประเทศไทย สำหรับให้เกษตรกร นักวิชาการได้ใช้ในการเลือกชนิดวัตถุดิบ การประกอบสูตรอาหารสัตว์ การจัดการด้านอาหารสัตว์ และเป็นข้อมูลสำหรับเจ้าหน้าที่ในการให้คำแนะนำ ส่งเสริมแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ และในขณะนี้ข้อมูลค่าพลังงานของวัตถุดิบในโคเนื้อที่มีอยู่น้อยมาก ดังนั้น จึงได้ร่วมกันจัดทำตารางคุณค่าทางโภชนาของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ ฉบับที่ 1 นี้ โดยใช้ข้อมูลของกรมปศุสัตว์ ข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นเอกสารของประเทศไทย และข้อมูลจากสถาบันการศึกษาและภาคเอกชนส่งมาให้ แต่อย่างไรก็ตาม ตารางคุณค่าทางโภชนาของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อฉบับนี้ยังขาดข้อมูลในส่วนของการธาตุ และพลังงานอีกมาก ซึ่งจะได้ทำการปรับปรุง แก้ไขต่อไป

ถึงแม้ว่าตารางคุณค่าทางโภชนาฉบับนี้จะเป็นตารางของวัตถุดิบโคเนื้อ แต่ในส่วนของการประกอบทางเคมีสามารถใช้กับสัตว์เล็กและสัตว์ปีกได้ จึงหวังว่าเอกสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์อย่างกว้างขวางสำหรับนักวิชาการและเกษตรกร

1. วิธีการจัดทำตารางคุณค่าทางโภชนาของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

1. ที่มาของข้อมูล ในการจัดทำตารางคุณค่าทางโภชนาของอาหารโคเนื้อ ฉบับที่ 1 ได้ทำการสืบค้นข้อมูลจากรายงานผลงานวิจัยของหน่วยงานต่างๆ ในประเทศไทย ข้อมูลจากรายงานผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการกองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537 – 2550 จากสถาบันการศึกษา 5 แห่ง คือ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และบริษัทผลิตอาหารสัตว์ 3 แห่ง คือ บริษัทท็อป ฟีด มิลล์ จำกัด บริษัท เครือเจริญโภคภัณฑ์ จำกัด และบริษัท เบทาโกร จำกัด

จากแหล่งข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ข้อมูลส่วนประกอบทางเคมีได้จากรายงานผลงานวิจัยและจากรายงานผลการวิเคราะห์ของหน่วยงานต่างๆ ส่วนค่าพลังงานได้จากรายงานผลงานวิจัยและผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการของกองอาหารสัตว์

2. การจำแนกกลุ่มของวัตถุดิบ จากข้อมูลที่ได้ จะนำมาจัดจำแนกเป็นกลุ่มโดยใช้แนวทางของ Harris และคณะ (1982) ซึ่งแบ่งวัตถุดิบออกเป็น 8 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 พืชอาหารสัตว์แห้งและอาหารหยาบแห้ง เป็นกลุ่มของพืชอาหารสัตว์และอาหารหยาบที่ตัดมาแล้วนำมาทำให้แห้ง รวมถึงวัตถุดิบอื่นและวัสดุพลอยได้จากการเกษตรและอุตสาหกรรม ที่มีค่าเยื่อใยหยาบ (crude fiber)

มากกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ หรือมีค่าผนังเซลล์ (cell wall) มากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ได้แก่ หญ้าแห้ง ถั่วพืชอาหารสัตว์แห้ง ฟาง ผักถั่ว ฯลฯ

กลุ่มที่ 2 พืชสด คำว่า “พืช” ในที่นั้นนอกจากจะหมายถึงพืชอาหารสัตว์ที่มีการใช้กันโดยทั่วไป เช่น หญ้าสดที่ถั่วทำพระสโตโล ฯลฯ แล้ว ยังหมายถึงพืชพื้นเมืองและพืชที่ขึ้นเองตามธรรมชาติ ที่สัตว์กินได้ เช่น หญ้าหวานข้อ ถั่วลิสงนา ฯลฯ โดยพืชสดในกลุ่มนี้ หมายถึง พืชที่ตัดและนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ในสภาพพืชสด และพืชที่ปล่อยให้สัตว์แทะเล็ม

กลุ่มที่ 3 พืชหมัก หมายถึง เฉพาะต้นพืชหมัก ได้แก่ พืชอาหารสัตว์ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ฯลฯ เท่านั้น ไม่รวมผลพลหมัก เมล็ดพืช ราก (roots) หรือ หัวพืช (tubers) หมัก

กลุ่มที่ 4 วัตถุดิบแหล่งพลังงาน เป็นกลุ่มของวัตถุดิบที่มีโปรตีนน้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใยหยาบต่ำกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ หรือ ค่าผนังเซลล์น้อยกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ได้แก่ เมล็ดพืช ราก หัวพืช ฯลฯ และในกรณีที่วัตถุดิบเหล่านี้ถูกนำไปหมัก ก็จัดวัตถุดิบที่ได้จากการหมักนี้ไว้ในกลุ่มวัตถุดิบแหล่งพลังงานเช่นกัน

กลุ่มที่ 5 วัตถุดิบแหล่งโปรตีน วัตถุดิบกลุ่มนี้มีโปรตีนตั้งแต่ 20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งขึ้นไป เป็นวัตถุดิบที่ได้จากสัตว์ (รวมทั้งอาหารหมักที่ได้จากสัตว์) วัสดุพลอยได้จากการกระบวนการสกัดน้ำมัน กลูเตน (gluten) ฯลฯ

กลุ่มที่ 6 วัตถุดิบแหล่งแร่ธาตุ

กลุ่มที่ 7 วัตถุดิบแหล่งวิตามิน

กลุ่มที่ 8 สารเสริมต่างๆ ได้แก่ ยาปฏิชีวนะ สารแต่งสี สารแต่งกลิ่น ฮอโมน เป็นต้น

3. การระบุชื่อของวัตถุดิบและกระบวนการที่ทำให้ได้วัตถุดิบ ใช้หลักเกณฑ์ ดังนี้

3.1 ในกรณีที่พืชหรือผลพลอยได้จากพืช จะตรวจสอบชื่อสามัญ (common name) และชื่อวิทยาศาสตร์ (scientific name) ของพืชนั้น ในกรณีที่พืชพื้นเมืองของประเทศไทย ซึ่งจะมีชื่อสามัญที่ใช้เรียกในแต่ละภาคไม่เหมือนกัน จะใช้ชื่อเรียกของภาคกลางเป็นหลัก แต่ถ้าไม่มีชื่อของภาคกลาง จึงจะใช้ชื่อสามัญตามแหล่งกำเนิดของพืชนั้น เมื่อได้ชื่อที่ถูกต้องแล้ว จะตรวจสอบต่อไปว่าระยะการเจริญเติบโตหรืออายุการตัดที่ระบุไว้ในข้อมูลที่สืบค้นได้มีความถูกต้องหรือไม่ โดยพิจารณาจากข้อมูลของคุณค่าทางโภชนาของพืชนั้น

3.2 ในกรณีที่พืชวัตถุดิบอาหารชั้น จะตรวจสอบว่าชื่อของวัตถุดิบถูกต้องหรือไม่ ผ่านกระบวนการอะไร เช่น สกัดน้ำมันหรืออัดน้ำมัน ส่วนประกอบของวัตถุดิบนั้นมีอะไรบ้าง เช่น ถ้าเป็นปลาป่น จะตรวจสอบว่ามีเฉพาะเนื้อปลาหรือเป็นหัวปลาและกระดูกปลาป่น ซึ่งในการพิจารณานี้จะใช้ข้อมูลของคุณค่าทางโภชนาเป็นหลักเช่นเดียวกับในกรณีของพืช

3.3 ในกรณีของวัสดุพลอยได้จากการเกษตรและอุตสาหกรรม จะตรวจสอบว่าชื่อถูกต้องหรือไม่ วัสดุพลอยได้นั้นประกอบด้วยอะไรบ้าง และได้มาอย่างไร หรือจากขั้นตอนใดของกระบวนการผลิต โดยพิจารณาจากข้อมูลของคุณค่าทางโภชนาเช่นกัน เช่น ยอดและต้นมันสำปะหลัง กากมันสำปะหลังจากการผลิตแอลกอฮอล์ ฯลฯ

4. การคัดกรองข้อมูล ทำการตรวจสอบข้อมูลค่าการวิเคราะห์ของโภชนาแต่ละรายการ และตัดค่าที่ต่างจากกลุ่มข้อมูล (outlier) ออก

สำหรับค่าโภชนาบางรายการที่ไม่มีข้อมูล จะนำค่าจากมาตรฐานอาหารสัตว์ที่เป็นที่เชื่อถือของสากล ได้แก่ มาตรฐานอาหารสัตว์ของประเทศสหรัฐอเมริกา (NRC, 1984) หรือของประเทศญี่ปุ่น (NARO, 2001) เป็นต้น มาเติมเต็ม โดยใช้ค่าส่วนประกอบทางเคมีในรายการที่มีข้อมูลอยู่แล้วเป็นหลัก ถ้าค่าของส่วนประกอบทางเคมีในรายการที่มีอยู่เท่ากับหรือใกล้เคียงกับค่าจากมาตรฐานอาหารสัตว์สากล จึงจะนำข้อมูลมาใช้เติมเต็ม โดยจะบอกให้ทราบถึงที่มาของข้อมูลไว้ที่ท้ายตาราง

ในส่วนของคุณค่าโภชนาย่อยได้รวม (total digestible nutrients, TDN) ถ้าทำการเปรียบเทียบแล้วไม่มีข้อมูลใดใกล้เคียงเลย หรือไม่มีข้อมูลของต่างประเทศ เช่น วัตถุดิบพื้นเมือง ในกรณีเช่นนี้ จะใช้วิธีการนำค่าเฉลี่ยของคุณค่าวิเคราะห์

โดยประมาณ (proximate analysis) ที่อยู่บนฐานน้ำหนักแห้ง มาประเมิน โดยใช้สมการของ Harris และคณะ (1982) ในการประเมินค่า TDN โดยใช้สมการนี้ จะดำเนินการเฉพาะในวัตถุดิบที่มีค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ที่ได้จากข้อมูลของประเทศไทยเท่านั้น ส่วนวัตถุดิบที่มีการนำข้อมูลค่าวิเคราะห์โดยประมาณของต่างประเทศมาเติมเต็มในบางรายการ จะไม่ทำการประเมิน เพราะค่าที่ได้อาจจะมีความผิดพลาด สำหรับสมการที่ใช้ในการประเมินมีดังนี้

4.1 ค่า TDN ของพืชอาหารสัตว์แห้งหรืออาหารหยาบแห้ง ได้แก่ หญ้าแห้ง ฟาง หรือผักกั่ว เป็นต้น ใช้สมการ

$$\text{TDN (\% of DM)} = -17.2649 + 1.2120(\%CP) + 0.8352(\%NFE) + 2.4637(\%EE) + 0.4475(\%CF)$$

4.2 ค่า TDN ของพืชอาหารสัตว์สด หรือพืชอื่นๆ ที่ใช้เลี้ยงสัตว์ในสภาพพืชสด ใช้สมการ

$$\text{TDN (\% of DM)} = -21.7656 + 1.4284(\%CP) + 1.0277(\%NFE) + 1.2321(\%EE) + 0.4867(\%CF)$$

4.3 ค่า TDN ของพืชหมัก ใช้สมการ

$$\begin{aligned} \text{TDN (\% of DM)} = & -21.9391 + 1.0538(\%CP) + 0.9736(\%NFE) + 3.0016(\%EE) \\ & + 0.4590(\%CF) \end{aligned}$$

4.4 ค่า TDN ของวัตถุดิบแหล่งพลังงาน ใช้สมการ

$$\begin{aligned} \text{TDN (\% of DM)} = & 40.2625 + 0.1969(\%CP) + 0.4228(\%NFE) + 1.1903(\%EE) \\ & - 0.1379(\%CF) \end{aligned}$$

4.5 ค่า TDN ของวัตถุดิบแหล่งโปรตีน ใช้สมการ

$$\begin{aligned} \text{TDN (\% of DM)} = & 40.3227 + 0.5398(\%CP) + 0.4448(\%NFE) + 1.4218(\%EE) \\ & - 0.7007(\%CF) \end{aligned}$$

ในกรณีที่มีข้อมูลของพืชที่ได้ แสดงเป็นข้อมูลของพืชที่ผ่านการอบแห้ง (oven dried) และไม่มีข้อมูลว่าเป็นพืชสดหรือพืชแห้ง(hay) จะไม่มีการคำนวณค่า TDN เพราะไม่ทราบว่าพืชนั้นอยู่ในกลุ่มใด ทำให้ไม่สามารถเลือกใช้สมการได้ถูก

ในส่วนของวัตถุดิบแหล่งแร่ธาตุนั้น ข้อมูลค่าแร่ธาตุที่เป็นของประเทศไทยหาได้ยาก จึงได้นำข้อมูลจากมาตรฐานอาหารสัตว์ของต่างประเทศมาเติมเต็ม

5. การจัดเรียงข้อมูล จากข้อมูลของวัตถุดิบที่สืบค้นได้ทั้งหมด ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 6 กลุ่ม นำมาเรียบเรียงในรูปตาราง โดยในตารางใช้คำว่า “feed class” แทนคำว่า “กลุ่ม” พร้อมรายละเอียด ดังนี้

5.1 ในกรณีของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ไม่ใช่วัตถุดิบแหล่งแร่ธาตุ ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

5.1.1 ชื่อของวัตถุดิบพร้อมรายละเอียดของวัตถุดิบ ประกอบด้วย

5.1.1.1 ชื่อของวัตถุดิบหรือชื่อของที่มาของวัตถุดิบนั้น การเรียงลำดับชื่อจะเรียงลำดับชื่อสามัญตามพจนานุกรมไทย โดยจะระบุชื่อสามัญภาษาไทย ภาษาอังกฤษ และชื่อวิทยาศาสตร์ เช่น ถ้ากล่าวถึงปลาลาป็น คำว่า “ปลาลาป็น” จะเป็นชื่อของวัตถุดิบ แต่ถ้ากล่าวถึงเมล็ดข้าวโพดบด หมายถึงใช้ “เมล็ด” เป็นวัตถุดิบ ส่วนคำว่า “ข้าวโพด” จะเป็นที่มาของวัตถุดิบ คือ เมล็ดข้าวโพด

5.1.1.2 ส่วนที่นำมาใช้เลี้ยงสัตว์ เช่น ส่วนต้น ใบรวมกิ่งอ่อน หัวและกระดุกปลาลาป็น ฯลฯ

5.1.1.3 กระบวนการเตรียมวัตถุดิบนั้นก่อนที่จะนำมาเลี้ยงสัตว์ เช่น การสกัดน้ำมัน การบดการหมัก ฯลฯ

5.1.1.4 ระยะการเจริญเติบโต เช่น อายุ 30 วัน ช่วงเมล็ดเป็นน้ำนม

5.1.1.5 การตัด (cutting หรือ crop) ใช้ในกรณีที่เป็นพืช โดยระบุว่าเป็นการตัดครั้งที่เท่าไร หรือ crop ที่เท่าไร ของการเก็บเกี่ยวในรอบปีนั้น

5.1.1.6 ระดับคุณภาพ เช่น ปลาปนโปรตีน 50-60 เปอร์เซ็นต์ ปลาปนโปรตีน 60 เปอร์เซ็นต์

5.1.2 รายการและข้อมูลของค่าโภชนาที่แสดงในตาราง ประกอบด้วย ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ค่า detergent fiber แร่ธาตุชนิดต่างๆ และพลังงานในโคเนื้อ แต่ละรายการจะแสดงข้อมูลของค่าโภชนาในรูปของค่าเฉลี่ยที่อยู่บนฐานน้ำหนักสด หรือในสภาพที่ใช้เลี้ยงสัตว์ (as fed) และบนฐานวัตถุแห้ง (on dry matter basis) พร้อมค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD) ที่แสดงค่าเป็นตัวเอนอยู่ในวงเล็บ ยกเว้นค่า TDN ที่แสดงไว้บนฐานวัตถุแห้งเท่านั้น ในส่วนของค่าพลังงานของวัตถุดิบ ในกรณีที่เป็นข้อมูลของประเทศไทย ข้อมูลของวัตถุดิบบางชนิดจะได้มาจากวิธี *in vivo* แต่บางชนิดก็จะมาจากวิธี *in vitro* ซึ่งจะบอกให้ทราบไว้ที่ท้ายตาราง สำหรับรายการโภชนาที่แสดงในตารางมีดังนี้

5.1.2.1 ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ประกอบด้วยค่าวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เยื่อใยหยาบ เล้า และ nitrogen free extract แสดงไว้ในรูปเปอร์เซ็นต์

5.1.2.2 ค่าส่วนประกอบของผนังเซลล์ (cell wall constituents) ประกอบด้วยค่า NDF, ADF และ ADL แสดงไว้ในรูปเปอร์เซ็นต์

5.1.2.3 ค่าแร่ธาตุ ประกอบด้วย

- แคลเซียม (calcium, Ca) ฟอสฟอรัส (phosphorus, P) แมกนีเซียม (magnesium, Mg) โพแทสเซียม (potassium, K) โซเดียม (sodium, Na) และ กำมะถัน (sulfur, S) แสดงค่าเป็นเปอร์เซ็นต์
- แมงกานีส (manganese, Mn) ทองแดง (copper, Cu) เหล็ก (iron, Fe) และ สังกะสี (zinc, Zn) แสดงค่าเป็น ppm (part per million)

5.1.2.4 ค่าพลังงาน ประกอบด้วย

- TDN แสดงค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ ค่า TDN ที่แสดงในตารางมีที่มาจากทั้งการทดลองโดยใช้สัตว์ทดลอง (*in vivo*) และจากการประเมินหรือคำนวณจากสมการของ Harris และคณะ (1982) โดยจะบอกที่มาไว้ท้ายตาราง
- พลังงานย่อยได้ (digestible energy, DE) และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy, ME) แสดงค่าเป็น Mcal/kg โดยค่า DE ได้จากการทดลองโดยวิธี *in vivo* ส่วนค่า ME ได้จากทั้งการทดลองวิธี *in vivo* และการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (*in vitro*) โดยวิธี gas production technique โดยจะบอกที่มาไว้ท้ายตาราง สำหรับผู้ที่ต้องการทราบว่าค่าพลังงานของวัตถุดิบแต่ละชนิดที่แสดงในตาราง ถ้าคิดเป็น จูล (joule) จะมีค่าเป็นเท่าไร ก็สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$1 \text{ แคลอรี} = 4.184 \text{ จูล}$$

5.2 ในกรณีของแร่ธาตุในวัตถุดิบแหล่งแร่ธาตุ ประกอบด้วย

5.2.1 ชื่อของแร่ธาตุ

5.2.2 ชื่อของวัตถุดิบแหล่งแร่ธาตุ

5.2.3 ค่าแร่ธาตุ ประกอบด้วย แคลเซียม (calcium, Ca) ฟอสฟอรัส (phosphorus, P) แมกนีเซียม (magnesium, Mg) โพแทสเซียม (potassium, K) โซเดียม (sodium, Na) และ กำมะถัน (sulfur, S) แมงกานีส (manganese, Mn) ทองแดง (copper, Cu) เหล็ก (iron, Fe) สังกะสี (zinc, Zn) คลอรีน (chlorine, Cl) โคบอลต์ (cobalt, Co) ฟลูออรีน (fluorine, F) ไอโอดีน (iodine, I) และ ซีลีเนียม (selenium, Se) แสดงค่าเป็นเปอร์เซ็นต์

2. วิธีกรใช้ตารางเพื่อค้นหาข้อมูล

ตารางคุณค่าทางโภชนาของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อฉบับนี้ ได้แบ่งเป็น 3 ตาราง คือ

- ตารางที่ 9.1 ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงานของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ
- ตารางที่ 9.2 ค่าแร่ธาตุ ยกเว้นแคลเซียมและฟอสฟอรัสของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ
- ตารางที่ 9.3 ค่าแร่ธาตุชนิดต่างๆ ของวัตถุดิบแหล่งแร่ธาตุในอาหารโคเนื้อ

รายละเอียดข้อมูลที่แสดงในตารางมีดังนี้

1. ชื่อของวัตถุดิบ หรือชื่อของที่มาของวัตถุดิบนั้น ขึ้นต้นด้วยชื่อสามัญภาษาไทย ตามด้วยชื่อสามัญภาษาอังกฤษ และถ้าเป็นวัตถุดิบพวกพืชจะแสดงชื่อวิทยาศาสตร์ไว้ด้วย การเรียงลำดับรายชื่อจะเรียงลำดับชื่อสามัญตามพยัญชนะภาษาไทย เช่น ถ้าต้องการทราบคุณค่าทางอาหารสัตว์ของต้นถั่วเหลืองหลังเก็บฝัก จะต้องดูในหัวข้อ “ถั่วเหลือง” หรือถ้าต้องการทราบคุณค่าทางอาหารสัตว์ของกากถั่วลิสง จะต้องดูในหัวข้อ “ถั่วลิสง” ซึ่งเป็นที่มาของกากถั่วลิสง เป็นต้น

2. feed class ของวัตถุดิบ มี 6 class คือ

- class 1 พืชอาหารสัตว์แห้งและอาหารหยาบแห้ง
- class 2 พืชสด
- class 3 พืชหมัก
- class 4 วัตถุดิบแหล่งพลังงาน
- class 5 วัตถุดิบแหล่งโปรตีน
- class 6 วัตถุดิบแหล่งแร่ธาตุ

3. รายละเอียดที่สำคัญ มีดังนี้

3.1 ส่วนที่นำไปใช้เลี้ยงสัตว์ เช่น เปลือกฝักถั่ว ใบ ต้น กากมะเขือเทศ (วัสดุพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรม) ฯลฯ

3.2 กระบวนการที่ทำให้ได้วัตถุดิบนั้น เช่น การผึ่งแดด (sun cured) การหมัก (ensiled) การสกัดน้ำมัน เป็นต้น

3.3 ระยะการเจริญเติบโต ในตารางคุณค่าทางโภชนาของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ ฉบับนี้จะมียูในหัวข้อของวัตถุดิบที่เป็นพืช เช่น หญ้าแพงโกล่าอายุ 45 วัน ถั่วควาลเคดอายุ 60 วัน เป็นต้น

3.4 ระดับคุณภาพ เช่น ปลาปน โปรตีนไม่เกิน 40 เปอร์เซ็นต์ ปลาปนโปรตีน มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ฯลฯ

4. ค่าโภชนาต่างๆ ได้แสดงไว้ในรูปของค่าเฉลี่ย โดยบรรทัดแรกเป็นค่าโภชนาที่อยู่บนฐานน้ำหนักสด บรรทัดที่สองเป็นค่าบนฐานน้ำหนักแห้ง และบรรทัดที่ 3 เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งแสดงไว้ในลักษณะเป็นตัวเอนอยู่ภายในวงเล็บ ยกเว้นค่า TDN ที่แสดงค่าบนฐานน้ำหนักแห้งเท่านั้น ค่าโภชนารายการใดที่ไม่ได้แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานหมายความว่ารายการนั้นมีข้อมูลต่ำกว่า 3 ข้อมูล ส่วนรายการของโภชนารายการใดที่เว้นว่างไว้ (blank) หมายถึง ไม่มีข้อมูลของรายการนั้น หรือมีข้อมูล แต่เป็นข้อมูลที่มีความแปรปรวนสูง จึงไม่ได้แสดงค่าไว้ในตาราง

ดังนั้น ถ้ามีตัวอย่างวัตถุดิบที่ต้องการทราบค่าโภชนา จะต้องหาชื่อสามัญภาษาไทยของวัตถุดิบในตารางก่อน เช่น ต้องการทราบค่าโภชนาของต้นถั่วเหลืองหลังเก็บฝัก ก็จะต้องค้นหาที่ชื่อถั่วเหลือง หรือในกรณีของวัตถุดิบที่ผ่านกระบวนการ จะต้องทราบว่าวัตถุดิบนั้นมีที่มาจากพืชหรือสัตว์ชนิดใด แล้วจึงไปหาที่ชื่อของพืชหรือสัตว์ชนิดนั้น เช่น รำสกัดน้ำมัน ซึ่งที่มาคือข้าวเจ้า ในการค้นหาจะต้องไปดูข้อมูลในหัวข้อข้าวเจ้า จึงจะทราบค่าคุณค่าทางโภชนาของรำสกัดน้ำมัน

3. ความหมายของคำและคำย่อที่แสดงในตาราง

fresh	=	พืชที่อยู่ในสภาพสด เมื่อตัดมาแล้วไม่มีการนำไปผ่านกระบวนการใดๆ			
dried	=	วัตถุดิบที่ผ่านการทำให้แห้งโดยวิธีอบแห้ง (oven dried) หรือวัตถุดิบที่ห้องปฏิบัติการได้รับมาในสภาพที่แห้ง แต่ไม่มีข้อมูลว่าเป็น hay หรือผ่านการอบแห้ง			
wet	=	วัตถุดิบที่ผ่านกระบวนการ และมีความชื้นสูง เช่น กากมันหลังการหมักแอลกอฮอล์ ที่อยู่ในสภาพที่เปียก			
hay	=	พืชอาหารสัตว์ที่ผ่านการผึ่งแดดให้แห้ง (sun cured) สามารถเก็บรักษาไว้ได้เป็นระยะเวลานาน เพื่อเป็นเสบียงสัตว์			
straw	=	ต้นพืชหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต			
DM	=	dry matter	S	=	sulfur
CP	=	crude protein	Cu	=	copper
EE	=	ether extract	Fe	=	iron
CF	=	crude fiber	Mn	=	manganese
NFE	=	nitrogen free extract	Zn	=	zinc
NDF	=	neutral detergent fiber	Cl	=	chlorine
ADF	=	acid detergent fiber	Co	=	cobalt
ADL	=	acid detergent lignin	F	=	fluorine
Ca	=	calcium	I	=	iodine
P	=	phosphorus	Se	=	selenium
K	=	potassium	TDN	=	total digestible nutrients
Mg	=	magnesium	DE	=	digestible energy
Na	=	sodium	ME	=	metabolizable energy

ตารางที่ 15 ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงาน
ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	CP (%)	EE (%)	CF (%)
1	กระถิน <i>Leucaena, Leucaena leucocephala</i> - ใบและกิ่งอ่อน สด (browse, fresh, mature)	2	38.7	8.9	0.4	-
			100	22.9	1.1	-
			-	(2.4)	-	-
		5	92.4	11.9	1.6	30.6
			100	12.9	1.8	33.2
			(1.42)	(1.6)	(0.6)	(6.1)
		5	91.6	22.3	4.1	11.7
			100	24.4	4.5	12.8
			(4.3)	(2.9)	(1.3)	(3.1)
2	กระถินณรงค์ <i>Acacia, Acacia auriculaeformis</i> Cunn. - ใบ สด (leaves, fresh)	2	28.2	4.6	1.1	7.2
			100	16.4	3.8	25.5
			-	-	-	-
3	กล้วยน้ำว้า <i>Banana, Musa sapientum</i> Linn. - เปลือกผลสุก สด (peels, fresh)	2	16.5	1.2	2.0	2.0
			100	7.3	12.2	12.2
			-	-	-	-
		2	22.2	1.2	1.4	2.8
			100	5.3	6.2	12.7
			-	-	-	-
		2	10.7	0.8	0.7	1.1
			100	7.3	6.8	10.6
			-	-	-	-
5	ข้าวเจ้า <i>Rice, Oryza sativa</i> - แกลบ (husk)	1	91.9	1.0	0.2	22.2
			100	1.7	0.4	38.4
			-	-	-	-
		4	88.9	6.0	1.6	10.4
			100	6.7	1.8	11.7
			(0.4)	(0.8)	(0.4)	(1.0)
		4	87.6	6.8	1.4	0.6
			100	7.8	1.6	0.7
			(0.8)	(0.9)	(1.0)	(0.5)

Number	Ash (%)	NFE (%)	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)	Ca (%)	P (%)	TDN (%)	DE (Mcal/kg)	ME (Mcal/kg)	ME (MJ/kg)
1	3.6	-	14.9	9.6	3.1	0.41	0.07	23	-	-	-
	9.3	-	38.6	24.9	8.0	1.07	0.19	60	-	1.80 ^{1/}	7.53 ^{1/}
	-	-	(5.3)	(3.9)	(1.6)	(0.42)	(0.04)	-	-	(0.10)	(0.42)
	8.3	39.8	44.6	36.4	18.9	0.93	0.12	42 ^{6/}	-	-	-
	9.0	43.1	48.2	39.4	20.4	1.00	0.13	46 ^{6/}	-	-	-
	(3.3)	-	(4.6)	(5.5)	(5.1)	(0.30)	(0.04)	-	-	-	-
	7.5	45.9	28.6	21.9	8.5	1.64	0.20	68 ^{6/}	-	-	-
	8.2	50.1	31.2	23.9	9.3	1.79	0.22	73 ^{6/}	-	-	-
	(1.6)	-	(6.8)	(6.9)	(3.4)	(0.59)	(0.03)	-	-	-	-
	3.0	12.3	12.1	9.0	5.1	-	-	17 ^{6/}	-	-	-
	10.7	43.6	42.9	32.0	18.0	-	-	61 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	2.1	9.2	-	-	-	0.04	0.05	11 ^{6/}	-	-	-
	12.5	55.8	-	-	-	0.24	0.30	66 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	2.2	14.7	-	-	-	-	-	15 ^{6/}	-	-	-
	9.7	66.1	-	-	-	-	-	66 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1.6	6.5	-	-	-	0.03	0.01	7 ^{6/}	-	-	-
4	14.5	60.8	-	-	-	0.28	0.09	63 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12.0	22.5	-	-	-	0.03	0.01	48 ^{6/}	-	-	-
5	20.7	38.8	-	-	-	0.06	0.02	52 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5.4	65.6	-	-	-	0.03	0.18	65 ^{6/}	2.92 ^{5/}	2.51 ^{5/}	10.50 ^{5/}
	6.0	73.8	-	-	-	0.04	0.20	73 ^{6/}	3.39 ^{5/}	2.91 ^{5/}	12.18 ^{5/}
	(1.2)	-	-	-	-	(0.01)	(0.04)	-	-	-	-
	0.8	78.0	-	-	-	0.04	0.14	71 ^{6/}	-	-	-
	0.9	89.0	-	-	-	0.04	0.16	81 ^{6/}	-	-	-
	(0.3)	-	-	-	-	(0.03)	(0.05)	-	-	-	-
	3.6	-	14.9	9.6	3.1	0.41	0.07	23	-	-	-
	9.3	-	38.6	24.9	8.0	1.07	0.19	60	-	1.80 ^{1/}	7.53 ^{1/}
	-	-	(5.3)	(3.9)	(1.6)	(0.42)	(0.04)	-	-	(0.10)	(0.42)

ตารางที่ 15 ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงาน
ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	CP (%)	EE (%)	CF (%)
5	ข้าวเจ้า Rice, <i>Oryza sativa</i>	1	88.8	3.2	1.5	28.8
			100	3.6	1.6	32.3
			(4.1)	(0.7)	(0.5)	(2.6)
		3	57.9	4.5	0.8	21.8
			100	7.8	1.4	37.6
			(4.7)	(1.0)	(0.2)	(1.3)
		5	89.9	12.2	14.6	6.4
			100	13.6	16.3	7.2
			(1.6)	(1.1)	(1.7)	(1.0)
		5	88.9	15.4	0.8	8.4
			100	17.3	0.9	9.4
			(0.5)	(1.7)	(0.6)	(2.3)
		4	90.5	5.1	2.3	31.3
			100	5.7	2.5	34.5
			(1.7)	(1.2)	(1.6)	(4.7)
6	ข้าวเหนียว Glutinous rice, <i>Oryza glutinosa</i>	4	88.3	6.4	1.3	0.5
			100	7.3	1.5	0.6
			-	-	-	-
		1	87.2	3.9	1.1	27.5
			100	4.4	1.3	31.5
			(2.9)	(1.2)	(0.4)	(1.4)
7	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ Corn/Maize, <i>Zea mays</i>	1	87.4	7.2	2.7	5.3
			100	8.2	3.1	6.1
			(6.5)	(0.7)	-	-
		2	21.0	1.7	0.4	6.0
			100	8.3	1.8	28.8
			-	(0.8)	-	-
		3	26.2	2.0	0.6	6.3
			100	7.8	2.2	24.2
			(5.8)	(1.6)	(0.9)	(4.8)

Number	Ash (%)	NFE (%)	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)	Ca (%)	P (%)	TDN (%)	DE (Mcal/kg)	ME (Mcal/kg)	ME (MJ/kg)
5	14.9	40.8	61.2	37.7	3.3	0.28	0.11	39 ^{6/}	-	-	-
	16.7	45.8	68.8	42.3	3.7	0.32	0.13	44 ^{6/}	-	-	-
	(1.7)	-	(5.5)	(7.0)	(0.6)	(0.06)	(0.03)	-	-	-	-
	9.4	21.4	44.8	32.8	2.7	0.17	0.03	29 ^{6/}	-	-	-
	16.3	36.9	77.5	56.7	4.6	0.30	0.05	59 ^{6/}	-	-	-
	(1.8)	-	(1.6)	(6.0)	(1.4)	-	-	-	-	-	-
	7.3	49.3	16.9	8.0	2.5	0.07	1.61	80 ^{6/}	3.39 ^{3/}	3.02 ^{3/}	12.64 ^{3/}
	8.1	54.8	18.8	8.9	2.8	0.07	1.79	75 ^{6/}	3.79 ^{3/}	3.38 ^{3/}	14.14 ^{3/}
	(1.0)	-	(2.1)	(1.7)	(0.7)	(0.02)	(0.21)	-	-	-	-
	9.6	54.8	24.9	10.8	-	0.11	2.06	61 ^{6/}	-	-	-
	10.8	61.6	28.0	12.1	-	0.13	2.31	69 ^{6/}	-	-	-
	(1.4)	-	(5.8)	(3.6)	-	(0.10)	(0.25)	-	-	-	-
	13.8	38.1	53.5	40.22	-	0.11	0.17	54 ^{6/}	-	-	-
	15.2	42.1	59.1	44.4	-	0.12	0.19	57 ^{6/}	-	-	-
	(2.1)	-	(4.7)	(4.9)	-	(0.04)	(0.05)	-	-	-	-
	0.8	78.6	-	-	-	0.01	0.12	72 ^{6/}	-	-	-
	0.9	89.0	-	-	-	0.01	0.14	81 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	15.6	39.2	56.1	33.8	3.3	0.31	0.14	38 ^{6/}	-	-	-
	17.8	45.0	64.3	38.7	3.7	0.35	0.16	43 ^{6/}	-	-	-
	(1.9)	-	(1.7)	(1.7)	(0.3)	(0.05)	(0.01)	-	-	-	-
7	1.4	70.9	-	-	-	-	-	69 ^{6/}	-	-	-
	1.5	81.1	-	-	-	-	-	79 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1.8	11.0	12.7	6.8	-	0.06	0.04	12 ^{6/}	0.47 ^{3/}	0.40 ^{3/}	1.67 ^{3/}
	8.6	52.5	60.5	32.3	-	0.26	0.19	57 ^{6/}	2.67 ^{3/}	2.24 ^{3/}	9.37 ^{3/}
	-	-	(1.7)	(1.4)	-	(0.05)	(0.04)	-	-	-	-
	1.8	15.5	15.0	8.1	-	0.07	0.04	17 ^{6/}	-	-	-
	6.7	59.2	57.3	31.0	-	0.26	0.17	56 ^{6/}	-	-	-
	(1.9)	-	(3.2)	(2.5)	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 15 ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงาน
ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	CP (%)	EE (%)	CF (%)
7	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ Corn/Maize, <i>Zea mays</i> - เมล็ด บด (grain, ground)	4	87.4	7.2	4.2	2.2
			100	8.3	4.8	2.5
			(2.0)	(0.4)	(0.9)	(1.0)
		5	91.2	57.2	1.3	1.0
			100	62.8	1.4	1.1
			(1.9)	(2.4)	(0.9)	(0.3)
8	ข้าวโพดฝักอ่อน Baby corn, <i>Zea mays</i> . - ต้นหลังเก็บฝัก สด (corn stover, fresh)	2	25.6	2.1	0.4	7.0
			100	8.0	1.4	27.2
			(1.5)	(1.4)	(0.4)	(1.8)
		2	15.7	1.8	0.2	3.5
			100	11.5	1.6	22.0
			(3.0)	(1.0)	(0.4)	(1.7)
		1	88.5	10.5	1.9	21.6
			100	12.0	2.2	24.4
			-	-	-	-
		3	11.6	1.6	0.5	3.5
			100	14.1	4.5	29.8
			-	-	-	-
9	ข้าวโพดหวาน Sweet corn, <i>Zea mays</i> - ชัง (จากโรงงานผลิตข้าวโพดกระป๋อง) สด (cobs, cannery residue, fresh)	4	25.8	1.3	0.9	8.6
			100	4.9	3.5	33.2
			(1.5)	(1.8)	(1.7)	-
		2	25.5	2.2	0.6	7.0
			100	8.6	2.3	27.2
			(3.0)	(1.2)	(0.3)	(2.2)
		3	29.1	2.5	0.8	8.1
			100	8.5	2.7	28.0
			(3.6)	(1.3)	(0.6)	-

Number	Ash (%)	NFE (%)	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)	Ca (%)	P (%)	TDN (%)	DE (Mcal/kg)	ME (Mcal/kg)	ME (MJ/kg)
7	1.2	72.5	11.3	3.3	0.7	0.03	0.24	72 ^{6/}	3.52 ^{5/}	3.09 ^{5/}	12.93 ^{5/}
	1.4	83.0	12.9	3.8	0.8	0.04	0.28	82 ^{6/}	4.07 ^{5/}	3.57 ^{5/}	14.94 ^{5/}
	(0.2)	-	(1.3)	(0.8)	(0.5)	-	-	-	-	-	-
	3.3	28.4	-	-	-	0.04	0.26	81 ^{6/}	-	-	-
	3.6	31.1	-	-	-	0.05	0.28	89 ^{6/}	-	-	-
	(1.4)	-	-	-	-	(0.03)	(0.11)	-	-	-	-
8	1.8	14.3	15.9	9.6	0.9	0.09	0.06	15 ^{6/}	-	-	-
	7.0	56.1	62.1	37.4	3.6	0.36	0.23	59 ^{6/}	-	-	-
	(1.3)	-	(1.6)	(0.7)	(0.4)	-	-	-	-	-	-
	0.8	9.4	9.1	4.3	0.3	0.04	0.05	10 ^{6/}	-	-	-
	5.2	59.7	57.8	27.2	1.8	0.27	0.33	66 ^{6/}	-	-	-
	(0.4)	-	(4.3)	(2.2)	(0.3)	-	-	-	-	-	-
	5.6	48.8	55.3	26.9	3.1	-	-	52 ^{6/}	-	-	-
	6.4	55.1	62.5	30.4	3.5	-	-	59 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.8	5.2	-	-	-	-	-	9 ^{6/}	-	-	-
	6.5	45.1	-	-	-	-	-	75 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	1.1	10.4	9.8	5.6	0.6	0.04	0.06	12 ^{6/}	-	-	-
	5.7	54.4	51.3	29.4	3.3	0.20	0.31	64 ^{6/}	-	-	-
	(0.3)	-	(7.9)	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.7	14.4	19.6	10.2	1.8	0.01	0.02	15 ^{6/}	-	-	-
	2.7	55.7	76.1	39.4	7.1	0.05	0.09	59 ^{6/}	-	-	-
	(0.8)	-	(9.8)	(8.6)	-	-	-	-	-	-	-
	2.1	13.7	15.6	8.8	1.2	0.09	0.08	16 ^{6/}	-	-	-
	8.1	53.8	61.0	34.6	4.6	0.35	0.30	64 ^{6/}	-	-	-
	(0.5)	-	(1.6)	(6.4)	(1.6)	-	-	-	-	-	-
	1.7	-	17.9	10.0	1.1	-	-	20 ^{6/}	-	-	-
	6.0	-	61.7	34.5	3.8	-	-	70 ^{6/}	-	-	-
	(1.0)	-	(4.5)	(2.3)	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 15 ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงาน
ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	CP (%)	EE (%)	CF (%)
9	ข้าวโพดหวาน Sweet corn, <i>Zea mays</i>					
	- เปลือกฝัก สด (husk, fresh)	2	20.1	1.2	0.3	6.2
			100	5.8	1.3	30.7
			-	-	-	-
	- เปลือกฝักและซัง สด (husks with cobs, fresh)	2	20.9	1.4	0.6	2.6
			100	6.6	2.8	12.5
			-	-	-	-
	- เปลือกฝักและซัง หมัก (husks with cobs, silage)	3	20.8	1.5	0.5	2.3
			100	7.0	2.3	11.0
			-	-	-	-
	- DDGS (distillers grains with solubles, dehydrated)	5	87.2	23.1	8.1	7.9
			100	26.5	9.3	9.1
			(0.8)	(1.6)	(0.9)	(1.0)
10	ข้าวฟ่าง Sorghum, <i>Sorghum bicolor</i>					
	- ต้น สด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	17.3	1.7	0.3	4.4
			100	9.8	1.7	25.2
			-	(1.9)	-	-
	- ต้น สด อายุ 60 วัน (aerial part, fresh, 60 days growth)	2	21.1	1.6	0.3	6.8
			100	7.1	1.5	32.0
			-	(1.4)	-	-
	- ต้น สด อายุ 75 วัน (aerial part, fresh, 75 days growth)	2	31.0	1.7	-	-
			100	5.4	-	-
			-	(1.3)	-	-
	- ต้น สด อายุ 90 วัน (aerial part, fresh, 90 days growth midbloom)	2	30.2	1.5	-	-
			100	5.1	-	-
			-	(1.0)	-	-
	- ต้น สด อายุ 120 วัน (aerial part, fresh, 120 days growth dough)	2	31.4	1.6	-	-
			100	5.2	-	-
			-	(0.5)	-	-
	- ต้น ข้าวฟ่างหมัก (aerial part, silage)	3	18.2	1.5	0.5	5.6
			100	8.4	2.6	30.6
			(1.7)	(0.8)	-	-

Number	Ash (%)	NFE (%)	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)	Ca (%)	P (%)	TDN (%)	DE (Mcal/kg)	ME (Mcal/kg)	ME (MJ/kg)
9	0.7	11.8	15.4	7.7	0.6	0.02	0.03	12 ^{6/}	-	-	-
	3.4	58.8	76.8	38.4	3.2	0.09	0.17	60 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.7	-	15.5	7.3	0.9	0.01	0.04	15 ^{6/}	-	-	-
	3.4	-	74.1	34.8	4.2	0.04	0.20	72 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.6	-	16.3	8.8	-	-	-	15 ^{6/}	-	-	-
	3.1	-	78.6	42.4	-	-	-	72 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4.0	44.0	-	-	-	0.06	0.63	67 ^{6/}	-	-	-
	4.6	50.5	-	-	-	0.07	0.72	77 ^{6/}	-	-	-
	(0.9)	-	-	-	-	(0.02)	(0.1)	-	-	-	-
	2.0	8.9	11.4	6.5	1.4	0.08	0.04	10 ^{6/}	-	-	-
	11.7	51.7	65.8	37.8	8.2	0.45	0.25	57 ^{6/}	-	-	-
	-	-	(2.1)	(1.9)	-	(0.05)	(0.04)	-	-	-	-
	1.1	11.3	14.3	8.2	1.4	0.08	0.06	12 ^{6/}	-	-	-
	5.2	53.6	67.6	38.8	6.4	0.39	0.27	57 ^{6/}	-	-	-
	-	-	(2.7)	(2.0)	-	(0.06)	(0.05)	-	-	-	-
10	1.3	-	18.8	10.8	1.6	0.10	0.07	-	-	-	-
	4.2	-	60.7	34.9	5.2	0.32	0.24	-	-	1.80 ^{1/}	7.53 ^{1/}
	-	-	(4.5)	(2.6)	-	(0.05)	(0.05)	-	-	(0.10)	(0.42)
	-	-	16.2	9.5	-	0.09	0.07	-	-	-	-
	-	-	53.7	31.4	-	0.28	0.23	-	-	-	-
	-	-	(4.2)	(3.2)	-	(0.05)	(0.05)	-	-	-	-
	-	-	16.5	9.7	-	0.10	0.07	-	-	-	-
	-	-	52.4	30.8	-	0.32	0.24	-	-	-	-
	-	-	(4.4)	(3.3)	-	(0.05)	(0.05)	-	-	-	-
	1.0	9.6	11.7	7.6	-	-	-	12 ^{6/}	-	-	-
	5.5	52.9	64.2	42.0	-	-	-	67 ^{6/}	-	-	-
	-	-	(2.5)	(1.4)	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 15 ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงาน
ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	CP (%)	EE (%)	CF (%)
10	ข้าวฟ่าง <i>Sorghum, Sorghum bicolor</i> - เมล็ด บด (ground grains)	4	88.4 100 (2.0)	8.5 9.6 (0.1)	2.6 2.9 (0.9)	1.6 1.8 (0.9)
11	ข้าวฟ่างพืชอาหารสัตว์ <i>Sorghum grass, Sorghum almun</i> - ต้นสด อายุ 30 วัน (aerial part, fresh, 30 days growth)	2	17.7 100 -	1.6 9.3 -	0.5 2.9 -	5.6 31.4 -
	- ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	17.8 100 -	1.5 8.5 -	0.5 2.9 -	6.2 34.7 -
	- ต้นสด อายุ 60 วัน (aerial part, fresh, 60 days growth)	2	22.4 100 (2.4)	1.8 8.0 (2.0)	0.6 2.8 (0.8)	8.0 35.6 (3.1)
12	ข้าวสาลี <i>Wheat, Triticum aestivum</i> - รำข้าวสาลี (wheat bran)	4	87.5 100 (0.5)	14.3 16.3 (0.9)	2.6 3.0 (0.3)	7.5 8.5 (0.7)
13	แคบ้าน <i>Sesbania, Sesbania grandiflora</i> - ใบสด (leaves, fresh)	2	17.1 100 (2.2)	4.5 26.1 (2.1)	0.8 4.7 (0.6)	3.0 17.4 (2.7)
14	แคฝรั่ง <i>Gliricidia, Gliricidia sepium</i> - ใบสด (leaves, fresh)	2	24.8 100 -	6.3 25.4 -	0.7 2.8 -	4.5 18.0 -
15	งา <i>Sesame, Sesamum indicum</i> - กากงา (seed meal, mechanical extracted.)	5	92.8 100 (0.9)	34.0 36.6 (8.5)	13.6 14.6 (4.7)	11.1 11.9 (3.1)
16	เงาะ <i>Rumbutan, Nephelium lappaceum</i> - เปลือกแห้ง (peeling, dried)	1	91.3 100 -	6.4 7.1 -	1.4 1.5 -	13.9 15.3 -
	- เมล็ด (seeds)	4	90.0 100 -	8.0 9.9 -	21.5 26.5 -	4.5 5.6 -

[illegible]

ตารางที่ 15 ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงาน
ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	CP (%)	EE (%)	CF (%)
17	จามจุรี/ก้ามปู Rain Tree, <i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr. - ใบแห้ง (leaves, dried)	1	-	-	-	-
			100	26.2	7.9	26.6
			-	-	-	-
		2	24.3	5.8	0.5	5.2
			100	23.7	1.9	21.6
			-	-	-	-
		1	86.0	16.1	2.8	10.2
			100	18.7	3.3	11.9
			-	-	-	-
18	เดือย Job's tears, <i>Coix lacrymajobi</i> - เปลือกหุ้มเมล็ด (husk)	4	91.4	10.7	2.7	26.9
			100	11.7	2.9	29.4
			-	-	-	-
		4	88.0	12.8	5.5	0.8
			100	14.5	6.2	0.9
			-	(1.2)	(1.6)	-
		4	88.0	12.8	5.5	0.8
			100	14.5	6.2	0.9
			-	(1.2)	(1.6)	-
19	ถั่วกรีนลีฟเตสโมเดียม Green leaf desmodium, <i>Desmodium intortum</i> - ต้นสด (aerial part, fresh)	2	20.3	3.3	0.7	5.9
			100	16.3	3.5	29.0
			(4.5)	(2.2)	(0.6)	(2.6)
		2	20.3	3.3	0.7	5.9
			100	16.3	3.5	29.0
			(4.5)	(2.2)	(0.6)	(2.6)
20	ถั่วเขียว Mung bean, <i>Phaseolus aureus</i> - ต้นหลังการเก็บเกี่ยว (aerial part after harvesting)	2	92.0	6.0	0.5	35.1
			100	6.5	0.5	38.2
			-	-	-	-
		2	26.1	4.6	0.7	6.6
			100	17.8	2.8	25.3
			-	(2.2)	(3.9)	(2.6)
		1	92.7	6.3	0.5	35.5
			100	6.8	0.6	38.3
			-	-	-	-
		5	91.4	22.1	1.1	16.6
			100	24.1	1.2	18.2
			-	-	-	-

Number	Ash (%)	NFE (%)	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)	Ca (%)	P (%)	TDN (%)	DE (Mcal/kg)	ME (Mcal/kg)	ME (MJ/kg)
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.7	35.6	39.1	32.5	17.5	0.44	0.20	76 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1.1	11.7	11.4	10.7	5.6	0.11	0.06	18 ^{6/}	-	-	-
	4.5	48.3	47.0	43.9	23.2	0.46	0.23	72 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.6	53.7	-	-	-	0.23	0.13	61 ^{6/}	-	-	-
	3.7	62.4	-	-	-	0.27	0.15	71 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	68 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	75 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1.9	67.1	20.6	3.8	-	0.04	0.33	73 ^{6/}	-	-	-
	2.1	76.3	23.4	4.3	-	0.05	0.37	83 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	2.2	8.2	9.3	6.8	1.1	-	-	12 ^{6/}	-	-	-
	10.6	40.6	46.0	33.3	5.3	-	-	58 ^{6/}	-	1.70 ^{1/}	7.11 ^{1/}
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	49.0	37.5	-	2.81	0.16	38 ^{6/}	-	-	-
	-	-	53.3	40.8	-	3.06	0.17	42 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1.5	12.6	14.8	11.4	-	0.18	0.07	14 ^{6/}	-	-	-
	5.8	48.3	56.8	43.8	-	0.70	0.27	52 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7.2	43.1	48.3	39.9	8.3	1.21	0.10	45 ^{6/}	-	-	-
	7.8	46.5	52.1	43.1	9.0	1.30	0.11	48 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.3	48.4	-	-	-	0.44	0.24	60 ^{6/}	-	-	-
3.6	52.9	-	-	-	0.48	0.26	66 ^{6/}	-	-	-	
-	-	-	-	-	(0.00)	(0.00)	-	-	-	-	

ตารางที่ 15 ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงาน
ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	CP (%)	EE (%)	CF (%)
20	ถั่วเขียว Mung bean, <i>Phaseolus aureus</i> - โปรตีนถั่วเขียว > 30 % (mung bean protein, CP > 30 %)	5	94.9	74.6	3.5	-
			100	78.7	3.7	-
			(0.6)	(1.3)	(1.3)	-
	- เมล็ดถั่วเขียวสี (seeds without hull)	5	89.8	18.3	1.3	-
			100	20.4	1.4	-
			-	-	-	-
21	ถั่วแขก Snap bean, <i>Phaseolus vulgois</i> var. <i>humilis</i> - ฝัก(เปลือกฝักรวมเมล็ด) แห้ง (pods with seeds, dried)	1	89.4	24.0	0.6	6.4
			100	26.8	0.7	7.1
			-	-	-	-
22	ถั่วคนทีดิน Desmodium, <i>Desmodium heterocarpon</i> (L.) DC. <i>ssp.heterocarpon</i> var. <i>heterocarpon</i> H.Ohashi - ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	26.0	3.6	-	-
			100	14.0	-	-
			-	-	-	-
23	ถั่วคาโลโปโกเนียม Calopo, <i>Calopogonium mucunoides</i> - ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	36.3	5.4	1.2	10.5
			100	14.8	3.2	28.8
			-	-	-	-
24	ถั่วคาวาลเคด Cavalcade centurion, <i>Centrosema pascuorum</i> cv.Cavalcade - ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	19.9	3.3	0.4	5.6
			100	16.6	1.8	28.2
			-	(2.1)	-	-
	- ต้นสด อายุ 60 วัน (aerial part, fresh, 60 days growth)	2	22.9	3.7	0.3	7.2
			100	16.1	1.3	31.5
			(4.0)	(2.6)	(0.5)	(4.7)
	- ต้นแห้ง อายุ 60 วัน (aerial part, hay, 60 days growth)	1	91.4	13.5	0.7	28.8
			100	14.8	0.8	31.5
			-	-	-	-
	- ต้นสด อายุ 75 วัน (aerial part, fresh, 75 days growth)	2	25.0	4.0	0.8	8.4
			100	15.8	3.3	33.8
			-	(2.2)	(1.5)	(1.5)
	- ต้นสด อายุ 90 วัน (aerial part, fresh, 90 days growth)	2	25.5	4.0	0.4	8.2
			100	15.7	1.5	32.3
			(1.9)	(2.3)	(0.6)	(3.2)

Number	Ash (%)	NFE (%)	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)	Ca (%)	P (%)	TDN (%)	DE (Mcal/kg)	ME (Mcal/kg)	ME (MJ/kg)
20	7.2	-	-	-	-	0.10	0.72	82 ^{6/}	-	-	-
	7.6	-	-	-	-	0.11	0.76	86 ^{6/}	-	-	-
	(2.8)	-	-	-	-	(0.04)	(0.13)	-	-	-	-
	3.0	-	-	-	-	0.21	0.27	38 ^{6/}	-	-	-
	3.4	-	-	-	-	0.23	0.30	42 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	5.3	53.2	27.0	14.6	-	0.30	0.37	41 ^{6/}	-	-	-
	5.9	59.5	30.2	16.3	-	0.34	0.41	46 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	12.6	10.5	4.2	0.29	0.08	11 ^{6/}	-	-	-
	-	-	48.6	40.2	16.2	1.17	0.33	44 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	4.2	15.1	18.2	13.3	2.6	0.40	0.10	21 ^{6/}	-	-	-
	11.6	41.6	50.1	36.6	7.1	1.14	0.16	57 ^{6/}	-	1.60 ^{1/}	6.69 ^{1/}
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	2.4	8.3	9.9	6.5	1.5	0.21	0.05	11 ^{6/}	-	-	-
	12.0	41.4	49.8	32.9	7.8	1.07	0.24	57 ^{6/}	-	-	-
	-	-	(3.9)	(2.4)	(1.3)	(0.25)	(0.16)	-	-	-	-
	2.6	9.1	11.5	7.7	1.6	0.22	0.06	13 ^{6/}	-	-	-
	11.5	39.6	50.0	33.6	7.2	0.94	0.25	55 ^{6/}	-	-	-
	(3.2)	-	(4.8)	(3.3)	(0.7)	(0.24)	(0.04)	-	-	-	-
	6.4	41.9	45.2	30.7	6.3	0.67	0.20	50 ^{6/}	-	-	-
	7.1	45.8	49.5	33.6	6.9	0.73	0.22	55 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.0	9.7	14.1	9.5	2.1	0.27	0.08	14 ^{6/}	-	-	-
	8.2	38.9	56.5	38.0	8.4	1.06	0.31	57 ^{6/}	-	-	-
	(0.8)	-	(4.2)	(3.6)	(0.9)	(0.12)	(0.07)	-	-	-	-
	2.0	10.9	13.3	9.5	2.1	0.14	0.05	15 ^{6/}	-	-	-
	7.7	42.8	52.3	37.3	8.1	0.55	0.21	58 ^{6/}	-	1.90 ^{1/}	7.95 ^{1/}
	(1.7)	-	(5.8)	(5.5)	(1.5)	(0.41)	(0.02)	-	-	(0.20)	(0.84)

ตารางที่ 15 ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงาน
ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	CP (%)	EE (%)	CF (%)
24	ถั่วคาวาลเคด <i>Cavalcade centurion, Centrosema pascuorum</i> cv.Cavalcade	2	26.0	3.7	0.4	8.3
	- ตั้น สด อายุ 120 วัน (aerial part, fresh, 120 days growth)		100	14.3	1.4	31.9
			-	(2.3)	(0.5)	(2.0)
25	ถั่วเซนโตรซิมา <i>Centro, Centrosema pubescens</i> cv. Common	2	22.0	4.2	0.5	6.9
	- ตั้น สด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)		100	19.2	2.4	31.5
			-	(1.8)	-	-
26	ถั่วท่าพระสไตโล <i>Stylo CIAT184, Stylosanthes guianensis</i> CIAT184	2	10.9	2.3	0.2	2.2
	- ตั้น สด อายุ 30 วัน (aerial part, fresh, 30 days growth)		100	21.2	2.1	20.5
			(2.1)	(2.3)	(0.3)	(1.0)
	- ตั้น สด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	25.4	4.0	0.3	6.5
			100	15.9	1.2	25.5
			(4.0)	(2.5)	(0.4)	(5.3)
	- ตั้น สด อายุ 60 วัน (aerial part, fresh, 60 days growth)	2	26.6	4.2	0.2	8.1
			100	15.8	0.9	30.3
			(5.0)	(2.3)	(0.3)	(2.0)
	- ตั้น สด อายุ 75 วัน (aerial part, fresh, 75 days growth)	2	26.9	3.9	0.3	10.2
			100	14.5	1.0	38.1
			-	(2.4)	(0.2)	(4.2)
	- ตั้น สด อายุ 90 วัน (aerial part, fresh, 90 days growth)	2	27.0	3.8	0.4	9.7
			100	14.2	1.5	35.8
			(3.5)	(2.0)	(0.6)	(2.8)
27	ถั่วบันดี้ <i>Bundy centurion, Centrosema pascuorum</i> cv. Bundy	2	12.6	2.3	-	-
	- ตั้น สด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)		100	17.7	-	-
			-	(1.2)	-	-
	- ตั้น สด อายุ 60 วัน (aerial part, fresh, 60 days growth)	2	18.9	4.0	0.3	5.8
			100	20.9	1.6	30.6
			-	(0.1)	(0.2)	(0.9)

Number	Ash (%)	NFE (%)	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)	Ca (%)	P (%)	TDN (%)	DE (Mcal/kg)	ME (Mcal/kg)	ME (MJ/kg)
24	2.1	11.5	13.3	8.7	2.2	0.19	0.06	15 ^{6/}	-	-	-
	8.0	44.4	51.3	33.6	8.6	0.74	0.23	58 ^{6/}	-	-	-
	(1.8)	-	(1.9)	(1.5)	(0.5)	(0.32)	(0.03)	-	-	-	-
25	2.8	7.6	12.2	8.1	2.1	0.18	0.05	12 ^{6/}	-	-	-
	12.5	34.4	55.3	36.7	9.7	0.83	0.24	56 ^{6/}	-	1.60 ^{1/}	6.69 ^{1/}
	-	-	(2.0)	(1.8)	(1.2)	(0.09)	(0.11)	-	-	(0.10)	(0.42)
26	1.1	5.0	4.3	3.0	0.7	0.17	0.04	7 ^{6/}	-	-	-
	10.1	46.1	39.8	27.9	6.2	1.58	0.37	66 ^{6/}	-	-	-
	(2.3)	-	(6.5)	(1.9)	(1.6)	(0.42)	(0.06)	-	-	-	-
	1.9	12.6	12.9	9.2	2.2	0.35	0.06	14 ^{6/}	-	-	-
	7.6	49.8	50.8	36.2	8.5	1.36	0.25	56 ^{6/}	-	-	-
	(2.2)	-	(8.1)	(5.8)	(3.1)	(0.47)	(0.13)	-	-	-	-
	2.0	12.1	15.8	11.4	2.5	0.41	0.11	15 ^{6/}	-	-	-
	7.4	45.6	58.8	42.5	9.4	1.55	0.41	57 ^{6/}	-	-	-
	(2.2)	-	(4.3)	(5.2)	(1.4)	(0.31)	-	-	-	-	-
	2.0	10.5	16.5	11.6	2.5	0.27	0.09	15 ^{6/}	-	-	-
	7.5	38.9	61.2	43.1	9.2	1.00	0.32	54 ^{6/}	-	-	-
	(1.9)	-	(4.8)	(3.9)	(1.9)	(0.17)	(0.05)	-	-	-	-
	2.4	10.7	14.8	10.8	2.1	0.20	0.10	15 ^{6/}	-	-	-
	8.7	39.7	54.8	40.0	8.0	0.86	0.30	54 ^{6/}	-	-	-
	(2.3)	-	(3.8)	(3.6)	(1.1)	(0.53)	(0.04)	-	-	-	-
	1.6	11.8	13.8	10.4	2.0	0.06	0.05	16 ^{6/}	-	-	-
	5.8	43.1	50.4	37.9	7.2	0.21	0.17	57 ^{6/}	-	-	-
	-	-	(4.3)	-	-	(0.08)	-	-	-	-	-
27	-	-	5.9	4.1	0.9	0.11	0.02	7 ^{6/}	-	-	-
	-	-	47.1	32.6	7.1	0.88	0.14	56 ^{6/}	-	-	-
	-	-	(2.3)	(3.0)	(0.3)	(0.21)	(0.04)	-	-	-	-
	2.7	6.2	8.4	5.9	1.2	0.25	0.05	10 ^{6/}	-	-	-
	14.1	32.8	44.5	31.3	6.4	1.33	0.26	55 ^{6/}	-	-	-
	(1.9)	-	(0.9)	(1.1)	(0.5)	(0.08)	(0.02)	-	-	-	-

ตารางที่ 15 ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงาน
ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	CP (%)	EE (%)	CF (%)
27	ถั่วบันตี Bundy centurion, <i>Centrosema pascuorum</i> cv. Bundy - ตั้นแห้ง อายุ 90 วัน (aerial part, hay, 90 days growth)	1	- 100 -	- 14.9 (1.4)	- 1.3 (0.2)	- 31.5 (1.7)
28	ถั่วมะแฮะ Pigeon pea, <i>Cajanus cajan</i> - ตั้นแห้ง อายุ 45 วัน (aerial part, dried, 45 days growth)	1	- 100 -	- 20.5 (1.7)	- 4.8 -	- - -
	- ตั้นสด อายุ 60 วัน (aerial part, fresh, 60 days growth)	2	35.9 100 -	7.0 19.6 (3.4)	1.9 5.3 -	- - -
	- ตั้นแห้ง อายุ 75 วัน (aerial part, dried, 75 days)	1	- 100 -	- 16.7 (2.7)	- - -	- - -
	- ใบแห้ง (leaf, dried)	1	94.1 100 -	18.5 19.2 -	6.9 7.1 -	21.2 22.0 -
29	ถั่วไมยรา Hedge lucerne/Desmanthus, <i>Desmanthus virgatus</i> - ตั้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	27.1 100 -	4.8 17.8 (1.6)	0.6 2.1 -	- - -
	- ตั้นสด อายุ 60 วัน (aerial part, fresh, 60 days growth)	2	32.3 100 -	5.3 16.4 -	0.7 2.3 -	- - -
	- ตั้นสด อายุ 75 วัน (aerial part, fresh, 75 days growth)	2	37.9 100 -	5.9 15.6 (0.5)	0.9 2.3 -	- - -
30	ถั่วลิสง Pea nut/Ground nut, <i>Arachis hypogaea</i> - กากถั่วลิสงสกัดน้ำมัน (seeds with some pods, meal, solvent extracted)	5	91.6 100 (0.7)	39.8 43.5 (3.2)	0.8 0.8 (0.2)	11.0 12.0 (2.2)
	- กากถั่วลิสงอัดน้ำมัน (seeds without hulls, mechanical extracted)	5	92.8 100 (2.2)	41.2 44.4 (3.2)	7.7 8.3 (3.1)	8.0 8.6 (4.0)

Number	Ash (%)	NFE (%)	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)	Ca (%)	P (%)	TDN (%)	DE (Mcal/kg)	ME (Mcal/kg)	ME (MJ/kg)
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9.9	42.4	49.1	33.6	8.5	0.97	0.24	53 ^{6/}	-	-	-
	(1.2)	-	(2.1)	(1.6)	(0.8)	(0.07)	(0.04)	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5.1	-	49.4	33.8	12.7	0.60	0.23	59 ^{6/}	-	-	-
	(0.4)	-	(2.8)	(1.4)	(0.7)	(0.13)	(0.02)	-	-	-	-
	1.8	-	19.4	12.5	4.9	0.27	0.12	20 ^{6/}	-	-	-
	5.0	-	54.0	34.7	13.5	0.75	0.33	56 ^{6/}	-	1.60 ^{1/}	6.69 ^{1/}
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5.3	-	57.8	35.0	14.0	-	-	54 ^{6/}	-	-	-
	(0.3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6.8	43.3	54.5	22.7	-	-	-	65 ^{6/}	-	-	-
	7.1	44.7	56.4	23.5	-	-	-	69 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	1.6	-	10.8	7.5	2.7	0.26	0.04	15 ^{6/}	-	-	-
	6.1	-	39.9	27.5	9.8	0.95	0.15	55 ^{6/}	-	-	-
	-	-	(3.7)	-	-	(0.13)	(0.06)	-	-	-	-
	2.4	-	14.4	10.4	3.5	0.32	0.06	17 ^{6/}	-	-	-
	7.4	-	44.6	32.2	10.8	1.00	0.20	54 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.1	-	18.2	14.4	5.2	-	-	20 ^{6/}	-	-	-
	8.3	-	48.1	38.1	13.7	-	-	53 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	6.7	33.2	15.6	12.5	-	0.37	0.65	67 ^{6/}	-	-	-
	7.4	36.3	17.0	13.6	-	0.41	0.71	73 ^{6/}	-	-	-
	(0.8)	-	(0.16)	(0.1)	-	(0.20)	(0.08)	-	-	-	-
	7.2	28.8	-	-	-	0.22	0.58	78 ^{6/}	-	-	-
	7.8	31.0	-	-	-	0.23	0.63	84 ^{6/}	-	-	-
	(2.5)	-	-	-	-	(0.18)	(0.09)	-	-	-	-

ตารางที่ 15 ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงาน
ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	CP (%)	EE (%)	CF (%)
30	ถั่วลิสง Pea nut/Ground nut, <i>Arachis hypogaea</i> - ต้นหลังเก็บฝักแห้ง (straw, dried)	1	86.6	11.5	1.8	24.8
			100	13.3	2.1	28.7
			-	-	-	-
	- เปลือกฝักถั่วลิสงแห้ง (pods, sun cured)	1	89.0	7.5	0.9	51.3
			100	8.4	1.0	57.6
			-	-	-	-
31	ถั่วลิสงเถา Amarillo / Pinto peanut, <i>Arachis pintoi</i> cv. Amarillo - ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	23.4	3.6	0.2	-
			100	15.4	0.8	-
			-	(2.7)	(0.2)	-
	- ต้นสด อายุ 60 วัน (aerial part, fresh, 60 days growth)	2	29.0	4.2	0.2	6.3
			100	14.6	0.7	21.8
			(2.5)	-	(0.1)	-
32	ถั่วลิสงนา Alyce clover, <i>Alysicarpus vaginalis</i> - ต้นแห้ง อายุ 45 วัน (aerial part, dried, 45 days growth)	1	-	-	-	-
			100	17.3	2.1	24.0
			-	(1.4)	(0.3)	(1.6)
	- ต้นแห้ง อายุ 60 วัน (aerial part, dried, 60 days growth)	1	-	-	-	-
			100	16.5	1.7	26.6
			-	(2.0)	(0.3)	(2.0)
33	ถั่วแระแลป Dolichos / Lablab, <i>Lablab purpureus</i> - ต้นสด (aerial part, fresh)	2	18.2	3.4	0.7	5.4
			100	18.5	3.7	29.7
			-	-	-	-
	- ถั่วเหลือง Glycine max	5	88.5	41.6	1.1	4.7
			100	47.0	1.2	5.3
			(0.7)	(1.9)	(0.6)	(1.1)
34	- ถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน (soybean seeds with hull, meal, solvent extracted)	5	90.7	41.6	9.9	6.9
			100	45.7	10.9	7.6
			(1.9)	(6.6)	(4.4)	(2.6)
	- ถั่วเหลืองอัดน้ำมัน (soybean seeds, meal, mechanical extracted, caked)	5	90.7	41.6	9.9	6.9
			100	45.7	10.9	7.6
			(1.9)	(6.6)	(4.4)	(2.6)

Number	Ash (%)	NFE (%)	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)	Ca (%)	P (%)	TDN (%)	DE (Mcal/kg)	ME (Mcal/kg)	ME (MJ/kg)
30	9.0	39.4	44.3	36.4	5.7	-	-	48 ^{6/}	-	-	-
	10.4	45.5	51.2	42.1	6.6	-	-	55 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5.4	24.0	68.1	60.5	-	0.31	0.07	39 ^{6/}	-	-	-
	6.0	27.0	76.5	68.0	-	0.35	0.08	44 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	2.4	-	9.9	7.1	1.7	0.35	0.08	13 ^{6/}	-	-	-
	10.4	-	42.7	30.3	7.3	1.50	0.36	54 ^{6/}	-	-	-
	(1.2)	-	-	(0.1)	(1.5)	(0.57)	(0.15)	-	-	-	-
	3.5	14.7	12.4	10.0	2.4	0.53	0.07	17 ^{6/}	-	-	-
	12.1	50.8	42.7	34.4	8.4	1.84	0.26	60 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	-	-	-	-	-	-	-	10 ^{6/}	-	-	-
	9.8	46.8	45.0	31.8	8.0	0.93	0.13	58 ^{6/}	-	-	-
	(0.8)	-	(2.9)	(2.5)	(0.6)	(0.12)	(0.02)	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9.0	46.2	48.3	34.4	10.4	-	-	57 ^{6/}	-	-	-
	(1.0)	-	(2.8)	(2.9)	(0.9)	-	-	-	-	-	-
33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11.0	47.8	58.8	46.7	10.3	-	-	57 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	(1.3)	-	-	-	-	-	-
	2.1	6.7	9.3	-	-	0.22	0.05	11 ^{6/}	-	-	-
	11.3	36.8	51.3	-	-	1.22	0.27	58 ^{6/}	1.80 ^{1/}	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34	5.7	35.4	12.9	7.9	2.6	0.30	0.61	73 ^{6/}	-	-	-
	6.5	40.0	14.5	9.0	2.9	0.34	0.69	82 ^{6/}	-	-	-
	(0.8)	-	(3.3)	(1.8)	(3.8)	(0.07)	(0.05)	-	-	-	-
	6.1	26.5	15.7	12.1	-	0.39	0.47	80 ^{6/}	-	-	-
	6.7	29.1	17.2	13.3	-	0.43	0.52	88 ^{6/}	-	-	-
	(1.7)	-	(7.3)	(5.7)	-	(0.13)	(0.09)	-	-	-	-

ตารางที่ 15 ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงาน
ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	CP (%)	EE (%)	CF (%)
34	ถั่วเหลือง Soybean, <i>Glycine max</i>					
	- กากน้ำเต้าหู้ สด (soya milk residue, fresh)	5	12.3	3.7	1.1	1.6
			100	30.3	9.1	12.9
			-	-	-	-
	- ต้นถั่วเหลืองหลังเก็บฝัก, ฟางถั่ว (soybean straw, sun cured)	1	86.8	6.1	1.7	30.5
			100	7.0	1.9	35.1
			(2.0)	(1.4)	(1.0)	(5.1)
	- ถั่วเหลืองไขมันเต็ม (full fat soybean)	5	90.9	33.4	18.0	6.5
			100	36.8	19.8	6.9
			(0.7)	(1.0)	(0.6)	(1.4)
	- เปลือกฝักถั่วเหลือง แห้ง (soybean pods, sun cured)	1	89.8	5.6	1.5	30.5
			100	6.2	1.6	34.0
			-	(0.8)	(0.8)	(1.7)
	- เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง (soybean hulls)	1	89.5	10.6	1.4	32.5
			100	11.8	1.6	36.3
			(1.2)	(0.8)	(0.3)	(1.5)
35	ถั่วอัลฟัลฟา Alfalfa/Lucerne, <i>Medicago sativa</i>					
	- ต้น สด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	18.0	4.0	0.5 ^{3/}	2.9 ^{3/}
			100	22.3	2.6 ^{3/}	16.2 ^{3/}
			-	(3.7)	-	-
	- ต้น สด อายุ 60 วัน (aerial part, fresh, 60 days growth)	2	24.0	5.1	0.7 ^{3/}	6.2 ^{3/}
			100	21.1	3.1 ^{3/}	25.7 ^{3/}
			-	(1.8)	-	-
	- ต้น สด อายุ 75 วัน (aerial part, fresh, 75 days growth)	2	25.7	4.9	0.9 ^{3/}	7.6 ^{3/}
			100	18.9	3.5 ^{3/}	29.7 ^{3/}
			-	(3.9)	-	-
36	ถั่วฮามาต้า Hamata / Verano stylo, <i>Stylosanthes hamata</i>					
	cv.Verano	2	25.8	4.7	0.4	5.7
	- ต้น สด อายุ 30 วัน (aerial part, fresh, 30 days growth)		100	18.2	1.5	22.0
			(2.3)	(1.1)	(0.3)	(2.8)
	- ต้น สด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	26.5	4.2	0.4	6.7
			100	15.9	1.3	25.4
			(1.2)	(2.3)	(0.3)	(3.0)

Number	Ash (%)	NFE (%)	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)	Ca (%)	P (%)	TDN (%)	DE (Mcal/kg)	ME (Mcal/kg)	ME (MJ/kg)	
34	0.6	5.2	3.1	2.3	0.2	0.07	0.04	10 ^{6/}	0.66 ^{3/}	0.58 ^{3/}	2.43 ^{3/}	
	5.2	42.5	25.5	18.9	1.6	0.54	0.36	79 ^{6/}	3.23 ^{3/}	2.85 ^{3/}	11.92 ^{3/}	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	6.6	42.0	49.8	36.6	7.6	1.24	0.13	47 ^{6/}	-	-	-	
	7.6	48.4	57.4	42.1	8.7	1.43	0.15	52 ^{6/}	1.85 ^{3/}	1.02 ^{3/}	4.27 ^{3/}	
	(1.7)	-	(4.1)	(4.0)	(0.7)	(0.15)	(0.04)	-	-	-	-	
	4.4	28.7	-	4.4	-	0.24	0.50	88 ^{6/}	-	-	-	
	4.9	31.6	-	4.8	-	0.26	0.55	97 ^{6/}	-	-	-	
	(0.5)	-	-	-	-	(0.07)	(0.05)	-	-	-	-	
	7.1	45.1	52.9	40.3	7.7	0.84	0.13	47 ^{6/}	2.01 ^{5/}	1.65 ^{5/}	6.90 ^{5/}	
	7.9	50.3	58.9	44.9	8.5	0.94	0.14	52 ^{6/}	2.41 ^{5/}	1.98 ^{5/}	8.28 ^{5/}	
	(1.1)	-	(4.1)	(4.0)	(1.7)	-	-	-	-	-	-	
	3.8	41.3	55.7	41.4	-	0.44	0.11	50 ^{6/}	-	-	-	
	4.2	46.1	62.3	46.3	-	0.49	0.13	56 ^{6/}	-	-	-	
	(0.3)	-	(2.2)	(1.7)	-	(0.05)	(0.02)	-	-	-	-	
	35	2.8 ^{3/}	7.8	-	6.0 ^{3/}	1.6 ^{3/}	0.20 ^{3/}	0.17 ^{3/}	10 ^{6/}	0.57 ^{3/}	0.49 ^{3/}	2.05 ^{3/}
		15.7 ^{3/}	43.2	-	31.0 ^{3/}	8.2 ^{3/}	1.05 ^{3/}	0.35 ^{3/}	58 ^{6/}	2.92 ^{3/}	2.50 ^{3/}	10.46 ^{3/}
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		3.6 ^{3/}	8.5	-	5.1	0.2	-	-	-	0.64 ^{3/}	0.54 ^{3/}	2.26 ^{3/}
		14.8 ^{3/}	35.3	-	21.4	0.8	-	-	-	2.67 ^{3/}	2.25 ^{3/}	9.41 ^{3/}
-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2.7 ^{3/}		9.6	8.8	5.9	1.3	0.41 ^{3/}	0.08 ^{3/}	15 ^{6/}	0.63 ^{3/}	0.54 ^{3/}	2.26 ^{3/}	
10.7 ^{3/}		37.2	34.4	22.9	5.1	1.87 ^{3/}	0.36 ^{3/}	57 ^{6/}	2.87 ^{3/}	2.45 ^{3/}	10.25 ^{3/}	
-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
36		2.6	12.5	12.4	7.1	1.5	0.35	0.06	17 ^{6/}	-	-	-
	9.9	48.4	48.0	27.6	5.7	1.38	0.23	64 ^{6/}	-	-	-	
	(2.1)	-	(2.0)	(2.8)	(0.8)	(0.18)	(0.05)	-	-	-	-	
	2.2	12.9	13.4	8.4	1.9	0.43	0.05	16 ^{6/}	-	-	-	
	8.5	48.9	50.6	31.6	6.6	1.62	0.20	62 ^{6/}	-	-	-	
	(1.6)	-	(2.7)	(2.8)	(0.9)	(0.50)	(0.06)	-	-	-	-	

ตารางที่ 15 ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงาน
ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	CP (%)	EE (%)	CF (%)
36	ถั่วฮามาต้า Hamata / Verano stylo, <i>Stylosanthes hamata</i>					
	cv.Verano	2	27.0	4.4	0.4	7.6
	- ต้นสด อายุ 60 วัน (aerial part, fresh, 60 days growth)		100	15.3	1.3	28.1
			(4.0)	(1.9)	(0.3)	(1.8)
	- ต้นแห้ง อายุ 60 วัน (aerial part, hay, 60 days growth)	1	87.9	13.4	1.2	33.5
			100	15.2	1.4	38.1
37	ทองหลาง December-tree, <i>Erythrina subumbrans</i>					
	- ใบสด (leaves, fresh)	2	29.0	5.6	1.3	8.4
			100	19.4	4.5	29.0
38	ทานตะวัน Sunflower, <i>Helianthus annus</i>					
	- กากทานตะวันสกัดน้ำมัน (sunflower seeds, meal solvent extracted)	5	90.9	30.8	1.5	19.6
			100	33.8	1.7	21.5
			-	-	-	-
	- กากทานตะวันอัดน้ำมัน (sunflower seeds meal, mechanical extracted)	5	91.5	20.9	6.6	28.2
			100	22.8	7.2	30.8
			-	-	-	-
	- ดอก (flowers)	1	87.8	6.8	3.3	17.9
			100	7.7	3.8	20.4
			-	-	-	-
	- เปลือกเมล็ดดิบ (hulls)	1	90.8	7.5	2.0	41.2
			100	8.3	2.1	43.9
			-	-	-	-
	- เมล็ดกะเทาะเปลือก (seeds without hulls)	5	94.6	19.2	39.2	13.1
			100	20.3	41.4	13.8
			(0.6)	(0.6)	(3.2)	(1.6)
39	นุ่น Kapok, <i>Ceiba pentandra</i>					
	- กากเมล็ดนุ่น (kapok seeds, meal, mechanical extracted)	5	90.3	27.7	5.6	21.4
			100	31.9	6.4	24.7
40	บุหงานร่า Thysanostigma, <i>Thysanostigma siamensis</i> J.B.Imla					
	- ต้นแห้ง อายุ 45 วัน (aerial part, dried, 45 days growth)	1	89.6	11.1	3.1	26.2
			100	12.4	3.5	29.2
			(0.5)	(0.6)	(0.5)	(1.7)

Number	Ash (%)	NFE (%)	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)	Ca (%)	P (%)	TDN (%)	DE (Mcal/kg)	ME (Mcal/kg)	ME (MJ/kg)
36	2.1	12.8	14.3	9.3	2.0	0.44	0.05	-	-	-	-
	7.8	47.5	53.0	34.5	7.3	1.61	0.19	61 ^{6/}	-	-	-
	(0.9)	-	(2.1)	(2.1)	(0.6)	(0.45)	(0.04)	-	-	-	-
	6.4	33.4	48.2	34.4	8.1	1.16	0.11	17 ^{6/}	-	-	-
	7.3	38.0	54.9	39.1	9.2	1.32	0.13	53 ^{2/}	-	2.20 ^{1/}	9.20 ^{1/}
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37	3.0	10.6	13.5	10.4	2.5	0.68	0.07	17 ^{6/}	-	-	-
	10.4	36.7	46.5	35.9	8.7	2.36	0.23	59 ^{6/}	-	2.20 ^{1/}	9.20 ^{1/}
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38	6.6	32.5	32.9	29.1	4.8	0.39	1.08	56 ^{6/}	-	-	-
	7.2	35.8	36.2	32.0	5.3	0.43	1.19	62 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6.6	29.3	-	-	-	0.54	0.55	51 ^{6/}	2.28 ^{3/}	1.88 ^{3/}	7.87 ^{3/}
	7.2	32.0	-	-	-	0.60	0.60	56 ^{6/}	2.46 ^{3/}	2.04 ^{3/}	8.54 ^{3/}
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12.6	47.2	33.8	30.9	-	2.65	0.18	48 ^{6/}	-	-	-
	14.3	53.8	38.5	35.2	-	3.02	0.21	55 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7.0	35.9	-	-	-	0.42	0.22	49 ^{6/}	-	-	-
	7.5	38.2	-	-	-	0.45	0.23	54 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4.0	19.2	-	-	-	0.27	0.50	85 ^{6/}	4.76 ^{3/}	4.29 ^{3/}	17.95 ^{3/}
	4.2	20.3	-	-	-	0.29	0.53	90 ^{6/}	5.08 ^{3/}	4.68 ³	19.58 ³
	(1.2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
39	7.3	24.8	31.4	27.8	14.2	0.33	1.02	56 ^{6/}	2.22 ^{3/}	1.85 ^{3/}	7.74 ^{3/}
	8.4	28.6	36.2	32.1	16.3	0.38	1.17	62 ^{6/}	2.57 ^{3/}	2.14 ^{3/}	8.95 ^{3/}
	(1.4)	-	(9.0)	(6.8)	-	(0.11)	(0.25)	-	-	-	-
40	8.8	40.4	41.9	25.4	-	1.24	0.64	51 ^{6/}	-	-	-
	9.8	45.1	46.8	28.4	-	1.38	0.72	57 ^{6/}	-	-	-
	(0.7)	-	(1.4)	(3.1)	-	(0.17)	(0.08)	-	-	-	-

ตารางที่ 15 ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงาน
ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	CP (%)	EE (%)	CF (%)
41	เบียร์ (Brewer) - กากเบียร์แห้ง (brewer's grain, dried)	5	91.3	22.9	5.2	15.5
			100	25.0	5.7	17.0
			(1.4)	(2.7)	(1.4)	(2.2)
		5	91.3	36.3	0.3	3.2
			100	39.7	0.3	3.5
			(2.5)	(4.0)	(0.1)	(2.9)
42	ประดู่ Burma Padauk, <i>Pterocarpus indicus</i> - ใบสด (leaves, fresh)	2	36.7	8.6	0.7	8.0
			100	23.5	2.0	21.7
			-	-	-	-
43	ปลาป่น Fish meal. - ปลาป่น (fish meal, CP □ 50 %)	5	92.1	52.7	10.0	0.6
			100	57.2	10.9	0.7
			(1.3)	(1.6)	(2.0)	(0.3)
		5	91.9	56.8	8.5	0.7
			100	61.8	9.3	0.7
			(1.2)	(1.5)	(2.0)	(0.3)
		5	92.1	62.4	7.8	0.5
			100	67.8	8.5	0.6
			(2.1)	(2.0)	(1.5)	(0.4)
		5	91.7	47.7	7.4	1.1
			100	52.0	8.1	1.2
			(3.4)	(3.5)	(2.7)	(0.7)
44	ปอสา Paper mulberry, <i>Broussonetia papyrifera</i> - ใบสด (leaves, fresh)	2	23.0	5.3	1.0	2.5
			100	23.0	4.4	10.8
			-	-	-	-
45	ปาล์มน้ำมัน Oil palm, <i>Elaeis guineensis</i> - กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม อัดน้ำมัน (palm kernels cake, mechanical extracted)	5	91.3	15.2	5.1	7.9
			100	16.6	5.6	8.7
			(2.1)	(3.3)	(4.0)	(4.7)
		5	92.8	9.1	11.5	23.6
			100	9.8	12.3	25.4
			(1.8)	(1.3)	(3.1)	(3.6)

Number	Ash (%)	NFE (%)	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)	Ca (%)	P (%)	TDN (%)	DE (Mcal/kg)	ME (Mcal/kg)	ME (MJ/kg)
41	7.1	40.7	46.3	20.8	3.0	0.33	0.43	64 ^{6/}	2.90 ^{5/}	2.48 ^{5/}	10.38 ^{5/}
	7.8	44.5	50.7	22.8	3.3	0.36	0.47	70 ^{6/}	3.17 ^{5/}	2.71 ^{5/}	11.34 ^{5/}
	(3.2)	-	(2.9)	(2.5)	(0.1)	(0.07)	(0.07)	-	-	-	-
	6.8	44.8	-	-	-	0.24	0.97	75 ^{6/}	-	-	-
	7.4	49.1	-	-	-	0.26	1.06	82 ^{6/}	3.48 ^{4/}	2.9 ^{4/}	12.13 ^{4/}
	(1.6)	-	-	-	-	(0.17)	(0.57)	-	-	-	-
42	3.2	16.2	13.2	10.1	3.4	0.63	0.07	25 ^{6/}	-	-	-
	8.6	44.2	36.1	27.4	9.4	1.72	0.20	67 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
43	22.4	6.4	2.8	1.3	5.8	6.24	3.13	82 ^{6/}	3.16 ^{5/}	2.72 ^{5/}	11.38 ^{5/}
	24.3	6.9	3.0	1.4	6.3	6.78	3.40	89 ^{6/}	3.42 ^{5/}	2.94 ^{5/}	12.30 ^{5/}
	(1.6)	-	-	-	-	(0.77)	(0.30)	-	-	-	-
	20.5	5.4	-	-	-	5.39	2.86	82 ^{6/}	3.20 ^{5/}	2.76 ^{5/}	11.55 ^{5/}
	22.3	5.9	-	-	-	5.86	3.11	89 ^{6/}	3.47 ^{5/}	2.99 ^{5/}	12.51 ^{5/}
	(2.5)	-	-	-	-	(0.80)	(0.34)	-	-	-	-
44	18.7	2.6	-	-	-	4.75	2.69	83 ^{6/}	3.28 ^{5/}	2.84 ^{5/}	11.88 ^{5/}
	20.3	2.8	-	-	-	5.16	2.92	90 ^{6/}	3.59 ^{5/}	3.11 ^{5/}	13.01 ^{5/}
	(4.8)	-	-	-	-	(0.95)	(0.38)	-	-	-	-
	28.8	6.6	-	-	-	7.78	2.77	75 ^{6/}	-	-	-
	31.5	7.2	-	-	-	8.49	3.02	82 ^{6/}	-	-	-
	(4.8)	-	-	-	-	(2.13)	(0.61)	-	-	-	-
45	3.1	11.1	-	-	-	0.68	0.07	16 ^{6/}	-	-	-
	13.6	48.2	-	-	-	2.97	0.29	70 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	5.9	57.2	54.6	38.2	-	0.35	0.52	72 ^{6/}	-	-	-
	6.5	62.6	59.7	41.9	-	0.38	0.56	79 ^{6/}	-	-	-
	(1.4)	-	(3.8)	(3.6)	-	(0.18)	(1.14)	-	-	-	-
	5.8	43.0	47.6	33.7	-	0.44	0.34	61 ^{6/}	-	-	-
	6.2	46.3	51.2	36.3	-	0.48	0.37	66 ^{6/}	-	-	-
	(2.5)	-	-	-	-	(0.19)	(0.16)	-	-	-	-

ตารางที่ 15 ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงาน
ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	CP (%)	EE (%)	CF (%)
45	ปาล์มน้ำมัน Oil palm, <i>Elaeis guineensis</i>					
	- กากปาล์มอัดน้ำมัน อัดเม็ด (palm kernels with coat, meal, mechanical extracted, pelleted)	5	93.3 100 (2.0)	14.7 15.7 (0.7)	7.4 8.0 (2.1)	19.3 20.7 (2.4)
	- กากผลปาล์มอัดน้ำมัน (palm fruits, meal, mechanical extracted)	5	87.3 100 (4.6)	5.3 6.1 (1.1)	6.3 7.2 (1.7)	35.4 40.4 (4.6)
	- ก้านทางปาล์ม (palm frond)	2	88.3 100 -	2.2 2.4 -	34.7 39.0 -	0.2 0.2 -
	- ใบปาล์ม (palm leaves)	2	89.9 100 -	1.0 1.2 -	2.2 2.5 -	21.8 24.2 -
46	เปลือกหอยป่น Oyster shell	6	96.4 100 -	0.3 0.3 -	- - -	0.9 0.9 -
47	ผักตบชวา Water hyacinth, <i>Eichornia crassipes</i>					
	- ใบ สด (leaves, fresh)	2	12.0 100 -	2.0 17.0 -	0.2 1.8 -	2.2 18.1 -
	- ลำต้นและใบ สด (stems and leaves, fresh)	2	8.1 100 -	1.0 12.3 -	0.2 2.4 -	2.2 27.3 -
48	ผักปลาน Dayflower, <i>Commelina bengalensis</i> Linn.					
	- ต้น สด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	18.0 100 -	3.3 18.2 -	0.5 2.9 (0.8)	8.6 47.6 (3.4)
49	ฝ้าย Cotton, <i>Gosypium spp.</i>					
	- กากฝ้ายไม่รวมเปลือก (cotton seeds without hulls, meal, mechanical extracted, 41 % protein)	5	90.2 100 (0.8)	42.2 46.7 (2.2)	5.2 5.8 (0.7)	6.1 6.8 -
	- เมล็ดฝ้าย (cotton seeds)	5	91.1 100 (3.3)	18.0 19.8 (1.7)	15.2 16.7 (2.3)	27.0 29.6 (5.0)

Number	Ash (%)	NFE (%)	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)	Ca (%)	P (%)	TDN (%)	DE (Mcal/kg)	ME (Mcal/kg)	ME (MJ/kg)
45	4.3	47.6	62.8	-	-	0.32	0.54	63 ^{6/}	-	-	-
	4.6	51.0	67.3	-	-	0.34	0.57	68 ^{6/}	-	-	-
	(0.7)	-	(1.8)	-	-	(0.08)	(0.04)	-	-	-	-
	2.5	38.1	47.8	40.3	-	0.36	0.13	39 ^{6/}	-	-	-
	2.9	43.4	54.5	43.3	-	0.41	0.15	45 ^{6/}	-	-	-
	(1.5)	-	(2.9)	-	-	(0.16)	(0.08)	-	-	-	-
	3.5	48.5	-	-	-	0.60	0.10	62 ^{6/}	-	-	-
	3.9	54.5	-	-	-	0.67	0.11	70 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9.3	55.5	-	-	-	0.94	0.15	48 ^{6/}	-	-	-
	10.4	61.7	-	-	-	1.05	0.17	53 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	93.3	1.8	-	-	-	29.43	0.03	-	-	-	-
	96.9	1.9	-	-	-	30.54	0.03	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46	2.0	5.6	-	-	-	0.24	0.07	7 ^{6/}	-	-	-
	16.3	46.8	-	-	-	2.03	0.58	59 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47	1.6	3.1	-	-	-	0.17	0.06	-	-	-	-
	19.4	38.6	-	-	-	2.06	0.68	48 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
48	3.1	2.5	8.4	6.0	1.6	0.74	0.06	4 ^{6/}	-	-	-
	17.2	14.1	46.6	33.5	9.0	4.10	0.31	40 ^{6/}	-	-	-
	(3.2)	(7.2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
49	7.7	29.0	15.3	10.1	-	0.20	1.19	75 ^{6/}	-	-	-
	8.5	32.2	17.0	11.2	-	0.22	1.32	83 ^{6/}	-	-	-
	(0.0)	-	(0.2)	(0.5)	-	(0.0)	(0.14)	-	-	-	-
	3.9	27.1	38.0	32.0	3.8	0.15	0.55	61 ^{6/}	3.16 ^{3/}	2.78 ^{3/}	11.63 ^{3/}
	4.2	29.7	41.7	35.2	4.2	0.16	0.60	67 ^{6/}	3.46 ^{3/}	3.05 ³	12.76 ³
	(0.3)	-	(5.9)	(1.7)	-	(0.03)	(0.02)	-	-	-	-

ตารางที่ 15 ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงาน
ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	CP (%)	EE (%)	CF (%)
50	มะขามเทศ Manila tamarind, <i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.)Benth. - ส่วนใบ สด (leaves, fresh)	2	29.1 100 -	6.1 21.0 -	1.4 4.8 -	5.3 18.1 -
51	มะเขือเทศ Tomato, <i>Lycopersicon esculentum</i> - กากมะเขือเทศ แห้ง (tomato pomace, dried)	5	92.5 100 (0.7)	19.3 20.8 (2.2)	10.3 11.2 (1.4)	31.9 34.5 (1.6)
52	มะพร้าว Coconut, <i>Cocos nucifera</i> . - กากมะพร้าวอัดน้ำมัน (coconut kernels with coats, meal, mechanical extracted, caked) - กากมะพร้าวคั้นกะทิ (coconut milk residues)	5 4	92.3 100 (2.4) 91.3 100 (3.4)	15.8 17.1 (3.5) 5.9 6.5 (2.1)	10.8 11.7 (4.3) 24.5 26.8 (8.1)	10.7 11.6 (4.0) 11.3 12.4 (1.8)
53	มันแกว Yam bean, <i>Pachyrhizus erosus</i> - เถา มันแกว แห้ง (aerial part, dried)	1	91.5 100 -	21.0 22.9 -	1.6 1.7 -	- - -
54	มันสำปะหลัง Cassava , <i>Manihot esculenta</i> - กากมัน (starch process residue) - ใบมัน แห้ง (leaves, dried) - ใบมัน หมัก (leaves, silage) - เปลือกหัวมัน สด (peelings, fresh) - มันเส้น (cassava chips)	4 1 3 2 4	87.6 100 (4.5) 90.6 100 (2.0) 24.9 100 - 37.4 100 - 89.8 100 (3.2)	2.5 2.8 (1.9) 20.1 22.2 (3.0) 3.5 13.9 - 1.6 4.3 - 2.1 2.3 (0.5)	0.3 0.3 (0.4) 5.1 5.6 (1.4) 2.7 11.0 - 0.3 0.9 - 0.4 0.5 (0.3)	13.2 15.1 (4.3) 17.8 19.7 (2.8) 4.4 17.6 - 5.1 13.6 - 2.7 3.0 (1.1)

Number	Ash (%)	NFE (%)	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)	Ca (%)	P (%)	TDN (%)	DE (Mcal/kg)	ME (Mcal/kg)	ME (MJ/kg)
50	3.1	13.2	9.8	8.5	3.2	0.52	0.06	20 ^{6/}	-	-	-
	10.8	45.3	33.8	29.3	11.0	1.78	0.21	67 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
51	4.9	26.1	58.2	45.0	-	0.35	0.56	52 ^{6/}	-	-	-
	5.3	28.2	62.9	48.6	-	0.38	0.61	56 ^{6/}	2.56 ^{4/}	2.10 ^{4/}	8.79 ^{4/}
	(0.7)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
52	6.1	48.8	43.7	28.9	-	0.24	0.46	76 ^{6/}	-	-	-
	6.7	52.9	47.4	31.3	-	0.26	0.50	82 ^{6/}	-	-	-
	(2.0)	-	(7.5)	(5.7)	-	(0.35)	(0.08)	-	-	-	-
53	2.2	47.4	49.1	34.9	-	0.43	0.22	86 ^{6/}	-	-	-
	2.4	51.9	53.8	38.2	-	0.47	0.24	94 ^{6/}	-	-	-
	(0.2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
54	13.9	-	36.2	27.5	-	1.66	0.20	53 ^{6/}	-	-	-
	15.2	-	39.5	30.1	-	1.81	0.22	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
55	4.9	66.8	34.6	25.8	-	0.61	0.05	62 ^{6/}	-	-	-
	5.6	76.2	39.5	29.5	-	0.70	0.06	71 ^{6/}	-	-	-
	(4.9)	-	(4.5)	(3.3)	-	-	-	-	-	-	-
56	7.5	40.0	37.5	28.4	6.7	1.85	0.22	63 ^{6/}	2.92 ^{3/}	2.54 ^{3/}	10.63 ^{3/}
	8.3	44.2	41.4	31.3	7.4	2.05	0.24	69 ^{6/}	3.20 ^{3/}	2.78 ^{3/}	11.63 ^{3/}
	(1.1)	-	(8.5)	(8.9)	(1.8)	(0.51)	(0.15)	-	-	-	-
57	2.4	11.9	9.3	5.7	1.6	-	-	20 ^{6/}	-	-	-
	9.7	47.8	37.3	23.0	6.5	-	-	80 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	(1.8)	-	-	-	-	-	-
58	2.8	27.5	14.5	10.0	-	0.19	0.03	25 ^{6/}	-	-	-
	7.6	73.6	38.8	26.6	-	0.51	0.07	66 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
59	3.4	81.2	9.1	5.1	2.0	0.16	0.09	71 ^{6/}	3.51 ^{3/}	3.15 ^{3/}	13.18 ^{3/}
	3.8	90.4	10.1	5.7	2.2	0.10	0.10	79 ^{6/}	4.06 ^{3/}	3.65 ^{3/}	15.27 ^{3/}
	(1.8)	-	(3.9)	(2.9)	(0.7)	(0.15)	(0.18)	-	-	-	-

ตารางที่ 15 ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงาน
ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	CP (%)	EE (%)	CF (%)
54	มันสำปะหลัง <i>Cassava, Manihot esculenta</i> - มันอัดเม็ด (cassava tuber, pellet)	4	89.0	2.3	0.6	5.3
			100	2.6	0.6	5.9
			(0.8)	(0.5)	(0.1)	(1.6)
		2	18.2	2.6	0.7	4.7
			100	14.5	3.6	25.6
			-	-	-	-
		4	30.0	1.2	0.1	3.9
			100	4.0	0.4	12.9
			-	-	-	-
55	ย่านพาโหม Fever vine, <i>Paederia linearis</i> Hook.f. - ต้น สด อายุ 30-60 วัน (aerial part, fresh, 30-60 days growth)	2	26.8	4.0	0.5	-
			100	14.9	1.7	-
			(1.2)	(1.2)	-	-
56	เรปซีด Canola, <i>Brassica napus</i> - กากเรปซีด (Canola or rapeseed meal, solvent extracted)	5	90.5	34.4	0.7	8.5
			100	38.0	0.8	9.4
			(0.9)	(1.0)	(0.5)	(1.5)
57	ลำไย Longan, <i>Dimocarpus longon</i> Lour - เมล็ด (seeds)	1	65.1	5.9	1.6	5.3
			100	7.3	2.0	6.5
			-	-	-	-
58	สับปะรด Pineapple, <i>Ananas comosus</i> - จุก สด (crowns, fresh)	2	19.0	1.8	0.3	3.4
			100	9.5	1.5	17.7
			-	-	-	-
		2	47.8	2.2	0.4	7.8
			100	4.6	0.8	16.3
			-	-	-	-
		2	-	-	-	-
			100	6.5	2.0	19.7
			-	-	-	-
		2	14.2	0.8	0.2	2.5
			100	5.7	1.2	17.3
			-	-	-	-

[illegible]

ตารางที่ 15 ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงาน
ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	CP (%)	EE (%)	CF (%)
58	สับปะรด Pineapple, <i>Ananas comosus</i> - เปลือกอัดเม็ด (pineapple peels, pellet)	1	87.0	3.1	2.4	13.8
			100	3.5	2.7	15.9
			-	-	-	-
	- ใ้สับปะรด แห้ง (pineapple core, dried)	1	87.1	1.7	1.3	7.4
			100	1.9	1.5	8.5
			-	-	-	-
59	หญ้ากรีนแพนิก Green panic grass, <i>Panicum maximum</i> <i>var. trichoglume</i> - ต้น สด อายุ 30 วัน (aerial part, fresh, 30 days growth)	2	24.9	2.3	0.4	7.1
			100	9.2	1.4	28.5
			(4.9)	(2.4)	(0.3)	(2.7)
	- ต้น สด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	28.5	2.2	0.4	8.4
			100	7.6	1.4	29.5
			(4.7)	(2.6)	(0.5)	(3.1)
	- ต้น สด อายุ 60 วัน (aerial part, fresh, 60 days growth)	2	31.1	2.0	0.4	9.6
			100	6.5	1.4	30.8
			(4.7)	(2.0)	(0.3)	(3.1)
60	หญ้างัมบ้า Gamba grass, <i>Andropogon gayanus</i> - ต้น สด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	25.9	1.8	0.4	-
			100	7.1	1.4	-
			-	(1.6)	-	-
61	หญ้างัวเตมาลา Guatemala grass, <i>Tripsacum dascum</i> - ต้น สด (aerial part, fresh)	2	23.4	2.3	0.4	6.8
			100	9.9	1.7	29.0
			-	-	-	-
62	หญ้างินีสีม่วง Purple guinea grass, <i>Panicum maximum</i> TD58 - ต้น สด อายุ 30 วัน (aerial part, fresh, 30 days growth)	2	21.3	2.2	0.3	6.7
			100	10.3	1.5	33.3
			-	(3.3)	(0.4)	(3.0)
	- ต้น แห้ง อายุ 30 วัน (aerial part, hay, 30 days growth)	1	87.5	7.4	1.0	-
			100	8.5	1.1	-
			-	(1.4)	-	-
	- ต้น สด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	22.5	1.7	0.3	7.6
			100	7.4	1.2	34.0
			(5.1)	(2.0)	(0.3)	(2.8)

Number	Ash (%)	NFE (%)	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)	Ca (%)	P (%)	TDN (%)	DE (Mcal/kg)	ME (Mcal/kg)	ME (MJ/kg)
58	3.9	64.0	-	-	-	0.20	0.09	54 ^{6/}	-	-	-
	4.4	73.5	-	-	-	0.23	0.10	62 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.0	74.7	-	-	-	0.05	0.04	65 ^{6/}	-	-	-
	2.3	85.8	-	-	-	0.06	0.05	74 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
59	2.8	12.4	16.2	9.2	0.9	0.13	0.08	14 ^{6/}	-	-	-
	11.3	49.6	65.2	36.8	3.7	0.51	0.33	55 ^{6/}	-	2.10 ^{1/}	8.79 ^{1/}
	(1.8)	-	(3.0)	(3.3)	(0.7)	(0.17)	(0.08)	-	-	-	-
	3.1	14.5	18.9	11.3	1.2	0.13	0.09	15 ^{6/}	-	-	-
	10.7	50.8	66.1	38.7	4.3	0.46	0.31	54 ^{6/}	-	1.90 ^{1/}	7.95 ^{1/}
	(2.2)	-	(3.7)	(4.1)	(0.9)	(0.19)	(0.09)	-	-	(0.20)	(0.84)
60	3.1	15.9	20.9	12.4	1.4	0.13	0.08	17 ^{6/}	-	-	-
	10.1	51.2	67.2	39.9	4.6	0.41	0.27	53 ^{6/}	-	-	-
	(1.8)	-	(3.3)	(3.8)	(0.9)	(0.14)	(0.07)	-	-	-	-
	1.1	-	18.7	11.0	1.6	0.11	0.04	12 ^{6/}	-	-	-
	4.4	-	72.1	42.6	6.2	0.43	0.16	48 ^{6/}	-	1.60 ^{1/}	6.69 ^{1/}
	-	-	(3.8)	(3.6)	(0.7)	(0.13)	(0.06)	-	-	-	-
61	2.2	11.7	15.4	8.7	-	0.05	0.03	13 ^{6/}	-	-	-
	9.3	50.1	65.6	37.3	-	0.22	0.14	57 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
62	2.5	9.7	14.6	8.4	0.7	0.08	0.02	11 ^{6/}	0.56 ^{3/}	-	-
	11.1	45.4	68.3	39.5	3.1	0.36	0.11	51 ^{6/}	2.36 ^{3/}	2.00 ^{1/}	8.37 ^{1/}
	(3.1)	-	(6.0)	(2.7)	(0.6)	-	-	-	-	-	-
	-	-	60.8	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	69.5	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	(4.7)	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.3	10.6	15.9	9.2	0.9	0.09	0.06	11 ^{6/}	-	-	-
	10.4	47.1	70.5	40.9	4.1	0.42	0.25	49 ^{6/}	-	2.00 ^{1/}	8.37 ^{1/}
	(2.7)	-	(2.3)	(1.9)	(1.8)	(0.12)	(0.11)	-	-	-	-

ตารางที่ 15 ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงาน
ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	CP (%)	EE (%)	CF (%)
62	หญ้ากินนีสีม่วง Purple guinea grass, <i>Panicum maximum</i> TD58 - ตั่น แห้ง อายุ 45 วัน (aerial part, hay, 45 days growth)	1	89.0	6.0	1.3	29.6
			100	6.7	1.5	33.2
			-	-	-	-
		2	24.4	1.7	0.3	8.7
			100	6.9	1.3	35.7
			(5.9)	(1.0)	(0.3)	-
		1	89.5	5.1	0.7	-
			100	5.7	0.7	-
			-	-	-	-
63	หญ้าขจรจบดอกใหญ่ Communist grass, <i>Pennisetum pedicellatum</i> - ตั่น แห้ง (aerial part, hay)	1	-	-	-	-
			100	8.4	1.8	33.7
			-	(2.4)	(0.4)	(3.4)
64	หญ้าขน Para grass/Mauritius grass, <i>Brachiaria mutica</i> - ตั่น สด อายุ 30 วัน (aerial part, fresh, 30 days growth)	2	20.7	2.0	0.4	5.6
			100	9.6	2.2	27.2
			(1.2)	(2.6)	(0.9)	(1.2)
		2	22.6	1.8	0.3	6.6
			100	8.0	1.5	29.2
			(3.2)	(2.8)	(0.9)	(1.9)
		2	24.6	1.7	0.5	7.4
			100	6.8	1.9	29.9
			(4.1)	(2.8)	(1.0)	(2.2)
65	หญ้าโคโร Cori grass, <i>Brachiaria miliiformis</i> - ตั่น สด (aerial part, fresh)	2	28.1	2.7	0.4	-
			100	9.5	1.4	-
			-	-	-	-
66	หญ้าเจ้าชู้ตั่นใหญ่ Ya-phungchu, <i>Chrysopogon orientalis</i> - ตั่น สด (aerial part, fresh)	2	30.0	1.5	0.5	9.8
			100	4.9	1.5	32.7
			-	-	-	-
67	หญ้าชันกาด Torpedo grass, <i>Panicum repens</i> Linn - ตั่น สด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	28.0	3.3	-	-
			100	11.8	-	-
			-	-	-	-

[illegible]

ตารางที่ 15 ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงาน
ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	CP (%)	EE (%)	CF (%)
68	หญ้าชิกแนลตั้ง Palisade signal grass, <i>Brachiaria brizantha</i> - ต้น สด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	27.8	2.2	0.3	9.0 ^{3/}
			100	7.9	1.2	30.0 ^{3/}
			-	(2.1)	-	-
69	หญ้าชิกแนลนอน Signal grass, <i>Brachiaria decumbens</i> . - ต้น สด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	26.5	1.9	0.4	9.3 ^{3/}
			100	7.4	1.6	31.5 ^{3/}
			-	(0.9)	-	-
70	หญ้าชิกแนลเลื้อย Creeping signal grass /koronivia grass, <i>Brachiaria humidicola</i> - ต้น สด อายุ 30 วัน (aerial part, fresh, 30 days growth)	2	25.8	2.2	0.3	7.7
			100	8.4	1.3	29.8
			-	(1.0)	-	-
		2	27.7	2.3	0.4	8.6
			100	8.2	1.5	31.0
			-	(2.3)	(0.4)	(2.3)
		2	28.3	2.1	0.4	9.1
			100	7.5	1.5	32.3
			-	(2.2)	(0.3)	(1.7)
		1	89.7	5.2	0.9	30.6
			100	5.8	1.0	34.2
			-	(1.8)	-	-
71	หญ้าซูดาน Sudan grass, <i>Sorghum sudanese</i> - ต้น สด (aerial part, fresh)	2	22.0	2.1	-	-
			100	9.5	-	-
			-	-	-	-
72	หญ้าเซทาเรีย Setaria grass, <i>Setaria sphacelata</i> - ต้น สด อายุ 30 วัน (aerial part, fresh, 30 days growth)	2	11.3	1.3	0.2	-
			100	11.1	1.9	-
			(0.5)	(2.8)	-	-
		1	89.0	8.9	-	-
			100	10.0	-	-
			-	(1.1)	-	-
		2	19.2	1.7	0.2	-
			100	8.9	1.1	-
			-	(2.3)	-	-

Number	Ash (%)	NFE (%)	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)	Ca (%)	P (%)	TDN (%)	DE (Mcal/kg)	ME (Mcal/kg)	ME (MJ/kg)
68	3.0	13.9	19.7	11.3	1.3	0.08	0.06	16 ^{6/}	0.78 ^{3/}	-	-
	10.8	50.1	70.9	40.7	4.9	0.28	0.20	58 ^{6/}	2.59 ^{3/}	2.10 ^{1/}	8.79 ^{1/}
	-	-	(2.9)	(2.8)	(0.5)	(0.06)	(0.05)	-	-	(0.20)	(0.84)
69	2.3	13.4	18.5	10.4	1.1	0.08	0.06	16 ^{6/}	0.79 ^{3/}	-	-
	8.8	50.7	70.0	39.1	4.0	0.30	0.23	60 ^{6/}	2.86 ^{3/}	2.10 ^{1/}	8.79 ^{1/}
	-	-	(1.7)	(1.7)	(0.3)	(0.13)	(0.06)	-	-	(0.20)	(0.84)
70	1.3	13.9	17.3	9.0	0.7	0.05	0.05	15 ^{6/}	-	-	-
	4.9	53.7	67.2	35.0	2.7	0.21	0.21	59 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1.9	14.5	19.6	10.6	1.1	0.06	0.08	16 ^{6/}	-	-	-
	6.8	52.5	70.9	38.2	3.9	0.22	0.28	57 ^{6/}	-	2.00 ^{1/}	8.37 ^{1/}
	(2.1)	-	(3.7)	(3.8)	(0.7)	(0.09)	(0.12)	-	-	(0.00)	(0.00)
	1.7	15.5	20.2	11.1	1.2	0.07	0.08	16 ^{6/}	-	-	-
	6.0	54.8	71.4	39.2	4.2	0.25	0.27	58 ^{6/}	-	-	-
	(1.0)	-	(3.9)	(1.5)	-	(0.13)	(0.20)	-	-	-	-
	2.5	50.4	68.4	36.2	-	0.28	0.05	48 ^{6/}	-	-	-
	2.8	56.2	76.3	40.4	-	0.31	0.06	54 ^{6/}	-	-	-
	-	-	(2.3)	(2.8)	-	(0.21)	(0.04)	-	-	-	-
71	-	-	14.4	9.5	1.2	0.13	0.06	13 ^{6/}	-	-	-
	-	-	65.4	43.1	5.5	0.60	0.28	60 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
72	1.4	-	7.1	3.7	-	0.03	0.03	7 ^{6/}	-	-	-
	12.8	-	63.1	32.7	-	0.22	0.25	63 ^{6/}	-	1.60 ^{1/}	6.69 ^{1/}
	-	-	(3.3)	(2.5)	-	(0.06)	(0.15)	-	-	-	-
	8.3	-	57.2	-	-	-	-	-	-	-	-
	9.4	-	64.3	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	(3.7)	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.3	-	13.5	7.7	0.8	0.05	0.04	12 ^{6/}	-	-	-
	11.9	-	70.5	40.2	4.0	0.26	0.20	60 ^{6/}	-	-	-
	-	-	(3.2)	(3.3)	-	(0.09)	(0.05)	-	-	-	-

ตารางที่ 15 ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงาน
ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	CP (%)	EE (%)	CF (%)
72	หญ้าเซทาเรีย Setaria grass, <i>Setaria sphacelata</i> - ต้นสด อายุ 60 วัน (aerial part, fresh, 60 days growth)	2	22.2	1.5	0.2	-
			100	6.9	1.1	-
			-	(1.8)	(0.2)	-
73	หญ้าดอกแดง Natal grass, <i>Melinis repens</i> (Willd.) Ziska. - ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	37.0	3.1	-	-
			100	8.4	-	-
			-	-	-	-
74	หญ้าแดลลิส Dallis grass, <i>Paspalum dilatatum</i> - ต้นสด (aerial part, fresh)	2	23.8	2.38	0.7	6.6
			100	10.0	3.0	27.8
			-	-	-	-
75	หญ้านับติด Running grass, <i>Brachiaria reptans</i> (L.) Gard.&C.E. Hubb - ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	27.5	2.7	0.6	7.4
			100	9.9	2.3	27.0
			-	-	-	-
76	หญ้านตีนนก Large crab grass, <i>Digitaria adscendens</i> . - ต้นสด (aerial part, fresh)	2	25.0	2.6	0.8	7.4
			100	10.2	3.2	29.6
			-	-	-	-
77	หญ้าเนเปียร์ Napier/Elephant grass, <i>Pennisetum purpureum</i> - ต้นสด อายุ 30 วัน (aerial part, fresh, 30 days growth)	2	15.8	1.9	0.2	3.9
			100	12.1	1.1	24.9
			(0.7)	(1.8)	-	-
	- ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	18.7	1.9	0.3	5.0
			100	10.1	1.8	26.7
			-	(1.4)	(0.0)	-
	- ต้นสด อายุ 60 วัน (aerial part, fresh, 60 days growth)	2	23.7	1.8	0.3	-
			100	7.4	1.3	-
			(3.1)	(1.7)	-	-
78	หญ้านเนเปียร์แคระ Dwarf napier grass, <i>Pennisetum purpureum</i> cv.Mott - ต้นสด อายุ 30 วัน (aerial part, fresh, 30 days growth)	2	15.7	2.0	0.3	-
			100	12.8	1.6	-
			-	(2.5)	-	-
	- ต้นแห้ง อายุ 30 วัน (aerial part, hay, 30 days growth)	1	90.6	10.7	-	-
			100	11.8	-	-
			-	(2.1)	-	-

Number	Ash (%)	NFE (%)	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)	Ca (%)	P (%)	TDN (%)	DE (Mcal/kg)	ME (Mcal/kg)	ME (MJ/kg)
72	2.0	-	16.3	9.9	1.1	0.06	0.04	11 ^{6/}	-	-	-
	8.9	-	73.5	49.4	4.8	0.25	0.19	50 ^{6/}	-	-	-
	-	-	(2.9)	(3.3)	-	(0.05)	(0.05)	-	-	-	-
73	-	-	25.7	14.5	0.2	0.13	0.14	20 ^{6/}	-	-	-
	-	-	69.4	39.2	5.7	0.35	0.37	55 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
74	2.3	11.8	16.7	10.6	1.1	0.08	0.04	14 ^{6/}	-	-	-
	9.5	49.7	70.1	44.6	4.5	0.35	0.17	58 ^{6/}	-	1.90 ^{1/}	7.95 ^{1/}
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
75	4.2	12.5	16.5	8.6	1.3	0.14	0.09	14 ^{6/}	-	-	-
	15.2	45.6	60.1	31.4	4.9	0.51	0.35	52 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
76	2.5	11.8	-	-	-	0.08	0.07	14 ^{6/}	-	-	-
	9.8	47.2	-	-	-	0.32	0.28	56 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
77	2.2	7.4	10.1	5.7	0.5	0.07	0.06	9 ^{6/}	-	-	-
	14.1	46.7	63.9	36.4	3.3	0.46	0.36	54 ^{6/}	-	-	-
	-	-	(2.2)	(1.7)	(0.4)	(0.01)	(0.02)	-	-	-	-
	2.5	8.9	12.2	7.0	0.7	0.07	0.06	10 ^{6/}	-	-	-
	13.6	47.8	65.4	37.2	3.5	0.35	0.33	54 ^{6/}	-	1.90 ^{1/}	7.95 ^{1/}
	(1.1)	-	(2.6)	(2.6)	(0.4)	(0.08)	(0.01)	-	-	-	-
	3.5	-	16.0	9.4	1.2	0.07	0.08	11 ^{6/}	-	-	-
	14.6	-	67.6	39.6	5.0	0.28	0.32	48 ^{6/}	-	-	-
	-	-	(2.6)	(0.1)	-	(0.13)	(0.12)	-	-	-	-
78	2.8	-	9.6	5.4	0.4	0.08	0.05	9 ^{6/}	-	-	-
	17.6	-	61.0	34.7	2.7	0.53	0.34	56 ^{6/}	-	1.90 ^{1/}	7.95 ^{1/}
	-	-	(2.9)	(2.5)	(0.2)	(0.11)	(0.08)	-	-	-	-
	10.5	-	55.9	-	-	0.43	0.33	47 ^{6/}	0.43 ^{3/}	0.36 ^{3/}	1.51 ^{3/}
	11.6	-	61.7	-	-	0.47	0.36	52 ^{6/}	2.38 ^{3/}	1.95 ^{3/}	8.16 ^{3/}
	-	-	(4.8)	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 15 ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงาน
ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	CP (%)	EE (%)	CF (%)
78	หญ้าเนเปียร์แคระ Dwarf napier grass, <i>Pennisetum purpureum</i> cv.Mott - ต้น สด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	23.6	2.5	0.5	-
			100	10.8	2.0	-
			-	(2.7)	-	-
		2	24.4	2.5	0.5	6.9
			100	10.4	2.3	28.2
			-	(2.1)	-	-
79	หญ้าเนเปียร์ยักษ์ King grass, <i>Pennisetum purpureum</i> x. <i>Pennisetum gluacum</i> - ต้น สด อายุ 15 วัน (aerial part, fresh, 15 days growth)	2	16.6	2.2	0.4	5.4
			100	13.0	2.4	32.5
			-	(1.9)	(0.3)	(2.4)
		2	20.4	2.1	0.3	6.8
			100	10.3	1.5	33.5
			-	(2.0)	-	-
		2	21.1	1.8	0.4	8.1
			100	8.6	1.8	38.4
			-	(2.8)	-	(2.3)
		2	22.6	2.2	-	-
			100	9.7	-	-
			-	(3.8)	-	-
80	หญ้าไนล์ Nile grass, <i>Acroceras macrum</i> - ต้น สด (aerial part, fresh)	2	27.6	3.3	0.6	-
			100	12.1	2.2	-
			-	-	-	-
81	หญ้าบลูแพนิก Blue panic grass, <i>Panicum antidotale</i> - ต้น สด (aerial part, fresh)	2	24.9	3.0	0.5	7.3
			100	12.2	2.0	29.3
			-	-	-	-
82	หญ้าบัฟเฟิล Buffel grass, <i>Cenchrus ciliaris</i> - ต้น สด (fresh)	2	21.4	2.3	0.4	6.6
			100	10.6	1.9	30.9
			-	(1.3)	(0.1)	-
83	หญ้าบุง Aquatica forsk grass, <i>Cenchrus biflorus</i> - ต้น สด (aerial part, fresh)	2	30.0	3.9	0.6	7.8
			100	13.1	2.1	26.1
			-	-	-	-

[illegible]

ตารางที่ 15 ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงาน
ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	CP (%)	EE (%)	CF (%)
84	หญ้าใบมัน Broadleaf carpet grass, <i>Axonopus compressus</i> (Swartz.) Beauv	2	33.0	3.5	-	-
	- ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)		100	10.6	-	-
			-	-	-	-
85	หญ้าปล้อง Native hymenachne grass, <i>Hymenachne acutigluma</i> .	2	30.2	2.7	0.7	8.7
	- ต้นสด (aerial part, fresh)		100	8.9	2.4	28.8
			-	-	-	-
86	หญ้าปากควาย Crowfoot grass, <i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd	2	30.5	2.4	0.3	9.2
	- ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days)		100	8.0	1.0	30.3
			-	-	(0.1)	(0.3)
87	หญ้าแฝก Vetiver grass, <i>Vetiveria zizanioides</i> Nash	1	29.0	2.2	0.3	12.3
	- ต้นแห้ง (aerial part, dried)		100	7.5	1.1 ^{3/}	42.5 ^{3/}
			-	(1.5)	-	-
88	หญ้าพลิแคทูลัม Plicatum grass, <i>Paspalum plicatum</i>	2	20.1	1.9	0.2	5.8
	- ต้นสด อายุ 30 วัน (aerial part, fresh, 30 days growth)		100	9.6	1.1	28.7
			-	(3.0)	(0.2)	-
	- ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	24.9	1.7	0.3	7.4
			100	6.9	1.0	29.8
			-	(1.5)	(0.4)	(1.0)
	- ต้นสด อายุ 60 วัน (aerial part, fresh, 60 days growth)	2	28.7	0.9	0.4	-
			100	3.1	1.2	-
			-	(0.5)	(0.2)	-
89	หญ้าแพงโกล่า Pangola grass/common finger grass, <i>Digitaria eriantha</i> cv.Taiwan	2	24.4	2.2	0.4	6.6
	- ต้นสด อายุ 30 วัน (aerial part, fresh, 30 days growth)		100	9.1	1.7	27.2
			-	(2.8)	(0.5)	(0.7)
	- ต้นแห้ง อายุ 30 วัน (aerial part, hay, 30 days growth)	1	90.6	7.6	-	-
			100	8.4	-	-
			-	-	-	-
	- ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	26.9	1.9	0.4	7.9
			100	10.5	1.3	29.4
			-	(2.0)	(0.3)	(3.2)

Number	Ash (%)	NFE (%)	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)	Ca (%)	P (%)	TDN (%)	DE (Mcal/kg)	ME (Mcal/kg)	ME (MJ/kg)
84	-	-	22.0	11.3	1.4	0.11	0.08	19 ^{6/}	-	-	-
	-	-	66.7	34.3	4.2	0.32	0.23	58 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
85	2.7	15.5	19.9	10.9	3.9	0.08	0.04	17 ^{6/}	-	-	-
	8.7	51.2	66.0	36.2	12.9	0.27	0.16	57 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	(1.2)	-	-	-	-	-	-
86	4.6	13.9	19.9	10.6	1.3	0.16	0.09	15 ^{6/}	-	-	-
	15.1	45.6	65.4	34.9	4.2	0.52	0.28	49 ^{6/}	-	-	-
	(1.0)	(0.3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
87	1.8	12.4	-	-	-	-	-	17 ^{6/}	-	-	-
	6.1 ^{3/}	42.8	77.9	44.0	5.2	0.20	0.16	59	-	-	-
	-	-	(2.3)	(2.3)	(0.6)	(0.07)	(0.04)	-	-	-	-
88	1.4	10.8	13.0	7.1	0.6	0.19	0.02	-	-	-	-
	7.1	53.5	64.9	35.2	3.0	0.93	0.11	56 ^{6/}	-	1.80 ^{1/}	7.53 ^{1/}
	(2.1)	-	(1.8)	(2.7)	-	-	-	-	-	-	-
89	1.8	13.7	17.2	10.0	1.4	0.17	0.04	11 ^{6/}	-	-	-
	7.2	55.1	69.1	40.3	5.5	0.69	0.16	57 ^{6/}	-	1.80 ^{1/}	7.53 ^{1/}
	(0.3)	-	(3.2)	(3.9)	(1.9)	(0.31)	(0.07)	-	-	-	-
89	2.5	-	-	-	-	0.31	0.04	15 ^{6/}	-	-	-
	8.0	-	-	-	-	1.07	0.14	53 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	(0.73)	(0.06)	-	-	-	-
89	1.9	13.2	15.9	8.4	0.7	0.09	0.05	14 ^{6/}	-	-	-
	7.8	54.2	65.1	34.3	2.8	0.37	0.20	58 ^{6/}	-	2.20 ^{1/}	9.20 ^{1/}
	(0.0)	-	(2.8)	(2.9)	-	-	-	-	-	(0.00)	(0.00)
89	7.8	-	58.6	-	-	-	-	-	-	-	-
	8.6	-	64.7	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	(2.5)	-	-	-	-	-	-	-	-
89	2.7	14.0	17.8	9.3	0.9	0.25	0.07	15 ^{6/}	-	-	-
	10.0	52.1	66.2	34.5	3.5	0.91	0.24	55 ^{6/}	-	2.10 ^{1/}	8.79 ^{1/}
	(1.7)	-	(2.1)	(1.8)	(0.4)	(0.44)	(0.07)	-	-	-	-

ตารางที่ 15 ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงาน
ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	CP (%)	EE (%)	CF (%)
89	หญ้าแพงโกล่า Pangola grass/common finger grass, <i>Digitaria eriantha</i> cv.Taiwan - ตั้นแห้ง อายุ 45 วัน (aerial part, hay, 45 days growth)	1	87.0	8.7	1.4	28.1
			100	9.5	1.6	32.3
			-	-	-	-
		2	29.9	1.9	0.4	10.5
			100	6.5	1.3	35.1
			-	(1.8)	(0.3)	(0.8)
90	หญ้าแพรก Bermuda grass, <i>Cynodon dactylon</i> . - ตั้นสด (aerial part, fresh)	2	27.1	1.7	0.6	8.0
			100	6.4	2.1	29.5
			-	-	-	-
91	หญ้ามะกริการี Makarikari grass, <i>Panicum coloratum</i> var. <i>makarikari</i> - ตั้นสด อายุ 60 วัน (aerial part, fresh, 60 days growth)	2	27.2	2.4	0.8	8.7
			100	8.8	3.1	31.9
			-	-	-	-
92	หญ้ามูลาโต้ Mulato grass, <i>Brachiaria hybrid</i> cv.Mulato - ตั้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	24.1	2.6	-	-
			100	10.8	-	-
			-	(1.3)	-	-
		2	25.1	2.6	-	-
			100	10.3	-	-
			-	(2.0)	-	-
93	หญ้ารูซี่ Ruzi grass/Kongo grass, <i>Brachiaria ruziziensis</i> - ตั้นสด อายุ 30 วัน (aerial part, fresh, 30 days growth)	2	19.8	2.4	0.4	4.4
			100	12.0	2.0	22.5
			-	(3.1)	(1.1)	-
		1	90.4	9.2	5.3	21.1
			100	10.2	5.9	23.4
			-	(2.7)	(5.8)	-
		2	20.2	1.7	0.4	5.7
			100	8.5	1.9	28.4
			(2.4)	(3.8)	(1.0)	(3.6)
		1	89.6	6.5	1.9	26.6
			100	7.3	2.1	29.7
			-	-	-	-

[illegible]

ตารางที่ 15 ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงาน
ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	CP (%)	EE (%)	CF (%)
93	หญ้ารูซี Ruzi grass/Kongo grass, <i>Brachiaria ruziziensis</i> - ต้นสด อายุ 60 วัน (aerial part, fresh, 60 days growth)	2	26.9	1.7	0.5	8.2
			100	6.4	1.7	30.6
			-	(1.2)	(1.0)	(1.9)
		1	88.0	4.9	0.9	29.9
			100	5.6	1.0	33.9
			-	(1.7)	(0.7)	-
94	หญ้าไรต์ส Rhodes grass, <i>Chloris gayana</i> - ต้นสด อายุ 30 วัน (aerial part, fresh, 30 days growth)	2	26.6	2.8	0.7	8.5
			100	10.6	2.7	31.9
			(1.4)	(2.8)	(1.0)	(1.2)
		2	27.4	2.0	0.7	9.4
			100	7.4	2.6	34.4
			-	(1.7)	(1.3)	(2.1)
95	หญ้าไรต์ส Rhodes grass, <i>Chloris gayana</i> - ต้นสด อายุ 60 วัน (aerial part, fresh, 60 days growth)	2	28.5	1.9	0.9	10.2
			100	6.8	3.1	35.9
			-	(1.6)	(0.4)	(3.0)
95	หญ้าหวาย long-leaved paspalum grass, <i>Paspalum longifolium</i> Roxb. - ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	31.0	3.1	0.4	10.8
			100	10.0	1.2	34.9
			-	-	-	-
96	หญ้าเห็บ Buffalo grass, <i>Paspalum conjugatum</i> Bergius - ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	27.8	2.2	0.5	7.5
			100	8.1	1.7	27.0
			(3.9)	(0.9)	-	-
97	หญ้าแวน Nadi blue grass, <i>Dichantium caricosum</i> (L.) A. Camus - ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	37.0	3.6	0.5	11.2
			100	9.6	1.4	30.4
			-	(1.8)	(0.1)	(0.7)
98	หญ้าอะตราตัม Atratum grass, <i>Paspalum atratum</i> - ต้นสด อายุ 30 วัน (aerial part, fresh, 30 days growth)	2	20.6	1.8	0.2	5.8
			100	9.0	0.9	28.3
			(2.4)	(2.7)	(0.4)	(2.5)
		2	21.9	1.5	0.2	6.6
			100	7.1	0.9	30.2
			-	(1.2)	(0.4)	(2.7)

Number	Ash (%)	NFE (%)	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)	Ca (%)	P (%)	TDN (%)	DE (Mcal/kg)	ME (Mcal/kg)	ME (MJ/kg)
93	2.6	13.8	18.5	10.5	1.1	0.11	0.06	15 ^{6/}	-	-	-
	9.8	51.4	68.9	38.9	4.2	0.40	0.23	56 ^{6/}	-	-	-
	(1.4)	-	(2.9)	(3.7)	(1.1)	(0.10)	(0.21)	-	-	-	-
	5.9	46.5	62.3	37.4	5.6	0.64	0.19	46 ^{6/}	-	-	-
	6.7	52.8	70.8	42.4	6.3	0.73	0.22	52 ^{6/}	-	-	-
	-	-	(7.7)	(4.3)	-	-	-	-	-	-	-
94	2.0	12.5	18.4	9.6	2.3	0.12	0.05	13 ^{6/}	0.64 ^{3/}	-	-
	7.6	47.1	69.2	36.0	8.6	0.48	0.21	49 ^{6/}	2.53 ^{3/}	1.80 ^{1/}	7.53 ^{1/}
	-	-	(3.3)	-	-	-	-	-	-	(0.00)	(0.00)
	2.4	12.9	19.9	11.7	-	0.12	0.06	16 ^{6/}	0.73 ^{3/}	0.60 ^{3/}	2.51 ^{3/}
	8.6	47.0	72.8	42.8	-	0.43	0.22	53 ^{6/}	2.48 ^{3/}	2.05 ^{3/}	8.58 ^{3/}
	(1.4)	-	(3.6)	(4.8)	-	(0.16)	(0.06)	-	-	-	-
95	-	-	20.8	11.8	-	0.06	0.06	15 ^{6/}	-	-	-
	-	-	73.1	41.3	-	0.22	0.22	54 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.8	12.9	21.8	14.6	3.0	0.12	0.05	15 ^{6/}	-	-	-
	12.4	41.5	70.3	47.2	9.7	0.40	0.16	49 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
96	2.9	14.7	17.7	9.9	1.6	0.16	0.06	16 ^{6/}	-	-	-
	10.3	52.9	63.6	35.6	5.6	0.57	0.21	56 ^{6/}	-	-	-
	-	-	(0.1)	(2.1)	-	(0.02)	(0.01)	-	-	-	-
97	4.9	16.8	24.5	15.3	1.6	0.21	0.09	19 ^{6/}	-	-	-
	13.1	45.5	66.1	41.3	4.4	0.57	0.23	51 ^{6/}	-	-	-
	(3.4)	-	(4.4)	(1.9)	(1.0)	(0.06)	(0.06)	-	-	-	-
98	2.2	10.5	13.1	7.5	1.0	0.17	0.03	11 ^{6/}	-	-	-
	10.8	51.0	63.6	36.2	4.8	0.85	0.14	55 ^{6/}	-	1.90 ^{1/}	7.95 ^{1/}
	(3.2)	-	(3.7)	(3.2)	(1.5)	(0.49)	(0.05)	-	-	-	-
	2.1	11.4	14.6	8.8	1.1	0.20	0.04	12 ^{6/}	-	-	-
	9.6	52.2	66.7	40.1	5.1	0.91	0.19	54 ^{6/}	-	1.90 ^{1/}	7.95 ^{1/}
	(2.0)	-	(3.6)	(2.7)	(0.8)	(0.27)	(0.04)	-	-	(0.0)	(0.0)

ตารางที่ 15 ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงาน
ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	CP (%)	EE (%)	CF (%)
98	หญ้าอะตราตัม <i>Atratum grass, Paspalum atratum</i> - ต้นสด อายุ 60 วัน (aerial part, fresh, 60 days growth)	2	24.4	1.6	0.2	7.3
			100	6.6	1.0	29.8
			(2.4)	(2.0)	(0.2)	(1.5)
99	หญ้าอาลาบังเอ็กซ์ <i>Angleton grass, Dichanthium aristatum</i> - ต้นสด (aerial part, fresh)	2	24.0	2.2	0.5	7.3
			100	9.0	2.0	30.6
			-	-	-	-
100	หญ้าเฮมิลกินนี <i>Hamil guinea grass, Panicum maximum cv. Hamil</i> - ต้นสด (aerial part, fresh)	2	24.5	2.3	0.3	8.1
			100	9.2	1.4	32.9
			-	-	-	-
101	หอยเชอรี่ <i>Golden apple snail, Pomacea canaliculata Lamarck.</i> - เนื้อสดแห้ง (meat, dried)	5	90.2	45.7	0.7	3.3
			100	50.6	0.8	3.6
			(1.0)	(8.7)	-	-
	- เปลือกกรวมเนื้อสดแห้ง (whole, dried)	5	97.3	12.3	0.3	0.7
			100	12.7	0.3	0.8
			(0.1)	(2.1)	-	-
102	หางนกยูงไทย <i>Barbados pride, Caesalpinia pulcherrima (L.) Sw.</i> - ใบสด (leaves, fresh)	2	34.9	7.6	3.6	4.3
			100	21.7	10.2	12.3
			-	-	-	-
103	หางเนย <i>Whey</i> - หางเนยผง (whey powder)	5	92.5	10.9	0.2	0.4
			100	11.7	0.3	0.5
			(2.4)	(1.1)	(0.1)	-
	- หางเนยผงผ่านกระบวนการสำหรับสัตว์ (processed whey powder)	5	90.6	4.5	0.1	-
			100	4.9	0.1	-
			(1.9)	(0.6)	(0.13)	-
	- Delactose whey	5	91.8	21.9	0.2	-
			100	23.9	0.2	-
			(1.4)	(0.9)	(0.1)	-
104	แห้วหมู <i>Nutgrass, Cyperus rotundus Linn</i> - ต้นแห้ง (aerial part, hay)	1	-	-	-	-
			100	8.7	1.8	25.8
			-	(1.5)	(0.1)	(0.7)

Number	Ash (%)	NFE (%)	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)	Ca (%)	P (%)	TDN (%)	DE (Mcal/kg)	ME (Mcal/kg)	ME (MJ/kg)
98	2.5	12.8	16.0	9.5	1.0	0.16	0.04	13 ^{6/}	-	-	-
	10.3	52.3	65.7	38.8	4.0	0.64	0.16	54 ^{6/}	-	-	-
	(3.0)	-	(3.2)	(2.4)	(1.0)	(0.45)	(0.08)	-	-	-	-
99	2.4	11.6	16.8	11.3	1.1	0.09	0.04	13 ^{6/}	-	-	-
	10.0	48.4	70.2	47.4	4.7	0.39	0.17	55 ^{6/}	-	1.90 ^{1/}	7.95 ^{1/}
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100	2.7	11.1	16.4	10.3	-	0.13	0.04	13 ^{6/}	-	-	-
	11.0	45.5	66.9	42.2	-	0.54	0.16	52 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
101	25.5	15.1	-	-	-	7.17	0.52	67 ^{6/}	-	-	-
	28.3	16.7	-	-	-	7.95	0.58	74 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	(3.49)	(0.04)	-	-	-	-
102	74.1	9.7	-	-	-	30.98	0.10	50 ^{6/}	-	-	-
	76.2	10.0	-	-	-	31.84	0.10	51 ^{6/}	-	-	-
	(0.9)	-	-	-	-	(2.40)	(0.02)	-	-	-	-
103	2.2	17.3	8.4	6.8	1.7	-	-	27 ^{6/}	-	-	-
	6.2	49.6	24.1	19.6	5.4	-	-	77 ^{6/}	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
104	6.6	74.3	-	-	-	0.55	0.49	76 ^{6/}	3.56 ^{5/}	3.10 ^{5/}	12.97 ^{5/}
	7.2	80.3	-	-	-	0.60	0.54	82 ^{6/}	3.82 ^{5/}	3.33 ^{5/}	13.93 ^{5/}
	(1.2)	-	-	-	-	(0.10)	(0.10)	-	-	-	-
105	7.3	-	-	-	-	0.53	0.60	78 ^{6/}	-	-	-
	8.0	-	-	-	-	0.58	0.66	86 ^{6/}	-	-	-
	(1.3)	-	-	-	-	(0.20)	(0.10)	-	-	-	-
106	23.1	46.6	-	-	-	3.81	1.76	78 ^{6/}	-	-	-
	25.1	50.8	-	-	-	4.15	1.92	86 ^{6/}	-	-	-
	(1.4)	-	-	-	-	(0.20)	(0.30)	-	-	-	-
107	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12.7	51.0	59.6	35.8	6.0	0.60	0.40	51 ^{6/}	-	-	-
	(1.6)	(2.5)	(4.1)	(2.7)	(2.7)	(0.20)	(0.00)	-	-	-	-

ตารางที่ 15 ค่าวิเคราะห์โดยประมาณ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงาน
ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	CP (%)	EE (%)	CF (%)
105	อ้อย Sugar cane, <i>Saccharum officinarum</i> . - กากน้ำตาล (molasses) - ชาน (bargasses) - ใบ (leaves) - ยอดสด (tops of aerial part, fresh)	4	73.7	3.3	0.6	0.4
			100	4.5	0.8	0.5
			(1.6)	(2.7)	(0.5)	-
		2	91.5	3.5	3.0	24.5
			100	3.8	3.3	26.8
			-	-	-	-
		2	-	-	-	-
			100	4.4	1.1	36.5
			-	-	-	-
		2	28.0	2.0	0.5	9.6
			100	7.2	1.8	34.2
			-	-	-	-

1/ *in vitro*2/ *in vivo*

3/ Harris และคณะ ,1982

4/ NRC , 1984

5/ NARO, 2001

6/ จากการคำนวณ

[illegible]

ตารางที่ 16 ค่าแร่ธาตุ (ยกเว้น แคลเซียม และฟอสฟอรัส) ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	K (%)	Mg (%)	Na (%)	S (%)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
1	กระถิน <i>Leucaena</i> , <i>Leucaena leucocephala</i> - ใบและกิ่งอ่อน สด (leaves and young branch, fresh)	2	38.7	0.71	0.16	0.00	0.12	3.42	-	33.61	10.42
			100	1.84	0.41	0.01	0.31	8.84	-	86.84	26.93
			-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	ข้าวเจ้า <i>Rice, Oryza sativa</i> - ฟางหมักยูเรีย (straw, treated with urea) - รำละเอียด (rice bran) - รำสกัดน้ำมัน (bran, meal, solvent extracted) - รำหยาบ (rice pollard)	3	57.9	-	-	0.12	-	-	-	-	-
			100	-	-	0.20	-	-	-	-	-
			(4.7)	-	-	-	-	-	-	-	-
		5	89.9	1.27 ^{3/}	-	0.06	-	12.0 ^{3/}	578 ^{3/}	130 ^{3/}	10 ^{3/}
			100	1.41 ^{3/}	-	0.07	-	13.0 ^{3/}	642 ^{3/}	146 ^{3/}	11 ^{3/}
			(1.6)	-	-	(0.5)	-	-	-	-	-
		5	88.9	-	-	0.04	-	-	-	-	-
			100	-	-	0.05	-	-	-	-	-
			(0.5)	-	-	-	-	-	-	-	-
		5	90.5	0.01	-	-	-	-	-	-	-
			100	0.01	-	-	-	-	-	-	-
			(1.5)	-	-	-	-	-	-	-	-
3	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ <i>Corn / Maize, Zea mays</i> - ต้น สด อายุ 70 วัน (aerial part, fresh 70, days growth) - เมล็ดบด (grain, ground)	2	21.0	0.44	0.19	0.01	-	1.26	48.09	6.51	5.04
			100	2.11	0.89	0.03	-	6.00	229.00	31.00	24.00
			-	-	-	-	-	-	-	-	-
		4	87.4	0.39	0.07	0.01	-	2.88	-	4.20	18.88
			100	0.45	0.08	0.01	-	3.30	-	4.81	21.60
			(2.0)	-	-	-	-	-	-	-	-
4	ข้าวโพดหวาน <i>Sweet corn, Zea mays</i> - ชั้ (จากโรงงานผลิตข้าวโพด กระป๋อง) สด (cobs, cannery residue, fresh)	4	25.8	0.22	0.01	-	0.01	1.98	92.06	2.70	4.23
			100	0.84	0.03	-	0.03	7.67	356.95	10.48	16.42
			(1.5)	-	-	-	-	-	-	-	-
5	ข้าวสาลี <i>Wheat, Triticum aestivum</i> - รำข้าวสาลี (wheat bran)	5	87.5	1.07 ^{3/}	0.31 ³	0.02 ^{3/}	0.22 ^{3/}	11 ^{3/}	115 ^{3/}	70 ^{3/}	67 ^{3/}
			100	1.21 ^{3/}	0.35 ^{3/}	0.02 ^{3/}	0.25 ^{3/}	13 ^{3/}	131 ^{3/}	79 ^{3/}	77 ^{3/}
			(0.5)	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 16 ค่าแร่ธาตุ (ยกเว้น แคลเซียม และฟอสฟอรัส) ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	K (%)	Mg (%)	Na (%)	S (%)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
6	ถั่วคนทีดิน <i>Desmodium</i> , <i>Desmodium heterocarpon</i> (L.) DC. <i>Ssp.heterocarpon</i> var. <i>heterocarpon</i> H.Ohashi										
	- ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	26.0 100 -	0.31 1.24 -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
7	ถั่วคาวาลเคด <i>Cavalcade</i> centurion, <i>Centrosema pascuorum</i> cv. <i>Cavalcade</i>										
	- ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	19.9 100 -	0.24 1.21 (0.21)	0.08 0.42 -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
	- ต้นสด อายุ 60 วัน (aerial part, fresh, 60 days growth)	2	22.9 100 (4.0)	0.48 2.08 (0.49)	0.08 0.35 (0.05)	0.00 0.00 -	0.04 0.19 -	- - -	- - -	- - -	- - -
	- ต้นแห้ง อายุ 60 วัน (aerial part, hay, 60 days growth)	1	91.4 100 -	2.02 2.21 -	0.27 0.30 -	- trace -	0.17 0.19 -	7.84 8.58 -	- - -	147.01 160.84 -	31.14 34.07 -
	- ต้นสด อายุ 75 วัน (aerial part, fresh, 75 days growth)	2	25.0 100 -	0.66 2.65 (0.51)	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
	- ต้นสด อายุ 90 วัน (aerial part, fresh, 90 days growth)	2	25.5 100 (1.9)	0.53 2.06 (0.10)	0.07 0.26 (0.02)	- - -	0.05 0.21 -	- - -	- - -	- - -	- - -
	- ต้นสด อายุ 120 วัน (aerial part, fresh, 120 days growth)	2	26.0 100 -	0.47 1.80 (0.06)	0.07 0.26 (0.05)	- - -	0.05 0.20 -	- - -	- - -	- - -	- - -
8	ถั่วเซนโตรซิมา <i>Centro</i> , <i>Centrosema pubescens</i> cv. <i>Common</i>										
	- ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	22.0 100 -	0.33 1.49 (0.19)	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -

1/ in vitro

2/ in vivo

3/ Harris และคณะ, 1982

4/ NRC, 1984

5/ NARO, 2001

6/ จากการคำนวณ

ตารางที่ 16 ค่าแร่ธาตุ (ยกเว้น แคลเซียม และฟอสฟอรัส) ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	K (%)	Mg (%)	Na (%)	S (%)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
9	ถั่วท่าพระสไตโล Stylo CIAT184, <i>Stylosanthes guianensis</i> CIAT184 - ต้น สด อายุ 30 วัน (aerial part, fresh, 30 days growth)	2	10.9	0.07	0.06	-	0.03	-	-	-	-
			100	0.64	0.58	trace	0.27	-	-	-	-
			(2.1)	(0.04)	(0.13)	-	-	-	-	-	-
		2	25.4	0.64	0.11	0.00	0.04	2.02	-	37.12	7.85
			100	2.51	0.44	0.01	0.15	7.95	-	146.14	30.89
			(4.0)	(1.00)	(0.22)	-	(0.01)	-	-	-	-
		2	26.6	0.80	0.09	-	0.08	-	-	-	-
			100	3.01	0.33	-	0.29	-	-	-	-
			(5.0)	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	26.9	0.62	0.07	-	-	-	-	-	-
			100	2.29	0.26	-	-	-	-	-	-
			-	(0.69)	(0.04)	-	-	-	-	-	-
10	ถั่วบันตี Bundy centurion, <i>Centrosema pascuorum</i> cv. Bundy - ต้น สด อายุ 60 วัน (aerial part, fresh, 60 days growth)	2	18.9	0.45	0.06	-	-	-	-	-	-
			100	2.36	0.31	-	-	-	-	-	-
			-	(0.19)	(0.02)	-	-	-	-	-	-
		1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			100	1.86	0.23	-	-	-	-	-	-
			-	(0.18)	(0.01)	-	-	-	-	-	-
11	ถั่วมะแฮะ Pigeon pea, <i>Cajanus cajan</i> - ต้น แห้ง อายุ 45 วัน (aerial part, dried, 45 days growth)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			100	1.30	-	-	-	-	-	-	-
			-	(0.16)	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 16 ค่าแร่ธาตุ (ยกเว้น แคลเซียม และฟอสฟอรัส) ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	K (%)	Mg (%)	Na (%)	S (%)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
12	ถั่วไมยรา Hedgelucerne/Desmanthus, <i>Desmanthus virgatus</i> - ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	27.1	0.67	-	-	-	-	-	-	-
			100	2.41	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	32.3	0.48	0.14	0.01	0.14	1.75	16.59	15.97	7.45
			100	1.48	0.43	0.02	0.43	5.41	51.37	49.45	23.06
			-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	ถั่วลิสง Pea nut/Ground nut, <i>Arachis hypogaea</i> - กากถั่วลิสงสกัดน้ำมัน (peanut meal, solvent extracted) - กากถั่วลิสงอัดน้ำมัน (seeds without hulls, mechanical extracted) - เปลือกฝักถั่วลิสงแห้ง (pods, sun cured)	5	91.6	1.05	0.23	0.09	0.30 ^{3/}	15 ^{3/}	-	-	119 ^{3/}
			100	1.15	0.25	0.10	0.33 ^{3/}	17 ^{3/}	-	-	128 ^{3/}
			(0.7)	-	-	-	-	-	-	-	-
		5	92.8	1.12 ^{3/}	0.28 ^{3/}	0.20 ^{3/}	0.26 ^{3/}	15 ^{3/}	-	-	32 ^{3/}
			100	1.25 ^{3/}	0.31 ^{3/}	0.23 ^{3/}	0.29 ^{3/}	16 ^{3/}	-	-	35 ^{3/}
			(2.2)	-	-	-	-	-	-	-	-
		1	89.0	-	0.25 ^{3/}	0.05 ^{3/}	0.09 ^{3/}	16 ^{3/}	8 ^{3/}	6 ^{3/}	22 ^{3/}
			100	-	0.28 ^{3/}	0.05 ^{3/}	0.10 ^{3/}	18 ^{3/}	9 ^{3/}	7 ^{3/}	24 ^{3/}
			-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	23.4	0.42	0.20	0.01	0.04	2.06	169.13	27.82	10.53
			100	1.79	0.87	0.03	0.19	8.81	722.79	118.90	45.02
			-	(0.34)	-	-	-	-	-	-	-
14	ถั่วลิสงเถา Amarillo Pinto peanut, <i>Arachis pinto</i> cv. Amarillo - ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth) - ต้นสด อายุ 60 วัน (aerial part, fresh, 60 days growth)	2	29.0	0.60	0.15	0.01	0.07	2.50	63.22	42.20	11.88
			100	2.07	0.53	0.03	0.23	8.61	217.99	145.53	40.76
			(2.5)	-	-	-	-	-	-	-	-
		1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			100	1.33	0.58	0.08	0.10	5.84	468.66	65.15	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	ถั่วลิสงนา Alyce clover, <i>Alysicarpus vaginalis</i> - ต้นแห้ง อายุ 45 วัน (aerial part, dried, 45 days growth)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			100	1.33	0.58	0.08	0.10	5.84	468.66	65.15	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	ถั่วเหลือง Soybean, <i>Glycine max</i> - กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน (soybean seeds with hull, meal, solvent extracted)	5	88.5	1.99 ^{3/}	0.25 ^{3/}	0.04 ^{3/}	0.43 ^{3/}	21 ^{3/}	120 ^{3/}	29 ^{3/}	58 ^{3/}
			100	2.20 ^{3/}	0.28 ^{3/}	0.04 ^{3/}	0.47 ^{3/}	23 ^{3/}	133 ^{3/}	32 ^{3/}	64 ^{3/}
			(0.7)	-	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-

1/ in vitro

2/ in vivo

3/ Harris และคณะ, 1982

4/ NRC, 1984

5/ NARO, 2001

6/ จากการคำนวณ

ตารางที่ 16 ค่าแร่ธาตุ (ยกเว้น แคลเซียม และฟอสฟอรัส) ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	K (%)	Mg (%)	Na (%)	S (%)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
16	ถั่วเหลือง Soybean, <i>Glycine max</i> - ถั่วเหลืองไขมันเต็ม (full fat soybean)	5	90.7	1.60	0.22	0.02	-	12.36	144.50	35.08	48.17
			100	1.76	0.24	0.02	-	13.60	159.00	38.60	53.00
			(1.9)	-	-	-	-	-	-	-	-
	- เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง (soybean hulls)	1	89.5	-	18.41	0.03	-	-	-	-	-
			100	-	20.57	0.03	-	-	-	-	-
			(1.2)	-	-	-	-	-	-	-	-
17	ถั่วอัลฟัลฟา Alfalfa/Lucerne, <i>Medicago sativa</i> - ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	18.0	0.42 ^{3/}	0.05 ^{3/}	0.04 ^{3/}	0.09 ^{3/}	2.3 ^{3/}	22.3 ^{3/}	8.3 ^{3/}	-
			100	2.14 ^{3/}	0.27 ^{3/}	0.21 ^{3/}	0.48 ^{3/}	11.3 ^{3/}	111.3 ^{3/}	41.3 ^{3/}	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-
	- ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	25.7	0.49 ^{3/}	0.01 ^{3/}	-	0.08 ^{3/}	-	57.3 ^{3/}	-	-
			100	2.21 ^{3/}	0.06 ^{3/}	-	0.36 ^{3/}	-	260.3 ^{3/}	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	ถั่วฮามาต้า Hamata/Verano stylo, <i>Stylosanthes hamata</i> cv.Verano - ต้น สด อายุ 30 วัน (aerial part, fresh, 30 days growth)	2	25.8	0.51	0.10	0.01	0.09	-	-	-	-
			100	1.96	0.40	0.05	0.34	-	-	-	-
			(2.3)	(0.51)	(0.08)	(0.04)	(0.19)	-	-	-	-
	- ต้น สด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	26.5	0.45	0.10	0.01	0.09	2.05	137.30	33.98	8.05
			100	1.68	0.36	0.03	0.35	7.73	518.15	125.98	30.38
			(1.2)	(0.50)	(0.15)	(0.03)	(0.28)	-	-	-	-
	- ต้น สด อายุ 60 วัน (aerial part, fresh, 60 days growth)	2	27.0	0.40	0.10	0.01	0.06	-	-	-	-
			100	1.48	0.36	0.05	0.24	-	-	-	-
			(4.0)	(0.43)	(0.10)	(0.03)	(0.11)	-	-	-	-
	- ต้น แห้ง อายุ 60 วัน (aerial part, hay, 60 days growth)	1	87.9	0.77	0.42	-	0.08	5.12	286.44	183.00	29.60
			100	0.88	0.48	trace	0.09	5.83	325.87	208.20	33.70
			-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	ทานตะวัน Sunflower, <i>Helianthus annus</i> - เมล็ดกะเทาะเปลือก (seeds without hulls)	5	94.6	0.68 ^{3/}	0.37 ^{3/}	0.28 ^{3/}	-	23 ^{3/}	50 ^{3/}	22 ^{3/}	69 ^{3/}
			100	0.72 ^{3/}	0.39 ^{3/}	0.29 ^{3/}	-	25 ^{3/}	54 ^{3/}	23 ^{3/}	73 ^{3/}
			(0.6)	-	-	-	-	-	-	-	-

1/ in vitro

2/ in vivo

3/ Harris และคณะ, 1982

4/ NRC, 1984

5/ NARO, 2001

6/ จากการคำนวณ

ตารางที่ 16 ค่าแร่ธาตุ (ยกเว้น แคลเซียม และฟอสฟอรัส) ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	K (%)	Mg (%)	Na (%)	S (%)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
20	บุหงานรา <i>Thysanostigma</i> , <i>Thysanostigma siamensis</i> J.B.Imla - ต้นแห้ง อายุ 45 วัน (aerial part, dried, 45 days growth)	1	89.6 100 (0.5)	1.97 2.20 (0.30)	0.04 0.05 (0.02)	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
21	เบียร์ (Brewer) - กากเบียร์แห้ง (brewer's grain, dried)	5	91.3 100 (1.4)	- 0.04 ^{5/} -	- 0.23 ^{5/} -	0.05 0.06 -	- 0.21 ^{5/} -	- 18.6 ^{5/} -	- 234. ^{5/} -	- 53. ^{5/} -	- 104. ^{5/} -
	- ส่าเบียร์แห้ง (brewer's yeast, dried)	5	91.3 100 (2.5)	- 1.79 ^{4/} -	- 0.27 ^{4/} -	- 0.08 ^{4/} -	- 0.45 ^{4/} -	- 35 ^{4/} -	- 117 ^{4/} -	- 6 ^{4/} -	- 41 ^{4/} -
22	ปาล์มน้ำมัน <i>Oil palm</i> , <i>Elaeis guineensis</i> - กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม อัดน้ำมัน (palm kernels cake, mechanical extracted)	5	91.3 100 (2.1)	- - -	0.24 0.26 -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
23	ผักปลาน <i>Dayflower</i> , <i>Commelina bengalensis</i> Linn. - ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	18.0 100 -	0.79 4.40 -	0.07 0.40 (0.10)	0.00 0.00 -	- - -	2.79 15.50 (1.70)	105.64 586.9 (387.00)	88.74 493.00 (98.40)	8.93 49.60 (12.40)
24	ฝ้าย <i>Cotton</i> , <i>Gosypium spp.</i> - เมล็ดฝ้าย (cotton seeds)	5	91.1 100 (3.3)	1.73 1.91 -	0.34 0.38 -	- - -	1.73 1.91 -	5 ^{3/} 6 ^{3/} -	277 ^{3/} 303 ^{3/} -	24 ^{3/} 26 ^{3/} -	39 ^{3/} 42 ^{3/} -
25	มะพร้าว <i>Coconut</i> , <i>Cocos nucifera</i> . - กากมะพร้าวอัดน้ำมัน (coconut kernels with coats, meal, mechanical extracted, caked)	5	92.3 100 (2.4)	- - -	- - -	0.03 0.04 -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
26	มันสำปะหลัง <i>Cassava</i> , <i>Manihot esculenta</i> - มันเส้น (cassava chips)	4	89.8 100 (3.2)	0.83 0.92 -	0.08 0.09 -	0.02 0.02 -	- - -	3.69 4.11 -	- - -	- - -	- - -
	- มันอัดเม็ด (cassava tuber, pellet)	4	89.0 100 (0.8)	- - -	- - -	- - -	- - -	5.10 5.73 -	- - -	- - -	- - -

1/ in vitro

2/ in vivo

3/ Harris และคณะ, 1982

4/ NRC, 1984

5/ NARO, 2001

6/ จากการคำนวณ

ตารางที่ 16 ค่าแร่ธาตุ (ยกเว้น แคลเซียม และฟอสฟอรัส) ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	K (%)	Mg (%)	Na (%)	S (%)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
27	เรปซีด <i>Canola, Brassica napus</i>										
	- กากเรปซีด (Canola or rapeseed meal, solvent extracted)	5	90.5 100 (0.9)	- - -	- - -	0.05 0.05 -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
28	สับปะรด <i>Pineapple, Ananas comosus</i>										
	- เปลือก สด จากโรงงานสับปะรดกระป๋อง (peels, cannery residue, wet)	2	14.2 100 -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
29	หญ้ากรีนแพนิก <i>Green panic grass, Panicum maximum var. trichoglume</i>										
	- ต้น สด อายุ 30 วัน (aerial part, fresh, 30 days growth)	2	24.9 100 (4.9)	0.64 2.55 (0.93)	0.05 0.19 (0.04)	0.14 0.58 (0.48)	0.06 0.24 (0.23)	- - -	- - -	- - -	- - -
	- ต้น สด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	28.5 100 (4.7)	0.79 2.78 (1.18)	0.05 0.18 (0.06)	0.18 0.64 (0.54)	0.05 0.16 (0.06)	3.03 10.64 -	- - -	35.42 124.29 -	6.22 21.83 -
	- ต้น สด อายุ 60 วัน (aerial part, fresh, 60 days growth)	2	31.1 100 (4.7)	0.73 2.35 (1.03)	0.05 0.17 (0.04)	0.17 0.54 (0.45)	0.06 0.19 (0.18)	1.30 4.19 -	29.68 95.44 -	78.96 253.90 -	15.20 48.88 -
30	หญ้าม้า <i>Gamba grass, Andropogon gayanus</i>										
	- ต้น สด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	25.9 100 -	0.46 1.78 (0.33)	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
31	หญ้านิสีมวง <i>Purple guinea grass, Panicum maximum TD58</i>										
	- ต้น สด อายุ 30 วัน (aerial part, fresh, 30 days growth)	2	21.3 100 -	0.29 1.34 -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
	- ต้น สด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	22.5 100 (5.1)	0.46 2.06 (0.57)	0.08 0.36 (0.22)	0.04 0.17 (0.13)	0.04 0.17 (0.06)	6.47 29.16 (32.05)	53.73 242.03 (170.14)	34.99 157.61 (38.69)	4.99 22.48 (10.91)
	- ต้น สด อายุ 60 วัน (aerial part, fresh, 60 days growth)	2	24.4 100 (5.9)	0.70 2.74 (0.45)	0.08 0.31 (0.10)	0.08 0.31 (0.27)	0.04 0.14 (0.06)	0.87 3.38 (1.54)	55.99 217.87 (248.10)	17.19 66.87 (62.11)	4.27 16.63 (6.18)

ตารางที่ 16 ค่าแร่ธาตุ (ยกเว้น แคลเซียม และฟอสฟอรัส) ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	K (%)	Mg (%)	Na (%)	S (%)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
31	หญ้ากินนีสีม่วง Purple guinea grass, <i>Panicum maximum</i> TD58 - ต้น แห้ง อายุ 60 วัน (aerial part, hay, 60 days growth)	1	89.5	1.06	0.41	0.12	0.10	-	-	279.42	22.39
			100	1.18	0.46	0.13	0.11	-	-	312.20	25.02
			-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	หญ้าขจรจบดอกใหญ่ Communist grass, <i>Pennisetum pedicellatum</i> - ต้น แห้ง (aerial part, hay)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			100	3.10	0.30	trace	-	5.60	291.80	139.70	19.30
			-	(0.8)	(0.1)	-	-	(1.80)	(177.40)	(93.70)	(5.80)
33	หญ้าขน Para grass / Mauritius grass, <i>Brachiaria mutica</i> - ต้น สด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	22.6	0.44	0.07	0.02	0.05	2.20	40.11	24.61	7.60
			100	1.95	0.33	0.10	0.24	9.72	177.46	108.90	33.64
			(3.2)	(0.79)	(0.18)	(0.10)	(0.06)	(2.68)	(66.14)	(50.42)	(7.88)
		2	24.6	0.43	0.06	0.02	0.06	1.77	32.74	13.56	8.28
			100	1.76	0.26	0.07	0.24	7.18	110.98	55.12	33.67
			(4.1)	(0.54)	(0.01)	(0.06)	(0.07)	(1.95)	(75.23)	(30.61)	(3.24)
34	หญ้าโคโร Cori grass, <i>Brachiaria miliiformis</i> - ต้น สด (aerial part, fresh)	2	28.1	0.37	-	0.02	-	-	-	-	-
			100	1.32	-	0.06	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	หญ้าชันกาด Torpedo grass, <i>Panicum repens</i> Linn - ต้น สด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	28.0	0.35	-	-	-	-	-	-	-
			100	1.24	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-
36	หญ้าชิกแนลตั้ง Palisade signal grass, <i>Brachiaria brizantha</i> - ต้น สด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	27.8	0.43	-	0.02	-	-	-	-	-
			100	1.56	-	0.06	-	-	-	-	-
			-	(0.60)	-	-	-	-	-	-	-
37	หญ้าชิกแนลนอน Signal grass, <i>Brachiaria decumbens</i> . - ต้น สด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	26.5	0.42	0.07	0.01	0.02	-	-	-	-
			100	1.60	0.25	0.03	0.09	-	-	-	-
			-	(0.44)	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 16 ค่าแร่ธาตุ (ยกเว้น แคลเซียม และฟอสฟอรัส) ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	K (%)	Mg (%)	Na (%)	S (%)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
38	หญ้าซิกแนลเลีย Creeping signal grass /koronivia grass, <i>Brachiaria humidicola</i> - ต้นสด อายุ 30 วัน (aerial part, fresh, 30 days growth)	2	25.8	0.45	0.05	0.04	0.03	0.92	92.00	14.50	5.99
			100	1.76	0.20	0.15	0.12	3.58	356.60	56.22	23.22
			-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	27.7	0.51	0.11	0.03	0.03	1.11	136.22	31.71	9.98
			100	1.83	0.39	0.11	0.11	4.00	491.76	114.48	36.04
			-	(0.48)	(0.34)	(0.16)	(0.02)	-	(180.88)	(82.56)	(21.48)
		2	28.3	0.76	0.10	0.11	0.03	0.77	19.95	12.07	6.70
			100	2.70	0.36	0.37	0.10	2.73	70.51	42.64	23.69
			-	(1.24)	(0.18)	(0.36)	(0.04)	-	(12.42)	(3.13)	(5.96)
		1	89.7	3.69	0.52	-	-	-	-	-	-
			100	4.11	0.58	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-
39	หญ้าซูดาน Sudan grass, <i>Sorghum sudanese</i> - ต้นสด (aerial part, fresh)	2	22.0	0.78	0.05	-	-	-	-	-	-
			100	3.53	0.21	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	หญ้าเซทาเรีย Setaria grass, <i>Setaria sphacelata</i> - ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	19.2	0.58	0.03	0.03	0.03	0.84	38.05	31.27	7.09
			100	3.02	0.17	0.15	0.14	4.36	198.20	162.86	36.91
			-	(1.07)	(0.03)	(0.19)	-	-	-	-	-
		2	22.2	0.48	0.03	0.09	0.03	0.94	16.75	9.00	7.66
			100	2.18	0.16	0.42	0.14	4.24	75.43	40.53	34.51
			-	(0.72)	(0.03)	(0.48)	(0.06)	(3.27)	(12.22)	(30.13)	(12.27)
41	หญ้าดอกแดง Natal grass, <i>Melinis repens</i> (Willd.) Ziska. - ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	37.0	0.53	0.04	-	-	1.40	47.20	17.90	8.90
			100	1.42	0.10	Trace	-	3.80	127.50	48.30	24.10
			-	-	-	-	-	-	-	-	-
42	หญ้านต้นติด Running grass, <i>Brachiaria reptans</i> (L.) Gard.&C.E. Hubb - ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	27.5	0.55	-	-	-	-	-	-	-
			100	2.00	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 16 ค่าแร่ธาตุ (ยกเว้น แคลเซียม และฟอสฟอรัส) ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	K (%)	Mg (%)	Na (%)	S (%)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
43	หญ้าเนเปียร์ Napier/Elephant grass, <i>Pennisetum purpureum</i> - ต้น สด อายุ 30 วัน (aerial part, fresh, 30 days growth)	2	15.8	0.28	0.09	-	0.04	-	-	-	-
			100	1.75	0.58	-	0.26	-	-	-	-
			(0.7)	(0.28)	(0.01)	-	-	-	-	-	-
		2	18.7	0.41	0.09	0.00	0.03	1.10	58.87	10.65	4.15
			100	2.18	0.47	0.00	0.15	5.90	314.82	56.98	22.20
			-	(0.70)	(0.16)	(0.00)	-	-	-	-	-
		2	23.7	0.60	0.06	0.25	0.03	1.00	89.03	14.27	6.53
			100	2.52	0.25	0.21	0.13	4.22	375.67	60.20	27.54
			(3.1)	(0.63)	-	-	(0.06)	(2.16)	(367.658)	(40.95)	(1.96)
44	หญ้าเนเปียร์แคระ Dwarf napier grass, <i>Pennisetum purpureum</i> cv.Mott - ต้น สด อายุ 30 วัน (aerial part, fresh, 30 days growth)	2	15.7	0.59	0.05	0.31	0.04	0.80	54.20	7.45	3.98
			100	3.77	0.30	1.95	0.25	5.08	345.24	47.45	25.37
			-	(0.96)	(0.13)	-	(0.07)	-	-	-	-
		1	90.6	1.59	0.53	-	-	-	-	-	-
			100	1.75	0.58	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	23.6	0.45	0.12	0.00	0.04	0.39	74.30	13.45	5.24
			100	1.91	0.52	0.00	0.15	5.90	314.82	56.98	22.20
			-	(0.46)	(0.10)	(0.00)	-	-	-	-	-
45	หญ้าเนเปียร์ยักษ์ King grass, <i>Pennisetum purpureum</i> x <i>Pennisetum gluacum</i> - ต้น สด อายุ 30 วัน (aerial part, fresh, 30 days growth)	2	20.4	0.44	0.12	-	-	-	-	-	-
			100	2.15	0.57	-	-	-	-	-	-
			-	(0.30)	(0.07)	-	-	-	-	-	-
		2	21.1	0.38	0.12	-	-	-	-	-	-
			100	1.81	0.56	-	-	-	-	-	-
			-	(0.34)	(0.07)	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 16 ค่าแร่ธาตุ (ยกเว้น แคลเซียม และฟอสฟอรัส) ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	K (%)	Mg (%)	Na (%)	S (%)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
46	หญ้าบัฟเฟิล Buffel grass, <i>Cenchrus ciliaris</i> - ต้นสด (fresh)	2	21.4	0.71	0.05	-	-	-	-	-	-
			100	3.30	0.24	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-
47	หญ้าใบมัน Broadleaf carpet grass, <i>Axonopus compressus</i> (Swartz.) Beauv - ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	33.0	0.48	-	-	-	-	-	-	-
			100	1.43	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-
48	หญ้าปล้อง Native hymenachne grass, <i>Hymenachne acutigluma</i> . - ต้นสด (aerial part, fresh)	2	30.2	0.57	0.09	0.03	-	2.90	178.20	122.50	13.00
			100	1.90	0.30	0.10	-	9.60	590.20	405.60	43.20
			-	(0.40)	(0.10)	(0.10)	-	(3.80)	(298.90)	(6.00)	(11.30)
49	หญ้าปากควาย Crowfoot grass, <i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd - ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	30.5	0.46	0.09	-	-	1.60	140.70	80.90	15.10
			100	1.51	0.30	trace	-	5.40	461.40	265.30	49.50
			-	-	(0.10)	-	-	(1.10)	(323.70)	(306.60)	(21.80)
50	หญ้าแฝก Vetiver grass, <i>Vetiveria zizanioides</i> Nash - ต้นแห้ง (aerial part, dried)	1	29.0	-	-	-	-	-	-	-	-
			100	-	0.13	-	-	-	-	-	-
			-	-	(0.04)	-	-	-	-	-	-
51	หญ้าพลิแคทูลัม Plicatum grass, <i>Paspalum plicatum</i> - ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	24.9	0.33	0.07	0.01	0.04	1.39	40.43	25.93	4.98
			100	1.34	0.27	0.03	0.17	5.58	162.38	104.14	20.02
			-	(0.66)	(0.05)	(0.05)	-	-	-	-	-
	- ต้นสด อายุ 60 วัน (aerial part, fresh, 60 days growth)	2	28.7	0.55	0.09	0.07	0.06	1.07	84.82	40.87	5.50
			100	1.90	0.32	0.25	0.20	3.72	295.54	142.42	19.15
			-	-	-	-	-	-	-	-	-
52	หญ้าแพงโกล่า Pangola grass/common finger grass, <i>Digitaria eriantha</i> cv.Taiwan - ต้นสด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	26.9	0.28	0.10	0.06	0.03	1.63	233.10	106.58	4.97
			100	1.03	0.37	0.23	0.12	6.07	866.54	396.20	18.46
			-	(0.61)	(0.15)	(0.23)	-	-	-	-	-
	- ต้นสด อายุ 60 วัน (aerial part, fresh, 60 days growth)	2	29.9	0.47	0.07	0.16	0.04	1.26	49.67	46.76	7.55
			100	1.58	0.22	0.52	0.14	4.22	166.13	156.38	25.25
			-	(0.81)	(0.10)	(0.38)	(0.06)	(1.11)	(71.21)	(208.27)	(7.23)

ตารางที่ 16 ค่าแร่ธาตุ (ยกเว้น แคลเซียม และฟอสฟอรัส) ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	K (%)	Mg (%)	Na (%)	S (%)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
53	หญ้ารูซี Ruzi grass/Kongo grass, <i>Brachiaria ruziensis</i> - ต้น สด อายุ 30 วัน (aerial part, fresh, 30 days growth)	2	19.8	0.55	-	0.01	0.04	-	-	-	-
			100	2.79	-	0.04	0.22	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	20.2	0.41	0.09	0.00	0.03	0.48	90.93	19.18	5.75
			100	2.05	0.44	trace	0.14	2.39	450.15	94.94	28.46
			(2.4)	(0.81)	(0.32)	(0.00)	(0.03)	(0.33)	(446.35)	(41.58)	(4.07)
		2	26.9	0.51	0.09	0.00	0.04	0.72	18.96	8.14	9.11
			100	1.90	0.34	trace	0.14	2.68	70.49	30.27	33.87
			-	(0.66)	(0.13)	(0.00)	(0.04)	(0.85)	-	-	(12.43)
		1	88.0	0.9	0.58	-	0.10	3.64	375.58	139.01	21.04
			100	1.02	0.54	trace	0.11	4.14	426.79	157.97	23.91
			-	-	-	-	-	-	-	-	-
54	หญ้าไรต์ส Rhodes grass, <i>Chloris gayana</i> - ต้น สด อายุ 30 วัน (aerial part, fresh, 30 days growth)	2	26.6	0.62	-	0.25 ^{3/}	-	-	-	-	-
			100	2.46	-	1.00 ^{3/}	-	-	-	-	-
			(1.4)	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	27.4	0.37	0.04	0.11	0.07	1.25	122.17	15.73	6.93
			100	1.35	0.15	0.41	0.27	4.56	445.87	57.42	25.28
			-	(0.54)	-	-	-	-	-	-	-
		2	28.5	0.35	0.03	0.10	0.07	1.02	67.15	4.20	3.76
			100	1.22	0.09	0.34	0.25	3.58	235.60	29.53	13.19
			-	-	-	-	-	-	-	-	-
55	หญ้าหวาย long-leaved paspalum grass, <i>Paspalum longifolium</i> Roxb. - ต้น สด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	31.0	0.52	0.06	-	-	1.70	115.10	72.20	7.80
			100	1.67	0.20	Trace	-	5.40	371.70	232.80	25.00
			-	-	-	-	-	-	-	-	-
56	หญ้าเห็บ Buffalo grass, <i>Paspalum conjugatum</i> Bergius - ต้น สด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	27.8	0.44	-	-	-	-	-	-	-
			100	1.58	-	-	-	-	-	-	-
			(3.9)	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 16 ค่าแร่ธาตุ (ยกเว้น แคลเซียม และฟอสฟอรัส) ของวัตถุดิบอาหารโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	K (%)	Mg (%)	Na (%)	S (%)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
57	หญ้าแหวน Nadi blue grass, <i>Dichantium caricosum</i> (L.) A. Camus										
	- ต้น สด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	37.0	0.81	0.10	-	-	2.21	108.47	23.83	10.18
			100	2.20	0.27	trace	-	5.97	293.17	64.40	27.50
			-	(1.31)	(0.12)	-	-	(1.27)	(80.76)	(23.05)	(4.97)
58	หญ้าอะตราตัม Atratum grass, <i>Paspalum atratum</i>										
	- ต้น สด อายุ 30 วัน (aerial part, fresh, 30 days growth)	2	20.6	0.52	0.07	-	0.05	-	-	-	-
			100	2.51	0.32	trace	0.22	-	-	-	-
			(2.4)	-	-	-	-	-	-	-	-
	- ต้น สด อายุ 45 วัน (aerial part, fresh, 45 days growth)	2	21.9	0.32	0.14	0.00	0.04	1.12	71.84	67.90	5.33
			100	1.48	0.63	0.01	0.17	5.10	328.02	310.06	24.33
			-	(0.50)	(0.22)	(0.01)	(0.05)	(1.57)	(195.63)	(309.06)	(4.92)
	- ต้น สด อายุ 60 วัน (aerial part, fresh, 60 days growth)	2	24.4	0.40	0.16	0.00	0.05	1.13	53.68	16.78	5.59
			100	1.62	0.65	0.01	0.21	4.65	219.00	68.78	22.93
			(2.4)	(0.39)	(0.10)	(0.10)	(0.09)	(0.11)	207.28	(23.65)	(0.61)
59	หญ้าแฮมิลกินนี Hamil guinea grass, <i>Panicum maximum</i> cv. Hamil										
	- ต้น สด (aerial part, fresh)	2	24.5	0.65	-	-	-	-	-	-	-
			100	2.66	-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	-	-	-
59	หอยเชอรี่ Golden apple snail, <i>Pomacea canaliculata</i> Lamarck.										
	- เนื้อสด แช่แข็ง (meat, dried)	5	90.2	-	0.28	0.11	-	-	-	-	-
			100	-	0.31	0.12	-	-	-	-	-
			(1.0)	-	(0.04)	(0.01)	-	-	-	-	-
	- เปลือกหอยรวมเนื้อสด แช่แข็ง (whole, dried)	5	97.3	-	0.06	0.15	-	-	-	-	-
			100	-	0.06	0.15	-	-	-	-	-
			(0.1)	-	(0.00)	(0.03)	-	-	-	-	-
60	หญ้าหนุม Nutgrass, <i>Cyperus rotundus</i> Linn										
	- ต้น แช่แข็ง (aerial part, hay)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			100	3.30	0.20	0.10	-	6.90	367.70	101.50	21.40
			-	(0.10)	(0.00)	(0.00)	-	(1.90)	(78.60)	(91.40)	(0.50)

1/ in vitro

2/ in vivo

3/ Harris และคณะ ,1982

4/ NRC , 1984

5/ NARO, 2001

6/ จากการคำนวณ

ตารางที่ 17 ค่าแร่ธาตุชนิดต่าง ๆ ของวัตถุดิบแหล่งแร่ธาตุสำหรับโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	Ca (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)
1	กำมะถัน Sulfur						
	แคลเซียมซัลเฟต calcium sulfate dihydrate (gypsum)	6	85 ^{4/}	22.02 ^{4/}	0.01 ^{4/}	-	2.22 ^{4/}
			100	25.90 ^{4/}	0.01 ^{4/}	-	2.61 ^{4/}
			-	-	-	-	-
	โซเดียมซัลเฟต sodium sulfate decahydrate	6	-	-	-	-	-
			100	-	-	-	-
			-	-	-	-	-
	แอมโมเนียมซัลเฟต ammonium sulfate	6	-	-	-	-	-
			100	-	-	-	-
			-	-	-	-	-
2	แคลเซียม Calcium						
	แคลเซียมคาร์บอเนต calcium carbonate	6	-	-	-	-	-
			100	39.40 ^{4/}	0.04 ^{4/}	0.06 ^{4/}	0.05 ^{4/}
			-	-	-	-	-
	ไดแคลเซียมฟอสเฟต dicalcium phosphate	6	97.0	21.30 ^{4/}	18.70 ^{4/}	0.07 ^{4/}	0.57 ^{4/}
			100	22.00 ^{4/}	19.30 ^{4/}	0.07 ^{4/}	0.59 ^{4/}
			-	-	-	-	-
	โมนแคลเซียมฟอสเฟต monocalcium phosphate	6	97 ^{4/}	15.90 ^{4/}	20.95 ^{4/}	0.08 ^{4/}	0.59 ^{4/}
			100	16.40 ^{4/}	21.60 ^{4/}	0.08 ^{4/}	0.61 ^{4/}
			-	-	-	-	-
	หินปูนบด ground limestone	6	-	-	-	-	-
			100	34.00 ^{4/}	0.02 ^{4/}	0.12 ^{4/}	2.06 ^{4/}
			-	-	-	-	-
	charcoal (bone black/bone char)	6	90 ^{4/}	27.10 ^{4/}	12.70 ^{4/}	0.14 ^{4/}	0.53 ^{4/}
			100	30.11 ^{4/}	14.14 ^{4/}	0.16 ^{4/}	0.59 ^{4/}
			-	-	-	-	-
	dolomitie	6	99 ^{4/}	22.10 ^{4/}	0.04 ^{4/}	0.36 ^{4/}	9.89 ^{4/}
			100	22.30 ^{4/}	0.04 ^{4/}	0.36 ^{4/}	9.99 ^{4/}
			-	-	-	-	-
	oystershell, ground	6	99 ^{4/}	-	-	-	-
			100	-	-	-	-
			-	-	-	-	-

[illegible]

ตารางที่ 17 ค่าแร่ธาตุชนิดต่าง ๆ ของวัตถุดิบแหล่งแร่ธาตุสำหรับโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	Ca (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)
3	โคบอลต์ Cobalt - โคบอลต์คาร์บอเนต cobalt carbonate	6	99 ^{4/} 100 -	- - -	- - -	- - -	- - -
4	ซีลีเนียม Selenium - โซเดียมซีลีไนท์ sodium selenite	6	98 ^{4/} 100 -	- - -	- - -	- - -	- - -
5	โซเดียม Sodium - โซเดียมคลอไรด์ sodium chloride	6	- 100 -	- - -	- - -	- - -	- - -
	- โซเดียมไบคาร์บอเนต sodium bicarbonate	6	- 100 -	- - -	- - -	- - -	- - -
	- ไตรโซเดียมฟอสเฟต trisodium phosphate	6	96 ^{4/} 100 -	- - -	24.00 ^{4/} 25.00 ^{4/} -	- - -	- - -
	- โมโนโซเดียมฟอสเฟต monosodium phosphate	6	97 ^{4/} 100 -	- - -	21.80 ^{4/} 22.50 ^{4/} -	- - -	- - -
6	ทองแดง Copper (cupric) - คิวพริกซัลเฟต cupric sulfate pentahydrate	6	- 100 -	- - -	- - -	- - -	- - -
7	โพแทสเซียม Potassium - โพแทสเซียมคลอไรด์ potassium chloride	6	- 100 -	- 0.05 ^{4/} -	- - -	- 50.54 ^{4/} -	- 0.11 ^{4/} -
	- โพแทสเซียมไบคาร์บอเนต potassium bicarbonate	6	99 ^{4/} 100 -	- - -	- - -	38.66 ^{4/} 39.05 ^{4/} -	- - -
	- โพแทสเซียมไอโอไดด์ potassium iodide	6	- 100 -	- - -	- - -	- 21.00 ^{4/} -	- - -

ตารางที่ 17 ค่าแร่ธาตุชนิดต่าง ๆ ของวัตถุดิบแหล่งแร่ธาตุสำหรับโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	Ca (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)
8	ฟอสฟอรัส Phosphorus - กระดูกป่นอบ steamed bone meal	6	97 ^{4/}	30.70 ^{4/}	13.79 ^{4/}	0.18 ^{4/}	0.62 ^{4/}
			100	31.50 ^{4/}	14.22 ^{4/}	0.19 ^{4/}	0.64 ^{4/}
			-	-	-	-	-
	- ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต diammonium phosphate	6	97 ^{4/}	0.50 ^{4/}	19.98 ^{4/}	0.01 ^{4/}	0.45 ^{4/}
			100	0.52 ^{4/}	20.60 ^{4/}	0.01 ^{4/}	0.46 ^{4/}
			-	-	-	-	-
	- โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต monoammonium phosphate	6	97 ^{4/}	0.27 ^{4/}	23.99 ^{4/}	0.01 ^{4/}	0.45 ^{4/}
			100	0.28 ^{4/}	24.74 ^{4/}	0.01 ^{4/}	0.46 ^{4/}
			-	-	-	-	-
	- defluorinated phosphate	6	-	-	-	-	-
			100	32.00 ^{4/}	18.00 ^{4/}	0.08 ^{4/}	0.42 ^{4/}
			-	-	-	-	-
	- rock phosphate	6	-	-	-	-	-
			100	35.00 ^{3/}	13.00 ^{3/}	0.06 ^{3/}	0.41 ^{3/}
			-	-	-	-	-
	- rock phosphate, low fluorine	6	-	-	-	-	-
			100	36.00 ^{3/}	-	-	-
			-	-	-	-	-
	- rock phosphate, soft	6	99 ^{4/}	17.00 ^{3/}	9.00 ^{3/}	-	0.38 ^{3/}
			100	17.17 ^{3/}	9.09 ^{3/}	-	0.38 ^{3/}
			-	-	-	-	-
9	แมกนีเซียม Magnesium - แมกนีเซียมคาร์บอเนต magnesium carbonate	6	98 ^{4/}	0.02 ^{4/}	-	-	30.19 ^{4/}
			100	0.02 ^{4/}	-	-	30.81 ^{4/}
			-	-	-	-	-
	- แมกนีเซียมออกไซด์ magnesium oxide	6	98 ^{4/}	3.01 ^{4/}	-	-	55.08 ^{4/}
			100	3.07 ^{4/}	-	-	56.20 ^{4/}
			-	-	-	-	-
10	แมงกานีส Manganese - แมงกานีสออกไซด์ manganoous oxide	6	99 ^{4/}	-	-	-	-
			100	-	-	-	-
			-	-	-	-	-

ตารางที่ 17 ค่าแร่ธาตุชนิดต่าง ๆ ของวัตถุดิบแหล่งแร่ธาตุสำหรับโคเนื้อ

Number	Feedstuff	Feed class	DM (%)	Ca (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)
11	สังกะสี Zinc - ซิงค์ซัลเฟต zinc sulfate	6	99 ^{4/}	0.02 ^{4/}	-	-	-
			100	0.02 ^{4/}	-	-	-
			-	-	-	-	-
	- ซิงค์ออกไซด์ zinc oxide	6	-	-	-	-	-
			100	-	-	-	-
			-	-	-	-	-
12	เหล็ก Iron (ferrous) - เฟอรัสซัลเฟต ferrous sulfate heptahydrate	6	98 ^{4/}	-	-	-	-
			100	-	-	-	-
			-	-	-	-	-

1/ in vitro

2/ in vivo

3/ Harris และคณะ ,1982

4/ NRC , 1984

5/ NARO, 2001

6/ จากการคำนวณ

[illegible]

4. เอกสารอ้างอิง

- กานดา นาคณิน วีระพล พูนพิพัฒน์ และ อัมรงค์ศักดิ์ พลบำรุง. 2540. การใช้ดินและใบไมยราแห่งเสริมโปรตีนสำหรับโคเนื้อในช่วงฤดูแล้ง. หน้า 29-39. ใน : รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2540. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- กรมปศุสัตว์. 2546. พืชอาหารสัตว์พื้นเมือง เล่ม 1. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. กรุงเทพฯ. 173 น.
- กรมปศุสัตว์. 2547. ตารางคุณค่าทางโภชนาของวัตถุดิบอาหารสัตว์. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด กรุงเทพฯ. 37 น.
- กรมปศุสัตว์. 2548. พืชอาหารสัตว์พื้นเมือง เล่ม 2. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. กรุงเทพฯ. 228 น.
- กรมวิชาการเกษตร. 2550. ฐานความรู้ด้านพืช : เดื่อย. online : <http://www.doa.go.th/pldata/O2LOCAL/oard3/duay/body.main.html>. available 22/9/2550.
- กองอาหารสัตว์. 2539. รวบรวมบทความวิชาการด้านอาหารสัตว์ รวบรวมครั้งที่ 1 พ.ศ.2539. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. หน้า 33-37..
- ไกรสิทธิ์ วสุเพ็ญ บุญเสริม ชีวะอิสระกุล บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และสมคิด พรหมมา. 2543. การย่อยได้และพลังงานสุทธิจากการคำนวณของดินอ้อยแห้ง. หน้า 114-122. ใน : รายงานการประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 38. กรุงเทพฯ.
- ขวัญตา ขาวมี จงรักษ์ จันทรเจริญสุข ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์ และ เอ็จ สโรบล. 2550. ผลการใช้เหล็ก สังกะสีและเปลือกสับปะรดต่อผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูน. หน้า 91-98. ใน : รายงานการประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาพืช ครั้งที่ 45. กรุงเทพฯ.
- จันทกานต์ อดทนันท์ และ วรณา อ่างทอง. 2539. รายงานเบื้องต้นสภาพการจัดการด้านอาหารโคเนื้อและโคนมของเกษตรกรในพื้นที่ 9 จังหวัดภาคเหนือ. หน้า 88-110. ใน : รวบรวมบทความวิชาการด้านอาหารสัตว์. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- จารุวัลย์ แสนปิง ดวงสมร สิ้นเจิมสิริ และ สุกัญญา จัดตุพรพงษ์. 2550. ผลของการใช้ใบมันสำปะหลังและกากมันสำปะหลังในอาหารขึ้นต่อการเจริญเติบโตและสภาพแวดล้อมในกระเพาะหมักของแกะ. หน้า 163-170. ใน : รายงานการประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 45. กรุงเทพฯ.
- จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา เทิดศักดิ์ ชมชื่นจิตร และ คัมภีร์ ภักดีไทย. 2547. การใช้ถั่วท่าพระสโตไลแห้งเลี้ยงโคเนื้อ. หน้า 269-278. ใน : รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2547. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- จิรวรรณ คำด้วง สมคิด พรหมมา บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และ บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2549. การเสริมหญ้าแห้งด้วยใบมันสำปะหลังแห้งหรือหมักเพื่อเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคที่ให้นมปานกลาง. หน้า 347-354. ใน : รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 44. กรุงเทพฯ.
- ฉายแสง ไผ่แก้ว พิมพ์พร พลเสน และ บุญชู ชมภูสอ. 2546. การทดสอบพันธุ์ข้าวฟ่างหวานเพื่อผลิตหญ้าหมัก. หน้า 188-197. ใน : รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2546. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- เจลา พัทธสินสุข ญุฑนาถ โคตรพรหม วารุณี พานิชผล และ วรณา อ่างทอง. 2550. การประเมินคุณค่าทางโภชนาของหญ้าแพงโกล่าแห้ง. หน้า 222-233. ใน : รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2550. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- เฉลิมพล เยื้องกลาง ไกรสิทธิ์ วสุเพ็ญ ไพวัลย์ ศรีนันทน์ ศศิพันธ์ วงศ์สุทธาวาส และ จำลอง มิตรชาวไทย. 2549. ผลของการ

- ใช้กากมะเขือเทศแห้งเป็นแหล่งของอาหารหยาดต่อปริมาณการกินได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และเมตาโบไลต์ในเลือดของโคเนื้อ. หน้า 158-166. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาสัตว ครึ่งที่ 44. กรุงเทพฯ.
- เจลิยว บุญมั่น ชำนาญ แก้วมณี วิชาญ แก้วเลื่อน และ เข็มชาติ จิวประสาท. 2544. การศึกษาระดับความต้องการ โปรตีนในอาหารของกบมูลพริก. หน้า 383-390. ใน : รายงานการสัมมนาและเสวนาวิชาการงานแสดง เทคโนโลยีการเกษตรเพื่ออินโดจีน. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. วันที่ 25 - 31 พฤษภาคม 2544. อุบลราชธานี.
- ณัฐชนก อมรเทวภัทร และ ปฐมา จาตุกานนท์. 2549. ผลของอุณหภูมิจัดต่อความแข็งแรงของเม็ดอาหารและการใช้ประโยชน์ ได้ของแบ่งในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และมันสำปะหลังเส้น. หน้า 11-17. ใน : รายงานการประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาสัตว ครึ่งที่ 44. กรุงเทพฯ.
- โตโมยุกิ คาวาชิมา วิทยา สุมาลย์ พิมพาพร พลเสน จำไพร ใจเที่ยง วชิรินทร์ บุญภักดี และ พุฒิโนรี เทราดะ. 2546. ค่าความสมดุลของพลังงานและไนโตรเจนในขบวนการเมตาโบลิซึมของโคพื้นเมืองไทยที่เลี้ยงด้วยหญ้าที่แห้ง และเสริมกากถั่วเหลืองระดับต่างๆ. หน้า 362-378. ใน : รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2546. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- ทิพย์วรรณ บริพัฒนานนท์. 2531. คุณค่าทางโภชนาและการใช้เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 87 น.
- ทิพย์ฯ สิงห์ลักษณ์. 2531. การใช้ขี้ข้าวโพดเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิต วิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 91 น.
- นวลมณี กาญจนพิบูลย์ วารุณี พานิชผล จีรพัฒน์ บุญเนื่อง นิศา โสภณ พูลศรี ศุภระจุ วิชา หิรัญสุรงค์ และ สุมนทิพย์ บุญนาค. 2527. ผลการวิเคราะห์อาหารสัตว์. หน้า 1 - 47 ใน : รายงานผลงานวิจัยสาขาผลิตปศุสัตว์ ประจำปี พ.ศ. 2527. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และ ชูศักดิ์ แสงสินธุ์. 2533. การเปรียบเทียบต้นข้าวโพดหวานหลังเก็บฝักหมักกับหญ้าหรือ ฟางหมักยูเรียเป็นอาหารฐานสำหรับโคขุน. หน้า 35 - 46. ใน : รายงานการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ สาขาสัตว ครึ่งที่ 28. กรุงเทพฯ.
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2535. การใช้ถั่วมะแฮะเป็นอาหารสัตว์ 2.การย่อยได้ของใบและเมล็ดในสัตว์เคี้ยวเอื้อง. วารสาร เกษตร 8 (1) : 69 - 84.
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และ สมคิด พรหมมา. 2535. การใช้หัวอาหารก่อนเสริมฟางหมักและอาหารข้นในโคนมรุ่น. วารสารวิจัยและส่งเสริมการเกษตร 10 (1) : 35 - 45.
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และ บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2535. ยูเรีย - กากน้ำตาล หัวอาหารเข้มข้นชนิดก้อน 1. ผลการ เสริมที่มีต่อการย่อยได้ของฟาง. หน้า 275- 286. ใน : รายงานการประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาสัตว ครึ่งที่ 30. กรุงเทพฯ.
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และ สุชน ตั้งทวีพัฒน์. 2538. การใช้การงาทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารไก่ไข่. วารสารเกษตร. 11 (1) : 18 - 26.
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นหาญ ฉันทนา น่วมนวล และ ไกรสิทธิ์ วสุเพ็ญ. 2540. การทำนายคุณค่า ทางอาหารของฟางข้าว หญ้า และใบกระถินที่นิยมใช้เลี้ยงโคนมด้วยวิธีถ่วงน้ำหนัก. หน้า 267 - 281. ใน : รายงานการประชุมทางวิชาการ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2544. งานวิจัยการใช้วัสดุเศษเหลือเป็นอาหารโคนมในประเทศไทยจากอดีตถึงปัจจุบัน. หน้า

- 111 - 134. ใน : รายงานการสัมมนาและเสวนาวิชาการงานแสดงเทคโนโลยีการเกษตรเพื่ออินโดจีน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 25 - 31 พฤษภาคม 2544. อุบลราชธานี.
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล สมคิด พรหมมา และ บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2548. โครงการที่ 2 การผลิตหญ้าที่แห้งในแปลงหญ้าขนาดใหญ่และการศึกษาคุณค่าทางอาหารของหญ้าสด และหญ้าแห้งอายุประมาณ 50 วัน. หน้า 36 - 44. ใน : รายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการ “การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมโคโดยใช้อาหารผสมครบส่วนและอาหารชั้นคุณภาพดี” เสนอต่อ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล สมคิด พรหมมา และ บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2548. โครงการย่อยที่ 3 วิธีรักษาสภาพรูเมนให้เหมาะสมแก่การหมักย่อยอาหาร (ป้องกัน acidosis) โดยใช้บัฟเฟอร์และหญ้าแห้งรวมทั้งผลที่มีต่อสมรรถภาพการผลิตของโคที่ให้นมสูง. หน้า 45 - 63 ใน : รายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการ “การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมโคโดยใช้อาหารผสมครบส่วนและอาหารชั้นคุณภาพดี” เสนอต่อ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล สมคิด พรหมมา และ บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2548. โครงการย่อยที่ 4 การใช้หญ้าแห้งหรือหญ้าหมักร่วมกับอาหารชั้นระดับสูงที่มีผลต่อค่า pH กรดไขมันระเหยได้และแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนในของโคนม. หน้า 64 - 73. ใน : รายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการ “การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมโคโดยใช้อาหารผสมครบส่วนและอาหารชั้นคุณภาพดี” เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล สมคิด พรหมมา และ บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2548. โครงการย่อยที่ 6 กรรมวิธีเพิ่มปริมาณโปรตีนไหลผ่านในกากถั่วเหลือง และประสิทธิภาพการใช้ในสูตรอาหารโคที่ให้นมสูง. หน้า 86 - 110. ใน : รายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการ “การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมโคโดยใช้อาหารผสมครบส่วนและอาหารชั้นคุณภาพดี” เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล สมคิด พรหมมา และ บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2548. โครงการย่อยที่ 8 อายุการตัดหญ้าที่ที่เหมาะสมรวมทั้งการปรับคุณภาพหญ้าสดด้วยการเสริมแหล่งโปรตีนและพลังงานเพื่อการเลี้ยงโคในระยะกึ่งกลางของการให้นม. หน้า 136 - 159. ใน : รายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการ “การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมโคโดยใช้อาหารผสมครบส่วนและอาหารชั้นคุณภาพดี” เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล สมคิด พรหมมา และ บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2548. โครงการย่อยที่ 9 การพัฒนาอาหารหยาบคุณภาพดีจากหญ้าที่แห้ง และการสร้างสูตรอาหารชั้นที่เหมาะสมสำหรับโคให้นมสูง. หน้า 160 - 184. ใน : รายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการ “การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมโคโดยใช้อาหารผสมครบส่วนและอาหารชั้นคุณภาพดี” เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล สมคิด พรหมมา และ บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2548. โครงการย่อยที่ 10 กรรมวิธีการผลิตและอายุการเก็บอาหารครบส่วน ความชื้นสูงที่มีฟางหมักเป็นอาหารหยาบหลัก รวมทั้งการใช้เป็นอาหารโคนมที่ให้นมปานกลาง. หน้า 185 - 204. ใน : รายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการ “การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมโคโดยใช้อาหารผสมครบส่วนและอาหารชั้นคุณภาพดี” เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล สมคิด พรหมมา และ บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2548. โครงการย่อยที่ 11 การผลิตอาหารหยาบผสมจากหญ้าแห้งหรือฟางข้าวและผลิตอาหารชั้นที่เหมาะสมสำหรับโครีดนมในระยะกลางถึงปลายทางการให้นม. หน้า 205 - 226. ใน : รายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการ “การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมโคโดยใช้อาหารผสมครบส่วนและอาหารชั้นคุณภาพดี” เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล สมคิด พรหมมา และ บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2548. โครงการที่ 12 การให้หญ้าที่แห้งเสริม

- แหล่งโปรตีนและพลังงานจากไขมันสำหรับหมักและแห้ง เพื่อผลิตอาหารหยาบคุณภาพดีเลี้ยงโคให้นมปานกลาง. หน้า 227 - 246. ใน : รายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการ “การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมโคโดยใช้อาหารผสมครบส่วนและอาหารชั้นคุณภาพดี” เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล องอาจ ส่องสี และ สุชน ตั้งทวีพัฒน์. 2550. องค์ประกอบทางเคมี การย่อยได้ และค่าพลังงานของใบกระถินหมักและปอสาหมักในสุกร. หน้า 281 - 287. ใน : รายงานการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาสัตว ครุครั้งที่ 45. กรุงเทพฯ.
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล สมคิด พรหมมา บุญเสริม ชีวะอิสระกุล และ เสาวลักษณ์ แยมหมื่นอาจ. 2544. การผลิตข้าวโพดหมักคุณภาพดีในเชิงพาณิชย์สำหรับสุกร. หน้า 196 - 199. ใน : รายงานการสัมมนาและเสวนาวิชาการงานแสดงเทคโนโลยีการเกษตรเพื่ออินโดจีน. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. อุบลราชธานี.
- บุญเสริม ชีวะอิสระกุล อิทธิพล เผ่าไพศาล บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และ สมคิด พรหมมา. 2543. การย่อยได้และพลังงานสุทธิจากการคำนวณของต้นถั่วเหลืองติดฝักแห้งในโคและแกะ. หน้า 123 - 130. ใน : รายงานการประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาสัตว ครุครั้งที่ 38. กรุงเทพฯ.
- บุญเสริม ชีวะอิสระกุล สมคิด พรหมมา บุญล้อม ชีวะอิสระกุล จันทนา น่วมนวล เสาวลักษณ์ แยมหมื่นอาจ และ นฤมล วงศ์เจริญ. 2543. การทำข้าวโพดหมักคุณภาพดีเพื่อเป็นอาหารสำรองไว้ให้โคนมในฤดูแล้ง. วารสารสัตวบาล 10 (56) : 27 - 34.
- ประธาน เสนีวงศ์ ณ อยุธยา. 2536. การปรับปรุงคุณภาพของฟางข้าวและขาน้อยโดยการหมักด้วยเชื้อราเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 54 น.
- พรทิว อยู่บุรี. 2545. การใช้กากสับประดเป็นอาหารโคขุน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 62 น.
- พวน ทศพงศ์ วิศิษฐ์พร สุขสมบัติ กังวาน ธรรมแสง และ วรพงษ์ สุริยจันทร์ทอง. 2544. การศึกษาความต้องการพลังงานและโปรตีนในโคนมสาวลูกผสม. หน้า 10 - 20. ใน : รายงานการสัมมนาและเสวนาวิชาการงานแสดงเทคโนโลยีการเกษตรเพื่ออินโดจีน. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 25 - 31 พฤษภาคม 2544. อุบลราชธานี.
- มณีรัตน์ รักษาชนม์ สมคิด พรหมมา บุญเสริม ชีวะอิสระกุล และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2549. การใช้หญ้าที่แห้งเยื่อใยสูงหรือฟางข้าวเสริมด้วยยูเรียและพลังงานเพื่อเป็นอาหารหยาบผสมเลี้ยงโครีดนม. หน้า 355 - 362. ใน : รายงานการประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครุครั้งที่ 44. กรุงเทพฯ.
- เมธา วรรณพัฒน์. 2545. แนวทางการผลิตและศักยภาพการใช้ประโยชน์ของไขมันสำหรับหมักเป็นส่วนผสมอาหารสัตว์. หน้า 69 - 81 ใน : เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการ การวิจัยและพัฒนาการผลิตมันสำปะหลังเพื่อเพิ่มศักยภาพการแปรรูปอาหารสัตว์และเอทานอล. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- เยาวมาลย์ คำเจริญ. 2546. การผลิตกระต่าย. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 200 น.
- เยาวมาลย์ คำเจริญ สาโรช คำเจริญ อภิชัย ศิวประภากร และ พรรณศรี สากิยะ. 2529. ส่วนประกอบของโภชนาต่างๆของอาหารสัตว์ในประเทศไทย. เอกสารประกอบการประชุมมาตรฐานด้านโภชนาการอาหารสัตว์สำหรับประเทศไทย. 20 น.
- วรรณภา อ่างทอง จำไพโร นามสีลี และ สุภาพร มนต์ชัยกุล. 2548. การประเมินค่าการย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์ได้

- ของอาหารสัตว์ โดยวิธี Hohenhiem Gas Test (1) พืชอาหารสัตว์. หน้า 145 – 159. ใน : รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2548. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- วรรณ อ่างทอง สุรนนท์ น้อยอุทัย และ นพวรรณ ชมชัย. 2550. ค่าโภชนาที่ย่อยได้ของหญ้าแพงไกล่าคุณภาพต่ำในโคเนื้อลูกผสมบราห์มัน. หน้า 186 - 198. ใน : รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2550. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- วรรณ อ่างทอง สุรนนท์ น้อยอุทัย วิวัฒน์ ไชยชะอุ่ม และ นพวรรณ ชมชัย. 2549. คุณค่าทางโภชนาของหญ้าแพงไกล่าแห้งที่การเจริญเติบโตต่างกัน. หน้า 145-154. ใน : รายงานการประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 2 2549. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.
- วินัย โยธินศิริกุล อนุชา ศิริ ปราโมช ศิระโกเศศ และ สมปอง สรวมศิริ. 2535. การศึกษาระดับระดับการใช้ใบถั่วมะแฮะในอาหารสุกรระยะเจริญเติบโต. หน้า 1-18. ใน : รายงานการประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 30. กรุงเทพฯ.
- วิรินทร์ดา ลำดวน บุญล้อม ชีวะอิสระกุล นุชา สิมะสาธิตกุล และ สมคิด พรหมมา. 2540. ความเข้มข้นของเบต้า-แคโรทีนในอาหารโคนมและผลการเสริมเบต้า-แคโรทีนที่มีต่อการผสมติดของโคนมลูกผสม. หน้า 251 – 266. ใน : รายงานการประชุมวิชาการสาขาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.
- วินาพร จันทะสินธุ์ สมคิด พรหมมา บุญเสริม ชีวะอิสระกุล และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2547. การเสริมโซเดียมไบคาร์บอเนตร่วมกับแมกนีเซียมออกไซด์และหญ้าแห้งในอาหารผสมครบส่วนที่มีหญ้าซีหมักเป็นอาหารหลักเพื่อแก้ปัญหาแอซิโดซิสในโครีดนม. หน้า 262–279. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 42. กรุงเทพฯ.
- วีระพล พูนพิพัฒน์ รัชดาวรรณ พูนพิพัฒน์ และ เสน่ห์ กุลนะ. 2548. การใช้หญ้าแพงไกล่าแห้งร่วมกับอาหารข้นในระดับต่างๆในการเลี้ยงโคเนื้อ. หน้า 117 - 131. ใน : รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2548. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- วีระ อินทรนารี. 2537. การใช้กากงาอัดน้ำมันในอาหารโคนม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 78 น.
- ศิริรัตน์ บัวผัน นครไชย อันซีน สมเกียรติ ประสานพานิช สุกัญญา จัตตพรพงษ์ และ อุทัย คันโช. 2549. การใช้รำสกัดน้ำมันเป็นวัตถุดิบหลักเป็นอาหารโคระยะรีดนม. หน้า 115 - 122. ใน : รายงานการประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44 สาขาสัตว. กรุงเทพฯ.
- ศักดิ์ ทองจันทร์ อรไท สุรฤทธิพงศ์ และ ศิริพันธ์ โมราถบ. 2542. การใช้หอยเชอร์รี่เป็นส่วนประกอบอาหารเปิดเทศขุน. จุลสารวิชาการปศุสัตว์ 4 (11) : 120 - 122.
- ศักดิ์ ประจักษ์บุญเจษฎา จีรัตน์ เงินแดง และ ภิรมย์ บัวแก้ว. 2549. การใช้หญ้าชิกแนลเลื่อยและถั่วท่าพระสโตโลเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคเนื้อ. หน้า 192 - 220. ใน : รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2549. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ
- สมพร ดวนใหญ่ รักไทย ศรีบุรินทร์ อุทัย เวียงแก้ว และ เชิดไชย ศิลาโชติ. 2544. การใช้ใบตองกล้วยเลี้ยงโครีดนม. หน้า 186 - 189. ใน : รายงานการสัมมนาและเสวนาวิชาการงานแสดงเทคโนโลยีการเกษตรเพื่ออินโดจีน. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. อุบลราชธานี.
- สมศักดิ์ เพ็ชรปานกัน. 2542. การใช้หอยเชอร์รี่บดตากแห้งทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารไก่ไข่ ช่วงอายุ 36-45 สัปดาห์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ. 123 น.
- สมศักดิ์ เพ็ชรปานกัน มนูญ ชำนาญเกษรณี จรินทร์ ศรีสวัสดิ์ ศักดินา โพธารส ยอดชาย การภักดี สมล หงส์คำ และ ทองคำ เพ็ชรปานกัน. 2544. การใช้เปลือกหอยเชอร์รี่ป่นเป็นแหล่งอาหารแคลเซียมในนกกะทาไข่. หน้า 42 - 50.

- ใน : รายงานการประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 สาขาสัตว. กรุงเทพฯ.
 สุขน ตังทวิวัฒน์ และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2533. คุณค่าทางอาหารของเมล็ดทานตะวันในอาหารสัตว์ปีก. หน้า 61 - 72.
- ใน : รายงานการประชุมทางวิชาการทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 28 สาขาสัตว. กรุงเทพฯ.
 สุขน ตังทวิวัฒน์ และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2533. ผลการใช้เมล็ดทานตะวันระดับต่างๆในอาหารไก่เนื้อ. วารสาร
 เกษตรศาสตร์ (วิทย์) 24(4) : 439 - 456.
- สุขน ตังทวิวัฒน์ และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2534. การใช้ถั่วมะแฮะเป็นอาหารไก่เนื้อ 1.ใบมะแฮะในอาหารไก่เนื้อ.
 วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทย์) 7(2) : 118 - 133.
- สุขน ตังทวิวัฒน์ และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2535. การใช้กากงาทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารไก่เนื้อ วารสารเกษตร
 11(1) : 27 - 38.
- สุขน ตังทวิวัฒน์ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และ จิตรา กลิ่นหอม. 2536. การใช้เมล็ดถั่วเหลืองไม่ผ่านการสกัดน้ำมันเป็น
 อาหารสัตว์ปีก 2. ไก่เนื้อ. วารสารเกษตร 9(3) : 213 - 229.
- สุขน ตังทวิวัฒน์ และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2537. การใช้กากเรปซีดเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ปีก 1.ไก่ไข่.
 วารสารเกษตร 10(2) : 136 - 147.
- สุขน ตังทวิวัฒน์ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และ ไพฑูรย์ พาสพิชญ. 2540. แนวทางการใช้กากเรปซีด(คาโนล่า)เป็นแหล่ง
 โปรตีนในอาหารสัตว์ปีก แนวโน้มการผลิตปศุสัตว์ในประเทศไทย. หน้า 124 - 138. ใน : รายงานการประชุม
 ทางวิชาการสาขาสัตวศาสตร์ งานเกษตรภาคเหนือ ครั้งที่1. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.
- สุนันท์ น้อยอุทัย และ แพรวพรรณ เครือมั่งกร. 2549. คุณค่าทางโภชนาของหญ่กกินนี้สีม่วง. หน้า 327 - 337. ใน : รายงาน
 ผลงานวิจัยประจำปี 2549. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- อิทธิพล เฝ้าไพศาล. 2544. การประเมินคุณค่าทางอาหาร และปริมาณการกินต้นถั่วเหลืองแห้งและเปลือกฝักของสัตว์เคี้ยว
 เอื้อง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. 114 น.
- องอาจ ส่องสี สุขน ตังทวิวัฒน์ และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2550. ผลของการใช้ใบกระถินหมักและใบปอสาหมักใน
 อาหารสุกรรุ่น-ขุน. หน้า 274 - 280. ใน : รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 ครั้งที่ 45 สาขาสัตว. กรุงเทพฯ.
- Cheva-Isarakul, B. and S. Tangtaweewipat. 1990. Effect of different levels of sunflower seed in broiler
 rations. Poult. Sci 70: 2284 - 2294.
- Cheva-Isarakul, B. and S. Tangtaweewipat. 1994. Rapeseed Meal as a Protein Source in Poultry Diets
 1. Laying Hens. Proc. 8th AAAP Anim. Sci.Cong. 2: 916 - 917.
- Cheva-Isarakul, B.1991. Non-Conventional Feed for Ruminants in Thailand. ASPAC/FFTC EXT. Bull. No. 307.
- Harris, L. E., T. F. Leche, L. C. Kearn, P. V. Fonnesbeck, and H. Lloyd. 1982. Central and Southeast Asia
 Tables of Feed Composition. International Feedstuffs Institute , Utah Agricultural Experiment Station,
 Utah State University. Logan, Utah. 513 p.
- Kearn, L. C. 1982. Nutrient Requirements of Ruminants in Developing Countries. International Feedstuffs
 Institute, Utah Agricultural Experiment Station, Utah State University. Logan, Utah. 381 p.
- National Agricultural Research Organization (NARO). 2001. Standard Tables of Feed Composition in
 Japan (2001). National Agricultural Research Organization. 245 p.
- National Research Council (NRC). 1984. Nutrient Requirements of Beef Cattle. National Academy
 Press. Washington D.C. 90 p.
- Phengvilaysouk, A.,and M. Wanapat. 2008. Effect of coconut oil and cassava hay supplementation on

- rumen ecology, digestibility and feed intake in swamp buffaloes. Livestock Research for Rural Development. 11 p. *online* : <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd20/supplement/amma2.htm>. *available* 30/5/2008.
- Promma, S., B. Cheva-Isarakul, and D. Leenanuruksa. 1992. Development of Dairy Cattle Feeding and Nutrition in Thailand. p.239 -258. *in* : Proc. of the sixth AAAP Anim. Sci. Cong. Vol. II AHAT, Bangkok.
- Kanto, U. and S. Juttupornpong. 2005. Cassava in Animal Nutrition : with Reference to Thailand Cassava. Thai Topical Development Institute, Kasetsart University. Bangkok. 99 p.
- The National Academy of Sciences. 1982. United States – Canadian Tables of Feed Composition, 3rd Revision.148 p. *online* : <http://www.nap.edu/openbook0309032458/html/7html.copyright1982,2000>. *available* 28/5/2008.
- Wanapat, M., O. Pimpa, A. Petlum, and U. Boontao. 1997. Cassava hay : A new strategic feed for ruminants during the dry season. Livest. Res. for Rural Devel. 9 (2): 1 – 5 .

ภาคผนวก (Appendix)

ภาคผนวกที่ 1 วิธีการประมวลผลข้อมูล และการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการประมวลผล

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ข้อมูลทั้งหมดของแต่ละตัวแปรถูกนำมาทดสอบลักษณะการกระจายตัวของข้อมูล โดยใช้ univariate procedure และทำการคัดเลือกข้อมูล โดยตรวจสอบหาค่าที่สูง-ต่ำผิดปกติ (outlier) โดยพิจารณาจาก stem and leaf plot ร่วมกับ box plot (SAS, 1999) จากนั้น นำข้อมูลที่ผ่านการคัดเลือกมาวิเคราะห์และประมวลผลทางสถิติ ด้วย mixed linear model procedure โดยวิธี mixed model analysis ตามวิธีการ (meta-analysis) ของ St-Pierre (2001) ด้วยโปรแกรม SAS (1999) ซึ่งมีแบบจำลองทางสถิติ ดังนี้

$$Y_{ij} = B_o + B_i X_{ij} + s_i^* + b_i X_{ij} + e_{ij}$$

โดยที่ Y_{ij} = พลังงานที่กักเก็บได้ที่ระดับ j ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้ในการศึกษา i

$i = 1, 2, \dots, n$ studies; $j = 1, 2, \dots, n_i$ values

B_o = Y-intercept ของทุกการศึกษา (fixed effect)

$B_i X_{ij}$ = สัมประสิทธิ์ถดถอยของพลังงานที่กักเก็บได้และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้ของทุกการศึกษา

X_{ij} = พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้ในลำดับ j ในการศึกษา i

s_i^* = อิทธิพลสุ่มของการศึกษา

b_i = สัมประสิทธิ์ถดถอยของ y บน x ในการศึกษา i

e_{ij} = ค่าความคลาดเคลื่อนสุ่ม

สมการทำนายที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ ถูกนำมาทดสอบความถูกต้องของสมการ โดยใช้ค่าทำนายที่ได้จากการใช้สมการทดสอบทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับ ค่าที่วัดได้จริงด้วยวิธี paired t-test ตามหลักการของ Paul et al. (2003) และทดสอบความแม่นยำของสมการ โดยอาศัยค่าทางสถิติมาเป็นตัวชี้วัด ได้แก่ mean proportion bias (%) และ mean prediction error (MPE) ตามวิธีการของ Mandal et al. (2005)

ภาคผนวกที่ 2 ชุดข้อมูลพื้นฐานที่ใช้เพื่อการสร้างสมการทำนายค่าปริมาณการกินได้และตารางแสดงสมการทำนายค่าปริมาณการกินได้ของโคพื้นเมืองไทยและโคลูกผสม

ตารางภาคผนวกที่ 2.1 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของฐานข้อมูลที่นำมาใช้สร้างสมการถดถอยตัวแปรเดียว ทำนายค่าปริมาณการกินได้ของโคพื้นเมืองไทยและโคพันธุ์บราห์มัน

Item	n	Mean	SD.	Min.	Max.
Body weight (kg)	59	182.91	79.15	78.62	323.08
Metabolic body weight (kgBW ^{0.75})	59	48.88	16.04	26.40	76.20
Dry matter intake (%BW)	59	2.56	0.40	1.83	3.42
Dry matter intake (g/d)	59	4,728.51	2,313.19	1,790.00	9,400.00
Dry matter intake (g/kgBW ^{0.75} /d)	59	92.81	18.52	79.33	136.00

ตารางภาคผนวกที่ 2.2 สมการถดถอยตัวแปรเดียว เพื่อการทำนายค่าปริมาณการกินได้ของโคพื้นเมืองไทยและโคพันธุ์บราห์มันที่ได้จากการประมวลผลข้อมูล^{1/}

Equations	N	R ²	RSD	P<	Paired t-test	Bias (%)	MPE
DMI = 0.02887 _(SE=0.0026) BW - 0.5778 _(SE=0.5405)	59	0.91	0.10	0.0001	0.7915	-1.73	0.0967
DMI = 0.1431 _(SE=0.0131) BW ^{0.75} - 2.3045 _(SE=0.7001)	59	0.80	0.10	0.0001	0.1099	-12.23	0.2166

^{1/} DMI, dry matter intake (kg/day); BW, body weight (kg); BW^{0.75}, metabolic body weight (kg^{0.75}); RSD, residual standard deviation; Bias (%), mean proportional of bias of prediction value on actual; MPE, mean prediction error; Pooled = Thai native and Brahman purebred

ภาคผนวกที่ 3 ฐานข้อมูลที่ใช้เพื่อการประเมินค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานเพื่อการดำรงชีพ และเพื่อการเจริญเติบโตในโคอินเดียและโคยุโรป และค่าความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทย และโคพันธุ์บราห์มัน

ตารางภาคผนวกที่ 3.1 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของฐานข้อมูลที่นำมาใช้ เพื่อการประเมินค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพในโคอินเดีย และโคยุโรป

Item	N	Mean	SD.	Min.	Max.
<i>Bos indicus</i>					
Body weight (kg)	80	265.20	87.82	139.00	452.50
Metabolic body weight ($\text{kgBW}^{0.75}$)	80	65.05	16.28	40.48	98.11
Metabolizable energy intake ($\text{kJ/ kgBW}^{0.75}/\text{d}$)	52	439.65	86.06	262.04	615.04
Energy retention ($\text{kJ/ kgBW}^{0.75}/\text{d}$)	52	4.56	78.32	-152.50	178.90
Fasting heat production ($\text{kJ/ kgBW}^{0.75}/\text{d}$)	28	274.26	59.83	150.68	357.61
<i>Bos taurus</i>					
Body weight (kg)	28	294.40	69.35	223.99	533.00
Metabolic body weight ($\text{kgBW}^{0.75}$)	28	70.75	12.10	57.90	110.93
Metabolizable energy intake ($\text{kJ/ kgBW}^{0.75}/\text{d}$)	22	576.05	61.29	418.40	652.70
Energy retention ($\text{kJ/ kgBW}^{0.75}/\text{d}$)	22	17.19	45.62	-104.60	82.01
Fasting heat production ($\text{kJ/ kgBW}^{0.75}/\text{d}$)	6	329.02	44.74	265.68	381.66

ตารางภาคผนวกที่ 3.2 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และ ค่าสูงสุดของฐานข้อมูลที่น่ามาใช้ เพื่อการประเมินค่าประสิทธิภาพของการใช้พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโตในโคอินเดีย และโคยุโรป

Item	n	Mean	SD.	Min.	Max.
<i>Bos indicus</i>					
Body weight (kg)	44	317.00	43.11	277.00	402.00
Metabolic body weight ($\text{kgBW}^{0.75}$)	44	75.02	7.55	67.89	89.77
Metabolizable energy intake ($\text{kJ/ kgBW}^{0.75}/\text{d}$)	44	636.27	191.86	373.23	1,129.68
Energy retention ($\text{kJ/ kgBW}^{0.75}/\text{d}$)	44	109.74	92.00	1.65	357.60
Heat increment ($\text{kJ/ kgBW}^{0.75}/\text{d}$)	44	526.52	106.46	336.29	799.14
<i>Bos taurus</i>					
Body weight (kg)	85	355.42	71.75	252.00	468.00
Metabolic body weight ($\text{kgBW}^{0.75}$)	85	81.56	12.16	63.25	119.25
Metabolizable energy intake ($\text{kJ/ kgBW}^{0.75}/\text{d}$)	85	893.60	226.29	485.34	1,491.89
Energy retention ($\text{kJ/ kgBW}^{0.75}/\text{d}$)	85	167.68	99.46	4.18	568.31
Heat increment ($\text{kJ/ kgBW}^{0.75}/\text{d}$)	85	725.92	135.32	447.68	1,053.70

ตารางภาคผนวกที่ 3.3 ค่าสถิติจากการประมวลผลข้อมูล โดยการสร้างสมการเส้นตรง เพื่อหาค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานในโคอินเดีย และโคยุโรป^{1/}

Response parameter (Y)	Dietary parameter (X)	No. of data	No. of Experimental groups	Parameter estimates					Model statistics				
				X - intercept	Y - intercept	SE	Slope	SE	RMSE	R ²	RSD	P<	
Efficiency of ME for maintenance, k _m													
Bos taurus													
ER	MEI	28	4	562.12	(-326.03)	28.47	0.58	0.02	45.65	0.91	8.63	0.001	
Bos indicus													
ER	MEI	80	7	431.98	(-276.47)	21.17	0.64	0.02	60.20	0.85	6.73	0.001	
Efficiency of ME for growth, k _g													
Bos taurus													
ER	MEI	85	9	515.67	(-232.05)	19.42	0.45	0.02	37.97	0.88	4.11	0.001	
Bos indicus													
ER	MEI	44	4	412.88	(-210.57)	20.80	0.51	0.02	25.61	0.94	3.86	0.001	

^{1/} ER, energy retention (kJ/ kgBW^{0.75}/d); MEI, metabolizable energy intake (kJ/ kgBW^{0.75}/d); X – intercept, metabolizable energy for maintenance (kJ/ kgBW^{0.75}/d);

Y-intercept, net energy for maintenance (kJ/ kgBW^{0.75}/d); SE, standard error; RMSE, root mean square error; RSD, residual standard deviation

ตารางภาคผนวกที่ 3.4 ค่าทางสถิติที่ได้จากการทดสอบสมการ ที่ใช้ในการประเมินค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานในโคอินเดีย และโคยุโรป

Equations ^{1/}	k ^{2/}	Energy retention (kJ/kgBW ^{0.75} /d)				Paired t-test	Mean	Mean
		Cattle	Actual (A)	Predicted (P)	Residual (P-A)	A vs. P (P-value)	proportional bias (%)	Prediction Error
1	k _m	<i>Bos indicus</i>	-89.54 ± 16.88	-90.06 ± 15.78	-0.52 ± 6.71	0.93	1.39	0.66
2	k _m	<i>Bos taurus</i>	-56.99 ± 28.60	-63.51 ± 27.04	-6.51 ± 8.47	0.45	7.00	0.78
3	k _g	<i>Bos indicus</i>	109.74 ± 13.86	113.93 ± 14.75	4.18 ± 4.07	0.31	3.17	0.25
4	k _g	<i>Bos taurus</i>	167.84 ± 13.19	168.92 ± 12.59	1.08 ± 4.59	0.81	0.24	0.22

^{1/} equation 1 = ER = (-276.47) + (0.64) MEI; equation 2 = ER = (-326.03) + (0.58) MEI

equation 3 = ER = (-210.57) + (0.51) MEI; equation 4 = ER = (-232.05) + (0.45) MEI

^{2/} k_m, efficiency of metabolizable energy for maintenance; k_g, efficiency of metabolizable energy for growth

ตารางภาคผนวกที่ 3.5 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และ ค่าสูงสุดของฐานข้อมูลที่น่ามาใช้ เพื่อการประเมินค่าความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตในโคพื้นเมืองไทย และโคพันธุ์บราห์มัน

Item	n	mean	SD.	Min.	Max.
Thai native cattle					
Average body weight (kg)	18	224.11	51.78	141.35	291.00
Metabolic body weight (kg BW ^{0.75})	18	57.62	10.11	40.99	70.46
Metabolizable energy intake (kJ/kgBW ^{0.75} /d)	18	715.49	206.45	418.40	1,012.74
Average daily gain (g/kgBW ^{0.75} /d)	18	7.36	4.93	0.16	15.47
Average daily gain (g/d)	18	461.38	341.94	8.33	1,090.00
Brahman cattle					
Average body weight (kg)	39	282.37	82.52	148.75	465.57
Metabolic body weight (kg BW ^{0.75})	39	67.77	15.15	42.77	100.18
Metabolizable energy intake (kJ/kgBW ^{0.75} /d)	39	763.66	164.73	457.68	1,025.39
Average daily gain (g/kgBW ^{0.75} /d)	39	12.24	6.19	0.48	22.54
Average daily gain (g/d)	39	854.35	491.84	26.10	1,703.00

ตารางภาคผนวกที่ 3.6 ค่าทางสถิติที่ได้จากการทดสอบสมการที่ใช้ในการประเมินค่าความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการเจริญเติบโตในโคพื้นเมืองไทย และโคพันธุ์บราห์มัน^{1/}

Response parameter	Independent parameter	Number of observations	Number of experiment	Parameter estimates				Model statistics			Paired t-test (<i>P</i> -value)	MPB (%)	MPE
				Y - intercept	SE	Slope	SE	R ²	RSD	<i>P</i> <			
(Y)	(X)												
Thai native cattle													
MEI	ADG	18	5	483.60	53.31	31.37	5.45	0.82	18.33	0.001	0.97	-2.30	0.12
Brahman cattle ^{2/}													
MEI	ADG	39	2	486.19	31.32	22.67	2.29	0.73	13.99	0.001	0.99	-1.19	0.11

^{1/} MEI, metabolizable energy intake (kJ/ kgBW^{0.75}/d), ADG, average daily gain (g/ kgBW^{0.75}/d); Y – intercept, metabolizable energy for maintenance (kJ/ kgBW^{0.75}/d);

SE, standard error; RSD, residual standard deviation; MPB, mean proportional bias; MPE, mean prediction error

^{2/} ได้จากการประมวลผลข้อมูลโดย simple linear regression (general linear model; GLM)

ภาคผนวกที่ 4 ชุดข้อมูลพื้นฐานที่ใช้เพื่อการประเมินค่าความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตในโคพื้นเมืองไทย โคพันธุ์บราห์มัน และโคลูกผสม

ตารางภาคผนวกที่ 4.1 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของฐานข้อมูลที่น่ามาใช้ เพื่อประเมินค่าความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตในโคพื้นเมืองไทย โคพันธุ์บราห์มัน และโคลูกผสม

Item	n	Mean	SD.	Min.	Max.
Thai native cattle					
Body weight (kg)	24	149.99	60.83	78.62	258.67
Metabolic body weight (kgBW ^{0.75})	24	42.24	12.75	26.40	64.50
Average daily gain (g/d)	24	327.54	325.30	-165.00	865.46
Average daily gain (g/kgBW ^{0.75} /d)	24	6.94	6.45	-5.39	15.37
Crude protein intake (g/d)	24	327.38	162.34	40.00	601.87
Crude protein intake (g/kgBW ^{0.75} /d)	24	7.67	2.49	1.44	10.12
Brahman cattle					
Body weight (kg)	73	283.32	68.14	144.25	465.57
Metabolic body weight (kgBW ^{0.75})	73	65.73	12.23	41.51	100.18
Average daily Gain (g/d)	73	834.30	372.60	-18.30	1,609.00
Average daily Gain (g/kgBW ^{0.75} /d)	73	12.49	4.93	-0.44	21.79
Crude protein intake (g/d)	73	719.59	289.36	181.02	1,280.56
Crude protein intake (g/kgBW ^{0.75} /d)	73	10.96	4.14	4.11	18.13
Crossbred cattle					
Body weight (kg)	33	306.84	95.19	97.00	420.00
Metabolic body weight (kgBW ^{0.75})	33	66.17	15.10	44.29	90.15
Average daily Gain (g/d)	33	889.31	311.68	280	1340
Average daily Gain (g/kgBW ^{0.75} /d)	33	13.29	3.25	5.35	19.99
Crude protein intake (g/d)	33	919.75	319.91	404.8	1,390.00
Crude protein intake (g/kgBW ^{0.75} /d)	33	13.55	2.89	7.73	19.62

ตารางภาคผนวกที่ 4.2 สมการทำนายค่าความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัวของโคพื้นเมืองไทย โคพันธุ์บราห์มัน และโคลูกผสม^{1/}

Response Parameter (Y)	Independent Parameter (X)	No. of observations	No. of experimental groups	Parameter estimates				Model statistics			Paired t-test (P-value)	MPB (%)	MPE
				Y-intercept	SE	Slope	SE	R ²	RSD	P<			
Thai native cattle													
CPI	ADG	24	6	5.03	0.34	0.38	0.04	0.83	0.23	0.001	0.98	-1.11	0.12
Brahman cattle													
CPI	ADG	73	7	4.52	1.11	0.56	0.44	0.50	0.33	0.001	0.07	-1.45	0.33
Crossbred cattle													
CPI	ADG	33	8	5.47	0.83	0.59	0.08	0.70	0.22	0.001	0.33	-3.95	0.08

^{1/} CPI, crude protein intake (gCP/ kgBW^{0.75}/d), ADG, average daily gain (g/ kgBW^{0.75}/d); Y – intercept, crude protein for maintenance (gCP/ kgBW^{0.75}/d); SE, standard error; RSD, residual standard deviation; MPB, mean proportional bias; MPE, mean prediction error

ภาคผนวกที่ 5 หลักเกณฑ์ที่ใช้ประกอบการพิจารณาการขึ้นทะเบียนสูตรอาหารสัตว์

ตามประกาศของกระทรวงฯ (ฉบับที่ 8) พ.ศ. 2538 ข้อ 4 กำหนดคุณภาพ หรือมาตรฐานของอาหารสัตว์ ประเภทวัตถุดิบที่ผสมแล้ว ชนิดหัวอาหารสัตว์ และอาหารสัตว์ผสมสำเร็จรูป ให้มีอัตราส่วนของโปรตีน ไขมัน เยื่อใย หยาด ความชื้น คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักอาหารสัตว์ ตามที่ปรากฏในใบสำคัญการขึ้นทะเบียนอาหารสัตว์ ที่ผู้ได้รับอนุญาตได้ขอขึ้นทะเบียนต่อพนักงานเจ้าหน้าที่ ตามความในมาตรา 37 แห่งกฎหมายว่าด้วยการควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ ตามชื่อประเภท ชนิด หรืออายุของสัตว์

ชนิดอาหารสัตว์	โปรตีน ไม่น้อยกว่า เปอร์เซ็นต์	ไขมัน ไม่น้อยกว่า เปอร์เซ็นต์	เยื่อใยหยาด ไม่มากกว่า เปอร์เซ็นต์	ความชื้น ไม่มากกว่า เปอร์เซ็นต์
โค				
โคแรกเกิด - อายุ 2 เดือน	20	3	9	13
โคอายุเกิน 2-6 เดือน	16	2	10	13
โคอายุเกิน 6 เดือน - 1 ปี 6 เดือน	12	2	13	13
โคอายุเกิน 1 ปี 6 เดือนขึ้นไป	10	2	14	13
โคตัวผู้ น้ำหนักมากกว่า 450 กก. ขึ้นไป	10	2	17	13
โคเนื้อ โคขุน	12	2	14	13
โคระยะตั้งท้องและให้นม	14	2	14	13
อาหารผสมสำเร็จอัดแท่ง				
โคขุน (น.น. 150 - ขาย)	12	2	25	13
โคขุน (น.น. 250 - ขาย)	10	2	25	13
โคขุน (น.น. 350 - ขาย)	9	2	30	13
ลูกโคอายุเกิน 2 เดือนขึ้นไป	14	2	25	13
โคระยะตั้งท้องและระยะรีดนม	13	2	30	13
อาหารหยาดอัดแท่งใช้เลี้ยงทุกระยะกินคู่กับอาหารข้น	7	1	45	13

คณะกรรมการจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย
(ตาม คำสั่งกรมปศุสัตว์ที่ 668/2549 และ คำสั่งกรมปศุสัตว์ที่ 669/2549 รายละเอียดในภาคผนวก)



คำสั่งกรมปศุสัตว์

ที่ ๖๖๘ /๒๕๔๕

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการนโยบายการจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย

ด้วยกรมปศุสัตว์สนับสนุนให้มีการวิจัยและพัฒนาการจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องสำหรับประเทศไทย เพื่อใช้เป็นคู่มือคำแนะนำ สำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ ผู้ประกอบการผลิตอาหารสัตว์ หน่วยงานภาครัฐ สถาบันการศึกษา ตลอดจนนักวิจัยและผู้เกี่ยวข้อง สามารถใช้เป็นบรรทัดฐานอ้างอิงและใช้ประโยชน์ในการจัดการให้อาหารสัตว์เป็นไปอย่างถูกต้องเหมาะสม เพื่อช่วยให้สัตว์ได้แสดงศักยภาพในการให้ผลผลิตเต็มที่ มีการใช้อาหารสัตว์อย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด ดังนั้นเพื่อให้การดำเนินงานบรรลุวัตถุประสงค์ จึงแต่งตั้งคณะกรรมการนโยบายการจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย โดยมีองค์ประกอบดังนี้

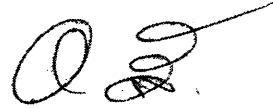
		ประธานกรรมการ
๑. อธิบดีกรมปศุสัตว์		รองประธานกรรมการ
๒. รองอธิบดีกรมปศุสัตว์		กรรมการ
๓. ผู้อำนวยการกองบำรุงพันธุ์สัตว์		กรรมการ
๔. นายกสมาคมผู้ผลิตอาหารสัตว์ไทยหรือผู้แทน		กรรมการ
๕. นายกสมาคมสัตวบาลแห่งประเทศไทยหรือผู้แทน		กรรมการ
๖. นายกสมาคมโคเนื้อแห่งประเทศไทยหรือผู้แทน		กรรมการ
๗. คณะบดีคณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	กรรมการ
๘. คณะบดีคณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	กรรมการ
๙. คณะบดีคณะเกษตร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	กรรมการ
๑๐. คณะบดีคณะทรัพยากรธรรมชาติ	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	กรรมการ
๑๑. คณะบดีคณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี	กรรมการ
๑๒. คณะบดีคณะผลิตกรรมการเกษตร	มหาวิทยาลัยแม่โจ้	กรรมการ
๑๓. คณะบดีคณะเทคโนโลยี	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	กรรมการ

๑๔. คณะบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี กรรมการ
 ๑๕. คณะบดีคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน กรรมการ
 ๑๖. ผู้อำนวยการกองอาหารสัตว์ กรรมการและเลขานุการ

หน้าที่ความรับผิดชอบ: กำหนดนโยบาย สนับสนุนการดำเนินงาน แต่งตั้งคณะกรรมการและคณะทำงานตาม
 ความจำเป็น เพื่อดำเนินการจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๒๓ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๕๕



(นายยุคล ลิ้มแหลมทอง)

อธิบดีกรมปศุสัตว์



คำสั่งกรมปศุสัตว์

ที่ ๖๖๙/๒๕๔๕

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการและคณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย

ด้วยกรมปศุสัตว์มีนโยบายสนับสนุนให้มีการวิจัยและพัฒนาการจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องสำหรับประเทศไทย เพื่อใช้เป็นคู่มือ คำแนะนำ สำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ ผู้ประกอบการผลิตอาหารสัตว์ หน่วยงานภาครัฐ และสถาบันการศึกษา ตลอดจนนักวิจัยและผู้เกี่ยวข้อง สามารถใช้เป็นบรรทัดฐานอ้างอิง ใช้ประโยชน์ในการจัดการให้อาหารสัตว์เป็นไปอย่างถูกต้องเหมาะสม เพื่อช่วยให้สัตว์ได้แสดงศักยภาพในการให้ผลผลิตเต็มที่ มีการใช้อาหารสัตว์อย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดนั้น เพื่อให้การดำเนินงานบรรลุวัตถุประสงค์ มีตารางมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องซึ่งเป็นที่ยอมรับของทุกฝ่าย จึงแต่งตั้งคณะกรรมการและคณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องสำหรับประเทศไทย โดยมีองค์ประกอบดังนี้

๑. คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิจัยและประเมินคุณค่าทางโภชนาของวัตถุดิบอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ประกอบด้วย:

๑.๑	รศ.ดร.เขวามาลย์ คำเจริญ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	ประธานกรรมการ
๑.๒	ผู้อำนวยการกองอาหารสัตว์	กรมปศุสัตว์	กรรมการ
๑.๓	นายกสมาคมผู้ผลิตอาหารสัตว์ไทยหรือผู้แทน		กรรมการ
๑.๔	รศ.ดร.บุญล้อม ชีวะอิสระกุล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	กรรมการ
๑.๕	รศ.เสาวนิต กุประเสริฐ	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	กรรมการ
๑.๖	รศ.ดร.พรศรี ชัยรัตนบุษย์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	กรรมการ
๑.๗	ดร.สมคิด พรหมมา	กรมปศุสัตว์	กรรมการ
๑.๘	ดร.ฉายแสง ไข่แก้ว	กรมปศุสัตว์	กรรมการ
๑.๙	นายวิโรจน์ วนาสีทชัยวัฒน์	กรมปศุสัตว์	กรรมการ
๑.๑๐	นายฉัตรมงคล นิธถาวร	บริษัท เครือเจริญโภคภัณฑ์ จำกัด	กรรมการ
๑.๑๑	นายทวีเดช ประเจตสกุล	บริษัทท็อป ฟีด มิลล์ จำกัด	กรรมการ

๑.๑๒ Dr. Shuichi Oshio

Japan International Research Center

กรรมการ

For Agricultural Sciences(JIRCAS)

Under Collaboration with Department

Of Livestock Development

๑.๑๓ นางสาววรุณี พานิชผล

กรมปศุสัตว์

เลขานุการ

๑.๑๔ นางสาวจันทกานต์ อรณันท์

กรมปศุสัตว์

ผู้ช่วยเลขานุการ

๑.๑๕ นางเฉลา พิทักษ์สินสุข

กรมปศุสัตว์

ผู้ช่วยเลขานุการ

หน้าที่ความรับผิดชอบ: พิจารณาโครงการ ให้คำปรึกษา แนะนำการดำเนินงานต่อคณะทำงานด้านวิจัยและประเมินคุณค่าทางโภชนาของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เกี่ยวข้อง และตรวจรับรองผลงานที่คณะทำงานเสนอ

๒. คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิจัยและจัดทำมาตรฐานค่าความต้องการโภชนาโคเนื้อ

ประกอบด้วย:

๒.๑ รศ.ดร.วรมงษ์ สุริยภัทร	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี	ประธานกรรมการ
๒.๒ ผู้อำนวยการกองอาหารสัตว์	กรมปศุสัตว์	กรรมการ
๒.๓ ผู้อำนวยการกองบำรุงพันธุ์สัตว์	กรมปศุสัตว์	กรรมการ
๒.๔ นายกสมาคมสัตวบาลแห่งประเทศไทยหรือผู้แทน		กรรมการ
๒.๕ นายกสมาคมโคเนื้อแห่งประเทศไทยหรือผู้แทน		กรรมการ
๒.๖ ศ.ปรารถนา พุกกะศรี	สมาคมโคเนื้อพันธุ์กำแพงแสน	กรรมการ
๒.๗ ศ.ดร.วินัย ประลมพ์กาญจน์	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์	กรรมการ
๒.๘ รศ.ดร.สุวัฒน์ รัตนธนาธิ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	กรรมการ
๒.๙ นายชอดชาย ทองไไทยนันท์	กรมปศุสัตว์	กรรมการ
๒.๑๐ นายวิโรจน์ วนาสีทชัยวัฒน์	กรมปศุสัตว์	กรรมการ
๒.๑๑ นายสว่าง อังกูโร	กรมปศุสัตว์	กรรมการ
๒.๑๒ Dr. Shuichi Oshio	Japan International Research Center For Agricultural Sciences(JIRCAS) Under Collaboration with Department Of Livestock Development	กรรมการ
๒.๑๓ รศ.ดร.กฤตพล สมมาคย์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	เลขานุการ
๒.๑๔ นายอิทธิพล เผ่าไพศาล	กรมปศุสัตว์	ผู้ช่วยเลขานุการ

หน้าที่ความรับผิดชอบ: พิจารณาโครงการ ให้คำปรึกษา แนะนำการดำเนินงานต่อคณะทำงานด้านวิจัยและจัดทำมาตรฐานค่าความต้องการโภชนาโคเนื้อ และตรวจรับรองผลงานที่คณะทำงานเสนอ

๓. คณะทำงานด้านวิจัยและประเมินคุณค่าทางโภชนาของวัตถุดิบอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง
ประกอบด้วย:

๓.๑ นางสาววราณี พานิชผล	กรมปศุสัตว์	ประธานคณะทำงาน
๓.๒ นางพิมพ์พร พลเสน	กรมปศุสัตว์	คณะทำงาน
๓.๓ ผศ.ดร.วันวิสาข์ งามผ่องใส	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	คณะทำงาน
๓.๔ ดร.ทรงศักดิ์ จำปาวัติ	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	คณะทำงาน
๓.๕ นางวลัยกานต์ เขียมเจตจรูญ	กรมปศุสัตว์	คณะทำงาน
๓.๖ นายไอสถ นาคสกุล	กรมปศุสัตว์	คณะทำงาน
๓.๗ นางรำไพพร นามสาลี	กรมปศุสัตว์	คณะทำงาน
๓.๘ นางแพรวพรรณ เครือมังกร	กรมปศุสัตว์	คณะทำงาน
๓.๙ นางจุรีรัตน์ เงินแดง	กรมปศุสัตว์	คณะทำงาน
๓.๑๐ นางสาวสุวรรณี เกษมกลาสน์	กรมปศุสัตว์	คณะทำงาน
๓.๑๑ นางสาวณูทนาด โคตรพรหม	กรมปศุสัตว์	คณะทำงาน
๓.๑๒ นายวิโรจน์ ฤทธิ์ฤทัย	กรมปศุสัตว์	คณะทำงาน
๓.๑๓ นายพะฤทัย จันทร์ธิปติ	กรมปศุสัตว์	คณะทำงาน
๓.๑๔ นายสุรนนท์ น้อยอุทัย	กรมปศุสัตว์	คณะทำงาน
๓.๑๕ นายจิระศักดิ์ แซ่ลิ่ม	กรมปศุสัตว์	คณะทำงาน
๓.๑๖ นางสาววรรณมา อ่างทอง	กรมปศุสัตว์	คณะทำงาน
๓.๑๗ นางสาวจันทกานต์ อรณนันท	กรมปศุสัตว์	คณะทำงานและเลขานุการ
๓.๑๘ นางเลลา พิทักษ์สินสุข	กรมปศุสัตว์	คณะทำงานและผู้ช่วยเลขานุการ

หน้าที่ความรับผิดชอบ: จัดทำแผนงาน ปฏิบัติการวิจัย ประสานงานร่วมกับนักวิจัยจากหน่วยงานต่าง ๆ รวบรวมและจัดทำรายงานผลการดำเนินงาน เสนอต่อคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิจัยและประเมินคุณค่าทางโภชนาของวัตถุดิบอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

๔. คณะทำงานด้านวิจัยและจัดทำมาตรฐานค่าความต้องการโภชนาโคเนื้อ

ประกอบด้วย:

๔.๑ รศ. ดร.กฤตพล สมมาตย์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	ประธานคณะทำงาน
๔.๒ ผศ. ดร.กั๊ววัน ธรรมแสง	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี	คณะทำงาน
๔.๓ ผศ.ดร. โอภาส พิมพา	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	คณะทำงาน
๔.๔ รศ.ดร.สมปอง สรวมศิริ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้	คณะทำงาน
๔.๕ ผศ.ดร.วันวิสาข์ งามผ่องใส	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	คณะทำงาน
๔.๖ ผศ.ดร.ปราโมทย์ แพงคำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	คณะทำงาน
๔.๗ ดร.เฉลิมพล เขื่องกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน	คณะทำงาน
๔.๘ ดร.อาณัติ จันทร์ถิระติกุล	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	คณะทำงาน
๔.๙ ดร.ทรงศักดิ์ จำปาดี	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	คณะทำงาน
๔.๑๐ นายอนันต์ เชาว์เครือ	มหาวิทยาลัยศิลปากร	คณะทำงาน
๔.๑๑ นายพิรพจน์ นิธิพจน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกาฬสินธุ์	คณะทำงาน
๔.๑๒ นางนัทธมน ตั้งจิตวัฒนาชัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	คณะทำงาน
๔.๑๓ นายวิทยา สุมาลย์	กรมปศุสัตว์	คณะทำงาน
๔.๑๔ นายโอสถ นาคสกุล	กรมปศุสัตว์	คณะทำงาน
๔.๑๕ นายปิยะศักดิ์ สุวรรณี	กรมปศุสัตว์	คณะทำงาน
๔.๑๖ นายเกรียงเดช ลำแดง	กรมปศุสัตว์	คณะทำงาน
๔.๑๗ นายวิโรจน์ ฤทธิ์ฤทัย	กรมปศุสัตว์	คณะทำงาน
๔.๑๘ Dr.Takehiro Nishida	Senior Researcher, JIRCAS	คณะทำงาน
๔.๑๙ นายอิทธิพล เผ่าไพศาล	กรมปศุสัตว์	คณะทำงานและเลขานุการ

หน้าที่ความรับผิดชอบ: จัดทำแผนงาน ปฏิบัติการวิจัย ประสานงานร่วมกับนักวิจัยจากหน่วยงานต่างๆ รวบรวมและจัดทำรายงานผลการดำเนินงาน เสนอต่อคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิจัยและจัดทำมาตรฐาน ค่าความต้องการโภชนาโคเนื้อ

๕. คณะทำงานฝ่ายประธาน

ประกอบด้วย ;

๕.๑	ผู้อำนวยการกองอาหารสัตว์	กรมปศุสัตว์	ประธานคณะทำงาน
๕.๒	รศ.ดร.กฤตพล สมมาตย์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	คณะทำงาน
๕.๓	นายอิทธิพล เฝ้าไพศาล	กรมปศุสัตว์	คณะทำงาน
๕.๔	นางสาวจันทกานต์ อรณนันท	กรมปศุสัตว์	คณะทำงาน
๕.๕	นางสาววรรณมา อ่างทอง	กรมปศุสัตว์	คณะทำงาน
๕.๖	Dr.Takehiro Nishida	Senior Researcher, JIRCAS	คณะทำงาน
๕.๗	นางสุนน โพธิ์จันทร์	กรมปศุสัตว์	คณะทำงานและเลขานุการ
๕.๘	นางสาวณัฐนาถ โคตรพรหม	กรมปศุสัตว์	คณะทำงานและผู้ช่วยเลขานุการ

หน้าที่ความรับผิดชอบ: ประสานงานร่วมกับคณะกรรมการและคณะทำงานชุดต่างๆ สรุปและจัดทำรายงานผลการดำเนินงานด้านการจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เกี่ยวเนื่องในภาพรวม เสนอต่อคณะกรรมการนโยบาย

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๒๓ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๕๕



(นายชุลล ลิมแหลมทอง)

อธิบดีกรมปศุสัตว์

ดัชนี(Index)

	dry matter intake ----- 17
%	
%BW ----- 17	
A	E
ADG ----- 15	efficiency of ME for growth ----- 24
animal protein ----- 37	efficiency of ME for maintenance ----- 24
	energy retention ----- 23, 27, 28, 30
B	essential amino acid ----- 38
B1 ----- 63	
B12 ----- 63	G
B3 ----- 63	g/kgBW ^{0.75} ----- 17
body weight ----- 15	GE ----- 21
<i>Bos indicus</i> ----- 15	gross energy ----- 21
<i>Bos taurus</i> ----- 15	
BTU ----- 21	H
BW ----- 15	heat energy ----- 21
	heat increment ----- 22
C	heat production ----- 25, 28
Calcium ----- 47	
Chlorine ----- 47	I
Choline ----- 64	indirect respiratory calorimetry ----- 27, 28, 30
Chromium ----- 47	Iodine ----- 47
Cobalt ----- 47	Iron ----- 47
comparative slaughter technique 27, 28, 30, 40, 45	
Copper ----- 47	M
crude protein ----- 37, 45	macro minerals ----- 47
	Magnesium ----- 47
D	Manganese ----- 47
digestible energy ----- 21, 22	meta-analysis ----- 15, 27, 28, 30
DMI ----- 17	metabolisability ----- 22
	metabolizable energy - 21, 22, 24, 27, 28, 30, 33, 45
	micro minerals ----- 47

Molybdenum ----- 47

N

net energy ----- 22, 23, 33, 34, 45

net energy for maintenance ----- 22, 23

net energy for production ----- 22, 23

nitrogen balance ----- 40

non - essential amino acid ----- 38

non protein nitrogen ----- 37

NPN ----- 37

P

Phosphorus ----- 47, 58

plant protein ----- 37

Potassium ----- 47

protein requirements for maintenance ----- 40

protein requirements for production ----- 40

proximate analysis ----- 37

R

RDP ----- 38

recovered energy ----- 23

rumen-degradable protein ----- 38

rumen-undegradable protein ----- 38

RUP ----- 38

S

Selenium ----- 47

single cell protein ----- 37

Sodium ----- 47

Sulphur ----- 47

T

true protein ----- 37

V

vitamin A ----- 60, 64, 65

vitamin D ----- 61

vitamin E ----- 61

vitamin K ----- 62

W

water soluble vitamins ----- 59

Z

Zinc ----- 47

ก

กรดแอมิโนชนิดที่ไม่จำเป็น ----- 38

กรดแอมิโนที่จำเป็น ----- 38

กรัมที่กินได้ต่อน้ำหนักกิโลกรัมเมแทบอลิก ----- 17

การอภิวิเคราะห์ ----- 15

กำมะถัน ----- 47, 51, 54, 57

ค

คลอรีน ----- 47, 50, 51

ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ ----- 40

ความต้องการโปรตีนเพื่อผลผลิต ----- 40

เคราะห์เมทต้า ----- 15

แคลเซียม ----- 47, 48, 49, 54, 55, 56, 57, 61, 68

แคลอรี ----- 21, 37

โคบอลต์ ----- 47, 53, 54, 56, 63, 68

โคพันธุกรรม ----- 15

โคพื้นเมืองไทย ----- 15

โคยุโรป ----- 15

โครเมียม ----- 47

โคลิน ----- 64

โคอินเดีย ----- 15

จ

จุล ----- 21, 37, 73, 79, 80

ช

ชีสเนียม ----- 47, 53, 54, 57

โซเดียม ----- 47, 50, 51, 54, 57, 68

ท

ทองแดง ----- 47, 51, 52, 54, 56

น

ไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน ----- 37

ป/

ประสิทธิภาพพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการ
เจริญเติบโต ----- 24

ประสิทธิภาพพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ
----- 24

ปริมาณการกินได้ ----- 17

เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ----- 17

โปรตีนจากพืช ----- 37

โปรตีนจากสัตว์ ----- 37

โปรตีนเซลล์เดียว ----- 37

โปรตีนที่ถูกย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก ----- 38

โปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมัก ----- 38

โปรตีนแท้ ----- 37

โปรตีนหยาบ ----- 37

พ

พลังงานความร้อน ----- 21

พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ ----- 21

พลังงานที่ย่อยได้ ----- 21

พลังงานที่ร่างกายสามารถเก็บกักได้ ----- 23

พลังงานเพื่อการดำรงชีพ ----- 21

พลังงานเพื่อการให้ผลผลิต ----- 21

พลังงานรวม ----- 21

พลังงานสุทธิ ----- 22

พลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ ----- 22

พลังงานสุทธิเพื่อการให้ผลผลิต ----- 22

โพแทสเซียม ----- 47, 49, 50, 54, 55, 56, 57

ฟ

ฟอสฟอรัส ----- 47, 48, 49, 50, 54, 55, 61

ม

แมกนีเซียม ----- 47, 49, 54, 55, 68

แมงกานีส ----- 47, 49, 52, 54, 56

โมลิบดีนัม ----- 47

ร

แร่ธาตุรอง ----- 47

แร่ธาตุหลัก ----- 47

ว

วิเคราะห์โดยวิธีประมาณ ----- 37

วิเคราะห์ห่อภิมาณ ----- 15

วิตามินเค ----- 59, 62

วิตามินซี ----- 59

วิตามินดี ----- 59

วิตามินที่ละลายได้ในไขมัน ----- 59

วิตามินที่ละลายได้ในน้ำ ----- 59

วิตามินบีรวม ----- 59

วิตามินอี ----- 59

วิตามินเอ ----- 59

ส

สมดุลไนโตรเจน ----- 40

สังกะสี----- 47, 51, 52, 54, 57, 68

สัตว์เคี้ยวเอื้อง----- 15

ห

เหล็ก----- 47, 49, 51, 52, 54, 56

อ

ไอโอดีน----- 47, 53, 54, 56