การศึกษาผลของรูปแบบของการให้อาหารและระดับพลังงานต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและลักษณะคุณภาพซากของโคขุนที่ได้รับเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ

ธัญญรัตน์ รู้หลัก

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2563

การศึกษาผลของรูปแบบของการให้อาหารและระดับพลังงานต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและลักษณะคุณภาพซากของโคขุนที่ได้รับเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ

ธัญญรัตน์ รู้หลัก

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2563

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

การศึกษาผลของรูปแบบของการให้อาหารและระดับพลังงานต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและลักษณะคุณภาพซากของโคขุนที่ได้รับเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ

ธัญญรัตน์ รู้หลัก

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(อาจารย์ ดร.อานนท์ ปะเสระกัง)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฬากร ปานะถึก)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัวเรียม มณีวรรณ์)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)
รักษาการแทนรองอธิการบดี ปฏิบัติการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อเรื่อง การศึกษาผลของรูปแบบของการให้อาหารและระดับพลังงานต่อประสิทธิภาพ การเจริญเติบโตและลักษณะคุณภาพซากของโคขุนที่ได้รับเปลือก และซังข้าวโพดหวานหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ

ชื่อผู้เขียน นางสาวธัญญรัตน์ รู้หลัก

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการให้อาหารและระดับพลังงานต่อสมรรถภาพการผลิต และลักษณะคุณภาพซากของโคเนื้อลูกผสมที่ได้รับเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ ซึ่งการทดลองครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 3 การทดลอง ดังนี้ การทดลองที่ 1 ศึกษาคุณค่าทางโภชนะ จลนศาสตร์การผลิตแก๊ส การย่อยได้ของโภชนะในห้องปฏิบัติการ (*in vitro* digestibility) การทดลองที่ 2 ศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโต การย่อยได้ของโภชนะในตัวสัตว์ (*in vivo*) ด้วยวิธีการใช้สารบ่งชี้ และค่าองค์ประกอบทางชีวเคมีในเลือด โดยแบ่งระยะทดลองออกเป็น 2 ช่วง ช่วงที่ 1 ใช้ระยะเวลาทดลอง 112 วัน และช่วงที่ 2 ใช้ระยะเวลาทดลองตั้งแต่วันที่ 113 ถึงส่งโรงฆ่า และการทดลองที่ 3 ศึกษาลักษณะคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ ต้นทุนการเลี้ยงและผลตอบแทนที่ได้รับ โดยใช้โคเนื้อลูกผสมเพศผู้ตอน (พื้นเมือง x บราห์มัน x ยุโรป) จำนวน 12 ตัว อายุโดยประมาณ 2 ปี น้ำหนักตัวเฉลี่ย 319.41 ± 0.87 กิโลกรัม และโคเนื้อทุกตัวถูกจัดกลุ่มทดลองตามน้ำหนักตัว จัดเป็นบล็อกทั้งหมด 3 กลุ่มน้ำหนัก กลุ่มละ 4 ตัว ตามแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design, RCBD) ซึ่งแต่ละกลุ่มจะได้รับอาหาร 4 สูตร ประกอบด้วย สูตร 1 (กลุ่มควบคุม) รูปแบบอาหารแยกส่วน คือ เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก และอาหารข้น สูตร 2 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 70%TDN (T70) สูตร 3 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากแป้งในธัญพืช (T75C) และสูตร 4 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากน้ำมันปาล์ม (T75F) ซึ่งมีสัดส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบ 70:30 และสัตว์ทดลองได้รับอาหารและน้ำแบบเต็มที่ (*ad libitum*) จากการทดลองที่ 1 พบว่าการย่อยได้ของโภชนะในห้องปฏิบัติการ (*in vitro* digestibility) ณ ชั่วโมงที่ 48 มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มการทดลองอื่น โดยสูตรอาหารทีเอ็มอาร์ (T75C) มีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงสุด เท่ากับ 83.94 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการทดลองที่ 2 พบว่า ช่วงที่ 1 ใช้ระยะเวลาทดลอง 112 วัน โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ (T75C) มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมี

ค่าสูงสุด ($P<0.05$) ในขณะที่กลุ่มที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ (T75F) มีการย่อยได้ของโปรตีนสูงสุดเช่นกัน ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการทดลองอื่น ส่วนช่วงที่ 2 ใช้ระยะเวลาทดลอง ตั้งแต่วันที่ 113 ถึงส่งโรงฆ่า พบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ (T75C) มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตต่ำกว่าทุกกลุ่มการทดลอง ส่วนประสิทธิภาพการเจริญเติบโตตลอดการทดลอง 154 วัน พบว่ากลุ่มที่ได้รับได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ (T70) มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตสูงสุด ในขณะที่กลุ่มที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ (T75C) มีปริมาณการกินอาหารในรูปของน้ำหนักแห้ง โปรตีน และพลังงานสูงสุดในทุกช่วงของการทดลอง และการทดลองที่ 3 พบว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารรูปแบบแยกส่วน (กลุ่มควบคุม) มีน้ำหนักส่งฆ่า น้ำหนักซาก ความยาวซาก และไขมันสันหลังสูงสุด ส่วนต้นทุนการเลี้ยงและผลตอบแทนที่ได้รับ พบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ (T75C) มีต้นทุนการเลี้ยงต่ำและได้รับผลตอบตอบแทนสูงสุด ดังนั้นผลการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า โคที่ได้รับรูปแบบอาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากแป้งในธัญพืช (T75C) มีค่าการย่อยได้ของโภชนะ (*in vitro digestibility*) และประสิทธิภาพการเจริญเติบโต รวมถึงมีผลตอบตอบแทนดีกว่ากลุ่มอื่น

คำสำคัญ : รูปแบบการให้อาหาร, ระดับพลังงานในอาหาร, แหล่งพลังงาน, ประสิทธิภาพการผลิต, คุณภาพซาก

Title STUDY ON TYPE OF FEEDING AND ENERGY LEVELS ON GROWTH PERFORMANCE AND CARCASS QUALITY IN FATTENING STEERS FED SWEET CORN AND HUSK-COB SILAGE AS A ROUGHAGE SOURCE

Author Miss Thanyarat Ruluk

Degree Master of Science in Animal Science

Advisory Committee Chairperson Associate Professor Dr. Yanin Opatpatanakit

ABSTRACT

The objective of this study was to determine effect of type of feeding and energy levels on growth performance and carcass quality in fattening steers fed with sweet corn and husk-cob silage as a roughage source. This experiment was divided into 3 trials. The first trial was to study the nutritional value, kinetic gas production and diet digestibility (*in vitro*). The second trial was to study growth performance, diet digestibility *(in vivo)* and blood parameters with 2 experimental period as 112 days of fattening period and from day 113 until slaughtering. The third trial was to study carcass characteristics, meat quality, production cost and economic return. Twelve crossbred steers (Thai native x Brahman x *Bos Taurus*) aged about 2 years old with body weight averaged 319.41 ± 0.87 kg. All steers were assigned into 3 blocks the body weight. according randomized completely block design (RCBD). Each group was received 4 different diets including: (1) separate feeding was using sweet corn husk-cob silage and concentrate (Control), (2) Total Mixed Ration (TMR) diet with energy level 70% TDN (T70), (3) TMR diet with 75%TDN using starch as energy source (T75C), and (4) TMR diet with 75%TDN supplement palm oil 2.2% (T75F). TMR diets ration concentrate of roughage as 70:30 were offered *ad libitum*. The results from the first trial showed that the dry matter degradability at 48 hours (*in vitro*) of T75 group was significantly higher than other groups (83.94 %; P <0.05). The results from the second trial showed that during 112 day of feeding T75C group had higher weight

gain other groups (P<0.05) while, the T75F group had higher crude protein digestibility than other groups (P<0.05). From day 113 until slaughtering, T75C group has lower growth performance than other groups. The overall feeding trial, T70 group had higher growth performance than other groups. while, dry matter intake, protein intake, and energy intake of T75C group were higher than others. The results from the third trial showed that control group had higher slaughter weight, carcass weight, and backfat thickness than other groups. TMR diet with 75%TDN using starch as energy source (T75C) had better production cost and economic return. Based on this study, it could be concluded that, TMR diet with 75% TDN using starch as energy source, (T75C) had the higher digestibility (*in vitro*), growth performance and better.

Keywords : Type of feeding, Energy level, Energy source, Productive performance, Carcass quality

กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เกิดจากความกรุณาและความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก รวมถึง อาจารย์ ดร.อานนท์ ปะเสระกัง และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฬากร ปานะถึก อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา ให้ความรู้ คำแนะนำ วิธีการทำงาน และแนวทางในการทำวิจัย ตลอดจนให้ความเอาใในใส่ แก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบรูณ์ และขอขอบคุณ คุณอภิชาติ หมั่นวิชา และ คุณพุฒิพงษ์ คำเฟย งานฟาร์มโคนม-โคเนื้อ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านการจัดการงานฟาร์ม และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานทดลอง รวมทั้งเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ และความช่วยเหลือ ในการวิเคราะห์คุณค่าทางเคมีในห้องปฏิบัติการ ขอบคุณนักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาโคนม-โคเนื้อ ทุกคน และเพื่อนนักศึกษาปริญญาโทและเอก รวมถึงสัตว์ทดลองทุกตัวที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ และพี่สาว ที่คอยเป็นกำลังใจ และขอขอบคุณทุนวิจัยจากอุทยานวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้

ธัญญรัตน์ รู้หลัก

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

ขอบเขตของการทำวิจัย 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและการตรวจเอกสาร 3

ข้าวโพดหวาน (Corn Sweet) 3

เศษเหลือจากการแปรรูปข้าวโพดหวาน 4

คุณค่าของเปลือกและซังข้าวโพดหวาน 4

การใช้เปลือกและซังข้าวโพดหวานเลี้ยงโค 7

รูปแบบการให้อาหาร 8

อาหารทีเอ็มอาร์ (Total Mixed Ration, TMR) 9

ลักษณะของอาหารทีเอ็มอาร์ (Total Mixed Ration, TMR) 9

บทบาทของอาหารทีเอ็มอาร์ 9

สัดส่วนระหว่างอาหารหยาบต่ออาหารข้นในอาหารทีเอ็มอาร์ 10

วัตถุดิบที่ใช้ผสมอาหารทีเอ็มอาร์ 12
ข้อจำกัดของการให้อาหารทีเอ็มอาร์ 12
ข้อพิจารณาของการให้อาหารทีเอ็มอาร์ 12
สมรรถภาพการเจริญเติบโตของโคขุนที่เลี้ยงด้วยอาหารทีเอ็มอาร์ 13
ลักษณะคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของโคขุนที่เลี้ยงด้วยอาหารทีเอ็มอาร์ 16
พลังงาน 19
หน่วยของพลังงานในอาหาร 19
เมตาบอลิซึมของพลังงานในอาหารสัตว์ 20
ประเภทของพลังงานในอาหารสัตว์ 21
พลังงานอาหารจากแหล่งคาร์โบไฮเดรต 21
พลังงานอาหารจากแหล่งไขมัน 24
การสะสมไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ 28
ตลาดโคเนื้อคุณภาพสูง 29
ความต้องการของผู้บริโภคเนื้อโค 30
บทที่ 3 วิธีการวิจัย 32
ระยะเวลาที่ทำการวิจัย 32
สถานที่ทำการวิจัย 32
วิธีการดำเนินงานวิจัย 32
การทดลองที่ 1 ศึกษาคุณค่าทางอาหาร จลนศาสตร์การผลิตแก๊ส และการย่อยสลายของโภชนะในห้องปฏิบัติการ (*in vitro*) 32
การทดลองที่ 2 ศึกษาสมรรถภาพการผลิต การย่อยได้ของโภชนะในตัวสัตว์ (*in vivo*) และค่าองค์ประกอบทางชีวเคมีในเลือดของโคเนื้อลูกผสมเพศผู้ตอน (พื้นเมือง x บราห์มัน x ยุโรป) 37
การทดลองที่ 3 ศึกษาลักษณะคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ ต้นทุนการเลี้ยงโค และผลตอบแทนของโคเนื้อลูกผสมเพศผู้ตอน (พื้นเมือง x บราห์มัน x ยุโรป) 45

บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ 50
การทดลองที่ 1 ศึกษาคุณค่าทางอาหาร จลนศาสตร์การผลิตแก๊ส การย่อยสลายของโภชนะทางห้องปฏิบัติการ (*in vitro*) 50
การทดลองที่ 2 ศึกษาสมรรถภาพการผลิต การย่อยได้ของโภชนะตัวสัตว์ (*in vivo*) ค่าองค์ประกอบทางชีวเคมีในเลือด ของโคเนื้อลูกผสมเพศผู้ตอน (พื้นเมือง x บราห์มัน x ยุโรป) 54
การทดลองที่ 3 ศึกษาลักษณะคุณภาพซากคุณภาพเนื้อต้นทุนการเลี้ยง และผลตอบแทนของโคเนื้อลูกผสมเพศผู้ตอน (พื้นเมือง x บราห์มัน x ยุโรป) 67
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ 84
สรุปผล 84
ข้อเสนอแนะ 84
บรรณานุกรม 85
ประวัติผู้วิจัย 96
บรรณานุกรม 97
ประวัติผู้วิจัย 98

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 เนื้อที่เพาะปลูกและผลผลิตของข้าวโพดหวานในปี พ.ศ. 2560 3

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกและซังข้าวโพดหวาน 5

ตารางที่ 3 ค่าการย่อยได้ของเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก 5

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกและซังข้าวโพดหวาน 6

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกและซังข้าวโพดหวาน (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง) 6

ตารางที่ 6 ค่าการย่อยได้ของเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักในกระเพาะรูเมนด้วยวิธี *In situ* 8

ตารางที่ 7 แหล่งอาหารหยาบและสัดส่วนที่ใช้อาหารทีเอ็มอาร์ 11

ตารางที่ 8 ผลของระบบการให้อาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของโคขุน 14

ตารางที่ 9 ผลของรูปแบบการให้อาหารและสายพันธุ์ที่แตกต่างกันต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต 15

ตารางที่ 10 ผลของรูปแบบการให้อาหารต่อปริมาณการกินได้ 16

ตารางที่ 11 การเปรียบสายพันธุ์โคต่อคุณภาพซากที่ได้รับอาหารรูปแบบต่างกัน 17

ตารางที่ 12 ผลของรูปแบบการให้อาหารต่อคุณภาพซากโคกำแพงแสน 18

ตารางที่ 13 ผลของรูปแบบการให้อาหารและสายพันธุ์ที่แตกต่างกันต่อคุณภาพเนื้อและคุณภาพซาก 19

ตารางที่ 14 การย่อยสลายแหล่งวัตถุดิบแหล่งคาร์โบไฮเดรตด้วยวิธี *in vitro ,in situ* และ *in vivo* 22

ตารางที่ 15 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของโคขุนกำแพงแสนที่ได้รับแหล่งพลังงานและระดับของโปรตีนที่แตกต่างกัน 24

ตารางที่ 16 ผลของการเสริมชนิดของน้ำมันต่อประสิทธิการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของโคขุน 26

ตารางที่ 17 ผลของการเสริมน้ำมันปาล์มลงในสูตรอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและลักษณะคุณภาพซาก 27

ตารางที่ 18 ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลอง ระยะที่ 1 (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง) 33

ตารางที่ 19 ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลอง ช่วงที่ 2 (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง) 43

ตารางที่ 20 คุณค่าทางอาหารของอาหารทดลองช่วงที่ 1 52

ตารางที่ 21 ผลของรูปแบบการให้อาหารและระดับพลังงานที่ต่างกันต่อจลนพลศาสตร์การผลิต แก๊ส และการย่อยได้ของโภชนะ (ด้วยวิธี *in vitro*) 53

ตารางที่ 22 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และปริมาณการกินได้ของโคเนื้อลูกผสม ช่วงที่ 1 56

ตารางที่ 23 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะด้วยวิธีการใช้สารบ่งชี้ในตัวสัตว์ (*in vivo*) 58

ตารางที่ 24 ปริมาณกูลโคสยูเรียไนโตรเจนคอเลสตอรอลและไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือด 60

ตารางที่ 25 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง ช่วงที่ 2 62

ตารางที่ 26 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และปริมาณการกินได้ของโคเนื้อลูกผสม ช่วงที่ 2 64

ตารางที่ 27 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และปริมาณการกินได้ของโคเนื้อลูกผสมตลอดทั้งการทดลอง 66

ตารางที่ 28 ผลของรูปแบบการให้อาหารและระดับพลังงานต่อเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนซากจากการตัดแต่งของโคเนื้อลูกผสม (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากเย็น) 74

ตารางที่ 29 เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนอวัยวะภายในและภายนอกส่วนประกอบซาก (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนัก 76

ตารางที่ 30 ผลของรูปแบบการให้อาหารและระดับพลังงานต่อคุณภาพเนื้อบริเวณกล้ามเนื้อสันนอกของโคเนื้อลูกผสม 79

ตารางที่ 31 ผลของรูปแบบการให้อาหารและระดับพลังงานต่อคุณภาพเนื้อบริเวณกล้ามเนื้อสะโพของโคเนื้อลูกผสม 80

ตารางที่ 32 ผลของรูปแบบการให้อาหารและระดับพลังงานต่อองค์ประกอบทางเคมีบริเวณเนื้อของโคเนื้อลูกผสม 81

ตารางที่ 33 ต้นทุนค่าพันธุ์โค,ค่าอาหาร, รายได้จากการขายซาก และผลตอบแทน 83

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แสดงถึงคะแนนระดับไขมันแทรกตามมาตรฐาน มกอช 6001 – 2547 47
ภาพที่ 2 จลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สของรูปแบบการให้อาหารและระดับพลังงานต่างกัน..... 53
ภาพที่ 3 กราฟน้ำหนักส่งฆ่าของโคเนื้อลูกผสมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร จำนวน 8 ตัว..... 69
ภาพที่ 4 กราฟน้ำหนักซากเย็นของโคเนื้อลูกผสมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร จำนวน 8 ตัว..... 69
ภาพที่ 5 กราฟเปอร์เซ็นต์ซากอุ่นของโคเนื้อลูกผสมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร จำนวน 8 ตัว . 70
ภาพที่ 6 กราฟเปอร์เซ็นต์ซากเย็นของโคเนื้อลูกผสมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร จำนวน 8 ตัว 70
ภาพที่ 7 กราฟพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันของโคเนื้อลูกผสมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร จำนวน 8 ตัว
..... 71
ภาพที่ 8 กราฟความยาวซากของโคเนื้อลูกผสมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร จำนวน 8 ตัว..... 71
ภาพที่ 9 กราฟไขมันสันหลังของโคเนื้อลูกผสมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร จำนวน 8 ตัว..... 72
ภาพที่ 10 กราฟคะแนนไขมันแทรกของโคเนื้อลูกผสมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร จำนวน 8 ตัว
..... 72

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันเกษตรกรผู้เลี้ยงโคขุนนิยมในการนำเอาเศษเหลือของเปลือกและซังข้าวโพดหวานสดจากโรงงานผลิตข้าวโพดกระป๋องมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบทดแทน เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนะอาหารที่สามารถใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบได้ และยังมีราคาถูกสามารถนำมาหมักเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหาร อีกทั้งยังนำมาเก็บรักษาในรูปแบบของการหมักในช่วงขาดแคลนหญ้าสดในฤดูแล้ง แต่อย่างไรก็ตามยังพบปัญหาของเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักด้านค่า pH ค่อนข้างต่ำ มีรสชาติเปรี้ยว อาจส่งผลต่อปริมาณการกินอาหารและประสิทธิภาพการเจริญเติบโตลดลง ดังนั้นการนำเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก มาผสมร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ในรูปแบบอาหารทีเอ็มอาร์ คาดว่าสามารถเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้สูงขึ้นได้ ซึ่งเกษตรกรผู้เลี้ยงโคขุนในปัจจุบันส่วนใหญ่นิยมให้อาหารในรูปแบบอาหารแยกส่วน คือ ให้อาหารอาหารข้น และอาหารหยาบแยกกัน ซึ่งการจ่ายอาหารในรูปแบบนี้ ทำให้โคขุนมีพฤติกรรมในการเลือกกินอาหาร เป็นผลให้โคขุนได้รับโภชนะอาหารตามความต้องการในแต่ละวันไม่เพียงพอต่อความต้องการ และมีการเจริญเติบโตช้า รวมถึงมีต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น การให้อาหารในรูปแบบอาหารทีเอ็มอาร์ถือเป็นวิธีการให้อาหารที่ยังไม่ได้รับความนิยมในเกษตรกรผู้เลี้ยงโคขุนของประเทศไทย แต่นิยมใช้เลี้ยงกับโคนมเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากการให้อาหารทีเอ็มอาร์คาดว่าจะสามารถปรับต้นทุนค่าอาหารลดลง 15-20 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งช่วยปรับปรุงด้านประสิทธิภาพการจัดการฟาร์ม และเพิ่มผลกำไรจากการใช้อาหารอย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อเทียบกับให้อาหารแยกส่วน นอกจากนี้ก่อนจะนำจ่ายให้แก่โคนั้น ต้องมีกระบวนการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพชนิดของอาหาร เช่น การสับหรือบดเพื่อทำให้มีขนาดชิ้นอาหารเล็กลง และง่ายแก่คลุกเคล้าอาหารให้เข้ากัน ช่วยให้โคมีปริมาณการกินอาหาร รวมถึงมีระยะเวลาในการเคี้ยวเอื้องเพิ่มขึ้น ทำให้ช่วยปรับระดับค่า pH ภายในกระเพาะรูเมน ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม (วิโรจน์, 2559) และการจ่ายอาหารในรูปแบบอาหารทีเอ็มอาร์ สามารถช่วยปรับปรุงด้านของลักษณะซากและช่วยเพิ่มระดับไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ (นพรัตน์ และคณะ, 2553) ดังนั้นการเลี้ยงโคขุนในรูปแบบอาหารทีเอ็มอาร์ร่วมกับการเพิ่มระดับพลังงานอาหารให้สูงกว่าระดับเพื่อใช้ในการดำรงชีพ ทำให้โคขุนมีระยะเวลาในการเลี้ยงขุนสั้น อีกทั้งยังส่งผลต่อการสะสมไขมันแทรกในกล้ามเนื้อตรงตามความต้องการของตลาด (Premium grades) รวมถึงวัตถุดิบอาหารที่ใช้ในการนำมาประกอบสูตรอาหารแก่โคขุนควรเป็นแหล่งวัตถุดิบที่ให้พลังงานสูงเช่นกัน อาทิ แป้ง และไขมัน (Nocek, 1997)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณค่าทางอาหาร การย่อยได้ของโภชนะ ด้วยวิธี *in vitro* digestibility ในอาหารทีเอ็มอาร์ที่มีเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ

2. เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบการให้อาหาร 2 ชนิด และระดับพลังงาน คืออาหารแยกส่วนและอาหารทีเอ็มอาร์ ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และลักษณะคุณภาพซากและลักษณะคุณภาพซากคุณภาพเนื้อ

3. เพื่อศึกษาต้นทุนการผลิต และผลตอบแทนการใช้อาหารทีเอ็มอาร์สำหรับโคขุน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงคุณค่าทางอาหาร การย่อยสลายได้ของโภชนะในอาหารทีเอ็มอาร์ที่มีเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ

2. ทราบถึงผลของการเปรียบเทียบสมรรถภาพการเจริญเติบโต และลักษณะคุณภาพซากคุณภาพเนื้อของโคขุนที่ได้รับอาหารในรูปแบบต่างกัน

3. ทราบถึงต้นทุนการผลิต และผลตอบแทนการใช้อาหารทีเอ็มอาร์สำหรับโคขุน

ขอบเขตของการทำวิจัย

1. ศึกษาคุณค่าทางอาหาร และการย่อยสลายของโภชนะในอาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงานต่างกัน และใช้เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบด้วยวิธี *in vitro* digestibility

2. ศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะคุณภาพซากคุณภาพเนื้อ ต้นทุนการเลี้ยงและผลตอบแทนของโคขุนที่ได้รับอาหารต่างรูปแบบกัน

บทที่ 2
ทฤษฎีและการตรวจเอกสาร

ข้าวโพดหวาน (Corn Sweet)

ปัจจุบันข้าวโพดหวานมีบทบาทสำคัญมากขึ้นในประเทศไทย ในด้านบริโภคภายในประเทศและอุตสาหกรรมส่งออก ซึ่งในปี พ.ศ. 2560 มีเนื้อที่เพาะปลูกที่ 234,259 ไร่ เพิ่มขึ้นจากเดิม 231,803 ไร่ในปี พ.ศ. 2559 โดยเฉพาะภาคเหนือในปี พ.ศ. 2560 มีการปลูกข้าวโพดหวานมากที่สุดเป็นอันดับ 1 ของประเทศไทย โดยมีพื้นที่เพาะปลูก 118,178 ไร่ ผลผลิต 291,343 ตัน และผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูก 2,488 กิโลกรัม โดยเฉพาะใน 3 จังหวัด ภาคเหนือ คือ เชียงราย เชียงใหม่ และลำปาง ซึ่งมีการผลิตข้าวโพดหวานมากที่สุด เท่ากับ 81,291, 73,973 และ 41,272 ตัน ตามลำดับ แสดงในตารางที่ 1 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561)

ตารางที่ 1 เนื้อที่เพาะปลูกและผลผลิตของข้าวโพดหวานในปี พ.ศ. 2560

พื้นที่	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อพื้นที่ (กก.)
รวมทั้งประเทศ	234,259	502,711	2,169
ภาคเหนือ	118,178	291,343	2,488
ภาคตะวันเฉียงเหนือ	40,108	78,441	1,985
ภาคกลาง	55,004	98,950	1,817
ภาคใต้	20,969	33,977	1,640
จังหวัดในภาคเหนือ			
เชียงราย	30,902	81,291	2,657
เชียงใหม่	28,828	73,973	2,589
ลำปาง	16,211	41,272	2,563

ที่มา: ดัดแปลงจาก สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2561)

เศษเหลือจากการแปรรูปข้าวโพดหวาน

เปลือกและซังข้าวโพดหวานจัดเป็นเศษเหลือที่สำคัญในการแปรรูปข้าวโพดหวาน และในขั้นตอนการแปรรูปนั้น ก็ต้องนำฝักข้าวโพดไปแช่ในน้ำอุ่น เพื่อทำให้เปลือกนั้นอ่อนนุ่มลง จากนั้นก็ทำการตัดเปลือกแกะซังและเม็ดออกจากแกนข้าวโพดออก และนำส่วนที่เหลือ เช่น เปลือกและซังไปขจัดทิ้ง ส่วนที่เป็นเมล็ดก็บรรจุลงกระป๋อง หรือนำไปแปรรูปเป็นอาหารสินค้าชนิดอื่น อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าจำนวนเศษเหลือจากกระบวนการแปรรูปข้าวโพดหวานเป็นภาระของโรงงานอย่างมากในการขจัดทิ้ง ดังนั้น ทางโรงงานจึงแก้ไขปัญหาโดยให้เกษตรกรนำไปใช้เลี้ยงโค อาทิ ในเขตอำเภอสันทราย สันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ และปัจจุบันเศษเหลือจากการผลิตข้าวโพดหวานจึงเป็นแหล่งอาหารหยาบของโคเนื้อและโคนมของเกษตรกรและมีการซื้อขายกันเป็นอย่างระบบ (สมปอง, 2552 อ้างโดย มนตรี, 2552)

คุณค่าของเปลือกและซังข้าวโพดหวาน

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของเปลือกและซังข้าวโพดหวาน พบว่า มีความแตกต่างกัน อาจจะขึ้นอยู่กับชนิดของสายพันธุ์ อายุการเก็บเกี่ยว หากทำการแยกส่วน และนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีหรือคุณค่าทางอาหารในแต่ละส่วน พบว่า เปลือกและซังที่ได้จากข้าวโพดหวานของเศษเหลือจากทางโรงงาน มีค่าโปรตีน และวัตถุแห้งต่ำ (สมปอง, 2552 อ้างโดย มนตรี, 2552) สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร บุญล้อม และคณะ (2544) กล่าวว่า เปลือกและซังข้าวโพดหวานสดมีโปรตีน และวัตถุแห้ง อยู่ในช่วง 6-7 และ 19-20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้นจึงเหมาะแก่การนำเปลือกและซังข้าวโพดหวานมาใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงสัตว์ หากนำมาให้สัตว์กินในรูปแบบสดจะมีผลต่อปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง เนื่องจากเปลือกและซังข้าวโพดหวานสดจากโรงงานมีปริมาณความชื้นสูง และค่าวัตถุแห้งต่ำโดยเฉลี่ยประมาณ 18 – 21 เปอร์เซ็นต์ (บุญเสริม, 2539) จึงต้องมีการปรับคุณภาพของอาหารหยาบ เช่น การนำมาหมักร่วมกับฟางข้าวเพื่อช่วยในการดูซับความชื้น และองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกข้าวโพดหวานซังข้าวโพดหวาน แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกและซังข้าวโพดหวาน

ชิ้นส่วนของข้าวโพดหวาน	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง			
	วัตถุแห้ง	โปรตีน	NDF	ADF
เปลือกข้าวโพดหวาน[1]	17.79	5.41	77.48	38.73
ซังข้าวโพดหวาน[2]	24.24	6.11	68.50	33.48
เปลือกและซังข้าวโพดหวาน[1]	19.60	6.34	65.37	22.15
เปลือกและซังข้าวโพดหวาน[2]	19.75	6.86	70.89	35.61

ที่มา: ดัดแปลงจาก มนตรี (2555)[1],บุญเสริม (2539)[2]

บุญล้อม และคณะ (2544) ศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักในโค พบว่าเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับรำหยาบ มีค่าการย่อยได้ของโภชนะส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 56 - 63 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะการย่อยได้ของไขมัน และคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายมีค่าเท่ากับ 84.68 และ 70.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพลังงานรวมจากการย่อยได้มีค่า 71.31 เปอร์เซ็นต์ แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าการย่อยได้ของเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก

โภชนะ	การย่อยได้ (เปอร์เซ็นต์)
วัตถุแห้ง	58.50
อินทรียวัตถุ	63.45
โปรตีน	52.56
ไขมัน	84.68
ผนังเซลล์	58.97
โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (TDN)	71.31
คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย	70.68

ที่มา: ดัดแปลงจาก บุญล้อมและคณะ (2544)

Lopez-Guisa and Satter (1991) ศึกษาคุณค่าทางอาหารของเศษเหลือจากข้าวโพดหวาน โดยเปรียบเทียบระหว่างเศษเหลือจากข้าวโพดหวานสด และเศษเหลือจากข้าวโพดหวานหมักร่วมกับแอมโมเนีย 23 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาพบว่า เศษเหลือจากข้าวโพดหวานหมักร่วมกับแอมโมเนียมีคุณค่าทางโปรตีน และค่า pH สูงกว่าเศษข้าวโพดหวานสด แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกและซังข้าวโพดหวาน

รายการ	เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง	เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง			pH
		โปรตีน	NDF	ADF	
เปลือกและซังข้าวโพดหวานสด	27.1	5.0	76.6	51.8	4.5
เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับแอมโมเนีย 23 เปอร์เซ็นต์	28.6	12.2	75.9	51.4	8.3

ที่มา: ดัดแปลงจาก Lopez- Guisa and Satter (1991)

Mustafa et al. (2004) รายงานถึงองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกและซังข้าวโพดหวาน จากการศึกษาพบว่า เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักมีองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุแห้ง เยื่อใย NDF และแป้ง น้อยกว่าเปลือกและซังข้าวโพดหวานสด แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกและซังข้าวโพดหวาน (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง)

รายการ	เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง				
	วัตถุแห้ง	โปรตีน	NDF	ADF	แป้ง
เปลือกและซังข้าวโพดหวานสด	24.3	5.7	30.1	8.6	10.8
เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก	23.9	5.8	28.3	9.6	5.5

ที่มา: ดัดแปลงจาก Mustafa et al. (2004)

การใช้เปลือกและซังข้าวโพดหวานเลี้ยงโค

ปัจจุบันมีการนำเศษเหลือจากข้าวโพดหวานจากโรงงาน เช่น เปลือกและซังข้าวโพดหวานมาใช้เป็นอาหารหยาบให้แก่โค ซึ่งแต่ละงานทดลองมีวิธีการนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์แตกต่างกันไป อาทิ นำไปหมักร่วมกับ วัตถุดิบชนิดอื่น เช่น ฟางข้าว หญ้าสด หรือกากน้ำตาลเป็นต้น เพื่อเพิ่มคุณค่าของอาหารหยาบทำให้มีคุณค่าโภชนะที่เพิ่มสูงขึ้น และสัตว์ก็ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ เทียนทิพย์ และศรเทพ (2557) ทดลองนำเปลือกและซังข้าวโพดหวานที่เป็นผลพลอยได้จากทางการเกษตรมาหมักร่วมกับฟางข้าวเพื่อเป็นอาหารหยาบสำหรับโคนมรุ่น ในอัตราส่วนที่ 40:60, 50:50 และ 60:40 พบว่า การใช้เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับฟางข้าวในระดับที่ 50:50 มีปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ รวมถึงค่าการย่อยได้ของเยื่อใย ADF มีค่าเท่ากับ 49.60, 59.36, 62.00 เปอร์เซ็นต์ และจากการรายงานการใช้เปลือกและซังข้าวโพดเลี้ยงโคของ พรศรี และทิพยา (2531) โดยใช้เปลือกและซังข้าวโพดหมักร่วมกับยูเรียและกากน้ำตาล หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์และกากน้ำตาล เพื่อปรับปรุงคุณภาพของอาหาร พบว่า เปลือกและซังข้าวโพดหมักร่วมกับยูเรียหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์มีค่าการย่อยได้ และค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งสูงกว่าเปลือกและซังข้าวโพดที่ไม่ได้รับการหมัก และยังพบอีกว่าการใช้เปลือกและซังข้าวโพดหวานเป็นแหล่งอาหารหยาบเลี้ยงโคให้ผลไม่แตกต่างกันในแง่ของผลผลิตเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้หญ้าสดผสมกับเปลือกข้าวโพดหวานสัดส่วน 1:1 เป็นแหล่งอาหารหยาบเลี้ยงโค และยังส่งผลต่อต้นทุนค่าอาหารลดลง (พรศรี และทิพยา 2531)

จะเห็นได้ว่าเปลือกและซังข้าวโพดหวานจากโรงงานมีความชื้นสูง และอาจทำให้เกิดเชื้อราได้ง่าย ซึ่งส่งผลอันตรายแก่สัตว์ ดังนั้นการนำเปลือกและซังข้าวโพดหวานไปใช้เลี้ยงสัตว์อาจจะต้องนำมาปรับปรุงในรูปแบบของการหมัก ซึ่งทำให้เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักมีคุณค่าทางอาหารดีขึ้น นอกจากนี้ Jaster et al. (1983) ได้ทำการทดลองนำเปลือกและซังข้าวโพดหวานจากโรงงานอุตสาหกรรมทำเป็นอาหารหยาบหมักเปรียบเทียบกับข้าวโพดหมัก พบว่าข้าวโพดหมักมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงกว่า 69.70 เทียบกับ 59.10 เปอร์เซ็นต์ จากการรายงานของ Mustafa et al. (2004) ได้ทำการศึกษาการย่อยได้ของเปลือกและซังข้าวโพดหวาน และพบว่าเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และเยื่อใย NDF เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับเปลือกและซังข้าวโพดหวานสด แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าการย่อยได้ของเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักในกระเพาะรูเมนด้วยวิธี *In situ*

ค่าการย่อยได้	เปลือกและซังข้าวโพดหวานสด	เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก
วัตถุแห้ง	51.3	55.0
โปรตีน	75.5	80.1
เยื่อใย NDF	22.6	25.9

ที่มา: ดัดแปลงจาก Mustafa et al. (2004)

รูปแบบการให้อาหาร

ปัจจุบันรูปแบบการให้อาหารโคขุนสามารถจำแนกออกแบบ 2 รูปแบบดังนี้

1. การให้อาหารแยกส่วน คือการแยกอาหารข้นกับอาหารหยาบให้สัตว์กินซึ่งการให้ในรูปแบบอาหารแยกส่วนนี้จะช่วยให้ง่ายต่อการจัดการด้านการให้อาหาร และจะช่วยให้สัตว์กินอาหารได้มาก แต่ข้อเสียของการให้อาหารด้วยวิธีนี้คือจะทำให้สัตว์เลือกกินอาหารตามความชอบ ทำให้โคได้รับโภชนะไม่สมดุลตามที่ร่างกายต้องการ (พันทิพา, 2547)

2. การให้แบบอาหารทีเอ็มอาร์ คือ การจัดการให้อาหารที่มีส่วนผสมของอาหารหยาบ เช่น หญ้าสด หญ้าแห้งหรือหญ้าหมัก ร่วมกับเมล็ดธัญพืชทั้งแหล่งอาหาร โปรตีน พลังงาน แป้ง ไวตามิน และแร่ธาตุ โดยจัดการให้มีขนาดและสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นที่เหมาะสม นำมาผสมรวมเป็นเนื้อเดียวกันก่อนนำจ่ายให้แกโค ซึ่งอาหารทีเอ็มอาร์ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการฟาร์ม และเพิ่มผลกำไรจากการใช้อาหารอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้โคสามารถกินอาหารได้มากขึ้น เพิ่มอัตราการย่อยอาหาร และส่งผลให้มีความสมดุลในกระเพาะหมัก อีกทั้งลดการเลือกกินอาหารของสัตว์ รวมถึงสามารถเลือกใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นมาประกอบอาหารได้ง่าย ควบคุมอัตราส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นได้อย่างแม่นยำ ลดต้นทุนค่าอาหาร และลดปัญหาการใช้แรงงาน (วิโรจน์, 2559)

อาหารทีเอ็มอาร์ (Total Mixed Ration, TMR)

การจัดการให้อาหารที่มีส่วนผสมทั้งอาหารหยาบ ร่วมกับเมล็ดธัญพืชทั้งแหล่งโปรตีน พลังงาน แป้ง และไวตามิน แร่ธาตุ โดยจัดให้มีขนาดชิ้นส่วนของอาหารหยาบและอาหารข้นที่เหมาะสม นำมาผสมรวมกันเป็นเนื้อเดียวกัน และนำไปจ่ายให้โคกินแทนการจ่ายแบบเดิมที่แยกการให้อาหารระหว่างอาหารหยาบและอาหารข้นออกจากกัน เพิ่มประสิทธิภาพการจัดการฟาร์ม เพื่อเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนทางด้านอาหาร (วิโรจน์, 2559)

ลักษณะของอาหารทีเอ็มอาร์ (Total Mixed Ration, TMR)

อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีคุณภาพดีนั้น สูตรอาหารควรมีระดับความชื้นในเกณฑ์ 40-60 เปอร์เซ็นต์ มีเยื่อใย NDF ไม่น้อยกว่า 27 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย ADF ไม่เกิน 21 เปอร์เซ็นต์ โดย 75 เปอร์เซ็นต์ ของเยื่อใย NDF ควรมาจากเยื่อในอาหารหยาบ ส่วนวัตถุดิบอาหารที่มาจากคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างไม่ควรเกิน 40 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนโปรตีนย่อยง่าย และโปรตีนไหลผ่าน ควรอยู่ในช่วง 40-60 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้โปรตีนบางส่วนที่ต้องละลายในกระเพาะหมักเพียงพอต่อกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (วิโรจน์, 2559)

บทบาทของอาหารทีเอ็มอาร์

เมธา (2533 อ้างโดย วารุณี, 2552) กล่าวว่า การควบคุมการเปลี่ยนแปลงของอาหารในกระเพาะรูเมนขึ้นอยู่กับการควบคุมค่าpH โดยการเคี้ยวเอื้องทำให้มีการคลุกเคล้าของน้ำลายกับอาหารมาในปาก เมื่อเกิดการกลืนอาหารน้ำลายซึ่งมีคุณสมบัติเป็นด่างจะเป็นสารที่ช่วยในการปรับค่า pH ในกระเพาะรูเมนให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมได้ดังแผนภูมิ

Rumination ⟶ Saliva production ⟶ pH value

ดังนั้นการให้จ่ายอาหารหยาบแก่จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อช่วยควบคุมค่าpH ในกระเพาะรูเมนอย่างเหมาะสมขึ้น และควรมีสัดส่วนของอาหารหยาบ 40 เปอร์เซ็นต์ทั้งหมด หรือ 20 เปอร์เซ็นต์ของเยื่อใยหยาบ ซึ่งในอาหารทั้งหมด 70 เปอร์เซ็นต์จะต้องเป็นเยื่อใยที่โครงสร้างของพืช (Structure fiber) การที่ค่า pH ลดต่ำลงเกิดจากมีระดับของอาหารข้นสูง คืออยู่ในช่วง 35-50 เปอร์เซ็นต์ โดยโคได้รับอาหารข้นสูงจะทำให้แบคทีเรียที่ย่อยแป้ง (Amylolytic bacteria) และ

แบคทีเรียที่ใช้กรด (Acid tolerant bacteria) เพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันแบคทีเรียที่ย่อยเซลลูโลส (Cellulolytic bacteria) จะลดต่ำลง ซึ่งมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์เซลลูเลส (Cellulase) และอะไมเลส (Amylase) ในกระเพาะรูเมน เนื่องจากค่า pH ในกระเพาะรูเมนมีความสำคัญขบวนการย่อยอาหารของโค ดังนั้นการควบคุมให้ค่า pH ในกระเพาะรูเมนคงที่ จะสามารถเพิ่มค่าการย่อยได้ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น โดยทั่วไปค่า pH ที่เหมาะสมควรในกระเพาะรูเมนอยู่ระหว่าง 6.0-6.5 และจะมีผลโดยตรงมาจากการกินอาหารของโค หากโคได้กินอาหารแยกกันระหว่างอาหารหยาบและอาหารข้น ค่า pH ในกระเพาะรูเมนเกิดการไม่สมดุล และเมื่อโคกินอาหารข้นซึ่งเป็นอาหารที่มีพลังงานสูงที่ย่อยได้สูง จะส่งผลทำให้สภาพในกระเพาะรูเมนเป็นกรด และมีโอกาสทำให้ค่า pH ต่ำลง ซึ่งหากค่า pH ต่ำมากกว่า 5 มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของจุลินทรีย์ลดลง แต่เมื่อโคได้กินอาหารหยาบค่า pH จะสูงขึ้น เนื่องจากการเคี้ยวเอื้องจะทำให้เกิดการหมุนน้ำลายเวียนของน้ำลายที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง ซึ่งไหลกลับเข้ากระเพาะรูเมน น้ำลายยังช่วยปรับสภาพในกระเพาะรูเมนให้ค่า pH สูงขึ้น ดังนั้นการให้อาหารหยาบและอาหารข้นพร้อมกันในรูปของอาหารทีเอ็มอาร์ จึงเป็นวิธีหนึ่งในการควบคุมระดับค่า pH ในกระเพาะรูเมนให้คงที่ได้ดีกว่าการให้อาหารแยกส่วน (เมธา 2533 อ้างโดย วารุณี, 2552)

สัดส่วนระหว่างอาหารหยาบต่ออาหารข้นในอาหารทีเอ็มอาร์

สัดส่วนระหว่างอาหารหยาบและอาหารข้น คุณภาพอาหารและระดับความยาวของอาหารหยาบในอาหารทีเอ็มอาร์ช่วยกระตุ้นให้มีการขยอกอาหารกลับออกมาเคี้ยวใหม่และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการหลั่งน้ำลาย เพื่อรักษาค่า pH ในกระเพาะรูเมนให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งส่งผลทำให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้น และช่วยส่งเสริมทำให้การเจริญของจุลินทรีย์สูงขึ้น (Owens et al., 1997) ด้านสัดส่วนอาหารข้นในอาหารทีเอ็มอาร์พบว่าโคที่ได้รับอาหารข้นสูงกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ในอาหารทีเอ็มอาร์ จะมีแบคทีเรียที่ใช้เซลลูโลสในกระเพาะต่ำลง (Nocek, 1997) เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตจากอาหารข้นสลายตัวอย่างรวดเร็วเกินไป ทำให้มีการสะสมของกรดแลคติกในกระเพาะรูเมนสูงขึ้น (Dato and Allen, 1995) นอกจากนี้สัดส่วนระหว่างอาหารหยาบและอาหารข้นยังขึ้นอยู่กับชนิดและคุณภาพของวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วย ซึ่ง NRC (1998) ได้แนะนำสัดส่วนอาหารหยาบบางชนิดที่นำมาผสมในอาหารทีเอ็มอาร์ แสดงในตารางที่ 7 สอดคล้องกับ Owens et al. (1997) รายงานว่า อาหารโคขุนในรูปของอาหารทีเอ็มอาร์ควรมีระดับอาหารหยาบต่ำที่สุด 30 เปอร์เซ็นต์ และระดับอาหารข้นไม่สูงกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหาร อย่างไรก็ตาม สมคิด และบุญล้อม (2539) รายงานว่า การผสมอาหารทีเอ็มอาร์ ไม่ควรคำนึงถึงเยื่อใยหรือองค์ประกอบผนังเซลล์พืชเพียงแต่อย่างเดียว แต่ควรคำนึงถึงขนาดของชิ้นอาหารหยาบ เพราะมีบทบาทสำคัญในการ

กระตุ้นให้เกิดการบีบตัวของกระเพาะส่วนหน้า ซึ่งส่งผลให้สัตว์มีการขยอกอาหารและมีการขับน้ำลายออกมามากขึ้น ทำให้กระเพาะรูเมนมีค่า pH เหมาะสมและคงที่ซึ่งทำให้ไม่เป็นกรดมากจนเกินไป ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะรูเมนได้ ส่วนอาหารข้นเป็นแหล่งพลังงานและแอมโมเนียซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับการสังเคราะห์เซลล์จุลินทรีย์ (เมธา, 2533) และสัดส่วนของอาหารหยาบและอาหารข้นจะมีผลทำให้เกิดสมดุลของระบบนิเวศน์ภายในกระเพาะรูเมน ซึ่งก่อให้เกิดการย่อยได้ของวัตถุแห้งมากขึ้นโดยจะมีความสัมพันธ์กับระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนและมีผลต่อประชากรจุลินทรีย์

ตารางที่ 7 แหล่งอาหารหยาบและสัดส่วนที่ใช้อาหารทีเอ็มอาร์

ชนิดของอาหารหยาบ	สัดส่วนที่ใช้ (เปอร์เซ็นต์)
หญ้าหมัก	30-35
หญ้าสด	35-50
ฟางข้าว	20-30
ชานอ้อย	20-30
เปลือกและซังข้าวโพด	20-25
ต้นข้าวโพดหมัก	35-50
เปลือกสับปะรด	40-45

ที่มา: ดัดแปลงจาก NRC (1998)

วัตถุดิบที่ใช้ผสมอาหารทีเอ็มอาร์

ในการประกอบสูตรอาหารทีเอ็มอาร์ ต้องใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีคุณสมบัติที่ดี เช่นเดียวกับการประกอบสูตรอาหารข้น ควรประกอบด้วย (วารุณี, 2552)

1. แหล่งอาหารหยาบ ใช้พืชอาหารสัตว์ได้ทุกชนิด และเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีเยื่อใยสูง อาหารหยาบที่ใช้ควรมีศักยภาพในด้านการย่อยได้ และอัตราการย่อยได้สูงรวมถึงมีความสามารถทำให้อัตราการหมักสูง

2. แหล่งอาหารข้น ประกอบด้วยแหล่งอาหารโปรตีน เช่น พวกกากถั่วเหลือง กากเมล็ดทานตะวัน กากงา กากเมล็ดฝ้าย ใบพืชโปรตีนสูง เช่น ใบกระถินแห้ง ใบมันสำปะหลังแห้ง เป็นต้น

3. แหล่งอาหารพลังงาน เช่น มันเส้น ข้าวโพด รำ ข้าวฟ่าง เป็นต้น

4. แหล่งแร่ธาตุ และอื่นๆ ได้แก่ กระดูก เปลือกหอย เกลือ ได้แคลเซียม ฟอสเฟต วิตามิน และแร่ธาตุปลีกย่อย เป็นต้น

ข้อจำกัดของการให้อาหารทีเอ็มอาร์

1. เครื่องผสมอาหารทีเอ็มอาร์มีราคาค่อนข้างสูง

2. วัตถุดิบอาหารแหง เช่น ฟาง หญ้าแห้ง จะผสมเข้ากันยาก จึงควรสับให้มีขนาดชิ้นที่ต้องการก่อนนำเข้าเครื่องผสม

3. เวลาในการผสมแต่ละครั้งใช้เวลา 15-20 นาที หากใช้ระยะเวลาผสมเกินตามที่แนะนำ อาจะส่งผลทำให้มีขนาดชิ้นอาหารเล็กและไม่เหมาะนำมาเลี้ยง จึงต้องปรับระยะเวลาผสมกับชนิดวัตถุดิบผสมให้สอดคล้องกัน (วิโรจน์, 2559)

ข้อพิจารณาของการให้อาหารทีเอ็มอาร์

เมื่อได้โครับอาหารทีเอ็มอาร์โดยปกติแล้วโคจะให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น และมีสุขภาพที่ดี แต่หากมีการจัดการที่ผิดพลาดไป ก็มีโอกาสที่จะเกิดผลเสียตรงข้ามกับสิ่งที่คาดว่าจะได้รับ ดังนั้นสิ่งที่สำคัญที่ตองตรวจสอบ คือ (วิโรจน์, 2559)

1. ระดับความชื้นของอาหารทีเอ็มอาร์
2. ปริมาณอาหารทีเอ็มอาร์ที่กินต่อวัน
3. ปริมาณอาหารที่ให้กินในแต่ละ
4. ขนาดชิ้นของอาหารทีเอ็มอาร์

สมรรถภาพการเจริญเติบโตของโคขุนที่เลี้ยงด้วยอาหารทีเอ็มอาร์

Phillips and Rind (2001) รายงานว่าการให้อาหารทีเอ็มอาร์ มีผลช่วยเพิ่มความน่ากินของอาหาร ทำให้โคมีปริมาณการกินได้ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้โคมีผลผลิตที่ดี เนื่องจากอาหารทีเอ็มอาร์ มีสัดส่วนของอาหารข้นและอาหารหยาบที่สมดุลกัน และมีคุณค่าทางอาหารเพียงพอต่อการดำรงชีพและการสร้างผลผลิต โดยเฉพาะโคขุนช่วงปลายควรมีการจัดการอาหารให้ดี เนื่องจากเป็นโคที่อยู่ในระยะการสร้างไขมันแทรกมีความต้องการให้อาหารพลังงานสูง จึงควรมีการจัดสัดส่วนให้เหมาะสมกับอาหารหยาบ เพื่อไม่ให้เกิดผลเสียต่อโค จากการรายงานของ Chung et al. (2017) ได้ศึกษารูปแบบการให้อาหารระหว่างอาหารแยกส่วนและอาหารทีเอ็มอาร์ พบว่า การจ่ายอาหารทั้ง 2 รูปแบบไม่ส่งผลด้านของประสิทธิภาพการเจริญเติบโต แสดงในตารางที่ 8 ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Kim et al. (2012) รายงานว่ารูปแบบการให้อาหารไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

อย่างไรก็ตาม Moya et al. (2014) รายงานว่า ระบบการให้อาหารทั้ง 2 รูปแบบจะไม่ส่งต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต แต่หลายงานทดลองยืนยันว่าการให้อาหารทีเอ็มอาร์ สามารถช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซากด้านเปอร์เซ็นต์ซาก และคะแนนไขมันแทรก ดังเช่น Avilés et al. (2014) ได้ศึกษาระบบการให้อาหารโคขุน 2 ระบบ ได้แก่ ระบบจ่ายอาหารแยกส่วน และระบบจ่ายอาหารที่เอ็มอาร์ พบว่าโคขุนที่ได้รับระบบการให้อาหารทีเอ็มอาร์มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และระดับไขมันแทรกดีกว่าการให้โคขุนที่ได้รับระบบการให้อาหารแยกส่วน อย่างไรก็ตาม Caplis et al. (2005) รายงานว่าระดับพลังงานในอาหาร และปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพมากกว่ารูปแบบการให้อาหาร

ตารางที่ 8 ผลของระบบการให้อาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของโคขุน

รายการ	รูปแบบการให้อาหาร		P- value
	แบบแยกส่วน	อาหารทีเอ็มอาร์	
ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง (กิโลกรัมต่อวัน)	8.46	8.33	0.444
ปริมาณการกินได้ของพลังงานทีดีเอ็น (กิโลกรัมต่อวัน)	5.88	6.09	0.105
น้ำหนักตัวเริ่มต้น (กิโลกรัม)	220.9	226.5	0.312
น้ำหนักตัวสิ้นสุด (กิโลกรัม)	730.2	695.7	0.056
น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กิโลกรัม)	509.3	469.2	0.279
อัตราการเจริญเติบโต (กิโลกรัมต่อวัน)	0.79	0.73	0.101
เปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว	11.01	11.23	0.226

ที่มา: ดัดแปลงจาก Chung et al. (2017)

นอกจากนี้ Avilés et al. (2015) เปรียบเทียบประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของพันธุ์โคขุน 2 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ลิมูซิน และสายพันธุ์ลิตินต้า ที่เลี้ยงด้วยการให้อาหาร 2 รูปแบบ คือรูปแบบแยกส่วน และรูปแบบอาหารทีเอ็มอาร์ จากการศึกษาพบว่า โคขุนสายพันธุ์ลินตินต้า สายพันธุ์ลิมูซินที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับโคกลุ่มที่ได้รับอาหารแยกส่วน แสดงในตารางที่ 9 เช่นเดียวกับการศึกษาของ Moya et al. (2014) ได้ศึกษารูปแบบการให้อาหารในโคขุน พบว่าการให้อาหารแยกส่วน เทียบกับการให้อาหารทีเอ็มอาร์มีปริมาณการกินอาหารไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 9 ผลของรูปแบบการให้อาหารและสายพันธุ์ที่แตกต่างกันต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

สายพันธุ์	อาหรแยกส่วน		อาหารทีเอ็มอาร์		SEM
	ลิมูซิน	ลิตินต้า	ลิมูซิน	ลิตินต้า	
น้ำหนักเริ่มต้น (กิโลกรัม)	215.7	224.9	222.8	218.9	3.89
น้ำหนักสิ้นสุด (กิโลกรัม)	249.8	253.3	250.6	255.4	3.78
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กิโลกรัม)	34.1	28.4	27.8	36.5	6.20
น้ำหนักก่อนฆ่า (กิโลกรัม)	564.1	498.0	551.4	493.9	4.93
อัตราการเจริญเติบโต (กิโลกรัมต่อวัน)	1.69	1.41	1.50	1.35	0.05

ที่มา: ดัดแปลงจาก Aviles et al. (2015)

นันทนา และคณะ (2540) ได้ทำการศึกษาคุณภาพการผลิต ของโคเนื้อ 5 สายพันธุ์ จำนวน 30 ตัว ประกอบไปด้วย สายพันธุ์กำแพงแสน เดร้าท์มาสเตอร์ แบรงกัส บราห์มัน และลูกผสมอินดูบราซิล โดย การให้อาหาร 2 รูปแบบ คือ (1) อาหารแยกส่วน โดยอาหารข้นมีโปรตีน (CP) 14 เปอร์เซ็นต์ และยอดโภชนะย่อยได้ (TDN) 73 เปอร์เซ็นต์ อาหารหยาบที่ใช้คือหญ้าขนสด มีโปรตีนประมาณ 1.8 เปอร์เซ็นต์ และ TDN ประมาณ 14.9 เปอร์เซ็นต์ (2) อาหารทีเอ็มอาร์ คืออาหารข้นและอาหารหยาบผสมร่วมกัน โดยแบ่งอาหารทีเอ็มอาร์ออกเป็น 2 สูตร คือ TMR1 สำหรับโคขุนน้ำหนักไม่เกิน 400 กิโลกรัม มีโปรตีนประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ TDN ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ และ TMR2 สำหรับโคขุนน้ำหนัก 400 กิโลกรัมขึ้นไป มีโปรตีนประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ และ TDN ประมาณ 72 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของโคกำแพงแสนมีอัตราการเจริญสูงสุด เทียบกับโคสายพันธุ์ เดร้าท์มาสเตอร์ แบรงกัส บราห์มัน และลูกผสมอินดูบราซิล ส่วนปริมาณการกินอาหารคิดเป็นวัตถุแห้ง พบว่า โคสายพันธุ์เดร้าท์มาสเตอร์สูงกว่าลูกผสมอินดูบราซิล แต่ไม่แตกต่างกับโคอีก 3 สายพันธุ์ และโคที่ได้รับอาหารทั้งสองกลุ่มพบว่า อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณการกินได้ และประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 10 ผลของรูปแบบการให้อาหารต่อปริมาณการกินได้

รายการ	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก(กก.)	ปริมาณการกินได้ (กิโลกรัมต่อวัน)	ประสิทธิภาพการใช้อาหาร
กำแพงแสน	1.04[a]	9.22[ab]	9.03
เดร้าท์มาสเตอร์	0.97[ab]	9.59[a]	9.95
แบรงกัส	0.98[ab]	9.03[ab]	9.27
บราห์มัน	0.97[ab]	9.19[ab]	9.50
ลูกผสมอินดูบราห์ซิล	0.87[b]	8.41[b]	9.68
การให้อาหาร			
อาหารแยกส่วน	0.97	9.34	9.69
อาหารทีเอ็มอาร์	0.96	8.84	9.28

หมายเหตุ[abc] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ที่มา: ดัดแปลงจาก นันทนา และคณะ (2540)

ลักษณะคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของโคขุนที่เลี้ยงด้วยอาหารทีเอ็มอาร์

จากการศึกษาของ นันทนา และคณะ (2540) ซึ่งเปรียบเทียบโคเนื้อสายพันธุ์ที่ได้รับอาหาร 2 รูปแบบ พบว่า กลุ่มโคที่ได้รับอาหารแยกส่วน มีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงสูงว่าโคที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ เท่ากับ 52.01 และ 50.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะซากอื่นๆ ส่วนพื้นที่หน้าตัดสันเนื้อของโคกำแพงแสนมีค่าสูงสุดเทียบกับโคสายพันธุ์อื่น แต่ไม่มีความแตกต่างกับโคบราห์มัน และโคแบรงกัส ส่วนโดเดร้าท์มาสเตอร์มีความหนาของไขมันสันหลังสูงกว่าโคลูกผสมอินดูบราซิลและโคกำแพงแสน ส่วนคะแนนไขมันแทรก ในโคเดร้าท์มาสเตอร์มีค่าสูงสุดแต่ไม่แตกต่างจากโคกำแพงแสนและโคแบรงกัส เท่ากับ 5.5, 5.7และ 5.7 ตามลำดับ แสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 การเปรียบสายพันธุ์โคต่อคุณภาพซากที่ได้รับอาหารรูปแบบต่างกัน

รายการ	เปอร์เซ็นต์ตัดแต่งซาก	เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง	พื้นที่หน้าตัดสันเนื้อ	ความหนาไขมันสันหลัง	คะแนนไขมันแทรก
สายพันธุ์					
กำแพงแสน	61.01	52.64^{ab}	82.84^{a}	0.53^{b}	5.7^{bc}
เดร้าท์มาสเตอร์	59.19	50.33^{cd}	72.26^{b}	1.19^{ab}	5.5^{c}
แบรงกัส	60.04	53.05^{a}	72.26^{b}	1.29^{ab}	5.7^{bc}
บราห์มัน	59.04	51.00^{bc}	72.90^{ab}	1.35^{a}	6.5^{ab}
ลูกผสมอินดูบราซิส	59.45	49.10^{d}	69.68^{b}	0.79^{ab}	7.1^{a}
การให้อาหาร					
อาหารแบบแยกส่วน	60.00	52.01^{a}	74.84	1.02	6.0
อาหารทีเอ็มอาร์	59.50	50.43^{b}	73.42	1.07	6.2

หมายเหตุ^{abc} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ที่มา: ดัดแปลงจาก นันทนา และคณะ (2540)

จากการศึกษาของ นพรัตน์ และคณะ (2553) ซึ่งเปรียบเทียบสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก ของโคเนื้อกำแพงแสนที่ได้รับอาหารในรูปแบบแตกต่างกัน ใช้โคเพศผู้ตอน จำนวน 15 ตัว แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 5 ตัว โดยกลุ่มที่ 1 ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ และแบ่งการให้อาหารออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 ได้รับโปรตีน 12.05 และ TDN 76.36 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ระยะที่ 2 ได้รับโปรตีน 10.48 และ TDN 78.50 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารแยกส่วน แบ่งการให้อาหารออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 ได้รับโปรตีน 17.14 และ TDN 79.59 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ระยะที่ 2 ได้รับโปรตีน 13.58 และ TDN 81.00 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน และกลุ่มที่ 3 ได้รับหญ้าเป็นอาหารหลัก แบ่งการให้อาหารออกเป็น 2 ระยะคือ ระยะที่ 1 เลี้ยงโคด้วย แปลงหญ้า 24 ชั่วโมง ได้รับโปรตีน 6.60 และ TDN 48.33 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ระยะที่ 2 เลี้ยงโคด้วยอาหารหยาบ (หญ้าขนสด) และอาหารข้น ได้รับโปรตีน 13.94 และ TDN 81.82 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน จากการทดลองพบว่า น้ำหนักซากอุ่น ของโคกลุ่มที่ 2 สูงกว่า กลุ่ม1 และ กลุ่ม 3 ในขณะที่โคกลุ่มที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์ซากไม่แตกต่างกับโคกลุ่มที่ 2 แต่มีค่าสูงกว่าโคกลุ่มที่ 3 และไม่แตกต่างกัน ความหนาไขมันสันหลัง พบว่า ระหว่างโคกลุ่มที่ 1 และ 2 ไม่มีความแตกต่างกัน ในส่วนค่าอวัยวะภายในโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าเป็นอาหารหลักนั้นมีค่าสูงกว่ากว่าโคเลี้ยงด้วยรับอาหารทีเอ็มอาร์ แสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ผลของรูปแบบการให้อาหารต่อคุณภาพซากโคกำแพงแสน

รายการ	อาหารทีเอ็มอาร์	อาหารแยกส่วน	หญ้าเป็นหลัก
อัตราการเจริญเติบโต กรัม/วัน	982.00[a]	916.20[a]	594.60[b]
น้ำหนักเข้าสุดท้าย (กิโลกรัม)	499.40[b]	536.00[a]	425.80[c]
น้ำหนักซากอุ่น (กิโลกรัม)	302.80[a]	312.40[a]	239.00[b]
น้ำหนักซากเย็น (กิโลกรัม)	291.92[a]	301.48[a]	239.00[b]
เปอร์เซ็นต์ซาก	58.38[a]	56.20a[b]	54.01[b]
เครื่องใน (%)	17.43[b]	18.57[b]	23.35[a]
ไขมันหุ้มไต (%)	4.82[a]	4.24[a]	2.85[b]
ไขมันสันหลัง (ซม.)	0.92[a]	0.94[a]	0.34[b]
คะแนนไขมันแทรก	1.40	1.20	1.00

หมายเหตุ[abc] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)
ที่มา: ดัดแปลงจาก นพรัตน์ และคณะ (2553)

Aviles et al. (2015) เปรียบเทียบคุณภาพเนื้อและคุณภาพซากของโคขุน 2 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ลิมูซินและสายพันธุ์ลิตินต้า ที่ถูกเลี้ยงด้วยการให้อาหาร 2 ระบบ คือระบบแบบจ่ายแยกส่วน และระบบจ่ายแบบทีเอ็มอาร์ พบว่า โคสายพันธุ์ลิมูซิน และสายพันธุ์ลิตินต้าที่ได้รับอาหารแยกส่วน มีน้ำหนักซาก เปอร์เซ็นต์ซาก ค่า pH หลังสัตว์ถูกฆ่า 45 นาที กับ 24 ชั่วโมง ใกล้เคียงกับโคที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ทั้งสองสายพันธุ์ ส่วนเปอร์เซ็นต์ไขมันในมัดกล้ามเนื้อ และไขมันระหว่างมัดกล้ามเนื้อในโคสายพันธุ์ลิตินต้าที่ได้รับอาหารอาหารทีเอ็มอาร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($P=0.06$) แสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ผลของรูปแบบการให้อาหารและสายพันธุ์ที่แตกต่างกันต่อคุณภาพเนื้อและคุณภาพซาก

รายการ	อาหารแยกส่วน		อาหารทีเอ็มอาร์		SEM
	ลิมูซิน	ลิตินต้า	ลิมูซิน	ลิตินต้า	
น้ำหนักซาก (กิโลกรัม)	332.1	268.2	307.4	270.6	3.83
เปอร์เซ็นต์ซาก	59	54.1	59.1	55.3	0.33
ค่า pH					
45 นาที	6.45	6.57	6.62	6.57	0.04
24 ชั่วโมง	5.63	5.67	5.63	5.55	0.02
เปอร์เซ็นต์ไขมันในมัดกล้ามเนื้อ	1.73	1.56	1.83	1.87	0.06
เปอร์เซ็นต์ไขมันระหว่างมัดกล้ามเนื้อ	10.24	10.12	8.92	10.68	0.187

ที่มา: ดัดแปลงจาก Aviles et al. (2015)

พลังงาน

พลังงานทางโภชนศาสตร์ เป็นส่วนย่อยหนึ่งของ พลังงาน ซึ่งได้แก่พลังงานเคมี โดยเฉพาะสัตว์ต้องอาศัยพลังงานเคมีซึ่งสะสมอยู่ในอาหาร เพื่อใช้สำหรับกิจกรรมในการดำรงชีวิตของด้านต่างๆ เช่น การขนส่งผ่านเยื่อเซลล์ การเคลื่อนไหว การสังเคราะห์สารให้มีโมเลกุลใหญ่ขึ้น เป็นต้น พลังงานเคมีที่มีสะสมอยู่ในโมเลกุลของอาหาร จะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานในการทำงานดังกล่าว โดยการเกิดปฏิกิริยาเคมีของขบวนการเมตาบอลิซึมของร่างกาย (ศรีสกุล, 2531)

หน่วยของพลังงานในอาหาร

ระบบประเมินคุณค่าทางพลังงานของอาหารและประเมินความต้องการอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ใช้กันอยู่มีหลายระบบ อาทิ NRC (National Research Council) ของสหรัฐอเมริกาใช้ Total digestible nutrients (TDN) และNet energy (NE), ARC (Agricultural Research Council) ของสหราชอาณาจักรใช้ Metabolible energy (ME) ในประเทศไทยใช้อ้างอิง จาก NRC และ ARC โดยในสหรัฐอเมริกาใช้หน่วยวัดพลังงาน 2 วิธี

วิธี 1 คือ โภชนะย่อยได้ทั้งหมด หมายถึงผลรวมของ Digestible protein, Fiber, Nitrogen-free-extract และ 2.25 (fat)

%TDN = Digestible (CP+CF+NFE+(2.25 EE)*100/Feed DM Consumed

วิธี 2 คือ Calorie system เป็นระบบที่ใช้วัดค่าพลังงานในอาหาร โดย 1 Cal หมายถึง ปริมาณพลังงานความร้อนที่ต้องการทำให้น้ำ 1 กรัม มีอุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส โดยปกติเพิ่มจาก 14.5 องศาเซลเซียส เป็น 15.5 องศาเซลเซียส การวัดพลังงานความร้อนนี้ต้องใช้เครื่องมือเรียกกว่า bomb calorimeter เพื่อผลาญพลังงานอาหารที่ต้องการวัดค่าพลังงานในสภาพที่มีออกซิเจน

สหราชอาณาจักรใช้ระบบวัดค่าพลังงานที่เรียกว่า British metabolisable energy (ME) มีหน่วยวัดเป็น Joules, Kilojoules และ Megajoules

การเทียบค่าพลังงานระหว่างระบบทั้งสองกระทำได้โดยประมาณ ดังนี้

1 cal = 4.184 joules

1 kgTDN = 3.82 Mcal ME = 19 MJ DE = 16 MJ DE

เมตาบอลิซึมของพลังงานในอาหารสัตว์

พลังงานที่สัตว์ได้รับจากอาหารนั้น ได้มาจากโภชนะ 3 ประเภท ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน โดยต้องผ่านขบวนการเมตาบอลิซึมต่างๆ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในร่างกาย ซึ่งแตกต่างกัน 3 วิธี คือ (ศรีสกุล, 2531)

1. พลังงานสำหรับทำงาน เช่น การเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อร่างกาย การสร้างผลผลิต การทำกิจกรรมต่างๆ ของสรีรวิทยา เป็นต้น

2. พลังงานสำหรับเปลี่ยนไปเป็นความร้อน สำหรับรักษาอุณหภูมิของร่างกาย

3. พลังงานสำหรับสะสมเนื้อเยื่อของร่างกาย เป็นพลังงานที่เกินความต้องการของสัตว์ แต่สัตว์จะไม่สามารถขับถ่ายพลังงานออกจากร่างกายได้ จึงต้องเก็บสะสมไว้เพื่อเป็นแหล่งพลังงานสำรองทั้งในรูปแบบไกลโคเจน และไขมัน

ประเภทของพลังงานในอาหารสัตว์

พลังงานที่ถูกสะสมอยู่ในคาร์โบไฮเดรต และไขมัน เป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของพืชอาหารสัตว์ เมื่อสัตว์ได้รับเข้าไปก็จะได้สารประกอบซึ่งมีคาร์บอนและไฮโดรเจน ในรูปที่สามารถนำไปเผาผลาญให้เกิดเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และให้พลังงานแก่สัตว์ได้ เนื่องจากพลังงานที่ถูกสะสมในอาหารนั้น สัตว์ไม่สามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด และต้องผ่านขบวนการต่างๆของร่างกายเสียก่อน อย่างไรก็ตามหากสัตว์ได้รับโภชนะไม่เพียงพอตามความต้องการ อาจจะทำให้โคมีการเจริญเติบโตต่ำ และอาหารแหล่งพลังงานที่ใช้ในการเลี้ยงโค สามารถแยกออกเป็น 2 ประเภทดังนี้ พลังงานจากแหล่งคาร์โบไฮเดรตและพลังงานจากแหล่งไขมัน (ศรีสกุล, 2531)

พลังงานอาหารจากแหล่งคาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานหลักที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช มีค่าวัตถุแห้งโดยประมาณ 50 - 80 เปอร์เซ็นต์ (ปิ่น และเมธา, 2545) ซึ่งในแหล่งอาหารคาร์โบไฮเดรตสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องมีอยู่ 2 กลุ่มหลักๆคือ คาร์โบไฮเดรตชนิดที่เป็นโครงสร้างพืช (structural carbohydrates) ได้แก่ cellulose, hemicelluloses และ pectin คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างพืช (non-structural carbohydrates; NSC) ได้แก่ แป้ง และน้ำตาล ซึ่งแป้งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญที่สุดในอาหารโคขุน และยังสำคัญต่อจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน เมล็ดธัญพืชโดยทั่วไป หรือพืชหัว จะมีแป้งเป็นส่วนประกอบอยู่ในปริมาณที่มาก ซึ่งจะมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง โดยพบว่าข้าวโพดมีปริมาณแป้งมากที่สุด 70.3 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง รองลงมาเป็น ข้าวสาลี 67.6 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง และข้าวบาร์เลย์57.83 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง (Zebeli et al., 2010)

และคาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งสะสมอาหารที่สำคัญของพืชส่วนใหญ่อยู่ในเมล็ด หัว และราก ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ อะไมโลส (amylose) และอะไมโลเพคติน (amylopectin) ในธรรมชาติแป้งจะอยู่ในรูปของเม็ดแป้ง (granules) ซึ่งมีขนาดและรูปร่าง แตกต่างกัน แล้วแต่ชนิดของพืช โดยมีสัดส่วน amylose และ amylopectin ประมาณ 15-30 และ 70-85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการย่อยสลายองค์ประกอบของแป้ง โดยทั่วไปสัมพันธ์กับระดับความสามารถในการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมน ซึ่งการย่อยสลายของแป้งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ควบคุมการใช้ประโยชน์ของพลังงานสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน และตัวสัตว์ (Nocek and Tamminga, 1991 อ้างโดย ปิ่น และเมธา, 2545) การหมักของแป้งที่มีองค์ประกอบแตกต่างกันในกระเพาะรูเมนมีความผันแปรสูงมากโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความผันแปรในการใช้ประโยชน์ของแป้งขึ้นอยู่กับแหล่งวัตถุดิบ ซึ่ง

มีอัตราการย่อยสลายได้ตั้งแต่น้อยกว่า 40 ถึงเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ (Huber and Herrera-Saldana, 1994 อ้างโดย ปิ่น และเมธา, 2545)

ดังนั้น จะเห็นได้ว่าความผันแปรในการตอบสนองต่อการใช้ประโยชน์ของแป้ง อาจเนื่องมาจากแหล่งวัตถุดิบที่ใช้ในสูตรอาหาร โดยพิจารณาจากการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมน และจากการศึกษาของ Nocek and Tamminga (1991) อ้างโดย ปิ่น และเมธา (2545) พบว่าแป้งจะมีอัตราการถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมนได้อย่างรวดเร็ว โดยอาจมีปัจจัย หลายประการดังนี้ ได้แก่ ชนิดของธัญพืช อายุการเก็บเกี่ยวหรือความแก่อ่อนของแป้งในธัญพืช อัตราส่วนของธัญพืชในอาหารที่สูงขึ้น การที่สัตว์กินอาหารได้ปริมาณมาก และกรรมวิธีในการแปรรูปวัตถุดิบก่อนจะนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ ซึ่งมีเทคนิคหลายๆ อย่างที่สามารถประเมินศักยภาพการใช้ประโยชน์ของพลังงานในสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยพบว่าจะขึ้นอยู่กับแหล่งพลังงาน และกระบวนการแปรรูปอาหาร จากตารางจะเห็นว่า ข้าวโอ๊ตมีการย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (*in situ*) สูงสุด รองลงมาเป็นข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ และมันสำปะหลัง ในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 การย่อยสลายแหล่งวัตถุดิบแหล่งคาร์โบไฮเดรตด้วยวิธี *in vitro ,in situ* และ *in vivo*

วัตถุดิบ	เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ *in vitro ,in situ*	เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ *in vivo*
ข้าวบาร์เลย์	89.9	87.9
ข้าวโพด	58.4	76.4
ข้าวโอ๊ต	94.3	84.0
มันฝรั่ง	59.7	-
ข้าวฟ่าง	54.2	67.3
มันสำปะหลัง	82.7	-
ข้าวสาลี	90.5	89.3

ที่มา: Nocek and Tamminga (1991) อ้างโดย (ปิ่น และ เมธา, 2545)

เมื่อเปรียบเทียบอัตราการย่อยสลายของมันสำปะหลัง กับข้าวโพด และข้าวฟ่าง พบว่าสูงกว่าข้าวโพด และข้าวฟ่าง เป็นผลเนื่องมาจากปริมาณของ amylose ในมันสำปะหลังต่ำกว่าธัญพืชอื่นๆ (Cone et al., 1989 อ้างโดย ปิ่น และเมธา, 2545) คือ มี 20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับ 26.8, 26.9, 29.0 และ 25.7เปอร์เซ็นต์ ในข้าวโอ๊ต ข้าวบาร์เลย์ ข้าวโพด และข้าวสาลี เช่นเดียวกับรายงานของ Sommart et al. (1991) อ้างโดย ปิ่น และเมธา (2545) รายงานว่า อัตราการย่อยสลายของแหล่งพลังงาน 4 ชนิด คือ ข้าวโพดป่น มันเส้น ปลายข้าว และข้าวเปลือกบด ในกระเพาะรูเมน เรียงลำดับจากสูงไปต่ำคือ มันเส้น ข้าวโพด ปลายข้าวและข้าว ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแป้งที่เป็นองค์ประกอบหลักในมันเส้นสามารถใช้ประโยชน์ได้ดีในกระเพาะรูเมน

การทดลองของ Herrera-Saldana et al. (1990) อ้างโดย ปิ่น และเมธา (2545) รายงานว่า แป้งที่มีอัตราการย่อยสลายได้เร็วสามารถกระตุ้นการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนในกระเพาะรูเมน และการไหลผ่านไปยังลำไส้เล็ก ดีกว่ากลุ่มที่ได้รับแป้งที่มีอัตราการย่อยสลายต่ำ เช่นเดียวกับ Omara et al. (1990) อ้างโดย ปิ่น และเมธา (2545) พบว่า การเสริมพลังงานที่มีการย่อยสลายได้เร็ว ช่วยเพิ่มการจับไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนได้ดีกว่า และเพิ่มประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน

ดังนั้นแหล่งพลังงานจะถูกนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน ปัจจุบันจึงมีความสนใจเกี่ยวกับการปรับสมดุลโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตที่ถูกสลายได้ในรูเมนให้สามารถใช้ประโยชน์ได้ในเวลาเดียวกัน (simultaneously) และสมดุลกันมากขึ้น Huber and Herrera-Saldana (1994) อ้างโดย ปิ่น และเมธา (2545) โดยจะทำให้มีการสังเคราะห์จุลินทรีย์เพิ่มขึ้น และพบว่าถ้าโปรตีนกับคาร์โบไฮเดรตไม่สมดุลกัน จะมีผลต่อการสังเคราะห์โปรตีน กรดไขมันที่ระเหยได้ในกระเพาะรูเมน ทำให้ส่งผลต่อผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบในน้ำนม

จากการทดลองของ Boonsaen et al. (2017) ศึกษาผลของระดับโปรตีนและแหล่งพลังงานในอาหารทีเอ็มอาร์ต่อประสิทธิภาพของโคขุน โดยใช้โคสายพันธุ์กำแพงแสนจำนวน 24 ตัว น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 350 กิโลกรัม แบ่งอาหารทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ตัว โดยกลุ่มที่ 1 ได้รับมันเส้นเป็นแหล่งพลังงานและมีโปรตีน 12 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ 2 ได้รับมันเส้นเป็นแหล่งพลังงานและมีโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ 3 ได้รับมันเส้นร่วมกับข้าวโพดบดเป็นแหล่งพลังงานและมีโปรตีน 12 เปอร์เซ็นต์และกลุ่มที่ 4 ได้รับมันเส้นร่วมกับข้าวโพดบดเป็นแหล่งพลังงาน มีโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองพบว่ากลุ่มที่ 1 มีอัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักมีชีวิตสุดท้าย และปริมาณน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสูงสุดกว่าทุกกลุ่มการทดลอง แสดงในตารางที่ 15 ซึ่งสอดคล้องกับ Chanjula et al. (2003) ได้ศึกษาการให้มันเส้นเป็นแหล่งงานอาหารในโคขุน พบว่าการใช้มันเส้นเป็นแหล่งอาหารพลังงานที่ย่อยสลายได้ดีที่สุดในกระเพาะรูเมน ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้สูงถึง 94 เปอร์เซ็นต์ สัตว์สามารถนำผลผลิตที่ได้จากกระเพาะรูเมนไปใช้ประโยชน์ต่อร่างกายได้อย่างเต็มที่ เทียบกับข้าวโพดบดมีเพียงแค่ 56 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น

ตารางที่ 15 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของโคขุนกำแพงแสนที่ได้รับแหล่งพลังงานและระดับของโปรตีนที่แตกต่างกัน

รายการ	มันเส้น		มันเส้นร่วมกับข้าวโพดบด		
	CP 12 (%)	CP 14 (%)	CP 12 (%)	CP 14 (%)	SEM
น้ำหนักเริ่มต้น (กิโลกรัม)	376.00	391.83	381.50	382.67	3.70
น้ำหนักสิ้นสุด (กิโลกรัม)	507.33	520.67	479.66	507.83	2.27
น้ำหนักเพิ่มขึ้น (กิโลกรัม)	131.33	128.83	98.17	125.17	6.09
อัตราการเจริญเติบโต (กิโลกรัม)	1.11	1.09	0.83	1.06	0.05
การเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว	8.81	8.44	10.75	8.80	3.70
ปริมาณการกินอาหาร (%DM)	8.76	8.91	8.56	8.54	0.04

ที่มา: ดัดแปลงจาก Boonsaen et al. (2017)

พลังงานอาหารจากแหล่งไขมัน

ไขมันเป็นแหล่งให้พลังงานแก่ร่างกายเช่นเดียวกับคาร์โบไฮเดรต และประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนเช่นเดียวกัน แต่สัดส่วนของไฮโดรเจนมากกว่าและออกซิเจนน้อยกว่าคาร์โบไฮเดรต ไขมันจึงให้พลังงานมากกว่าถึง 2.25 เท่า ไม่ละลายในน้ำแต่ละลายใน benzene, ether และ chloroform ไขมันตามธรรมชาติประกอบด้วยกรดไขมัน ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภท (ศรีสกุล, 2531)

1. กรดไขมันชนิดอิ่มตัว (Saturated fatty acid) สูตรโครงสร้างจะมีพันธะ (bond) ที่เป็นพันธะเดี่ยวยึดต่อระหว่าง C เข้าด้วยกัน และแต่ละ C จะมี H 2 อะตอม มาเกาะอยู่ตลอดเวลา (-CH 2 – CH 2 -) จะเปลี่ยนแปลงยาก ได้แก่ butyric acid, acetic acid, palmitic acid, stearic acid, arachidonic acid

2. กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) สูตรโครงสร้างจะมีพันธะ (bond) ที่เป็นพันธะคู่ ยึดต่อระหว่าง C เข้าด้วยกัน อย่างน้อย 1 พันธะ (- CH 2 -CH=CH- CH 2 -) ทั้งนี้เพราะ H ถูกขจัดออกจากโมเลกุล ทำให้กรดไขมันอยู่ในสภาพ free radical ตรงตำแหน่งของพันธะคู่ ซึ่งปฏิกิริยานี้จะถูกกระตุ้นหรือเร่งโดยพวกแร่ธาตุในบรรยากาศที่มีออกซิเจนอยู่ด้วย

ถ้าอาหารนั้นไม่ได้เติมสารป้องกันการหืน ทำให้กรดไขมันเปลี่ยนแปลงได้ ได้แก่ oleic acid, linolenic acid ปัจจุบันได้มีการเสริมไขมันในสูตรอาหารโค เพื่อเพิ่มปริมาณพลังงานในอาหาร นอกจากนี้ช่วยลดความเป็นฝุ่น เพิ่มความน่ากิน และทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงขึ้น สอดคล้องกับ Jenkins and McGuire (2006) ได้รายงานว่าการเสริมไขมันในอาหารโคช่วยเพิ่มความหนาแน่นของพลังงาน รวมถึงผลผลิตด้านคุณภาพซาก นอกจากนี้ช่วยลดปริมาณแก๊สเมธเทนที่ขับออกมาจากรูเมนได้ถึง 34 เปอร์เซ็นต์ (Molsley et al., 2007) อย่างไรก็ตามการเสริมไขมันมากกว่า 5 – 6 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหารอาจจะลดประสิทธิภาพการย่อยของเยื่อใยในกระเพาะรูเมน (บุญล้อม, 2527) และแหล่งอาหารไขมันที่นิยมให้เสริมลงในอาหารสัตว์คือ น้ำมันจากเมล็ดธัญพืช น้ำมันปาล์ม สวนิต (2535) รายงานว่าน้ำมันปาล์มมีกรดไขมันอิ่มตัว ปริมาณมากที่สุดคือ กรดปาล์มมิติก (palmitic acid) ซึ่งมีอยู่ร้อยละ 37.9 – 47.7 รองลงมาคือกรดโอเลอิก (oleic acid) มีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวอยู่ร้อยละ 40.7 – 43.9 กรดไลโนลิก (linoleic acid) ร้อยละ 10.4-13.4 และกรดแอลฟาไลโนลิก (linolenic acid) ร้อยละ 0.1-0.6 ซึ่งน้ำมันปาล์มจึงจัดเป็นน้ำมันที่มีคุณภาพสูง ราคาถูก มีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป และจากการศึกษาของ Molsley et al. (2007) ทำการเสริมทำการเสริมน้ำมันปาล์มที่ระดับ 0, 500, 1000 และ 1500 กรัมต่อวันในสูตรอาหาร พบว่า โคกลุ่มที่เสริมด้วยน้ำมันปาล์ม ที่ระดับ 500 กรัมต่อวันมีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งสูงสุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งสอดคล้อง Firkin and Easiridge (1994) รายงานว่าปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งไม่มีผลกระทบจากการเสริมน้ำมันปาล์มถ้าเสริมในระดับที่เหมาะสมคือ 2 – 5 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหาร และจากการทดลองของ Choi et al. (2016) พบว่า การเสริมมันปาล์ม และน้ำมันถั่วเหลืองลงในสูตรอาหารที่ระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ในโคขุนมีอัตราการเจริญเติบโต ค่าเฉลี่ยปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่ไม่เสริมน้ำมัน แสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ผลของการเสริมชนิดของน้ำมันต่อประสิทธิการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของโคขุน

รายการ	อาหารทดลอง		
	ควบคุม	น้ำมันปาล์ม	น้ำมันถั่วเหลือง
น้ำหนักเริ่มต้น (กิโลกรัม)	469.5	470.9	478.2
น้ำหนักสิ้นสุด (กิโลกรัม)	567.7	571.4	553.6
น้ำหนักเพิ่มขึ้น (กิโลกรัม)	98.2	100.5	75.4
อัตราการเจริญเติบโต (กิโลกรัมต่อวัน)	1.06[a]	1.10[a]	0.76[b]
ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง (กิโลกรัมต่อวัน)	10.2[a]	10.0[a]	9.0[b]
คะแนนไขมันแทรก	479.0	508.9	455.6
ความหนาไขมันสันหลัง (ซม.)	1.87	1.95	1.72
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ซม.^{2})	81.8	81.1	80.8

หมายเหตุ[abc] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)
ที่มา: ดัดแปลงจาก Choi et al. (2016)

และจากการศึกษาของ Dutta et al. (2008) เสริมน้ำมันปาล์มที่ระดับ 2.5, 5.0, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร พบว่าค่าการย่อยได้ของโภชนะของทุกระดับการเสริมไม่มีความแตกต่างกัน สอดคล้องกับการทดลองของ Park et al. (2017) ซึ่งศึกษาการเสริมน้ำมันปาล์มลงในสูตรอาหารทดลองในระดับที่ 5 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหารเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของโคขุน พบว่า การเสริมน้ำมันปาล์มที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่ไม่เสริมน้ำมัน แสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ผลของการเสริมน้ำมันปาล์มลงในสูตรอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและลักษณะคุณภาพซาก

รายการ	อาหารทดลอง		SEM
	ควบคุม	น้ำมันปาล์ม	
ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต			
น้ำหนักเริ่มต้น (กิโลกรัม)	549.3	548.8	8.37
น้ำหนักสิ้นสุด (กิโลกรัม)	749.5	756.0	11.46
น้ำหนักเพิ่มขึ้น (กิโลกรัม)	200.3	207.3	7.60
อัตราการเจริญเติบโต (กิโลกรัมต่อวัน)	0.62	0.64	0.02
ลักษณะคุณภาพซาก			
น้ำหนักซากอุ่น (กิโลกรัม)	453.3	454.3	6.91
คะแนนไขมันแทรก	6.7	6.0	0.42
ความหนาไขมันสันหลัง (มม.)	18.3	17.0	1.6
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ซม.^{2})	100.0	82.0	4.67

ที่มา: ดัดแปลงจาก Park et al. (2017)

Ismail et al. (2009) กล่าวว่าการเสริมน้ำมันลงในสูตรอาหารไม่ควรเกิน 5 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหาร เนื่องจากไขมันมีผลต่อการขัดขวางการทำงานของจุลินทรีย์ อีกทั้งกรดไขมันชนิดที่ไม่อิ่มโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดลิโนเลอิก (linoleic acid) และกรดลิโนเลนิก (linolenic acid) ไขมันใน พืชมักเป็น Galactolipids ส่วนที่อยู่ในเมล็ดเป็น Triacylglycerol จุลินทรีย์จะทำการเปลี่ยนไขมันที่กินเข้าไปโดย การเปลี่ยนไขมันที่กินเข้าไปมี 3 กระบวนการ ได้แก่ Hydrolysis โดย Triglycerides ถูก Hydrolyze ให้เป็น Glycerol และกรดไขมัน 3 โมเลกุลโดยปกติ ไขมันพืชจะเกิดการ Hydrolyze ได้สมบูรณ์กว่าไขมันจากสัตว์ Isomerisation กรดไขมันไม่อิ่มตัวจากพืชจะอยู่ในรูป Cis เมื่อเข้าไปในกระเพาะรูเมนจะถูก เปลี่ยนไปอยู่ในรูป Trans การได้รับอาหารไขมันสูงจะไปเคลือบผนังเซลล์ ทำให้จุลินทรีย์ย่อยชิ้นส่วนของอาหารได้ยาก สอดคล้องกับ เมธา (2533) รายงานว่า การเสริมไขมันในระดับที่เหมาะสมควรอยู่ช่วงระหว่าง 2 – 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร และการใช้ไขมันเป็นส่วนประกอบของสูตรอาหารควรพิจารณาถึงต้นทุนค่าอาหารร่วมด้วย

การสะสมไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ

ไขมันแทรกคือลักษณะไขมันที่แทรกอยู่ในมัดกล้ามเนื้อที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าอย่างชัดเจน มองเห็นเป็นเส้นเล็ก ๆ กระจายตัวอยู่ภายในกล้ามเนื้อการสะสมของไขมันแทรกในส่วนต่าง ๆ ของร่างกายไม่เท่ากันจะเพิ่มขึ้นจากส่วนหัวไปยังส่วนท้ายของซากเป็นไขมันที่ร่างกายสะสมเป็นลำดับสุดท้ายแต่จะถูกนำไปใช้ก่อนเมื่อร่างกายขาดแคลนพลังงาน และปริมาณไขมันที่สะสมในซาก (carcass) และในกล้ามเนื้อชั้นใน (Intramuscular) มีปัจจัยหลายปัจจัยที่เกี่ยวเนื่องกับการสร้างไขมันในกล้ามเนื้อเช่น อายุพันธุ์เพศและอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสะสมไขมันในกล้ามเนื้อส่วนใหญ่จะเป็นกลูโคสที่ได้จากการออกซิไดส์แหล่งคาร์โบไฮเดรตจากเซลลูโลส และแป้ง ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการสังเคราะห์กรดไขมันมากกว่าบริเวณไขมันใต้ผิวหนัง (Smith et al., 2009) และชนิดของไขมันที่แทรกอยู่ในชั้นกล้ามเนื้อ ประกอบไปด้วย fatty acids มากกว่า 20 ชนิด แต่หลักๆ มีเพียง 6 ชนิด ที่มีรวมกันมากถึง 92% ของ fatty acid ได้แก่ ได้แก่ oleic acid, palmitic acid, stearic acid, linoleic acid, palmitoleic acid และ myristic acids เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ชนิดของกรดไขมันในไขมันแทรกจะมีกรดไขมัน oleic acid เป็นหลัก โดย oleic acid จะไปกระตุ้น G-protein couplet receptor 43 ในเซลล์ไขมันเพื่อให้เกิดการเพิ่มจำนวนและขยายตัวซึ่ง Oleic สามารถสังเคราะห์ได้ในเนื้อเยื่อโดยการทำงานของเอนไซม์ Δ9 Desaturase (Smith and Crouse, 1984) และจากการศึกษาพบว่าคุณภาพซากเนื้อโคที่มีการเสริมน้ำมันปาล์มที่มีองค์ประกอบของ oleic acid อยู่สูงจะสามารถเพิ่มปริมาณไขมันแทรกในเนื้อโคได้ สอดคล้องกับ Archibeque et al. (2005) รายงานว่าการใช้วัตถุดิบที่มีองค์ประกอบของโอเลอิกอยู่สูงจะสามารถเพิ่มการไหลผ่านของโอเลอิกไปยังลำไส้เล็กขอโคขุนเพื่อส่งต่อไปยังเนื้อเยื่อและไปกระตุ้นการเพิ่มจำนวนและขนาดเซลล์ไขมันได้ และยังลดการเกิด Bio-hydrogenation ในกระเพาะรูเมนซึ่งจะเป็นกระบวนการที่จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักลดการเกิดพิษจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวโดยการเติม H-atom ทำให้กรดไขมัน ไม่อิ่มตัวกลายเป็นกรดไขมันอิ่มตัวเพื่อให้มีการไหลของ oleic acid ไปยังลำไส้เล็กเพิ่มขึ้น

ตลาดโคเนื้อคุณภาพสูง

อุตสาหกรรมโคเนื้อเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญบ่งบอกถึงความมั่นคงในด้านอาหาร เป็นอาชีพเสริมของเกษตรกรชาวนามานานจนเป็นวิถีชีวิต เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อยที่กระจายตัวกันอยู่ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทยกว่าครึ่งหนึ่งอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตลาดของประเทศลาว เวียดนาม และกัมพูชา มีความต้องการบริโภคเนื้อโคเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีการขยายตัวของเศรษฐกิจประเทศไทยจึงมีโอกาสที่จะส่งออกโคเนื้อไปยังประเทศดังกล่าว ดังนั้นการเลี้ยงโคเนื้อในประเทศเพื่อการผลิตนั้น ดูจากความต้องการของตลาดและผู้บริโภค ส่งผลให้มีการเลือกสายพันธุ์โคเนื้อมาปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้ได้ผลผลิตตามความต้องการของตลาด รวมไปถึงเส้นทางการนำเข้าและส่งออกโคเนื้อของประเทศไทย และทุกคนสามารถบริโภคเนื้อโคได้ไม่ว่าศาสนาใดก็ตาม ทำให้มีโอกาสการผลิตเพื่อการส่งออกเนื้อโคไปจำหน่ายได้เพิ่มขึ้น โดยจะเห็นได้ว่า ตลาดโคเนื้อในประเทศไทยโดยรวมสามารถแบ่งได้เป็น 3 ตลาดด้วยกัน คือ ตลาดบน ตลาดกลาง และตลาดล่าง โดยมีสัดส่วนตลาดบนประมาณร้อยละ 20 ที่เหลืออีกร้อยละ 80 เป็น ตลาดกลางและล่าง ในตลาดกลางและล่างจะเป็นโคทุกชนิด ทุกเพศ ทุกวัย ไม่มีข้อจำกัดใดๆ ในด้านการเลี้ยงในตลาดกลางจะส่งขายในตลาดสด เป็นเนื้อสดหรือเนื้อเขียง และส่งตามร้านอาหารทั่วๆไป จะไม่เน้นคุณภาพของเนื้อ ลักษณะของเนื้อจะเป็นเนื้อส่วนขาหลังของโคทั่วไป หรือขาหน้าของโคขุน ส่วนในตลาดล่างจะส่งขายทำลูกชิ้น ซึ่งถือว่าเป็นส่วนใหญ่ของเนื้อโคในตลาดกลางและล่าง ชิ้นส่วนที่ส่งขายคือ ส่วนอื่นๆ ที่ไม่ใช่ช่วงขาหลังหรือส่วนที่ไม่ส่งขายในตลาดสด หรือร้านอาหารทั่วไป ซึ่งในตลาดลูกชิ้นนี้จะไม่เน้นที่คุณภาพของเนื้อ จะเน้นที่ราคาถูกมากกว่า ราคาของเนื้อในตลาดกลางล่างนี้จะเฉลี่ยประมาณ 100-140 บาท/กก. ส่วนในตลาดบนจะเป็นโคขุน เป็นพันธุ์ลูกผสมกับพันธุ์โคต่างประเทศอย่างน้อยร้อยละ 50 มีการดูแลเอาใจใส่อย่างดี ใช้อาหารข้นและหยาบในการขุน ใช้เวลาในการขุนโคประมาณ 10-12 เดือน และเริ่มขุนเมื่ออายุประมาณ 8-12 เดือน ซึ่งมีน้ำหนักประมาณ 200 กิโลกรัม เมื่อขุนเสร็จจะมี น้ำหนักประมาณ 450 กก. กลุ่มผู้บริโภคในตลาดนี้จะเน้นในเรื่องของคุณภาพของเนื้อเป็นสำคัญ เป็นกลุ่มผู้มีรายได้ปานกลางค่อนข้างมากขึ้นไป และนักท่องเที่ยวจากต่างประเทศ ในตลาดบนจะ ส่งขายในซุปเปอร์มาเก็ต ห้องอาหารมีระดับ โรงแรม และแหล่งท่องเที่ยวของคนต่างชาติ ลักษณะ ของเนื้อที่ขายจะเป็นเนื้อแช่เย็นหรือเนื้อผ่านการบ่มซาก ราคาเฉลี่ยประมาณ 300 บาทต่อกิโลกรัม (สว่าง, 2560)

ความต้องการของผู้บริโภคเนื้อโค

ความต้องการของผู้บริโภค และเนื้อที่ผลิตได้นั้นจะต้องตรงความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งความต้องการของผู้บริโภคก็มิได้ขึ้นอยู่กับคุณภาพเนื้อโคที่ผลิตขึ้นว่าต้องมีคุณภาพสูง ผ่านกระบวนการผลิตที่ดีตลอดห่วงโซ่ของการผลิต จากต้นน้ำจนถึงมือผู้บริโภคเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของราคา และฐานะทางเศรษฐกิจของผู้บริโภค รวมไปถึงวัตถุประสงค์ของการจะนำเนื้อโคไปใช้ประโยชน์ด้วย

เนื้อโคที่ผลิตได้ภายใต้ระบบการผลิตของประเทศไทย และหาซื้อได้ในตลาดปัจจุบันนี้อาจแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ (จุฑารัตน์, 2560)

1. ตลาดระดับล่าง เป็นเนื้อโคที่มาจากโคพื้นเมือง โคลูกผสมพื้นเมือง - บราห์มัน โคแก่ โคปลดระวาง โคชายแดน มีส่วนแบ่งในตลาดประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ (จากโค 0.74 ล้านตัว) ผู้บริโภคเนื้อโคกลุ่มนี้คือ ผู้แปรรูปเนื้อ โดยจะนำเนื้อโคไปแปรรูปเป็นลูกชิ้นเนื้อ จำหน่ายเนื้อสดในตลาดสดต่างจังหวัดหรือเขียงเนื้อในตลาดสด เป็นเนื้อที่ถูกนำมาจำหน่ายในวันเดียวกันกับวันที่ฆ่า คุณภาพเนื้อต่ำ เพราะมาจากโรงฆ่าที่ไม่ได้มาตรฐาน และเนื้อค่อนข้างเหนียว เหมาะสำหรับอาหารไทยประเภทแกง ลาบ และอาหารที่ต้องใช้เวลาในการเคี่ยว ต้ม หรือตุ๋น

2. ตลาดระดับกลาง เป็นเนื้อโคที่มาจากโคลูกผสมบราห์มัน - พื้นเมืองที่ผ่านระบบการเลี้ยงขุนที่มีระยะเวลาไม่แน่นอนตั้งแต่ 3- 6 เดือน มีส่วนแบ่งในตลาดประมาณ 58 เปอร์เซ็นต์ (จากโค 0.63 ล้านตัว) ผู้บริโภคคือผู้ที่ซื้อเนื้อจากตลาดสดขนาดใหญ่ในกรุงเทพฯ คุณภาพเนื้ออยู่ในระดับปานกลาง คุณภาพด้านความนุ่มไม่สม่ำเสมอ ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่โคได้รับการขุน ระยะเวลาในการบ่มเนื้อ และเนื้อที่ถูกนำมาจำหน่ายมีทั้งเนื้อที่เป็นเนื้อแช่เย็นและเนื้อสดที่จำหน่ายในวันเดียวกับวันที่ฆ่า และมาจากโรงฆ่าทั่วไปและไม่ได้มาตรฐาน แต่อาจจะถูกนำมาตัดแต่งในโรงงานตัดแต่งที่ได้มาตรฐาน และสามารถจำหน่ายในตลาดโมเดิร์นเทรดได้ ผู้บริโภคกลุ่มนี้จะซื้อเนื้อไปทำอาหารไทยจนถึงอาหารประเภทตะวันตก ได้แก่ สเต็กคุณภาพปานกลาง เนื้อมีคุณภาพเหมาะสมที่จะนำไปแปรรูป ทำผลิตภัณฑ์เนื้อหลากหลายชนิดทั้งแบบพื้นบ้านและแบบตะวันตก เป็นที่ต้องการของโรงงานแปรรูป โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นเนื้อโคที่มาจากโคที่ผ่านการขุนในระยะสั้น

3. ตลาดระดับสูง เป็นเนื้อโคที่มาจากโคขุนลูกผสมเลือดชาร์โลเลส์ ได้แก่ เนื้อโคโพนยางคำ (Thai – French Beef) เนื้อโคกำแพงแสน (KU – beef) ที่เน้นความนุ่มและระดับไขมันแทรกในเนื้อ หรืออาจเป็นเนื้อโคที่มาจากโคขุนเลือดบราห์มันระดับสูงที่ขุนนาน 6 – 8 เดือน เนื้อไม่เน้นระดับไขมันแทรกในเนื้อ เช่น เนื้อโคบีพโปรมีความนุ่ม โดยต้องใช้ระยะเวลาในการบ่มเนื้อนานกว่า โคขุนเลือดชาร์โลเลส์ เป็นเนื้อได้จากโรงฆ่าที่ได้มาตรฐาน เนื้อกลุ่มนี้มีส่วนแบ่งในตลาดประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นที่ต้องการของโรงแรม ร้านสเต็ก ร้านอาหารญี่ปุ่น ร้านอาหารเกาหลี ซุปเปอร์มาร์เก็ต

ชั้นนำ และในปัจจุบันหรืออนาคตข้างหน้าโอกาสในการขยายปริมาณการผลิตเนื้อโคคุณภาพสูงจะเป็นไปได้สูงมาก เนื่องจากในปัจจุบันตลาดโคขุนคุณภาพสูงมีส่วนแบ่งทางการตลาดไม่ถึง 2 เปอร์เซ็นต์ หากขยายกำลังการผลิตสูงขึ้น สิ่งที่ต้องระมัดระวังคือชิ้นส่วนเนื้อขาหลังหรือสะโพก ที่จำเป็นต้องมีการพัฒนาการแปรรูปเน้นผลิตภัณฑ์ หรือการนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบการบริโภคที่หลากหลายมากขึ้น เนื่องจากเป็นชิ้นส่วนที่ไม่เหมาะสมในการนำไปทำอาหารประเภท สเต็ก หรือย่าง

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ MAEJO UNIVERSITY

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

เริ่มดำเนินการ เดือน พฤษภาคม 2561 เสร็จสิ้น เดือน เมษายน 2562

สถานที่ทำการวิจัย

1. ฟาร์มโคนม-โคเนื้อ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้
2. ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้
3. โรงฆ่าสัตว์มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การทดลองครั้งนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง คือ

การทดลองที่ 1 ศึกษาคุณค่าทางอาหาร จลนศาสตร์การผลิตแก๊ส และการย่อยสลายของโภชนะในห้องปฏิบัติการ (*in vitro*)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลพิกัด 1,000 กิโลกรัม
2. อาหารทดลอง
3. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน
4. อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการวัดผลผลิตแก๊ส
5. อุปกรณ์วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในห้องปฏิบัติการสัตว์
6. อุปกรณ์วิเคราะห์การย่อยสลายของโภชนะ

การเตรียมอาหารทดลอง

นำเปลือกและซังข้าวโพดหวานสดจากโรงงานแปรรูปข้าวโพดหวาน อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ นำมาบรรจุลงในถุงพลาสติก และอัดให้แน่นดูดอากาศภายในถุงออกให้มากที่สุด และมัดเชือกให้แน่น สวมทับด้วยถุงกระสอบ Big bag แล้วมัดด้วยเชือกให้แน่นอีกครั้ง หมักทิ้งไว้ 14 วัน ก่อนนำมาใช้ หลังจากครบวันกำหนด ทำการสุ่มตัวอย่างเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก มาผสมร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ ทั้ง 3 สูตร ประกอบด้วย สูตร 2 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 70%TDN (T70) สูตร 3 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากแป้งในธัญพืช (T75C) และสูตร 4 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากน้ำมันปาล์ม (T75F)

ตารางที่ 18 ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลอง ระยะที่ 1 (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง)

ส่วนประกอบ	อาหารข้น[1]	T70[1]	T75C[1]	T75F[1]
เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก	-	30.0	30.0	30.0
มันเส้น	40.0	24.3	24.0	16.1
รำหยาบ	17.8	5.2	2.0	3.0
ข้าวโพดบด	3.8	5.0	14.0	14.4
น้ำมันปาล์ม	-	-	-	2.2
กากถั่วเหลือง	3.6	14.4	15.9	13.0
กากปาล์มรวม	19.2	15.0	8.0	15.0
ยูเรีย	3.5	1.0	1.0	1.0
กากน้ำตาล	10.0	3.0	3.0	3.0
เกลือ	1.0	0.5	0.5	0.5
ไดแคลเซียม	0.5	1.2	1.2	1.2
แร่ธาตุรวม	0.5	0.5	0.5	0.5
รวม	100	100	100	100
องค์ประกอบทางเคมี (จากการคำนวณ)				
โปรตีน	16.83	15.74	15.87	15.65
โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (TDN)	69.92	70.62	75.32	75.58

หมายเหตุ : ประกอบไปด้วย : สูตร 1 อาหารแยกส่วน คือ เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก และอาหารข้น (กลุ่มควบคุม) สูตร 2 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 70%TDN (T70) สูตร 3 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากแป้งจากธัญพืช (T75C) และสูตร 4 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยแหล่งพลังงานจากน้ำมันปาล์ม (T75F) สูตรคำนวณ

โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (TDN) คำนวณจากสมการของ NRC (1989) อ้างโดย (มนต์ชัย และวิโรจน์, 2554) ดังนี้ TDN, % = [Dig. CP + Dig. CF + Dig. NFE + (2.25 x Dig. EE)]

วิธีการทดลอง

นำตัวอย่างอาหารทั้ง 4 สูตร ที่ผ่านการอบเข้าตู้ลมร้อน มาบดในเครื่องที่มีตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร จากนั้นแบ่งอาหารทดลองออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง (DM) โปรตีนหยาบ (CP) เถ้า (Ash) ไขมัน (EE) พลังงานรวม (GE) ด้วยเครื่อง Bomb calorimeter ตามวิธีมาตรฐาน AOAC (1998) และหาเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (NDF) และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (ADF) ตาม วิธีของ Van soest et al. (1991) แสดงในตารางที่ 18 และนำส่วนที่เหลือมาศึกษาจลนพลศาสตร์ของการผลิตแก๊ส (kinetics of gas production) โดยชั่งตัวอย่างอาหารทั้ง 4 สูตร ปริมาณ 0.6 กรัม ลงในขวดย่อย (ขวดวัคซีน ขนาด100 มิลลิลิตร) สูตรละ 4 ขวด แล้วเติมสารละลายบัฟเฟอร์ของ McDougll's saliva buffer ที่เตรียมไว้ล่วงหน้า ในปริมาตร 60 มิลลิลิตร ไล่ออกซิเจนด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 20 วินาที แล้วปิดจุกยาง และนำไปบ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง ก่อนให้อาหารเช้าสุ่มเก็บสิ่งย่อยจากกระเพาะหมัก และบีบของเหลวรูเมนลงในบีกเกอร์ และถ่ายของเหลวที่ได้ลงในกระติกน้ำร้อน แล้วไปยังห้องปฏิบัติการทันที แล้วกรองของเหลวจากกระเพาะหมักจากผ่านผ้าขาวบาง 2 ชั้น ลงในบีกเกอร์ และถ่ายของเหลวที่กรองแล้ว ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 2,000 มิลลิลิตร ที่มีการไล่ออกซิเจนด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และมีแท่ง magnetic strring bar อยู่ภายในขวด และใช้กระดาษฝอยปิดจุกขวดรูปชมพู่ และนำขวดรูปชมพู่ที่บรรจุของเหลว ไปวางบนเครื่องกวนสารแบบไม่ใช้ความร้อน แล้วใช้กระบอกฉีดยาพลาสติกขนาด 60 มิลลิลิตร ต่อเข้ากับสายยางพลาสติกและดูดของเหลวจากกระเพาะหมักในปริมาตร 40 มิลลิลิตร จากขวดรูปชมพู่ เติมลงในขวดย่อยที่มีสภาวะไร้ออกซิเจน และปิดจุกยางพร้อมทั้งครอบฝาอะลูมิเนียมให้แน่นสนิท หลังจากนั้นบ่มขวดย่อยในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส เพื่อวัดปริมาณแก๊ส ณ ชั่วโมงที่ 0, 2, 4, 6, 8 12, 24, 48, 72 และ 96 ด้วยกระบอกฉีดยาพลาสติกขนาด 100 มิลลิลิตร โดยแทงเข็มผ่านทางจุกยางปล่อยให้แก๊สที่ถูกผลิตขึ้นในขวดย่อยดันกระบอกเข็มฉีดยาให้เคลื่อนที่ และรอจนหยุดนิ่ง ทำการจดบันทึกค่าปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นของแต่ละขวดแต่ละซ้ำตามเวลาที่กำหนดของแต่ละชั่วโมง เพื่อประเมินประเมินหาค่าผลผลิตแก๊สรวม (Gas production) และหาค่าจลนศาสตร์การผลิตแก๊สตามสมการของ Ørskov and McDonald (1979) ดังนี้

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

y = ผลผลิตแก๊สที่เกิดขึ้น ณ เวลา t

a = ส่วนที่ละลายได้ง่าย (มิลลิลิตร)

b = ค่าปริมาณ ผลผลิตแก๊สที่ผลิตได้ (มิลลิลิตร) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงศักยภาพในการย่อยสลายอาหาร

c = อัตราการเกิด แก๊ส มีหน่วยเป็น %/ชม.

e = exponential

t = เวลาการเกิดแก๊ส

วัดค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง ในระบบ *in vitro* digestibility โดยใช้เครื่อง Daisy II Incubator (Ankom Technology, Fairport, NY) ซึ่งมีวิธีการเตรียมตัวอย่างอาหาร และ Batch culture ดังนี้ เตรียม F57 filter bag ตามจำนวนตัวอย่างอาหารที่จะใช้หาค่าการย่อยสลาย นำไปล้างด้วย acetone 3–5 นาที และทิ้งให้แห้งโดยไม่ต้องอบ จากนั้นนำไปชั่ง และบันทึกน้ำหนัก (W_1) และนำตัวอย่างอาหารที่ทำการเตรียมไว้แล้วใส่ลงใน F57 filter bag บันทึกน้ำหนัก (W_2) ปิดผนึกปากถุงด้วยเครื่องซีลความร้อน และนำ F57 filter bag (ถุงเปล่า) ชั่งน้ำหนักและปิดผนึกเช่นเดียวกับถุงที่ใส่ตัวอย่างอาหารเพื่อใช้เป็น correction factor (C_1) จากนั้นนำสารละลายบัฟเฟอร์ McDougll's saliva buffer ที่เตรียมไว้ล่วงหน้า เติมลงใน digestion jar ในปริมาตร 1,600 มิลลิลิตรและปิดฝา นำไปใส่ใน Daisy II Incubator ปรับอุณหภูมิของ digestion jar ให้คงที่ ที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส ประมาณ 20 – 30 นาที แล้วเติมของเหลวจากกระเพาะหมักจากโคที่เตรียมไว้ล่วงหน้า ในปริมาตร 400 มิลลิลิตรต่อ digestion jar พร้อมทั้งใส่ F57 filter bag ที่เตรียมไว้วางลงใน digestion jar แล้วไล่อากาศด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นเวลา 20 วินาทีและปิดฝาให้แน่นทำการบ่มที่อุณหภูมิ 39±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากการบ่มครบ 48 ชั่วโมงแล้ว นำ F 57 filter bag มาล้างให้สะอาดด้วยน้ำเย็น แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง และบันทึกน้ำหนัก (W_3) เพื่อใช้คำนวณหาค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง ตามสมการดังนี้

$$\%\text{IVTD DM (DM basis)} = \frac{100\,(W_3 - (W_1 \times C_1) \times 100}{(W_2 \times DM)}$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักถุงเปล่า

W_2 = น้ำหนักตัวอย่างอาหาร

W_3 = น้ำหนักถุงสุดท้ายหลังจากการบ่ม 48 ชั่วโมงและอบแห้ง

C_1 = correction factor (น้ำหนักถุงเปล่าหลังจากการบ่ม 48 ชั่วโมง และอบแห้ง ÷ น้ำหนักถุงเปล่าเริ่มต้น)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจนลศาสตร์การผลิตแก๊ส และการย่อยสลายของโภชนะในห้องปฏิบัติการ (*in vitro*) นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ในโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ SAS Studio 3.8 Basic Edition (Steel et al., 1997)

การทดลองที่ 2 ศึกษาสมรรถภาพการผลิต การย่อยได้ของโภชนะในตัวสัตว์ (*in vivo*) และค่าองค์ประกอบทางชีวเคมีในเลือดของโคเนื้อลูกผสมเพศผู้ตอน (พื้นเมือง x บราห์มัน x ยุโรป)

1. สมรรถภาพการผลิตของโคเนื้อลูกผสมเพศผู้ตอน (พื้นเมือง x บราห์มัน x ยุโรป) ช่วงที่ 1 ระยะเวลาทดลอง 112 วัน

อุปกรณ์ในการวิจัย

1. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลพิกัด 1,000 กิโลกรัม
2. อาหารทดลอง
3. อุปกรณ์วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์

การเตรียมอาหารทดลอง

อาหารหยาบที่ใช้คือ เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักจากโรงงานแปรรูปข้าวโพดหวาน อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ มีวิธีการเตรียม และสูตรอาหารทดลองเหมือนกับการทดลองที่ 1 ทำการสุ่มตัวอย่างเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักมาผสมร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ ทั้ง 3 สูตร ด้วยสัดส่วนอาหารหยาบและอาหารข้น 30:70 โดยทำการผสมอาหารทีเอ็มอาร์ วันละ 2 ครั้ง คือ ก่อนจ่ายอาหารให้แก่โคทดลอง เวลา 06.00 น. และเวลา 15.00 น. ประกอบไปด้วย สูตร 2 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 70%TDN (T70) สูตร 3 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานด้วยแป้งจากธัญพืช (T75C) และสูตร 4 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยเสริมแหล่งพลังงานจากน้ำมันปาล์ม (T75F) ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลองแสดงในตารางที่ 18 โดยอาหารทีเอ็มอาร์ถูกคำนวณให้มีปริมาณโภชนะเพียงพอสำหรับโคเนื้อลูกผสมที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 300 กิโลกรัม ต้องได้รับโภชนะโปรตีนปริมาณ 983 กรัมต่อวัน และต้องได้รับพลังงานที่ร่างกายต้องการเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโต และเพิ่มน้ำหนักตัว 3.15 เมกกะแคลอรี่ต่อวัน โดยคาดว่าจะมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 1,000 กรัมต่อวัน (NRC, 2016)

การเตรียมสัตว์ทดลอง

โคเนื้อลูกผสมเพศผู้ตอน (พื้นเมือง x บราห์มัน x ยุโรป) จำนวน 12 ตัว อายุประมาณ 2 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 319 $\pm$ 0.72 กิโลกรัม ซึ่งโคทุกตัวจะได้รับการฉีดยาถ่ายพยาธิ (IVOMEC-F) วิตามิน เอ ดี อี (AD_3E) และถูกจัดกลุ่มตามน้ำหนักตัว โดยแบ่งโดยออกเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 4 ตัว โคแต่ละตัวถูกเลี้ยงในคอกผูกยืนโรงที่มีแผ่นยางรองนอน และมีบริเวณที่ให้อาหารและน้ำสะอาดแยกกันอย่างอิสระตลอดเวลา (*ad libitum*)

วิธีการทดลอง

โคทุกตัวได้รับอาหารให้วันละ 2 เวลา คือเวลา 7.00 น. และ 16.00 น. เป็นระยะเวลา 112 วัน ซึ่ง 14 วันแรกเป็นระยะเวลาการปรับตัวอาหารทดลอง โดยโคทดลองที่ได้รับอาหารแยกส่วน (กลุ่มควบคุม) จะได้รับอาหารข้นก่อนจ่ายอาหารหยาบ 1 ชั่วโมง ซึ่งในแต่ละวันบันทึกปริมาณน้ำหนักอาหารที่ให้ ปริมาณน้ำหนักอาหารที่เหลือ และสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารของแต่ละตัวในช่วงเช้าของวันถัดไป โดยนำตัวอย่างอาหารเก็บในตู้แช่แข็งที่มีอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส และนำตัวอย่างอาหารที่ได้จากการสุ่มเก็บของแต่ละตัว นำมาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกนำไปวิเคราะห์หาค่าวัตถุแห้ง เพื่อนำมาปรับค่าวัตถุแห้งให้สัตว์ได้รับปริมาณการกินได้ 2.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และอีกส่วนหนึ่งนำวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีนหยาบ (CP) เถ้า (Ash) ไขมัน(EE) และพลังงานรวม (GE) ด้วย Bomb calorimeter ตามวิธีมาตรฐาน AOAC (1998) และหา neutral detergent fiber (NDF) และ acid detergent fiber (ADF) ตาม วิธีของ Van Soest et al. (1970) และทุก 14 วัน ชั่งน้ำหนักตัวสัตว์ทดลองก่อนให้อาหารเช้า 07.00 น.

ในวันที่ 106 – 108 ของการทดลอง เป็นการศึกษาการย่อยสลายของโภชนะในตัวสัตว์ (*in vivo*) สุ่มเก็บตัวอย่างมูล 3 วัน ติดต่อกันแบบรายตัว วันละ 5 ช่วงเวลา คือ 7.00 น. 12.00 น. 17.00น. 22.00 น. และ 01.00 น. ตามลำดับ โดยล้วงคลำผ่านทางทวารหนักในปริมาณ 500 กรัม และนำตัวอย่างมูลที่เก็บได้มาแช่ตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าวัตถุแห้ง โดยนำมูลมาอบเข้าตู้ลมร้อนเป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง และนำตัวอย่างมาบดในเครื่องที่มีตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อนำตัวอย่างมูลมาวิเคราะห์หาค่าเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (AIA) และองค์ประกอบทางโปรตีนหยาบ (CP) เถ้า (Ash) ไขมัน(EE) และพลังงานรวม (GE) ด้วย Bomb calorimeter ตามวิธีมาตรฐาน AOAC (1998) และหา neutral detergent fiber (NDF) และ acid detergent fiber (ADF) ตามวิธีของ Van Soest et al. (1970) เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (\%)} = 100 - 100 \times \frac{\text{\% AIA ในอาหาร x \%โภชนะในมูล}}{\text{\% AIA ในมูล x \%โภชนะในอาหาร}}$$

ในวันที่ 110 ของการทดลอง ทำเก็บตัวอย่างเลือดจากเส้นเลือด Jugular vein บริเวณต้นคอ ก่อนการให้อาหารชั่วโมงที่ 0 และหลังการให้อาหารของชั่วโมงที่ 2 และ 4 หลังจากนั้นนำตัวอย่างเลือดของแต่ละชั่วโมงที่บรรจุในหลอดทดลอง นำมาปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที นาน 5 นาที จากนั้นปิเปตตัวอย่างพลาสมาประมาณ 200 ไมโครลิตรลงใน nest cup เพื่อทำการวิเคราะห์

การตรวจวัดกลูโคส

หลักการวิเคราะห์ ใช้หลักการ Enzymatic UV สำหรับเครื่องวิเคราะห์ยี่ห้อ BX – 3010/4000 โดยกลูโคสในตัวอย่างพลาสมาจะทำปฏิกิริยากับ Hexokinase (HK) ที่อยู่ในน้ำยา และได้ G-6-P ตามสมการดังนี้

$$\text{Glucose} + \text{ATP} \xrightarrow{\text{HK}} \text{G-6-P} + \text{ADP}$$

$$\text{G-6-P} + \text{NADP}^{+} \xrightarrow{\text{G-6-PDH}} \text{Gluconate-6-P} + \text{NADPH} + \text{H}^{+}$$

ซึ่ง G-6-P ที่เกิดขึ้น จะถูกออกซิไดซ์ โดย G-6-PDN ปริมาณ NADPH ที่เกิดขึ้นจะแปรผันโดยตรงกับปริมาณกลูโคสในตัวอย่างพลาสมา

การตรวจวัดยูเรียไนโตรเจน

ใช้หลักการ Rate assay สำหรับตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง JCA–BM–6010/C โดยยูเรียไนโตรเจนในตัวอย่างพลาสมาจะทำปฏิกิริยากับ urease ที่อยู่ในน้ำยา ตามสมการเคมีดังนี้

$$\text{Urea} + 2\,\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{Urease}} 2\,\text{NH}_4^{+} + 2\text{HCO} - 3$$

$$2 - \text{Oxoglutarate} + \text{NH}_4^{+} + \text{NADH} \xrightarrow{\text{GLDH}} \text{L-Glutamate} + \text{NAD}^{+} + \text{H}_2\text{O}$$

ปริมาณ NADH ที่ถูกใช้ไป (ค่าดูดกลืนแสงลดลง) จะแปรผันโดยตรงกับปริมาณยูเรียไนโตเจนในตัวอย่างพลาสมา

การตรวจวัดคอเลสเทอรอล

ใช้หลักการ Enzymatic colorimetric assay สำหรับตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง BX – 3010/4000 โดยคอเลสเทอรอลในตัวอย่างพลาสมาจะทำปฏิกิริยากับ cholesterol esterase และ cholesterol oxidase ที่อยู่ในน้ำยา ตามสมการเคมีดังนี้

$$\text{Cholesterol esters} + H_2O \xrightarrow{\text{Cholesterol esterase}} \text{Cholesterol} + \text{Fatty acid}$$

$$\text{Cholesterol} + O \xrightarrow{\text{Cholesterol oxidase}} \text{Cholesterol -3-one} + H_2O_2$$

$$2H_2O_2 + \text{4-Aminoantipyrine} + \text{Phenol} \xrightarrow{\text{POD}} \text{Quinoneimne} + 4\ H_2O$$

ปริมาณ Quinoneimne ที่เกิดขึ้น จะแปรผันโดยตรงกับปริมาณคอเลสเทอรอลในตัวอย่างพลาสมา

การตรวจวัดไตรกลีเซอรอล

ใช้หลักการ Enzymatic colorimetric assay สำหรับตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง BX – 3010/4000 โดยไตรกลีเซอรอลในตัวอย่างพลาสมาจะทำปฏิกิริยากับ lipoprotein lipase และ 4-Chlorophenol ที่อยู่ในน้ำยา ตามสมการเคมีดังนี้

$$\text{Triglycerides} \xrightarrow{\text{Lipoprotein lipase}} \text{Glycerol} + \text{fatty acid}$$

$$\text{Glycerol} + ATP \xrightarrow{GK,\ Mg^{2+}} \text{Glycerol -3- phosphate} + ADP$$

$$\text{Glycerol - 3 – phosphate} + O_2 \xrightarrow{\text{GPO}} \text{Dihydroxyacetone phosphate} + H_2O_2$$

$$H_2O_2 + \text{4-Aminophenazone} + \text{4-Chlorophenal} \xrightarrow{\text{POD}} \text{Quinoneimne} + HCl + 4\ H_2O$$

ปริมาณ Quinoneimne ที่เกิดขึ้น จะแปรผันโดยตรงกับปริมาณไตรกลีเซอรอลในตัวอย่างพลาสมาที่เกิดขึ้น จะแปรผันโดยตรงกับปริมาณไตรกลีเซอรอลในตัวอย่างพลาสมา

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสมรรถภาพการผลิตของช่วงที่ 1 การย่อยได้ของโภชนะในตัวสัตว์ *(in vivo)* ค่าองค์ประกอบทางชีวเคมีในเลือดนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยทรีตเมนต์ ด้วยวิธี LSMEANS ใน PROC GLM ของโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ SAS Studio 3.8 Basic Edition (Steel et al., 1997)

2. สมรรถภาพการผลิตของโคเนื้อลูกผสมเพศผู้ตอน (พื้นเมือง x บราห์มัน x ยุโรป) ช่วงที่ 2 ตั้งแต่วันที่ 113 ของการทดลอง จนส่งโรงฆ่า

อุปกรณ์ในการวิจัย

1. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลพิกัด 1,000 กิโลกรัม
2. อาหารทดลอง
3. อุปกรณ์วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในห้องปฏิบัติการสัตว์
4. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างอาหารกับมูล และตู้แช่แข็ง – 20 องศาเซลเซียส
5. อุปกรณ์สำหรับตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างเลือด

การเตรียมอาหารทดลอง

อาหารหยาบที่ใช้ คือ เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักจากโรงงานแปรรูปข้าวโพดหวาน อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ มีวิธีการเตรียมเหมือนกับการทดลองที่ 2.1 ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลองแสดงในตารางที่ 19 โดยอาหารทีเอ็มอาร์ถูกคำนวณให้มีปริมาณโภชนะเพียงพอสำหรับโคเนื้อที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 400 กิโลกรัม ต้องได้รับโภชนะโปรตีนปริมาณ 1,079 กรัมต่อวัน และต้องได้รับพลังงานที่ร่างกายต้องการเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโต และเพิ่มน้ำหนักตัว 3.91 เมกกะแคลอรี่ต่อวัน โดยคาดว่าจะมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 1,000 กรัมต่อวัน (NRC, 2016)

การเตรียมสัตว์ทดลอง

หลังจากสิ้นสุดการทดลองของช่วง 1 โคเนื้อลูกผสมเพศผู้ตอน (พื้นเมือง x บราห์มัน x ยุโรป) จำนวน 12 ตัว อายุประมาณ 2 ปี ได้รับการชั่งน้ำหนักเริ่มต้นทุกตัว และได้รับอาหารที่มีการปรับเปลี่ยนสูตรใหม่ ซึ่งน้ำหนักเฉลี่ย 413.25 $\pm$ 30.01 กิโลกรัม โคแต่ละตัวถูกเลี้ยงในคอกผูกยืนโรงที่มีแผ่นยางรองนอน และมีบริเวณที่ให้อาหารและน้ำสะอาดแยกกันอย่างอิสระตลอดเวลา

ตารางที่ 19 ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลอง ช่วงที่ 2 (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง)

ส่วนประกอบ	อาหารข้น[1]	T70[1]	T75C[1]	T75F[1]
	----------เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (%)----------			
เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก		30.00	30.00	30.00
รำหยาบ	15.00	13.00	11.50	13.00
ข้าวโพดบด	52.69	28.50	42.43	34.39
น้ำมันปาล์ม	-	-	-	2.00
กากถั่วเหลือง	10.92	7.51	8.19	8.61
กากปาล์มรวม	14.09	14.99	2.00	6.00
ยูเรีย	0.80	0.50	0.50	0.50
กากน้ำตาล	4.00	3.00	3.00	3.00
เกลือ	1.00	1.00	0.80	1.00
ไดแคลเซียม	1.00	1.00	1.08	1.00
แร่ธาตุรวม	0.50	0.50	0.50	0.50
รวม	100	100	100	100
องค์ประกอบทางเคมี (จากการคำนวณ)				
โปรตีน (%)	14.23	13.88	13.26	13.17
โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (TDN)	70.21	70.82	75.00	75.39

หมายเหตุ[1] สูตร 1 อาหารแยกส่วน คือ เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก และอาหารข้น (กลุ่มควบคุม) สูตร 2 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 70%TDN (T70) สูตร 3 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากแป้งในธัญพืช (T75C) และสูตร 4 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากน้ำมันปาล์ม (T75F)

หมายเหตุ[2] สูตรคำนวณโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (TDN) คำนวณจากสมการของ NRC (1989) อ้างใน (มนต์ชัย และวิโรจน์, 2545) ดังนี้

TDN, % = [Dig. CP + Dig. CF + Dig. NFE + (2.25 x Dig. EE)]

วิธีการทดลอง

โคทดลองทุกตัวได้รับอาหารให้วันละ 2 เวลา คือเวลา 7.00 น. และ 16.00 น. ตั้งแต่วันที่ 113 ของการทดลอง จนกระทั่งส่งโรงฆ่า ซึ่ง 5 วันแรกเป็นระยะเวลาการปรับตัวอาหารทดลอง โดยโคทดลองที่ได้รับอาหารแยกส่วน (กลุ่มควบคุม) จะได้รับอาหารข้นก่อนจ่ายอาหารหยาบ 1 ชั่วโมง ซึ่งในแต่ละวันบันทึกปริมาณน้ำหนักอาหารที่ให้ ปริมาณน้ำหนักอาหารที่เหลือ และสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารของแต่ละตัวในช่วงเช้าของวันถัดไป โดยมีวิธีการเช่นเดียวกันกับการทดลอง 3.2.1

หลังจากทดลองได้ 48 วัน มีความจำเป็นต้องคัดโคทดลองออกจากการทดลอง 4 ตัว ประกอบไปด้วยทรีตเมนต์ละ1 ตัว เนื่องจากโคทดลองมีการเจ็บป่วย และมีโครงสร้างบริเวณแข้งผิดปกติในช่วงระหว่างการทดลอง จึงทำให้ไม่สามารถเลี้ยงขุนต่อไปได้ ดังนั้นโคทดลองในช่วงที่ 2 จะเหลือเพียงแค่ทรีตเมนต์ละ 2 ตัว และในวันที่ 88 ของการทดลอง ทำการส่งโคเข้าโรงฆ่า จำนวน 5 ตัว ก่อนกำหนด โดยมีน้ำหนักเข้าฆ่าเฉลี่ย 463 ± 24.61 กิโลกรัม โดยโคทดลองมีโครงสร้างขนาดเล็กไม่สามารถเจริญเติบโตได้จนถึงน้ำหนักฆ่าที่กำหนดไว้ ส่วนโคที่เหลืออีก 3 ตัว ถูกเลี้ยงต่อซึ่งใช้ระยะเวลา 198 วัน โดยมีน้ำหนักเข้าฆ่า >500 กิโลกรัม ประกอบไปด้วยโคที่ได้รับอาหารแยกส่วน (กลุ่มควบคุม) จำนวน 2 ตัว (ID number 102 กับ 105) และโคที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ (T70) จำนวน 1 ตัว (ID number 104)

วิธีวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เนื่องจากปัญหาจำนวนสัตว์ทดลองไม่เพียงพอ จึงแสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย และบรรยายเชิงพรรณนา

การทดลองที่ 3 ศึกษาลักษณะคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ ต้นทุนการเลี้ยงโค และผลตอบแทนของโคเนื้อลูกผสมเพศผู้ตอน (พื้นเมือง x บราห์มัน x ยุโรป)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลพิกัด 1,000 กิโลกรัม
2. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างเนื้อ ตู้เย็นและตู้แช่แข็ง - 20 องศาเซลเซียส
3. อุปกรณ์วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์
4. ไม้บรรทัดวัดความหนาของไขมันสันหลัง
5. เครื่องวัดแผนที่ (Planimeter) ชนิดอิเล็คทรอนิคส์ KOIZUMI รุ่น Placom KP-90N
6. เครื่องวัดกรด-ด่างเนื้อสัตว์ Meat pH Meter (Portable) ยี่ห้อ HANNA รุ่น HI99163
7. เครื่องวัดค่าสีเนื้อ รุ่น (KONICA – MINORTA CR-400 HANNA INSTRUMENT)
8. เครื่อง Instron Model 3433 Universal test machine, USA

1. ลักษณะคุณภาพซากคุณภาพของเนื้อโคเนื้อลูกผสมเพศผู้ตอน (พื้นเมือง x บราห์มัน x ยุโรป)

วิธีการทดลอง

หลังจากโคทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ย 463 ± 24.61 กิโลกรัม จำนวน 5 ตัว และมีน้ำหนัก 543 ± 33.50 กิโลกรัม จำนวน 3 ตัว ถูกทำการพักโคโดยการให้อดอาหารเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักก่อนฆ่า ใช้ขั้นตอนวิธีการฆ่าแบบมาตรฐานสากล ตามแบบของ National Livestock and Meat Board ของกระทรวงเกษตรประเทศสหรัฐอเมริกา อ้างโดย ปรารถนา (2533) และทำการเก็บข้อมูลดังนี้

1. ชั่งน้ำหนักก่อนเข้าบ่มซาก และชิ้นส่วนอวัยวะทั้งภายในและภายนอกทุกชิ้นส่วน และนำซากโคเก็บเข้าตู้แช่ในห้องเย็นที่มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน หลังจากครบ 7 วัน ทำการชั่งน้ำหนักหลังบ่มซาก 7 วัน ตัดแต่งซาก ตามแบบของ National Livestock and Meat Board ของกระทรวงเกษตรประเทศสหรัฐอเมริกา และชั่งน้ำหนักชิ้นส่วนซาก กระดูกจากน้ำหนักซากเย็น และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ซาก และเปอร์เซ็นต์ส่วนต่างๆ ได้ตามสูตรที่แสดงไว้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ซากอุ่น} = \frac{\text{น้ำหนักซากก่อนบ่มซาก}}{\text{น้ำหนักมีชีวิต}} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ซากเย็น} = \frac{\text{น้ำหนักซากหลังบ่มซาก } 7 \text{ วัน}}{\text{น้ำหนักมีชีวิต}} \times 100$$

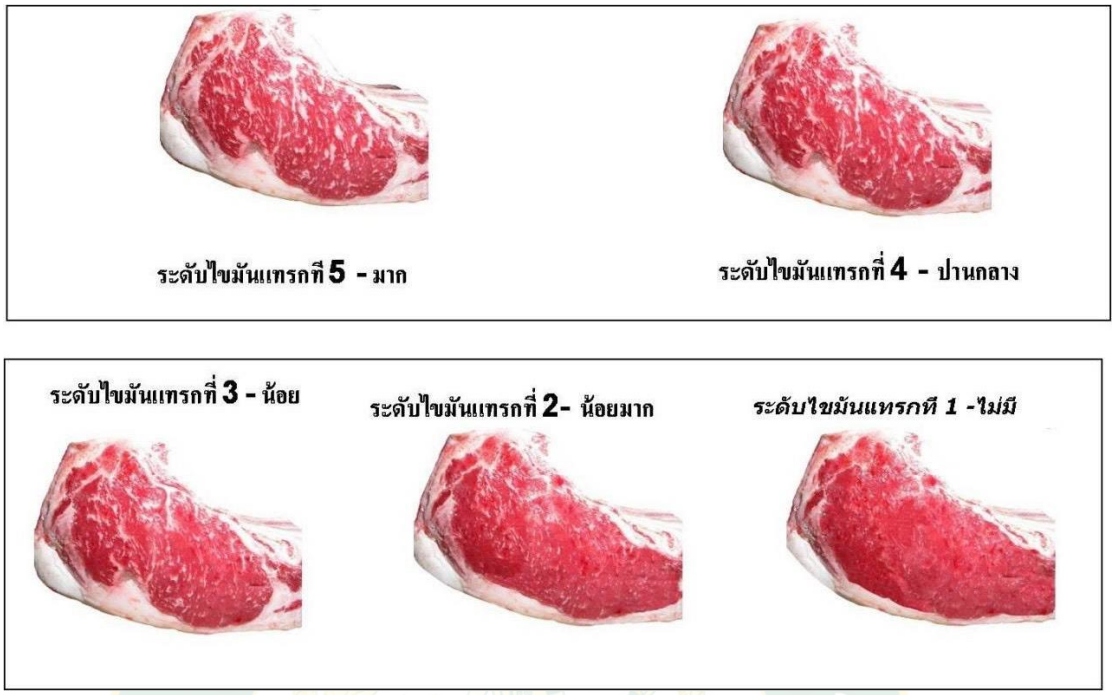
$$\text{เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนซาก} = \frac{\text{น้ำหนักชิ้นส่วนซาก}}{\text{น้ำหนักซากเย็น}} \times 100$$

2. วัดค่า pH หลังการฆ่า 45 นาที และ 24 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องวัดกรด-ด่างเนื้อสัตว์ Meat pH Meter (Portable) HACCP รุ่น HI99163 โดยสอดแทงปลาย electrode เข้าที่บริเวณกล้ามเนื้อประมาณ 1.5 นิ้ว บริเวณตำแหน่งกล้ามเนื้อสะโพก และกล้ามเนื้อสันนอกตำแหน่งกระดูกซี่โครงระหว่างซี่ที่ 12 และ13 (สัญชัย, 2547)

3. วัดค่าสีของเนื้อ (meat color) วัดจากตำแหน่งกล้ามเนื้อสะโพก และกล้ามเนื้อสันนอกจำนวน 3 ตำแหน่งด้วยเครื่องขนาดเล็ก รุ่น (KONICA – MINORTA CR-400 HANNA INSTRUMENT) และทำการบันทึกค่าเฉลี่ย L* (ค่าความสว่าง), a* (ค่าความเป็นสีแดงหรือสีเขียว) และ b* (ค่าความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (สัญชัย, 2547)

4. วัดขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอก หลังทำการบ่มซาก 7 วัน ก็ดำเนินการเปิดซาก และใช้แผ่นใสทาบบริเวณตำแหน่งเนื้อสัน ขีดตามเส้นรอบพื้นที่หน้าตัด จากนั้นวัดขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันโดย ใช้เครื่องวัดเนื้อที่ (Planimeter) ชนิดอิเล็คทรอนิคส์ KOIZUMI รุ่น Placom KP-90N (มีหน่วยวัดเป็นตารางเซนติเมตร) และวัดความหนาไขมันสันหลังด้วยอุปกรณ์ไม้บรรทัดเหล็ก โดยวัดห่างจากกระดูกสันหลัง ระยะ 3 ใน 4 ของหน้าตัดเนื้อสัน (มีหน่วยวัดเป็นเซนติเมตร) (สัญชัย, 2547)

5. ประเมินไขมันเทรก (marbling score) ทำการประเมินหลังจากบ่มซากในตู้แช่เย็น 4 องศาเซลเซียสครบ 7 วัน จากนั้นผ่าซากบริเวณกล้ามเนื้อสันนอกโดยตำแหน่งกระดูกซี่โครงระหว่างซี่ที่ 12 และ13 ซึ่งประเมินไขมันแทรกจากเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi*) โดยยึดหลักวิธีการให้คะแนนไขมันแทรกตามมาตรฐาน มกอช. 6001 – 2547 แสดงในภาพที่ 2 โดยมีคะแนนตั้งแต่ 1 (ไม่มีเลย) 2 (น้อยมาก) 3 (น้อย) 4 (ปานกลาง) 5 (มาก) (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2547)



ภาพที่ 1 แสดงถึงคะแนนระดับไขมันแทรกตามมาตรฐาน มกอช 6001 – 2547

ที่มา: สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2547)

6. ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity, WHC) เพื่อหาค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่าง การแช่ การละลาย และการทำให้สุกจากการต้ม สามารถปฏิบัติได้ดังนี้

6.1 ค่าสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น (Drip loss) ใช้เนื้อตัวอย่างจากบริเวณกล้ามเนื้อสันนอกและสะโพก โดยตัดเนื้อตัวอย่างให้มีความหนาประมาณ 2.5 เซนติเมตร หรือ 1 นิ้ว ชั่งน้ำหนักก่อน (W_1) ห่อหุ้มชิ้นส่วนด้วยผ้าขาวบาง เพื่อใช้ในการซับน้ำของเนื้อที่สูญเสียออกมา เพื่อที่จะทำให้ได้ค่าที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น แล้วบรรจุแขวนในถุงพลาสติกให้สูงจากก้นถุงประมาณ 1.5 – 2.0 นิ้ว ปิดปากถุงแน่นกันลมเข้าออก จากนั้นใช้เชือกแขวนไว้ในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง และเมื่อครบเวลากำหนด นำตัวอย่างชิ้นเนื้อออกจากถุงโดยซับเอาของเหลวที่ติดกับตัวอย่างเนื้อด้วยผ้าขาวบาง (ผ้าก๊อต) และชั่งน้ำหนักไว้ (W_2) คิดค่าสูญเสียน้ำหนักได้โดยของวิธีการของ สัญชัย (2547) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์จากการสูญเสียหลังแช่เย็น

$$\text{Drip loss (\%)} = \frac{(w_1 - w_2) \times 100}{w_1}$$

6.2 ค่าสูญเสียจากการแช่แข็ง (Freezing loss) โดยนำเนื้อตัวอย่างที่ได้ทำการชั่งน้ำหนัก (W_1) เรียบร้อยแล้ว นำไปแช่ตู้แช่แข็งที่ – 20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 เดือน จากนั้นนำตัวอย่างเนื้อที่ผ่านการแช่แข็ง ออกมาละลายไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นการซับน้ำและชั่งน้ำหนัก (W_2) บันทึกข้อมูลคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์สูญเสีย

$$\text{Freezing loss (\%)} = \frac{(w_1 - w_2)}{w_1} \times 100$$

6.3 ค่าการสูญเสียน้ำจากการต้ม (Cooking loss) โดยนำเนื้อตัวอย่างที่ได้ทำการชั่งน้ำหนัก (W_1) เรียบร้อยแล้ว บรรจุใส่ถุงรีดอากาศออกให้หมด จากนั้นมัดถุงให้แน่นให้มีอากาศน้อยที่สุด และนำไปต้มอ่างควบคุม ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 20 นาที จึงเอาตัวอย่างเนื้อออกมาซับน้ำแล้วและทำการชั่งน้ำหนัก (W_2) บันทึกข้อมูลคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์สูญเสีย (สัญชัย , 2547)

$$\text{Cooking loss (\%)} = \frac{(w_1 - w_2)}{w_1} \times 100$$

6.4 ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Shear force value) นำเนื้อตัวอย่างที่ผ่านการวัดค่าการสูญเสียน้ำจากการต้ม (Cooking loss) นำมาตัดแต่งเตรียมตัวอย่างให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.27 เซนติเมตร เพื่อหาการวัดค่าแรงตัดผ่านโดยใช้เครื่อง Instron Model 3433 Universal test machine, USA.

7. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี บริเวณกล้ามเนื้อสะโพก และบริเวณกล้ามเนื้อสันนอก โดยนำตัวอย่างกล้ามเนื้อทั้ง 2 ตำแหน่ง บดรวมกัน เพื่อวิเคราะห์ค่าความชื้น เถ้า ไขมัน และโปรตีน โดยวิธี proximate analysis (AOAC, 1998)

2. ต้นทุนการเลี้ยง และผลตอบแทนจากการเลี้ยงโคเนื้อลูกผสมเพศผู้ตอน (พื้นเมือง x บราห์มัน x ยุโรป)

หลังจากสิ้นสุดระยะเวลาการเลี้ยง ทำการวิเคราะห์หาต้นทุนการเลี้ยงและผลตอบแทนที่ได้รับ ซึ่งสามารถเลือกคำนวณได้จากสมการข้อ 1 - 5 ตามลำดับ

1. ค่าพันธุ์โค = น้ำหนักมีชีวิตเมื่อเริ่มงานทดลอง x ราคาสัตว์มีชีวิต
2. ค่าอาหาร = ปริมาณอาหารที่กิน x ราคาอาหาร
3. ต้นทุนการเลี้ยง = ค่าพันธุ์โค + ค่าอาหาร
4. รายรับจากการขายซากโค = น้ำหนักซากเย็น x ราคารับซื้อซากเย็น
5. ผลตอบแทน = รายรับจากการขายซากโค – ต้นทุนการเลี้ยง

วิธีวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เนื่องจากปัญหาจำนวนสัตว์ทดลองไม่เพียงพอ จึงแสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย และบรรยายเชิงพรรณนา

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 ศึกษาคุณค่าทางอาหาร จลนศาสตร์การผลิตแก๊ส การย่อยสลายของโภชนะทางห้องปฏิบัติการ (*in vitro*)

คุณค่าทางอาหาร

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของ 4 สูตรอาหารทดลอง ประกอบไปด้วย สูตร 1 อาหารแยกส่วน คือ เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก และอาหารข้น (กลุ่มควบคุม), สูตร 2 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 70%TDN (T70), สูตร 3 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากแป้งในธัญพืช (T75C) และสูตร 4 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากน้ำมันปาล์ม (T75F) แสดงในตารางที่ 20 โดยพบว่าเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักในการศึกษาครั้งนี้ ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Jorgensen and Crowley (1972) ซึ่งมีคุณค่าทางอาหารของวัตถุแห้ง โปรตีน ความชื้น เท่ากับ 23.00, 8.80, 77.00 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเยื่อ ADF และNDF ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Jaster and Murphy (1983) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 37.40 และ 59.40 เปอร์เซ็นต์ โดยทั่วไปแล้วอาหารหยาบหมักคุณภาพดีควรมีค่าวัตถุแห้งอยู่ช่วงระหว่าง 25 – 35 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นอยู่ช่วงระหว่าง 70 - 75 เปอร์เซ็นต์ (Jaster et al., 1983) หากมีความชื้นสูงเกินไปจะส่งผลให้อาหารหยาบหมักที่ได้มีคุณภาพไม่ดีเพราะของเหลวที่ไหลออกมาจากอาหารหยาบที่กำลังหมักอยู่จะทำให้อาหารหยาบหมักสูญเสียกรดแลคติกและโภชนะที่มีประโยชน์ต่อโค นอกจากนี้ความชื้นสูงยังส่งผลทำให้มีปริมาณกรดแลคติกต่ำ ทำให้ค่าpH ลดลงช้า และสารอาหารที่ควรจะเป็นประโยชน์ต่อโคต้องถูกนำมาใช้ในการผลิตกรดแลคติกเพิ่มขึ้น หรือในทางตรงกันข้ามกรดแลคติกที่ผลิตได้อาจถูกเปลี่ยนเป็นกรดบิวทิริคส่งผลทำให้พืชหมักเกิดการสูญเสีย (ชาลินี, 2560) ส่วนอาหารข้นที่ใช้ในการทดลอง (กลุ่มควบคุม) มีคุณค่าทางอาหารของวัตถุแห้งเท่ากับ 88.36 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีน 13.42 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าระดับของโปรตีนในอาหารข้นมีค่าต่ำกว่าค่าที่คำนวณไว้ถึง 3.41 เปอร์เซ็นต์ อาจเนื่องมาจากความแปรปรวนของวัตถุดิบที่นำมาใช้ผสมในแต่ละรอบ อาจมีค่าโภชนะไม่เท่ากันในทุกรอบจึงส่งผลต่อคุณค่าทางอาหารที่แตกต่างจากค่าที่คำนวณไว้ จึงเป็นผลทำให้โคทดลอง (กลุ่มควบคุม) ได้รับโภชนะโปรตีนไม่เพียงพอตามความต้องการจึงทำให้มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตต่ำกว่ากลุ่มอื่น ซึ่งปกติแล้วความต้องการโปรตีนของโคเนื้อลูกผสมน้ำหนัก 300 กิโลกรัม ควรได้รับโปรตีนโดยประมาณ 15 – 16 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความชื้นของสูตร

อาหารยังอยู่ในช่วงที่เป็นค่ามาตรฐานของอาหารสัตว์ประเภทอาหารข้น (concentrate) ไม่มากกว่า 13 เปอร์เซ็นต์

ส่วนระดับเยื่อใยADF และเยื่อใย NDF ของอาหารข้นจากการวิเคราะห์ พบว่ามีค่าเยื่อใย ADF และNDF เท่ากับ 3.53 และ 3.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปิ่น และเมธา (2546) รายงานว่า เยื่อใย ADF และเยื่อใย NDF ระดับที่เหมาะสมในสูตรอาหารโค คือ อยู่ช่วงระหว่าง 20 เปอร์เซ็นต์ หรือไม่ต่ำกว่า < 19.4 และ 26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หากพิจารณาจากสูตรอาหารจะเห็นได้ว่าในสูตรอาหารข้นมีส่วนประกอบของรำหยาบสูงถึง 17.8 เปอร์เซ็นต์ เนื่องรำหยาบมีส่วนผสมของแกลบปนและมีองค์ประกอบเยื่อADF และเยื่อใย NDF เท่ากับ 31.77 และ65.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย, 2551)

ส่วนระดับวัตถุแห้งในอาหารทีเอ็มอาร์ทั้ง 3 สูตร พบว่าสูตรที่ใช้แหล่งพลังงานจากไขมัน (T75F) มีค่าวัตถุแห้งต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตร (T70 และ T75C) ซึ่งค่าวัตถุแห้งของอาหารทีเอ็มอาร์ทั้ง 3 สูตร อยู่ในช่วงที่เหมาะสมคือ 41.95 – 44.41 เปอร์เซ็นต์ โดยความชื้นของอาหารทีเอ็มอาร์ที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 40-60 เปอร์เซ็นต์ (วิโรจน์, 2559) ซึ่งความชื้นเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่ออาหารทีเอ็มอาร์เนื่องจากมีส่วนช่วยให้อาหารมีความอ่อนนุ่มและผสมเข้ากันได้มากขึ้นและช่วยเพิ่มความน่ากินและลดการเลือกกินอาหารของโค ส่วนระดับโปรตีนในอาหารทีเอ็มอาร์ทั้ง 3 สูตร (T70 T75C และT75F) มีค่าเท่ากับ 15.39 – 15.97 เปอร์เซ็นต์ โดยสูตรอาหารทีเอ็มอาร์ทั้ง 4 สูตรมีระดับโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับโคขุนที่มีน้ำหนักตัวอยู่ช่วงระหว่าง 300 – 400 กิโลกรัม ส่วนระดับเยื่อใยADF และใยเยื่อNDF ในอาหารทีเอ็มอาร์ทั้ง 3 สูตร (T70 T75C และT75F) มีค่าอยู่ในช่วง 23.37 – 26.80 เปอร์เซ็นต์ และ 35.08 -36.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับการรายงานของ ฉลอง และคณะ (2546) กล่าวว่า อาหารทีเอ็มอาร์ที่เหมาะสมแก่การนำมาจ่ายให้แก่โค ควรมีเยื่อใย ADF และเยื่อใย NDF อยู่ช่วงในช่วง 20 – 25 เปอร์เซ็นต์ และ 30 - 35 เปอร์เซ็นต์ และหากเยื่อใย NDF กับเยื่อใย ADF มีค่าสูงเกินความเหมาะสมอาจมีผลต่อปริมาณการกินได้ของโค (เมธา, 2533)

ตารางที่ 20 คุณค่าทางอาหารของอาหารทดลองช่วงที่ 1

ส่วนประกอบ	อาหารหยาบ[1]	อาหารข้น[1]	T70[1]	T75C[1]	T75F[1]
วัตถุแห้ง	23.75	88.36	43.35	44.41	41.95
	----------เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้----------				
โปรตีน	9.06	13.42	15.57	15.48	15.39
ไขมัน	1.97	1.45	1.91	2.05	4.11
เยื่อใย ADF	39.65	16.47	26.44	23.37	26.80
เยื่อใย NDF	76.08	29.09	35.08	35.18	36.72
พลังงานรวม (Kcal/kg)	4.00	4.06	4.08	4.18	4.23
โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (TDN)	61.04	70.35	70.74	75.15	75.45

หมายเหตุ[1]: อาหารทดลอง ประกอบไปด้วย สูตร 1 อาหารแยกส่วน คือ เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก และอาหารข้น (กลุ่มควบคุม), สูตร 2 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 70%TDN (T70), สูตร 3 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากแป้งในธัญพืช (T75C) และสูตร 4 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากน้ำมันปาล์ม (T75F)
หมายเหตุ[2]: สูตรคำนวณโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (TDN) คำนวณจากสมการของ NRC (1989) อ้างโดย (มนต์ชัย และวิโรจน์, 2515) ดังนี้ TDN, % = [Dig. CP + Dig. CF + Dig. NFE + (2.25 x Dig. EE)]

จลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สและการย่อยได้ของโภชนะทางห้องปฏิบัติการ (*in vitro*)

จากการศึกษาปริมาณผลผลิตแก๊สของอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร แสดงในภาพที่ 1 พบว่าในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากน้ำมันปาล์ม (T75F) มีแนวโน้มปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมที่ผลิตได้สูงกว่าทุกกลุ่มการทดลอง ($P=0.06$) และหากพิจารณาจากสูตรอาหารดังกล่าวจะเห็นได้ว่ามีปริมาณของเยื่อใย ADF และเยื่อใย NDF สูงสุดเทียบกับสูตรอาหารทีเอ็มอาร์อื่น มีค่าเท่ากับ 26.80 และ 36.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งส่งผลทำให้การหมักย่อยเยื่อใยทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ เกิดการผลิตแก๊สสะสมได้สูง (พีรพจน์ และกฤตพล, 2550)

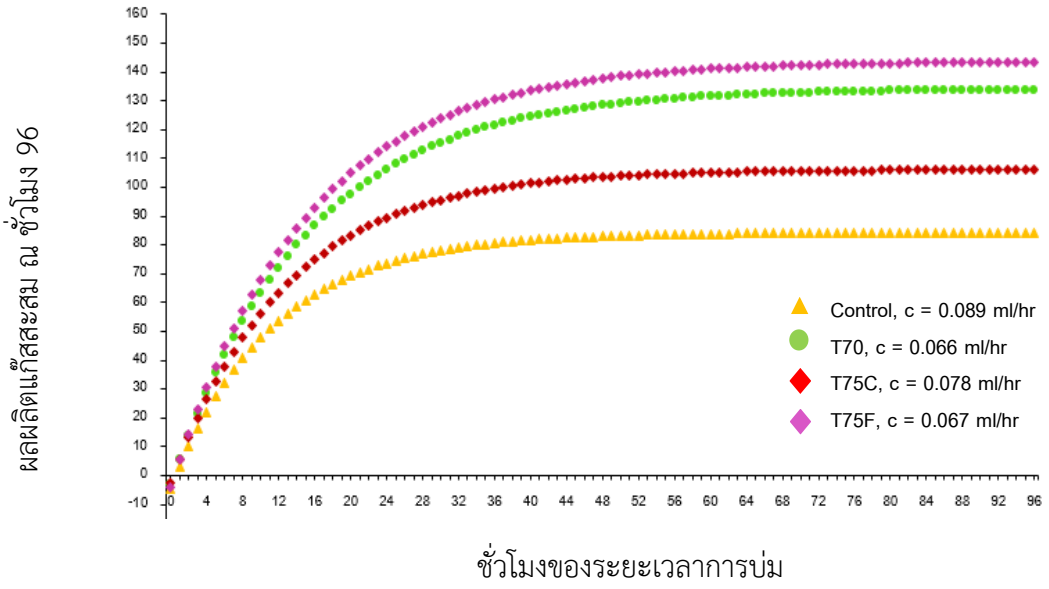
สำหรับค่าจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊ส แสดงในตารางที่ 21 ได้แก่ ปริมาณแก๊สที่ได้จากส่วนที่ละลายน้ำได้ยาก (b) และศักยภาพการผลิตแก๊ส (Y) ของอาหารทีเอ็มอาร์ (T75F) มีแนวโน้มปริมาณจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สสูงกว่าทุกกลุ่มการทดลอง ($P=0.06$) เช่นกัน สอดคล้องกับ Sommart et al. (2000) รายงานว่าหากองค์ประกอบทางเคมีของอาหารมีเส้นใยเฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลสอยู่ในปริมาณที่มาก จะทำให้จุลินทรีย์สามารถใช้ประโยชน์ในการย่อยอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพส่งผลต่อศักยภาพในการผลิตแก๊สเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 21 ผลของรูปแบบการให้อาหารและระดับพลังงานที่ต่างกันต่อจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สและการย่อยได้ของโภชนะ (ด้วยวิธี *in vitro*)

รายการ	ควบคุม[1]	T70[1]	T75C[1]	T75F[1]	SEM	P-value
ผลผลิตแก๊สสะสม 96 ชั่วโมง (Cgas2)	91.00	137.25	111.00	146.00	0.33	0.06
จลนพลศาสตร์การผลิตแก๊ส[2]						
a	-4.4	-3.2	-2.6	-4.1	0.33	0.73
b	88.72	137.45	108.82	147.95	0.01	0.07
c	0.088	0.066	0.078	0.066	0.09	0.66
Y	87.57	134.17	106.13	143.80	0.34	0.06
การย่อยได้ของวัตถุแห้ง ณ 48 ชั่วโมง[3]	72.93^{c}	83.86^{b}	89.17^{a}	83.94^{b}	0.15	0.02

หมายเหตุ ^{abc} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

อาหารทดลอง[1] ประกอบไปด้วย สูตร 1 อาหารแยกส่วน คือ เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก และอาหารข้น (กลุ่มควบคุม), สูตร 2 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 70%TDN (T70), สูตร 3 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากแป้งในธัญพืช (T75C) และสูตร 4 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากน้ำมันปาล์ม (T75F) จลนพลศาสตร์การผลิตแก๊ส[2] โดยใช้สมการ Y = a+b (1-e (-ct)) (Ørskov and McDonald, 1979) a = ปริมาณแก๊สที่ได้จากส่วนที่ละลายน้ำได้ง่าย, b = ปริมาณแก๊สที่ได้จากส่วนที่ละลายน้ำได้ยาก c = อัตราการหมักย่อย, Y = ศักยภาพในการผลิตแก๊ส คือ a+b, การย่อยได้ของวัตถุแห้ง ณ 48 ชั่วโมง[3] วัดค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง ในระบบ *in vitro* digestibility โดยใช้เครื่อง Daisy II Incubator (Ankom Technology, Fairport, NY)



ภาพที่ 2 จลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สของรูปแบบการให้อาหารและระดับพลังงานต่างกัน

การทดลองที่ 2 ศึกษาสมรรถภาพการผลิต การย่อยได้ของโภชนะตัวสัตว์ (*in vivo*) ค่าองค์ประกอบทางชีวเคมีในเลือด ของโคเนื้อลูกผสมเพศผู้ตอน (พื้นเมือง x บราห์มัน x ยุโรป)

สมรรถภาพการผลิต การย่อยได้ของโภชนะตัวสัตว์ (*in vivo*) และค่าองค์ประกอบทางชีวเคมีในเลือด ช่วงที่ 1 ระยะเวลาทดลอง 112 วัน

ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

จากการศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของโคเนื้อลูกผสมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร ประกอบด้วย ประกอบไปด้วย สูตร 1 อาหารแยกส่วน คือ เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักและอาหารข้น (กลุ่มควบคุม), สูตร 2 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 70%TDN (T70), สูตร 3 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากแป้งในธัญพืช (T75C) และสูตร 4 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากน้ำมันปาล์ม (T75F) แสดงในตารางที่ 22 มีน้ำหนักตัวเริ่มต้นใกล้เคียงกัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 319.41 ± 0.87 กิโลกรัม ขณะที่กลุ่มที่ได้รับอาหารแยกส่วน (กลุ่มควบคุม) มีน้ำหนักตัวสุดท้ายต่ำกว่าทุกกลุ่มการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนกลุ่มที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ (T75C) มีน้ำหนักตัวสุดท้าย น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโต เปอร์เซ็นต์การกินได้ของน้ำหนักตัวใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณไว้ คือมีปริมาณการกินได้อยู่ช่วง 2.31 (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว) และมีอัตราการเจริญเติบโต 1,079 กรัมต่อวัน ซึ่งปกติแล้วจะเห็นได้ว่าโคขุนที่มีน้ำหนักตัวในช่วง 400 กิโลกรัม โดยคาดให้มีอัตราการเจริญเติบโต 1,000 กรัมต่อวัน ควรจะมีปริมาณการกินได้อยู่ช่วง 2.30 (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว) (Paul et.al., 1984) อาจเป็นผลมาจากโคในช่วงน้ำหนักนี้จะอยู่ในช่วงของการสร้างกล้ามเนื้อ หากได้รับโภชนะในรูปของโปรตีน และพลังงาน เพียงพอต่อการสร้างผลผลิต จะส่งผลทำให้โคมีน้ำหนักตัวที่สูง (บัญญัติ, 2549)

ปริมาณการกินได้

จากการศึกษาปริมาณการกินได้โคเนื้อลูกผสม แสดงในตารางที่ 22 พบว่ามี ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งรวม ทั้ง 4 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และเมื่อคำนวณปริมาณการกินได้ของอาหารข้นต่ออาหารหยาบ พบว่ามีสัดส่วนเท่ากับ 73 : 26 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสัดส่วนที่กำหนดไว้ คือสัดส่วนอาหารข้นต่ออาหารหยาบ 70 : 30 ทั้งนี้จากการสังเกต พบว่าโคกลุ่มที่ได้รับอาหารแยกส่วน คือจ่ายอาหารข้น และอาหารหยาบแยกกัน มีพฤติกรรมนิสัยเลือกกินอาหาร และส่วนใหญ่จะเลือกกินส่วนของอาหารที่มีขนาดชิ้นเล็ก (เช่น อาหารข้น) ก่อนที่จะกินส่วนที่เป็นอาหารหยาบ (นัทธมน และพีรพจน์, 2556)

ส่วนปริมาณการกินได้ในรูปของโปรตีนรวม และพลังงานรวมของโคเนื้อลูกผสมได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่กลุ่มที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ (T75C) มีแนวโน้มปริมาณการกินได้ของโปรตีนรวมและพลังงานสูงกว่ากลุ่มอื่น (P = 0.06) อาจจะเป็นไปได้ว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ (T75C) มีการใช้แหล่งพลังงานจากแป้งตัวเพิ่มระดับพลังงานให้สูงขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปการใช้วัตถุดิบประเภทแป้ง จะส่งผลทำให้ระดับปริมาณการกินได้เพิ่มสูง เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลผ่านของสิ่งย่อยมีค่อนข้างรวดเร็ว (Nocek et al., 1997) และจากการรายงานของ ณรกมล และโชค (2559) กล่าวว่าปริมาณการกินของโปรตีนรวมที่เพิ่มขึ้นจะมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ นัทธมน และกฤตพล (2553) ได้ทำการศึกษาการเพิ่มระดับพลังงานในโคพื้นเมือง 3 คือ ได้แก่ 1) 1.3 เท่าของระดับเพื่อการดำรงชีพ, 2) 1.7 เท่าของระดับเพื่อการดำรงชีพ และ 3) ให้กินแบบเต็มที่ พบว่าเมื่อมีพลังงานเพิ่มสูงส่งผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันเพิ่มขึ้น และ Kirkland and Patterson (2006) พบว่า ในโคขุนที่มีปริมาณการกินได้ของพลังงานเพิ่มขึ้นสามารถเพิ่มน้ำหนักตัวได้สูงกว่าโคขุนที่มีการจำกัดการกินได้ของพลังงาน ซึ่งตามค่ามาตรฐานของโคเนื้อลูกผสมที่มีน้ำหนัก 400 กิโลกรัม คาดว่ามีอัตราการเจริญเติบโต 1,000 กรัมต่อวัน ต้องได้รับโปรตีนมากกว่า 1,079 กรัมต่อวัน (NRC, 2016)

ตารางที่ 22 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และปริมาณการกินได้ของโคเนื้อลูกผสม ช่วงที่ 1

รายการ	ควบคุม	T70	T75C	T75F	SEM	P - value
น้ำหนักเริ่มต้น (กิโลกรัม)	319.33	318.66	319.00	320.66	9.02	0.999
น้ำหนักสุดท้าย (กิโลกรัม)	389.33[b]	417.33[a]	423.33[a]	416.66[a]	6.87	0.047
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กิโลกรัม)	70.00	98.66	104.33	96.33	12.68	0.277
อัตราการเจริญเติบโต (กิโลกรัมต่อวัน)	0.62	0.88	0.93	0.86	0.10	0.319
ปริมาณการกินได้ (กิโลกรัมวัตถุแห้งต่อวัน)						
อาหารข้น	5.86					
อาหารหยาบ	2.16					
อาหารทีเอ็มอาร์		8.12	8.62	8.08		
รวม	8.03	8.12	8.62	8.08	0.34	0.620
ปริมาณการกินได้ (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว)	2.27	2.19	2.31	2.17	0.08	0.710
เปอร์เซ็นต์การกินได้ (กรัมต่อกิโลกรัม $BW^{0.75}$)	98.43	96.36	101.59	95.54	3.99	0.722
ปริมาณการกินได้ในรูปของโปรตีน (กรัมต่อกิโลกรัม)	1.06	1.26	1.33	1.23	0.05	0.062
ปริมาณการกินได้ในรูปของพลังงานรวม (เมกกะแคลอรี่ต่อวัน)	31.74	32.86	36.00	34.66	0.60	0.298
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว	13.73	9.59	10.56	9.33	1.91	0.414

[ab]ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

หมายเหตุ[1] อาหารแยกส่วน ประกอบด้วย เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก และอาหารข้น (กลุ่มควบคุม) สูตร 2 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 70%TDN (T70) สูตร 3 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากแป้งในธัญพืช (T75C) และสูตร 4 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากน้ำมันปาล์ม (T75F)

สัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะในตัวสัตว์ด้วยวิธีการใช้สารบ่งชี้ (*in vivo*)

จากการศึกษาสัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะในตัวสัตว์ของโคเนื้อลูกผสมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร แสดงในตารางที่ 23 พบว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะโคเนื้อลูกผสมในแต่ละกลุ่มการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ยกเว้น สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน โดยโคกลุ่มที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ (T75F) มีค่าการย่อยได้สูงสุดแต่ไม่ต่างจากกลุ่มได้รับ (T70) (P<0.05) นั้นแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มระดับพลังงานจาก 70% TDN เป็น 75% TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากน้ำมันปาล์ม (T75F) ปริมาณในการเสริม 2.2 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหาร ไม่ส่งผลกระทบต่อการย่อยได้ของโภชนะ จากการศึกษาของ Dutta et al. (2008) ทำการศึกษาการเพิ่มระดับการเสริมน้ำมันปาล์มลงในสูตรอาหารของโคขุน พบว่า การเสริมน้ำมันปาล์มในระดับ 2.5 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหารไม่ส่งผลกระทบต่อการย่อยได้ของโภชนะ ในขณะที่เสริมน้ำมันในระดับ 5 – 7 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหารมีผลต่อการย่อยได้ของวัตถุแห้งลดลง (Beauchemin et al., 2007) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Soder et al. (2012) ทำการเสริมไขมันที่ระดับ 4.8 – 8.4 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหาร พบว่ามีผลต่อปริมาณการกินได้และประสิทธิภาพการย่อยได้ของวัตถุแห้ง เยื่อใย NDF ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ซึ่งการเสริมไขมันในระดับสูง ส่งผลต่อประสิทธิภาพการย่อยเยื่อใยในรูเมนลดลง (Gonthier et al., 2005) เนื่องจากการเสริมไขมันในปริมาณสูงจะเคลือบผิวจุลินทรีย์และผิวของอนุภาคอาหารส่งผลให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเข้าย่อยสลายอาหาร และไม่สามารถใช้กรดไขมันไม่อิ่มตัวแหล่งพลังงานได้ ส่งผลทำให้การย่อยได้และปริมาณการกินได้ของโคลดลง (ภัทรภร, 2559) ซึ่งสอดคล้องกับ Chilliard et al. (2007) รายงานว่าการเสริมไขมันในปริมาณที่เหมาะสมอยู่ในช่วงระหว่าง 2 -5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง หรือทำให้การย่อยได้ของโภชนะลดลง ทำนองเดียวกับ Firkin and Easiridge (1994) รายงานว่าปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งไม่มีผลกระทบจากการเสริมน้ำมันปาล์ม ถ้าหากเสริมในระดับที่เหมาะสม คือ ควรอยู่ในระดับไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหาร

ตารางที่ 23 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะด้วยวิธีการใช้สารบ่งชี้ในตัวสัตว์ (*in vivo*)

รายการ	ควบคุม	T70	T75C	T75F	SEM	P - value
วัตถุแห้ง	71.07	70.60	68.44	74.06	1.95	0.331
	---------- เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (%) ----------					
อินทรียวัตถุ	71.95	72.57	76.04	79.09	2.28	0.199
โปรตีน	68.30^{b}	71.40^{ab}	66.53^{b}	73.56^{a}	1.39	0.044
เยื่อใย NDF	65.17	68.78	67.28	69.01	1.67	0.412
เยื่อใย ADF	54.22	52.06	53.64	55.02	2.57	0.868
ไขมัน	73.50	71.15	66.63	69.66	1.49	0.880
พลังงานรวม (kcal/kg)	69.88	70.83	68.63	73.06	1.73	0.400

^{ab}ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

หมายเหตุ[1] อาหารแยกส่วน ประกอบด้วย เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก และอาหารข้น (กลุ่มควบคุม) สูตร 2 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 70%TDN (T70) สูตร 3อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากแป้งในธัญพืช (T75C) และสูตร 4 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากน้ำมันปาล์ม (T75F)

ค่าองค์ประกอบทางชีวเคมีในเลือด

จากการศึกษาค่าองค์ประกอบทางชีวเคมีในเลือดของโคเนื้อลูกผสมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร แสดงในตารางที่ 24 พบว่าปริมาณกลูโคสในเลือดของโคแต่ละกลุ่มการทดลอง ณ ชั่วโมงที่ 0, 2 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยโคทดลองทั้ง 4 กลุ่ม มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสในเลือดอยู่ในช่วงระหว่าง 60.66 – 65.00 mg/dL ซึ่งอยู่ในช่วงปกติ 50-70 mg/dL แสดงว่าสัตว์ได้รับพลังงานเพียงพอจากอาหาร โดยความแปรผันของระดับกลูโคสในกระแสเลือดขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น สถานภาพทางสรีระของสัตว์ โรค ระยะเวลาในการสุ่มตัวอย่าง ชนิดของสัตว์ชนิดอาหาร และระดับพลังงานที่ได้รับ และนอกจากนี้ Chung et al. (2017) ได้รายงานถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าองค์ประกอบทางชีวเคมีในเลือดกับลักษณะซากวัวขุน พบว่า ระดับกลูโคสจะมีผลทางบวกต่อ น้ำหนักซาก พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ผลผลิต และคะแนนไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ

ส่วนปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือดของโคแต่ละกลุ่มการทดลอง ณ ชั่วโมงที่ 0, 2 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และโคทดลองทั้ง 4 กลุ่ม มียูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดอยู่ในช่วงระหว่าง 11.66 -16.63 mg/dl โดยค่าปกติของความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด คือ 11.27 -27.70 mg/dL (Cooper, 1967)

สำหรับคอเลสเตอรอลในเลือดของโคแต่ละกลุ่มการทดลอง ณ ชั่วโมงที่ 0, 2 และ 4 มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) กลุ่มที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ (T75F) มีปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดมีค่าสูงขึ้นกว่ากลุ่มอื่นๆทุกชั่วโมงในการให้อาหาร โดยการเสริมน้ำมันปาล์มจะส่งผลทำให้ระดับของคอเลสเตอรอลและไขมันรวมเพิ่มขึ้น (Febel et al., 2000) ซึ่งโคทดลองทุกกลุ่มมีระดับคอเลสเตอรอลอยู่ในช่วงปกติคือ 40 - 200 mg/dL และส่วนใหญ่จะถูกควบคุม จากจำนวนพลังงานแคลอรี่ในอาหารสูง โดยปกติแล้วน้ำมันปาล์มไม่มีคอเลสเตอรอล เพราะพืชจะไม่สร้างคอเลสเตอรอล แต่ในน้ำมันพืชบางชนิด เช่นน้ำมันปาล์ม ร่างกายอาจนำเอาไขมันอิ่มตัวไปสร้างเป็นคอเลสเตอรอลขึ้นมาได้ และยังสามารถสร้างคอเลสเตอรอลจากสารที่มาจากการสลายแป้งได้อีกด้วย และจากนี้ทดลองของ Chung et al. (2017) ได้รายงานถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์เลือดกับลักษณะซากวัวขุน ก็พบว่าปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดจะมีผลด้านบวกต่อน้ำหนักซาก ไขมันสันหลัง บริเวณพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน สอดคล้องกับการทดลองของ Kim et al. (2012) รายงานว่า ความเข้มข้นของคอเลสตอเตอรอลในเลือดมีความสัมพันธ์เชิงบวกด้านน้ำหนักตัว

ปริมาณไตรกลีเซอรอลของกลุ่มโคที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ (T75F) ในชั่วโมงที่ 2 ของการให้อาหารมีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ($P=0.051$) ซึ่งค่าปกติของระดับไตรกลีเซอรอลในโคไม่ควรเกิน 150 mg/dL (Petkova et al., 2007) และจากการรายงานของ Chung et al. (2017) กล่าวว่าการหมุนเวียนไตรกลีเซอรอลในเลือดที่เพิ่มขึ้นนั้นมาจากการโมบิไลเซชันของจำนวนไขมันที่สะสม และปริมาณไตรกลีเซอรอลในเลือดมีผลด้านบวกต่อน้ำหนักซาก บริเวณพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน

ตารางที่ 24 ปริมาณกูลโคสยูเรียไนโตรเจนคอเลสตอรอลและไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือด

รายการ	ควบคุม	T70	T75C	T75F	SEM	P-value
ปริมาณน้ำตาลกลูโคส	(mg/dL)					
ชั่วโมงที่ 0	61.11	60.66	64.66	63.66	1.15	0.156
ชั่วโมงที่ 2	60.66	61.66	64.00	63.33	0.96	0.157
ชั่วโมงที่ 4	62.33	61.66	65.00	64.33	1.97	0.611
ปริมาณยูเรียไนโตรเจน	(mg/dL)					
ชั่วโมงที่ 0	11.66	15.23	17.43	15.46	1.63	0.193
ชั่วโมงที่ 2	11.80	14.20	16.63	15.36	1.68	0.307
ชั่วโมงที่ 4	11.73	13.50	15.90	15.20	1.60	0.343
ปริมาณคอเลสตอรอล	(mg/dL)					
ชั่วโมงที่ 0	82.00^{c}	86.00^{bc}	110.66^{b}	150.66^{a}	9.02	0.007
ชั่วโมงที่ 2	80.33^{c}	84.33^{bc}	113.33^{b}	151.33^{a}	9.41	0.005
ชั่วโมงที่ 4	83.33^{c}	89.00^{bc}	112.00^{b}	154.33^{a}	10.89	0.012
ปริมาณไตรกลีเซอรอล	(mg/dL)					
ชั่วโมงที่ 0	29.33	32.33	30.00	35.66	3.01	0.494
ชั่วโมงที่ 2	28.00	28.33	30.33	41.33	2.90	0.051
ชั่วโมงที่ 4	31.33	35.00	32.33	37.00	2.72	0.496

หมายเหตุ[1] ^{ab}ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.05$)

อาหารแยกส่วน ประกอบด้วย เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก และอาหารข้น (กลุ่มควบคุม) สูตร 2 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 70%TDN (T70) สูตร 3 อาหารสูทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากแป้งในธัญพืช (T75C) และสูตร 4 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากน้ำมันปาล์ม (T75F)

ศึกษาคุณค่าทางอาหาร และสมรรถภาพการผลิตของโคเนื้อลูกผสม (พื้นเมือง x บราห์มัน x ยุโรป) ช่วงที่ 2 ตั้งแต่วันที่ 113 ของการทดลองจนส่งโรงฆ่า

คุณค่าทางอาหาร

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักที่เป็นผลพลอยได้จากโรงงานอาหารกระป๋องซึ่งใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในการศึกษาครั้งนี้ ได้อธิบายไว้ในการทดลองที่ 1 โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารแยกส่วน (กลุ่มควบคุม) พบว่ามีค่าเฉลี่ยวัตถุแห้งของอาหารข้นอยู่ในเกณฑ์เหมาะสมสามารถนำมาให้เลี้ยงโคได้โดยมีค่าเท่ากับ 88.64 เปอร์เซ็นต์ หากมีความชื้นสูงไปอาจจะส่งผลต่อปริมาณการกิน ส่วนระดับเปอร์เซ็นต์โปรตีนมีค่าใกล้เคียงตามที่คำนวณไว้คือ 14.23 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปกติแล้วความต้องการโปรตีนของโคเนื้อลูกผสมน้ำหนัก 400 กิโลกรัมขึ้นไป ควรได้รับโปรตีนโดยประมาณ 13 - 14 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความชื้นของสูตรอาหารยังอยู่ในช่วงที่เป็นค่ามาตรฐานของอาหารสัตว์ประเภทอาหารข้น (Concentrate) ไม่มากกว่า 13 เปอร์เซ็นต์ ส่วนระดับเยื่อใยADF และเยื่อใย NDF ของอาหารข้นจากการวิเคราะห์ พบว่ามีค่าเยื่อใย ADF และNDF เท่ากับ 19.42 และ 26.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการรายงานของ ปิ่น และเมธา (2546) รายงานว่า เยื่อใย ADF และเยื่อใย NDF ระดับที่เหมาะสมในสูตรอาหารโค คือ อยู่ช่วงระหว่าง 20 เปอร์เซ็นต์ หรือไม่ต่ำกว่า < 19.4 และ 26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบคุณค่าอาหารทีเอ็มอาร์ทั้ง 3 สูตร (T70, T75C ,T75F) แสดงในตารางที่ 25 พบว่ามีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งเท่ากับ 42.33, 43.72 และ 42.88 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าอาหารทีเอ็มอาร์มีแนวโน้มเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งลดลงตามเมื่อมีการเพิ่มระดับพลังงานที่สูงขึ้น ส่วนพลังงานรวมจากการย่อยได้ และโปรตีน มีค่าใกล้เคียงกัน และค่าเฉลี่ยเยื่อใย NDF และ เยื่อใย ADF ของอาหารทีเอ็มอาร์ทั้ง 3 สูตร (T70, T75C ,T75F) พบว่ากลุ่มที่มีการเพิ่มระดับพลังงานโดยเสริมแหล่งพลังงานจากแป้งในธัญพืช มีค่า เยื่อใย NDF สูงถึง 38.42 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากวัตถุดิบหลักที่ใช้ของสูตรอาหารมาจากเมล็ดข้าวโพดอยู่ในช่วงปริมาณ 28.50 - 42.43 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะมีโครงสร้างที่ค่อนข้างซับซ้อน แต่อย่างไรก็ตามหากสัดส่วนแป้งมีสัดส่วนที่เหมาะสมต่อจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนก็จะไม่ส่งผลด้านลบต่อการย่อยได้ เพราะฉะนั้นอาหารทีเอ็มที่ดีจะต้องมีเยื่อใย ADF ประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์ หรือ เยื่อใย NDF ประมาณ 30-35 เปอร์เซ็นต์ จึงจะทำให้การย่อยได้ในกระเพาะรูเมนมีประสิทธิภาพ และสามารถรักษาค่า pH กระเพาะให้คงที่ ส่วนค่าเปอร์เซ็นต์ไขมัน และพลังงานรวมในสูตรอาหารพบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากน้ำมันปาล์ม (T75F) มีค่ามากถึงเท่ากับ 4.81 และ 4.42 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการเสริมไขมันมากกว่า 5-6 เปอร์เซ็นต์ ของสูตรอาหารอาจจะเป็นการลดประสิทธิภาพการย่อยของอาหารเยื่อใยในกระเพาะรูเมน (บุญล้อม, 2527) นอกจากนั้นยังอาจทำให้ท้องอืด และเกิดผิดปกติในการเพาะหมัก (เมธา, 2533)

ตารางที่ 25 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง ช่วงที่ 2

รายการ	อาหารหยาบ[1]	อาหารข้น[1]	T70[1]	T75C[1]	T75F[1]
วัตถุแห้ง	23.75	88.64	42.33	43.72	42.88
	----------เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง----------				
โปรตีน	9.06	14.04	13.19	13.21	13.17
ไขมัน	1.97	1.55	2.69	2.99	4.81
เยื่อใย ADF	39.65	19.42	24.18	22.36	22.53
เยื่อใย NDF	76.08	26.47	35.77	38.42	36.10
พลังงานรวม (Kcal/kg)	4.00	4.09	4.14	4.21	4.42
โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด[2]	61.04	70.09	70.17	75.31	75.56

หมายเหตุ ประกอบไปด้วย สูตร 1 อาหารแยกส่วน คือ เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก และอาหารข้น (กลุ่มควบคุม), สูตร 2 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 70%TDN (T70), สูตร 3 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากแป้งในธัญพืช (T75C) และสูตร 4 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากน้ำมันปาล์ม (T75F)

ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

จากการศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของโคเนื้อลูกผสมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร แสดงในตารางที่ 26 จะเห็นได้ว่าโคที่กลุ่มโคที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ (T75C) มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตต่ำกว่าทุกกลุ่มการทดลอง แสดงในตารางที่ 26 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่ากลุ่มโคที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ (T75C) มีสรีระของโครางสร้างร่างกายค่อนข้างสันทัด ซึ่งทำให้ระบบกล้ามเนื้อมีการพัฒนาเร็วส่งผลทำให้โคมีการเจริญเติบโตสูงสุด และเมื่อโคมีการเจริญเติบโตที่เต็มที่แล้ว หรือมีน้ำหนักตัวถึงจุดหนึ่งของร่างกาย น้ำหนักตัวจะค่อยเริ่มเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ แต่ขนาดของลำตัวสามารถขยายเพิ่มได้ ซึ่งเรียกได้ว่า ช่วงการะสะสมไขมันของร่างกาย (บุญเสริม และบุญล้อม, 2542)

ปริมาณการกินได้

จากการศึกษาปริมาณการกินได้ของโคเนื้อลูกผสม ช่วงที่ 2 แสดงในตารางที่ 26 พบว่าปริมาณการกินอาหารของโคเนื้อลูกผสมกลุ่มที่ได้รับอาหารแยกส่วน (กลุ่มควบคุม) มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ เท่ากับ 7.60 กิโลกรัม แบ่งเป็นอาหารข้น 5.63 และอาหารหยาบ 1.96 (คิดเป็นน้ำหนักแห้ง) และเมื่อคำนวณปริมาณการกินได้ของอาหารข้นต่ออาหารหยาบ พบว่ามีสัดส่วนเท่ากับ 74 : 26 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่กำหนดไว้ คือ ให้โคได้รับสัดส่วนอาหารข้นต่ออาหารหยาบ 70 : 30 ทั้งนี้จากการสังเกตเห็นได้ว่ากลุ่มควบคุม มีเปอร์เซ็นต์การกินได้ของน้ำหนักตัวใกล้เคียงกับ NRC (2016) รายงานไว้ว่า โคเนื้อลูกผสมที่มีอัตราการเจริญเติบโต 250 กรัมต่อวัน จะมีเปอร์เซ็นต์การกินได้ของน้ำหนักตัวเท่ากับ 1.8 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณการกินได้อาหาร 7.50 กิโลกรัมต่อวัน (คิดเป็นน้ำหนักแห้ง) แต่

อย่างไรก็ตามโคทดลองทั้ง 4 กลุ่ม มีปริมาณการกินอาหาร และเปอร์เซ็นต์การกินได้ของน้ำหนักตัวต่ำกว่าที่กำหนดไว้ เนื่องจากในการทดลองครั้งนี้ใช้แหล่งอาหารหยาบจากเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก ซึ่งโคจะมีพฤติกรรมในการเลือกกินเฉพาะชิ้นส่วนที่เป็นใบมากกว่าซัง หรือแกนข้าวโพด อาจทำให้โคได้รับโภชนะอาหารไม่เพียงพอในต่อการนำไปสร้างผลผลิต ส่งผลมีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำลง ซึ่งปกติแล้วโคขุนช่วงน้ำหนัก 400 กิโลกรัม ควรได้รับปริมาณการกินได้รวมที่เหมาะสมคือ 9.50 กิโลกรัมต่อวัน (คิดเป็นน้ำหนักแห้ง) และมีเปอร์เซ็นต์การกินได้ของน้ำหนักตัวที่เหมาะสมคือ 2.40 เปอร์เซ็นต์ (NRC, 2016) โดยคาดว่ามีอัตราการเจริญเติบโต 1,000 กรัมต่อวัน แต่เมื่อพิจารณาจากปริมาณการกินได้ในรูปของโปรตีน ถือว่ากินได้เพียงพอตามความต้องการ เมื่อเทียบกับคำแนะนำของ NRC (2016) ที่ระบุว่า ความต้องการโภชนะของโคเนื้อลูกผสมน้ำหนัก 400 กิโลกรัม ต้องได้รับปริมาณการอาหารในรูปของโปรตีนไม่ต่ำกว่า 1,079 กรัมต่อวัน ส่วนปริมาณการกินได้ในรูปของพลังงานมีค่าใกล้เคียงกับคำแนะนำของ NRC (2016) ที่รายงานว่าโคต้องได้รับพลังงานที่ร่างกายต้องการเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโต และการเพิ่มน้ำหนักตัว ไม่น้อยกว่า 3.91 เมกกะแคลอรี่ต่อวัน โดยคาดว่ามีอัตราการเจริญเติบโตวันละ 1,000 กรัม

ตารางที่ 26 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และปริมาณการกินได้ของโคเนื้อลูกผสม ช่วงที่ 2

รายการ	ควบคุม	T70	T75C	T75F
น้ำหนักเริ่มต้น (กิโลกรัม)	391.00 ± 41.80	418.33 ± 21.08	425.00 ± 18.36	418.66 ± 38.08
น้ำหนักสุดท้าย (กิโลกรัม)	406.33 ± 52.65	442.00 ± 19.08	436.00 ± 38.66	440.33 ± 38.66
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กิโลกรัม)	15.33 ± 11.02	23.66 ± 3.51	11.00 ± 11.53	21.66 ± 1.53
อัตราการเจริญเติบโต (กิโลกรัมต่อวัน)	0.36 ± 0.37	0.56 ± 0.04	0.26 ± 0.27	0.51 ± 0.04
ปริมาณการกินอาหาร (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง)				
อาหารข้น	1.96			
อาหารหยาบ	5.63			
อาหารสูตรรวมทีเอ็มอาร์		8.34	9.41	8.79
รวม	7.60 ± 2.10	8.34 ± 0.49	9.41 ± 0.53	8.79 ± 2.23
ปริมาณการกินอาหาร (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว)	1.88 ± 0.32	2.17 ± 0.04	2.19 ± 0.13	2.02 ± 0.36
เปอร์เซ็นต์การกินได้ (กรัมต่อกิโลกรัม $BW^{0.75}$)	84.33 ± 16.51	97.89 ± 2.34	99.67 ± 5.66	92.39 ± 18.19
การเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว	31.24 ± 23.47	16.90 ± 3.28	92.97 ± 102.23	17.15 ± 4.85
ปริมาณการกินได้ในรูปของโปรตีน (กรัมต่อกิโลกรัม)	1.22 ± 0.23	1.34 ± 0.06	1.34 ± 0.04	1.28 ± 0.28
ปริมาณการกินได้ในรูปของพลังงานรวม (เมกกะแคลอรี่)	31.45 ± 8.59	38.51 ± 1.98	39.62 ± 2.21	38.75 ± 9.91

หมายเหตุ[1]: อาหารทดลอง[1] ประกอบไปด้วย สูตร 1 อาหารแยกส่วน คือ เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก และอาหารข้น (กลุ่มควบคุม) สูตร 2 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 70% TDN (T70) สูตร 3 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากแป้งในธัญพืช (T75C) และสูตร 4 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากน้ำมันปาล์มปาล์ม (T75F)

ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ตลอดการทดลอง 154 วัน

จากการศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของโคเนื้อลูกผสมตลอดการทดลองที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร แสดงในตารางที่ 27 พบว่าโคที่ได้รับอาหารแยกส่วน (กลุ่มควบคุม) มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตต่ำกว่าโคกลุ่มอื่น ส่วนกลุ่มที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโต อยู่ในช่วงระหว่าง 117 – 123 กิโลกรัม และ 0.75 - 0.80 กิโลกรัมต่อวัน อาจจะเป็นได้ว่าโคกลุ่มควบคุม มีพฤติกรรมในการเลือกกินอาหารจึงส่งผลทำให้ขาดโภชนะที่นำใช้ในการเจริญเติบโตของร่างกาย

ปริมาณการกินอาหาร ตลอดการทดลอง 154 วัน

จากการศึกษาปริมาณการกินอาหารของโคเนื้อลูกผสม แสดงในตารางที่ 27 พบว่าปริมาณการกินอาหารของโคเนื้อลูกผสมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร กลุ่มที่ได้รับอาหารแยกส่วน (กลุ่มควบคุม) มีค่าต่ำสุด มีค่าเท่ากับ 7.91 กิโลกรัมแบ่งเป็นอาหารข้น 5.80 และอาหารหยาบ 2.11 (คิดเป็นน้ำหนักแห้ง) เมื่อคำนวณปริมาณการกินได้ของอาหารข้นต่ออาหารหยาบ พบว่ามีสัดส่วนเท่ากับ 73 : 27 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่กำหนดไว้ คือ ให้โคได้รับสัดส่วนอาหารข้นต่ออาหารหยาบ 70 : 30 ในขณะที่อัตราส่วนการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของกลุ่มควบคุมมีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ส่วนกลุ่มโคที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ (T75C) พบว่ามีปริมาณกินได้อาหาร เปอร์เซ็นต์การกินได้ของน้ำหนัก และเปอร์เซ็นต์การกินอาหารคิดเป็นเมทาบอลิก มีค่าดีกว่ากลุ่มโคที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ (T75F) อาจจะเป็นไปได้ว่าโคกลุ่มนี้ได้รับเสริมน้ำมันปาล์ม 2 – 2.20 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหารจึงทำให้โคมีปริมาณการอาหารได้จำกัด

ตารางที่ 27 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และปริมาณการกินได้ของโคเนื้อลูกผสมตลอดทั้งการทดลอง

รายการ	ควบคุม	T70	T75C	T75F
น้ำหนักเริ่มต้น (กิโลกรัม)	319.33 ± 32.32	318.67 ± 33.50	319.00 ± 52.12	320.33 ± 30.24
น้ำหนักสุดท้าย (กิโลกรัม)	406.33 ± 52.56	442.00 ± 19.08	436.00 ± 6.93	440.33 ± 440.33
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กิโลกรัม)	87.00 ± 31.09	123.33 ± 18.77	117.00 ± 46.00	120 ± 8.71
อัตราการเจริญเติบโต (กิโลกรัมต่อวัน)	0.56 ± 0.20	0.80 ± 0.12	0.75 ± 0.29	0.77± 0.05
ปริมาณการกินอาหาร (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง)				
อาหารข้น	5.80			
อาหารหยาบ	2.11			
อาหารสูตรรวมทีเอ็มอาร์		8.45	8.83	8.27
รวม	7.91 ± 0.94	8.45 ± 1.12	8.83 ± 1.02	8.27 ± 1.81
ปริมาณการกินอาหาร (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว)	2.12 ± 0.02	2.21 ± 0.17	2.33 ± 0.14	2.15 ± 0.30
เปอร์เซ็นต์การกินได้ (กรัมต่อกิโลกรัม $BW^{0.75}$)	95.07 ± 3.44	97.99 ± 8.76	103.06 ± 7.49	95.47 ± 15.26
การเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว	15.17 ± 4.89	10.82 ± 2.90	13.33 ± 6.53	10.54 ± 1.63

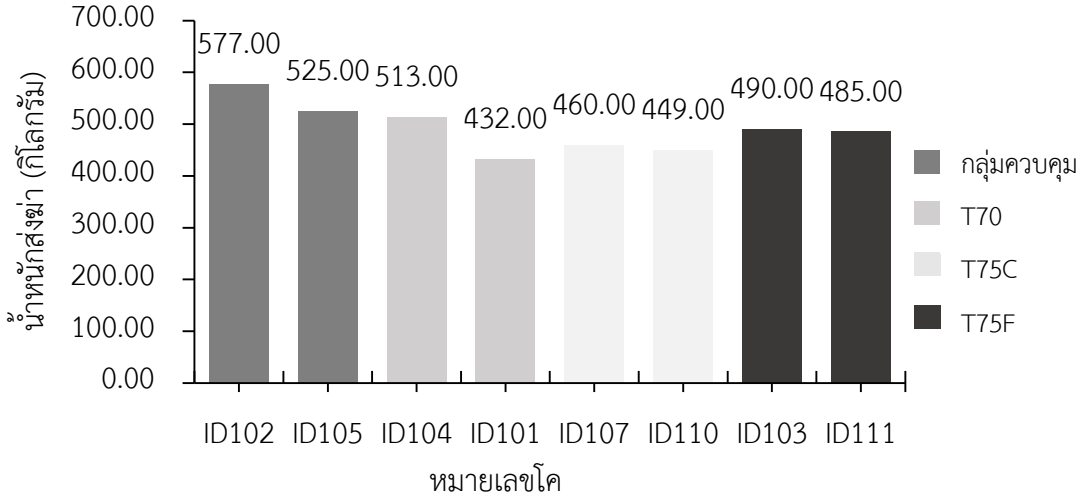
หมายเหตุ[1]: อาหารทดลอง[1] ประกอบไปด้วย สูตร 1 อาหารแยกส่วน คือ เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก และอาหารข้น (กลุ่มควบคุม) สูตร 2 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 70% TDN (T70) สูตร 3 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากแป้งในธัญพืช (T75C) และสูตร 4 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากน้ำมันปาล์มปาล์ม (T75F)

การทดลองที่ 3 ศึกษาลักษณะคุณภาพซากคุณภาพเนื้อต้นทุนการเลี้ยง และผลตอบแทนของโคเนื้อลูกผสมเพศผู้ตอน (พื้นเมือง x บราห์มัน x ยุโรป)

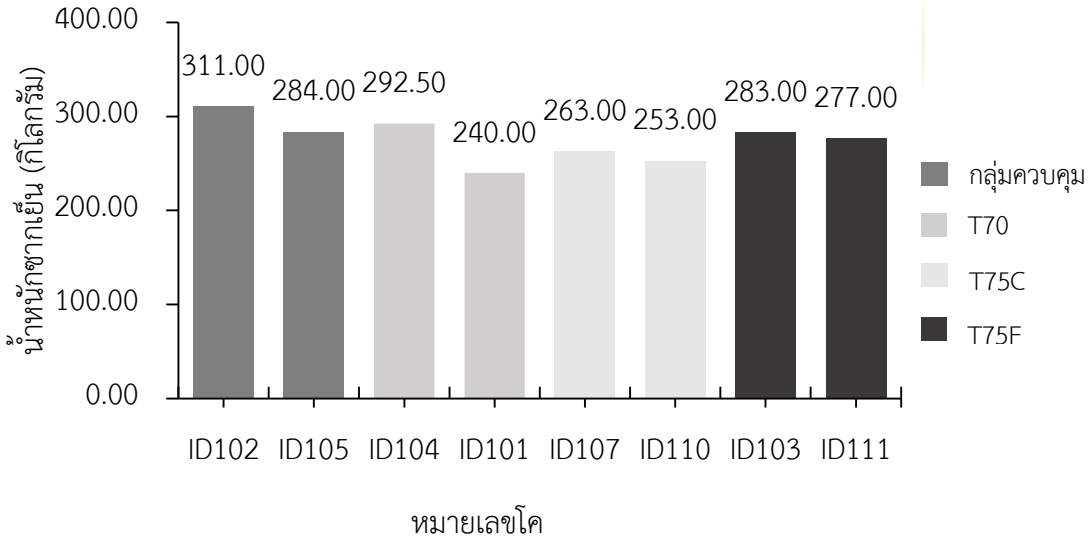
ลักษณะคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ

จากการศึกษาลักษณะคุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อของโคเนื้อลูกผสมจำนวน 8 ตัว ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 กลุ่ม ประกอบไปด้วย สูตร 1 อาหารแยกส่วน คือ เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก และอาหารข้น (กลุ่มควบคุม) ,สูตร 2 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 70%TDN (T70) สูตร 3 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากแป้งในธัญพืช (T75C) และสูตร 4 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากน้ำมันปาล์ม (T75F) แสดงในภาพที่ 20-28 พบว่า กลุ่มโคที่ได้รับอาหารแยกส่วน (กลุ่มควบคุม) ประกอบด้วยโคหมายเลข และกลุ่มที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ (T70) ประกอบด้วยโคหมายเลข 104 มีน้ำหนักมีชีวิตก่อนฆ่า น้ำหนักซาก ความยาวซาก และความหนาไขมันสันหลังดีกว่าโคหมายเลขอื่นๆ อีกทั้งยังมีระยะเวลาทดลองนานถึง 310 วัน จากการรายงานของ May et al. (1992) กล่าวว่าโคขุนที่มีระยะเวลาเลี้ยงนานจะส่งผลทำให้มีน้ำหนักส่งฆ่า น้ำหนักซากสูง รวมถึงขนาดไขมันสันหลังหนาขึ้นกว่าโคขุนที่มีระยะเวลาเลี้ยงสั้น โดยน้ำหนักส่งฆ่าจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการเลี้ยง (Duckett et al., 2002) ส่วนกลุ่มโคที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ (T70 (101) T75C (107,110) และ T75F (103, 112) มีน้ำหนักส่งฆ่าต่ำกว่าที่กำหนดไว้ คือ 463.25 กิโลกรัม สามารถอธิบายได้ว่าโคทดลองทั้ง 5 ตัว มีโครงสร้างขนาดเล็ก และมีระดับคะแนนรูปร่างซึ่งไม่สามารถทำการขุนต่อไปได้ จึงจำเป็นต้องส่งฆ่าก่อนกำหนด ส่งผลทำให้โคชุดนี้มีน้ำหนักตัวก่อนส่งฆ่ามีค่าน้อย ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ซาก พบว่า โคหมายเลข 101 107 110 103 และ 111 มีคะแนนเปอร์เซ็นต์ซากเย็นอยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานสากล National Livestock and Meat Board ของกระทรวงเกษตรประเทศสหรัฐอเมริกา อ้างโดย ปรารถนา (2533) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 55 – 57 เปอร์เซ็นต์ คือได้รับเกรดซากในระดับดี (Good) ส่วนโคหมายเลข 102 105 และ 104 ได้รับเกรดซากระดับตลาด (Commercial) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 52 – 54 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์ซากจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยของน้ำและอาหารที่อยู่ในกระเพาะ ความอ้วนของโค และลักษณะการให้เนื้อของโค (สุรชัย, 2555) ส่วนขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอก พบว่าโคหมายเลข 103 ที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ (T75F) มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกใหญ่กว่าโคทดลองทั้ง 8 ตัว จากการรายงาน Abu et al. (1984) กล่าวว่าการเสริมน้ำมันปาล์มจะมีผลทำให้บริเวณพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันมีขนาดใหญ่ขึ้น สอดคล้องกับการรายงานของ Balogun et al. (1983) รายงานว่าการเสริมน้ำมันปาล์มลงในสูตรอาหาร จะช่วยปรับปรุงการพัฒนาด้านของกล้ามเนื้อ อย่างไรก็ตามพบว่าโคทดลองทั้ง 8 ตัว มีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันจัดอยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานที่ Parish et al. (2009) รายงานว่าขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ควรมีขนาด 69.20 – 94.30 ตารางเซนติเมตร

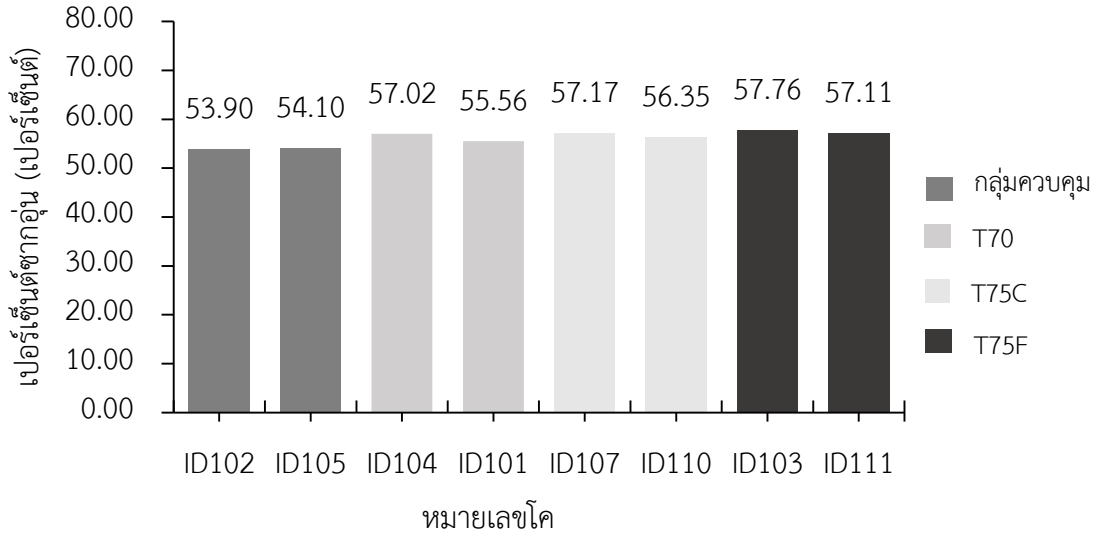
นอกจากนี้ Drake (2004) รายงานว่าขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับน้ำหนักโค หรือเกิดขึ้นได้จากความแตกต่างของสายพันธุ์ ขนาดของโค และระยะเวลาการขุน ที่มีผลต่อขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันได้เช่นกัน (วรรณา และคณะ 2559) ซึ่ง ญาณิน และคณะ (2547) รายงานถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของโคขุนลูกผสมเลือดชาร์โรเลส์ จำนวน 355 ตัว พบว่า โคขุนที่มีน้ำหนักมีชีวิตสุดท้ายสูง และมีระยะเวลาการเลี้ยงขุนนาน มีผลทำให้ระดับคะแนนไขมันแทรก และเปอร์เซ็นต์ซากสูงขึ้นตามไปด้วย แต่จากการทดลองนี้พบว่า โคหมายเลข 102 105 และ 104 มีระยะเวลาในการเลี้ยงขุนนานกว่า โคหมายเลข 101 107 110 103 และ 111 และมีระดับคะแนนไขมันแทรก 2 -3 Faulkner et al. (1989) รายงานว่าการให้อาหารที่มีระดับพลังงานสูงจะส่งผลทำให้มีปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น เทียบกับการใช้อาหารที่มีระดับพลังงานต่ำ เนื่องจากการให้อาหารที่มีระดับพลังงานเกินกว่าระดับความต้องการเพื่อการดำรงชีพของโค (Wood et al., 2003) พลังงานงานที่เหลือนั้นจะถูกนำไปสร้างเป็นไกลโคเจนเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานสำรอง แต่เนื่องด้วยไกลโคเจนมีขอบเขตในการจัดเก็บพลังงานสำรองค่อนข้างจำกัด หากมีมากเกินความต้องการ ไกลโคเจนก็ถูกเปลี่ยนสะสมในรูปไขมันแทน (Minchin et al., 2009) และการเพิ่มระดับไขมันในกล้ามเนื้อนั้นจะใช้แหล่งคาร์บอนอะตอมจากน้ำตาลกลูโคสเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กรดไขมันมากถึง 70 เปอร์เซ็นต์ (Smith and Crouse, 1984) ในขณะที่ Duckett et al. (2009) ได้รายงานว่า การเพิ่มระดับไขมันแทรกสามารถเพิ่มโดยการใช้อาหารที่มีแหล่งของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง สอดคล้องกับการรายของ ชยพล (2556) ได้ทำการเสริมน้ำมันที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันโอลิอิค (Oleic acid) และพบว่า การเสริมน้ำมันปาล์มที่มีองค์ประกอบของกรด Oleic acid ในระดับที่ 5 - 6 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหารสามารถเพิ่มระดับคะแนนไขมันแทรกในกล้ามเนื้อได้เท่ากับ 2.65 เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่เสริมน้ำมัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.16 จะเห็นได้ว่าการเสริมน้ำมันปาล์มไม่ได้ช่วยให้ระดับไขมันแทรกเพิ่มขึ้นในการทดลองครั้งนี้อาจเนื่องจาก ระดับการเสริมพียง 2.2 เปอร์เซ็นต์ และน้ำหนักตัวส่งฆ่าต่ำว่า 500 กิโลกรัม



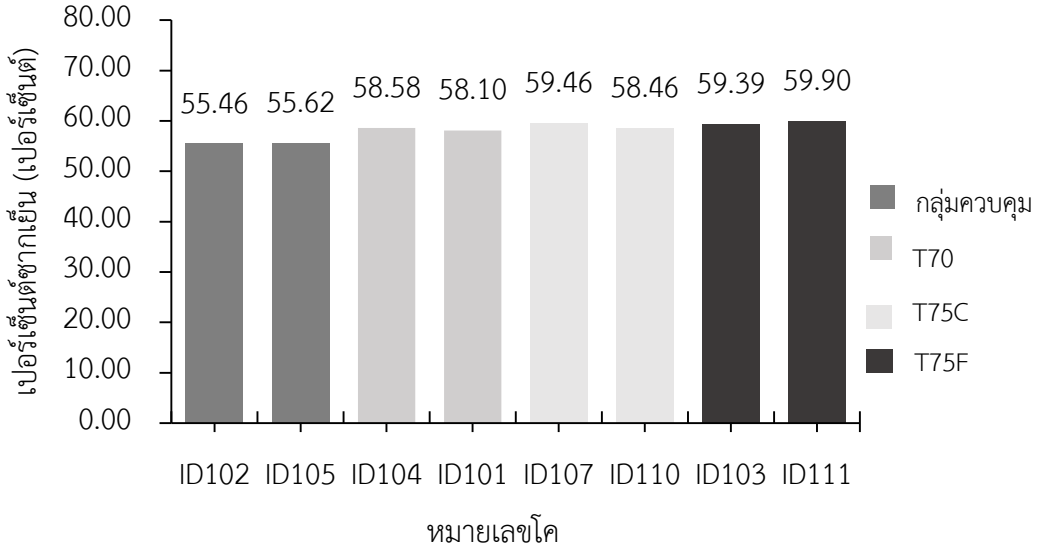
ภาพที่ 3 กราฟน้ำหนักส่งฆ่าของโคเนื้อลูกผสมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร จำนวน 8 ตัว



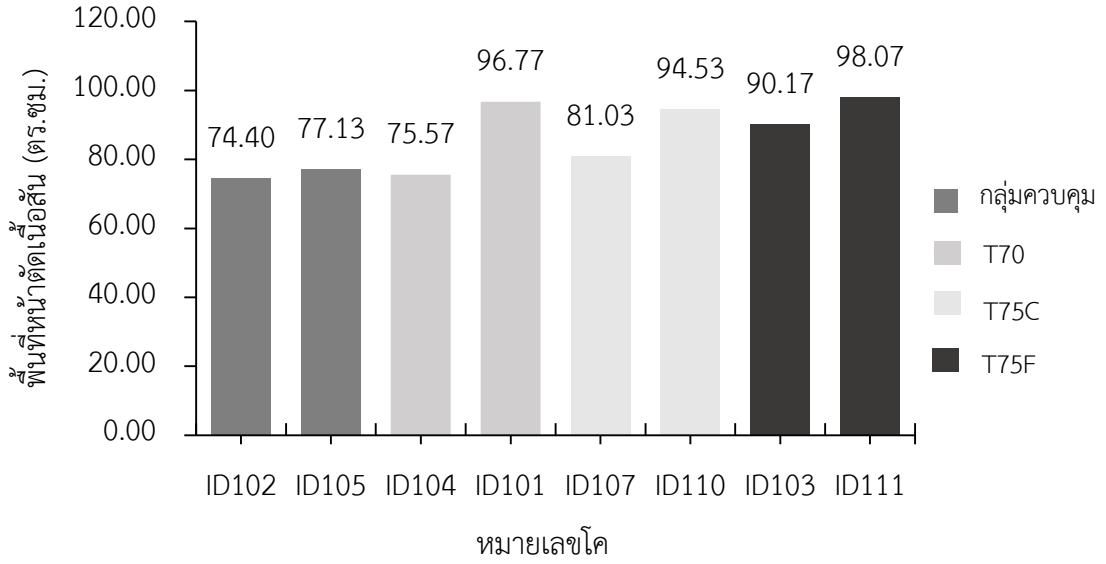
ภาพที่ 4 กราฟน้ำหนักซากเย็นของโคเนื้อลูกผสมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร จำนวน 8 ตัว



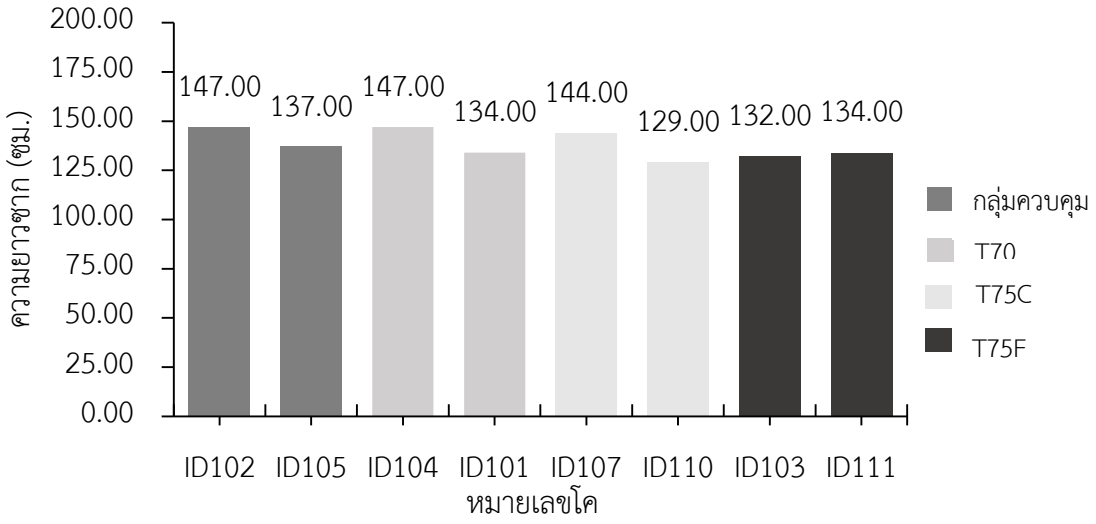
ภาพที่ 5 กราฟเปอร์เซ็นต์ซากอุ่นของโคเนื้อลูกผสมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร จำนวน 8 ตัว



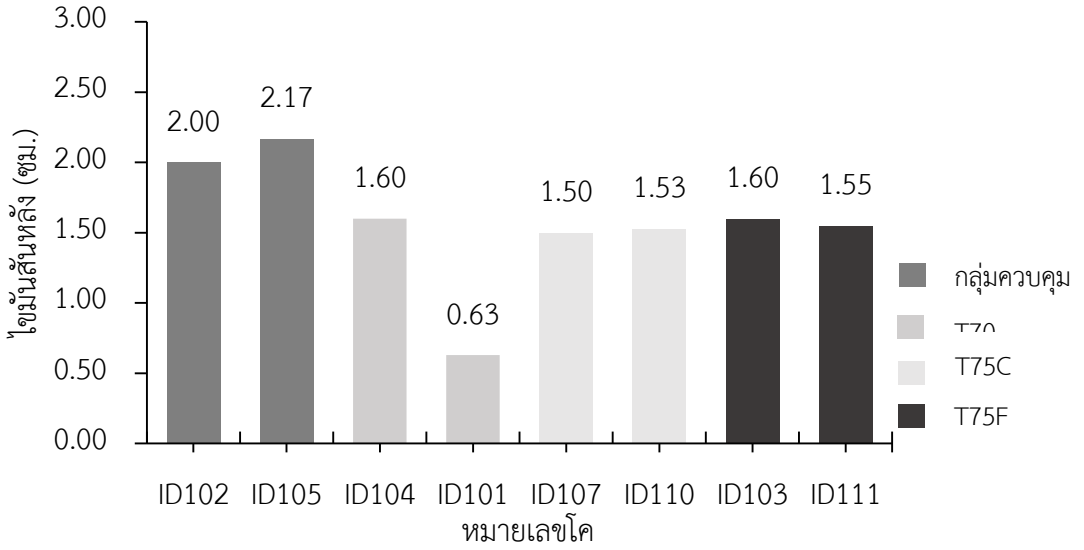
ภาพที่ 6 กราฟเปอร์เซ็นต์ซากเย็นของโคเนื้อลูกผสมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร จำนวน 8 ตัว



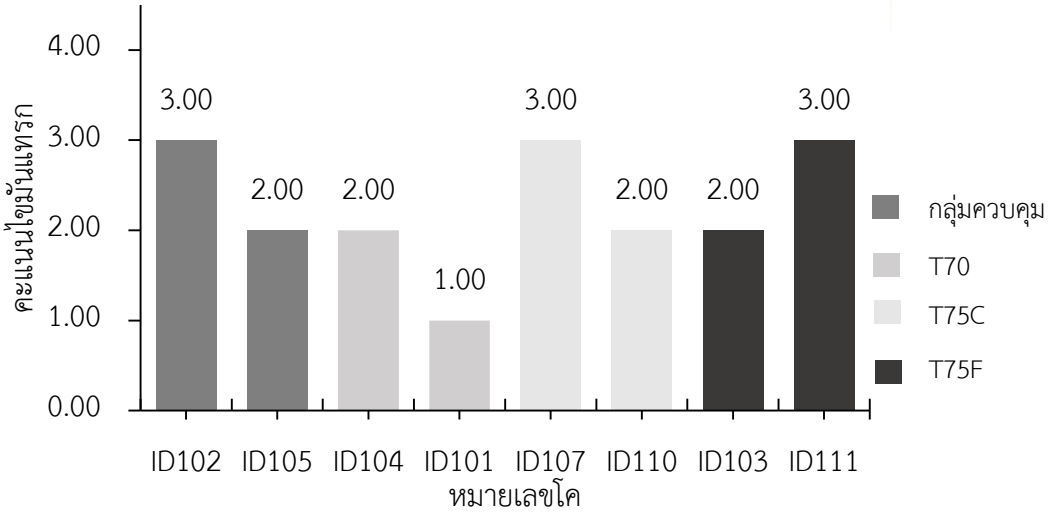
ภาพที่ 7 กราฟพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันของโคเนื้อลูกผสมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร จำนวน 8 ตัว



ภาพที่ 8 กราฟความยาวซากของโคเนื้อลูกผสมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร จำนวน 8 ตัว



ภาพที่ 9 กราฟไขมันสันหลังของโคเนื้อลูกผสมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร จำนวน 8 ตัว



ภาพที่ 10 กราฟคะแนนไขมันแทรกของโคเนื้อลูกผสมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร จำนวน 8 ตัว

เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนซากจากการตัดแต่งซากของโคเนื้อลูกผสม

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนต่างๆที่ได้จากการตัดแต่งของโคเนื้อลูกผสมที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 กลุ่ม แสดงในตารางที่ 26 จะเห็นได้ว่าน้ำหนักซากเย็นมีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนจากการตัดแต่งซากของโคขุน (จุฑารัตน์ และคณะ 2550) และพบว่ากลุ่มโคที่ได้รับอาหารแยกส่วน (กลุ่มควบคุม) ประกอบด้วยโคหมายเลข 102 105 และกลุ่มที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ (T70) ประกอบด้วยโคหมายเลข 104 มีน้ำหนักซากเย็นสูงสุด ส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์สันไหล่ พื้นท้อง กระดูก และเศษตัดแต่งเนื้อ มีค่าลดลง ทั้งนี้ เกียรติศักดิ์ (2549) ศึกษาซากโคขุนลูกผสมชาร์โรเลส์ พบว่าน้ำหนักซากที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง กระดูกลดลง และเปอร์เซ็นต์ไขมันเพิ่มขึ้น แต่จากการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกันในเรื่องเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงตามน้ำซากที่เพิ่มขึ้นเท่านั้น และจากการรายงานของ จุฑารัตน์ และคณะ (2550) พบว่าน้ำหนักซากเย็นเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้มีเปอร์เซ็นต์ลูกมะพร้าว เปอร์เซ็นต์พับนอก เปอร์เซ็นต์พับใน และเปอร์เซ็นต์น่องลดลง แต่จากการทดลองครั้งนี้พบว่า มีแค่เปอร์เซ็นต์น่องเท่านั้นที่มีลดลง ซึ่งขัดแย้งกับการรายงานของ Minchin et al. (2009) กล่าวว่าโคทดลองที่มีน้ำหนักซากเย็นสูง มีเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนจากการตัดแต่งซากสูงกว่าโคทดลองที่มีน้ำหนักซากเย็นต่ำกว่า อาจเป็นไปได้ว่าโคทดลองที่ส่งฆ่ามีการสะสมของกล้ามเนื้อยังไม่เต็มที่

ตารางที่ 28 ผลของรูปแบบการให้อาหารและระดับพลังงานต่อเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนซากจากการตัดแต่งของโคเนื้อลูกผสม (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากเย็น)

หมายเลขโค	กลุ่มควบคุม		T70		T75C		T75F	
	102	105	104	101	107	110	111	103
สันไหล่	8.23	8.56	10.46	10.31	11.92	11.85	15.03	11.37
เสื้อร้องไห้	14.54	12.28	10.61	5.13	10.27	9.91	7.12	6.28
ซี่โครง	7.19	8.74	7.93	8.80	7.31	8.29	8.70	7.52
พื้นท้อง	1.07	0.89	1.26	2.35	1.11	1.06	2.47	1.35
น่อง	4.14	4.20	4.39	4.90	4.17	4.22	4.06	4.27
สันนอก	2.76	3.12	1.73	2.74	3.01	2.78	2.93	3.25
สันใน	1.31	2.20	1.04	1.80	1.24	1.57	1.21	1.55
พับนอก	5.11	4.60	4.71	5.44	3.68	4.77	4.33	5.41
พับใน	8.02	8.06	8.71	6.57	4.37	5.35	6.89	6.00
สันสะโพก	4.49	4.54	8.04	5.00	5.59	4.76	4.04	4.93
ลูกมะพร้าว	3.46	3.45	3.29	3.83	2.91	3.47	2.96	3.42
ใบบัว	0.48	0.55	0.47	0.19	0.41	0.44	0.22	0.49
กระดูก	13.99	13.25	12.12	19.23	15.14	14.76	13.88	13.91
เอ็น	2.55	2.45	1.83	2.94	1.96	1.78	2.86	1.92
ไขมัน	10.33	11.20	12.18	7.72	15.12	11.91	12.28	14.73
เนื้อแดง	7.53	6.79	6.94	7.30	6.48	7.32	6.28	7.27
เศษตัดแต่ง	4.50	5.11	4.31	5.76	5.31	5.77	4.74	6.33

หมายเหตุ[1] อาหารแยกส่วน ประกอบด้วย เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก และอาหารข้น (กลุ่มควบคุม) สูตร 2 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 70%TDN (T70) สูตร 3อาหารสูทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากแป้งในธัญพืช (T75C) และสูตร 4 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากน้ำมันปาล์ม (T75F)

เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนอวัยวะภายในและภายนอกของโคเนื้อลูกผสม

จากศึกษาเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนอวัยวะภายในและภายนอกของโคขุนลูกผสมที่ได้รับอาหารทั้ง 4 กลุ่ม แสดงในตารางที่ 29 พบว่ากลุ่มโคที่ได้รับอาหารแยกส่วน (กลุ่มควบคุม) ประกอบด้วยโคหมายเลข 102 105 และกลุ่มที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ (T70) ประกอบด้วยโคหมายเลข 104 มีน้ำหนักตัวส่งฆ่ามากกว่า 500 กิโลกรัม จึงทำให้มีเปอร์เซ็นต์อวัยวะภายในและภายนอก ประกอบด้วย ตับ ปอด+หลอดลม กระเพาะรวม และลำไส้ใหญ่ต่ำกว่าโคทดลองตัวอื่นๆ สอดคล้องกับ Brosh et al. (1995) รายงานว่า โคที่มีน้ำหนักเข้าฆ่ามากกว่า 520 กิโลกรัม มีเปอร์เซ็นต์หาง และเปอร์เซ็นต์ปอดน้อยกว่าโคที่มีน้ำหนักเข้าฆ่าน้อยกว่า 460 กิโลกรัม สอดคล้องกับการรายงานของ Taylor and Murray (1991) กล่าวว่า น้ำหนักเปอร์เซ็นต์กระเพาะรวม หาง และปอด จะลดลงตามน้ำหนักเข้าฆ่าที่เพิ่มขึ้น และการทดลองของ Apple (1991) รายงานว่า ไม่พบความแตกต่างในเรื่องของน้ำหนักของอวัยวะภายในและภายนอกของโคขุนที่มีสัดส่วนของร่างกาย (Body condition score) ที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 29 เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนอวัยวะภายในและภายนอกส่วนประกอบซาก (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักมีชีวิต)

หมายเลขโค	กลุ่มควบคุม		T70		T75C		T75F	
	102	105	104	101	107	110	111	103
อวัยวะภายใน								
หัวใจ	0.48	0.40	0.27	0.37	0.43	0.31	0.41	0.41
ตับ	0.90	0.79	0.89	0.91	0.91	0.94	0.94	0.95
ปอด + หลอดลม	0.65	0.68	0.63	0.79	0.74	0.67	0.73	0.62
ม้าม	0.33	0.26	0.17	0.37	0.33	0.31	0.31	0.35
กระเพาะรวม	1.48	1.61	1.65	2.40	1.90	1.80	1.80	1.70
ลำไส้เล็ก	0.91	0.38	0.44	0.86	0.65	0.60	0.98	0.91
ลำไส้ใหญ่	0.50	0.30	0.39	0.77	0.57	0.74	0.61	1.15
อวัยวะภายนอก								
หัว + เขา	2.92	2.84	2.35	3.1	2.63	2.67	2.57	3.01
หนัง	10.57	8.88	9.23	9.72	10.39	9.49	9.51	9.28
แข้ง + กีบ	2.92	2.84	2.35	0.46	0.57	0.45	0.45	0.41
หาง	0.34	0.42	0.38	0.46	0.57	0.45	0.45	0.41
ลีงค์	0.15	0.13	0.27	0.09	0.11	0.11	0.24	0.25
ลิ้น	0.31	0.34	0.35	0.37	0.22	0.27	0.24	0.25

หมายเหตุ[1] อาหารแยกส่วน ประกอบด้วย เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก และอาหารข้น (กลุ่มควบคุม) สูตร 2 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 70%TDN (T70) สูตร 3อาหารสูทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากแป้งในธัญพืช (T75C) และสูตร 4 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากน้ำมันปาล์ม (T75F)

คุณภาพเนื้อบริเวณกล้ามเนื้อของโคเนื้อลูกผสม

จากการศึกษาคุณภาพเนื้อของโคเนื้อลูกผสมเพศผู้ตอนที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 กลุ่ม แสดงในตารางที่ 28 และ 29 พบว่ากลุ่มโคที่ได้รับอาหารแยกส่วน (กลุ่มควบคุม) ประกอบด้วยโคหมายเลข 102 105 และกลุ่มที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ (T70) ประกอบด้วยโคหมายเลข 104 มีการเปลี่ยนแปลงค่าpH กล้ามเนื้อทั้งสองตำแหน่งลดต่ำกว่ากลุ่มโคที่ได้อาหารทีเอ็มอาร์ (T70 T5C และT75F) ประกอบด้วยโคหมายเลข 101 107 110 111 และ 103 ตามลำดับ จากการรายงานของจุฑารัตน์ และคณะ (2553) กล่าวว่าโคที่มีน้ำหนักซากสูงส่งผลทำให้มีขนาดไขมันหุ้มซากหนา Smith et al. (2008) รายงานว่า การสะสมไขมันซากที่หนาขึ้นจะทำให้อุณหภูมิภายในซากเกิดการชะลอลดลง หรือระบายความร้อนออกจากซากช้าลง ส่งผลต่อการทำให้เกิดการเร่งปฏิกิริยา glycolysis และทำให้ค่า pH ลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะเห็นได้ว่าโคทดลองทั้ง 8 ตัว มีค่าpHนาทีที่ 45 หรือ pHเริ่มต้น (pH_1) บริเวณกล้ามเนื้อทั้งสองตำแหน่งอยู่ช่วงระหว่าง 6.18 – 6.99 โดยค่าพีเอชระดับปกติในโคมีชีวิตอยู่ที่ 7.2 (Lawrie, 1998) และภายใน 24 ชั่วโมง ค่าpH สุดท้าย (pH_u) มีค่าลดลงอยู่ในช่วงระหว่าง 5.31 - 5.82 โดยถือว่าเนื้อโคมีความปกติ ซึ่งค่าpH สุดท้าย (pH_u) ของกล้ามเนื้อจะมีค่าเท่าใดขึ้นอยู่กับปริมาณไกลโคเจนที่สะสมอยู่ และหากมีค่ามากกว่า 6.0 จะมีผลทำให้เนื้ออยู่ในลักษณะเนื้อดีเอฟดี (DFD) (Honikel, 1987) คือ เนื้อจะมีสีคล้ำและแน่นและแห้ง ซึ่งบ่งบอกถึงลักษณะไม่พึงประสงค์ของเนื้อที่ผู้บริโภคไม่ต้องการ (สัญชัย, 2553) เป็นผลมาจากมีปริมาณกรดแลกติกในเนื้อมีค่าต่ำ สาเหตุเกิดขึ้นจากก่อนโคจะถูกฆ่าปริมาณไกลโคเจนในกล้ามเนื้อถูกใช้ไปเกือบทั้งหมด อาจเป็นเพราะโคอ่อนเพลียจากการเดินทางเป็นระยะเวลานาน และไม่ได้รับอาหารในระหว่างการพักโค เมื่อโคตายขบวนการสร้างและสลายแบบไม่ใช้อากาศอาจจะไม่เกิดขึ้น หรือเกิดขึ้นได้น้อยมากมีผลทำให้ค่า pH ลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดย เยาวลักษณ์ (2536) กล่าวว่าส่วนใหญ่แล้วกรดแลคติกจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยอาจจะขึ้นอยู่กับสภาวะร่างกายอดอาหาร การพักผ่อน และความเครียดของสัตว์ สำหรับค่าสีเนื้อของโคเนื้อลูกผสมเพศผู้ตอนที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 กลุ่ม หากพิจารณาจากระยะเวลาทดลองแบบรายตัว พบว่ากลุ่มโคที่ได้รับอาหารแยกส่วน (กลุ่มควบคุม) ประกอบด้วยโคหมายเลข 102 105 และกลุ่มที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ (T70) ประกอบด้วยโคหมายเลข 104 มีค่าสีเนื้อบริเวณกล้ามเนื้อทั้ง 2 ตำแหน่ง คือ L* ค่าความสว่าง a* ค่าสีแดง และ b* ค่าสีเหลือง มีค่าต่ำกว่ากลุ่มโคที่ได้อาหารทีเอ็มอาร์ (T70 T5C และT75F) ประกอบด้วยโคหมายเลข 101 107 110 103 และ 111 ตามลำดับ ซึ่งโดยปกติแล้วสีเนื้อของโคจะมีสีชมพูออกเทาจนถึงสีแดงออกม่วงแตกต่างกันออกไปตามประเภทของเนื้อ และอายุของสัตว์ และในสัตว์ชนิดเดียวกันแต่มีอายุที่แตกต่างกันกันจะมีปริมาณไมโอโกลบินในเนื้อแตกต่างกัน และสัตว์ที่มีอายุมากจะมีสีเนื้อที่เข้มกว่าสัตว์ที่มีอายุน้อย (ธันวา, 2557)

จากการศึกษาของ Bruce et al. (2004) รายงานว่าโคที่มีระยะเวลาขุนนาน 205 วัน มีผลทำให้ค่าสีความสว่าง L* และค่าสีแดง a* สูงกว่าโคที่ใช้ระยะเวลาในการขุนสั้น 150 วัน นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Vestergaard et al. (2000) ที่รายงานว่าโคขุนที่ถูกเลี้ยงด้วยอาหารที่มีคุณภาพดีเป็นระยะ 5 เดือน จะส่งผลทำให้ค่า ค่าสีแดง a* สูงกว่าเนื่องจากพบว่ามีปริมาณของ heme pigment อยู่สูง เนื่องจากค่าสีแดง a* ในกล้ามเนื้อจะสูงขึ้นตามอายุของโค สำหรับเปอร์เซ็นต์สูญเสียน้ำหนักจากการต้มของโคเนื้อลูกผสมเพศผู้ตอนที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 กลุ่ม พบว่าโคทดลองทั้ง 8 ตัว มีค่าสูญเสียน้ำหนักจากการต้มบริเวณกล้ามเนื้อสันนอก และกล้ามเนื้อสะโพกอยู่ช่วงระหว่าง 31.24 - 34.71 และ 30.70-34.84 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Cafferky et al. (2019) ทำการศึกษาคุณภาพเนื้อของโคขุนเพศผู้ตอน พบว่าโคขุนเพศผู้ตอนมีเปอร์เซ็นต์สูญเสียน้ำหนักจากการต้มมีค่าเท่า 29.25 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าไขมันแทรกและปริมาณน้ำที่มีอยู่เนื้อ ในระหว่างการใช้ความร้อนต้มนั้นไขมันแทรกจะละลายแล้วจะเคลื่อนที่เข้าไปอุดช่องว่างในเพอริไมเซี่ยมทำให้น้ำภายในเนื้อถูกปล่อยออกไม่มาก น้ำในเนื้อจะบ่งชี้ถึงความฉ่ำนุ่มของเนื้อ (เยาวลักษณ์, 2536) และเปอร์เซ็นต์สูญเสียน้ำจากการแช่เย็น พบว่าโคทดลองทั้ง 8 ตัว มีค่าสูญเสียน้ำจากการแช่เย็นของบริเวณกล้ามเนื้อสันนอกและกล้ามเนื้อสะโพก มีค่าเท่ากับ 9.09-10.36 และ 9.19 – 10.92 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์สูญเสียน้ำจากการแช่เยือกแข็งมีค่าเท่ากับ 9.56 – 10.99 และ 9.56 -11.52 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของบริเวณกล้ามเนื้อสันนอกของโคเนื้อลูกผสมเพศผู้ตอนที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 กลุ่ม พบว่ามีค่าแรงตัดผ่านเนื้ออยู่ระหว่าง 3.62 – 4.12 กิโลกรัม ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Cafferky et al. (2019) ทำการศึกษาคุณภาพเนื้อของโคขุนเพศผู้ตอน พบว่าโคขุนเพศผู้ตอนมีค่าแรงตัดผ่านบริเวณกล้ามเนื้อสันนอกมีค่าเท่า 3.78 กิโลกรัม ส่วน Whipple et al. (1990) รายงานว่าโคที่มีเลือดโคเมืองร้อนจะมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อสันนอกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.74 กิโลกรัม ในขณะที่ค่าแรงตัดผ่านเนื้อโคยุโรปมีค่าประมาณ 3.96 กิโลกรัม และจะเห็นได้ว่าตามมาตรฐานของผู้บริโภคสหรัฐอเมริกา เนื้อโคที่ผู้บริโภคยอมรับความนุ่มมีค่าแรงตัดผ่านไม่เกิน 4.1 กิโลกรัม (Huffman et al., 1996 ; Kooohmaraie et al., 1995) และจากการรายงานของ Tommy et al. (1993) กล่าวว่าค่าแรงตัดผ่านของกล้ามเนื้อจะขึ้นอยู่กับชนิดของโค พันธุ์โคอายุชนิดของกล้ามเนื้อปริมาณไขมันที่แทรกอยู่ในเนื้อ อันเนื่องมาจากระดับของไขมันแทรกจะมีผลต่อความนุ่มของเนื้อเพียงร้อยละ 5 ถึง ร้อยละ 10 เท่านั้น นอกจากนั้นเป็นอิทธิพลทางด้านอายุ ส่วนบริเวณกล้ามเนื้อสะโพกพบว่ามีค่าแรงตัดผ่านอยู่ระหว่าง 4.30 – 5.04 กิโลกรัม จากการรายงานของ ธันวา (2557) รายงานว่าค่าแรงตัดผ่านเนื้อสันนอกมีค่าน้อยกว่ากล้ามเนื้อสะโพก เนื่องจากกล้ามเนื้อสะโพกจากสะโพกเป็นกล้ามเนื้อที่มีการเคลื่อนไหวบ่อยครั้ง และมีโครงสร้างของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่อยู่ภายใน

เนื้อสูง (Harper et al., 1999) จะมีเอ็นและพังผืดอยู่มาก ในทางตรงกันข้ามเนื้อสันนอกเป็นเนื้ออยู่ในบริเวณที่เคลื่อนไหวน้อยจึงทำให้เนื้อมีความนุ่มมาก (จุฑารัตน์ และญาณิน, 2548)

ส่วนองค์ประกอบทางเคมีของโคเนื้อลูกผสมเพศผู้ตอนที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 กลุ่ม แสดงในตารางที่ 30 พบว่าโคกลุ่มที่ได้รับอาหารรับระดับพลังงานอาหารเพิ่มขึ้น ประกอบด้วยอาหารทีเอ็มอาร์ (T75C และ T75F) มีปริมาณไขมันในเนื้อสูงกว่าโคที่ได้รับอาหารแบบแยกส่วน (กลุ่มควบคุม) โคกลุ่มที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ (T70) จากการรายงานของ นัทธมน และกฤตพล (2553) ได้ทำการศึกษาการเพิ่มระดับพลังงานต่อคุณภาพเนื้อ พบว่า โคเนื้อลูกผสมบราห์มันที่ได้รับระดับพลังงานอาหารเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ไขมันในเนื้อเพิ่มขึ้นจาก 5.88 เป็น 6.96 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เปอร์เซ็นต์โปรตีนมีปริมาณลดลง

ตารางที่ 30 ผลของรูปแบบการให้อาหารและระดับพลังงานต่อคุณภาพเนื้อบริเวณกล้ามเนื้อสันนอกของโคเนื้อลูกผสม

หมายเลขโค	กลุ่มควบคุม		T70		T75C		T75F	
	102	105	104	101	107	110	111	103
pH_1	6.18	6.14	6.26	6.79	6.75	6.75	6.83	6.95
pH_u	5.64	5.69	5.70	5.72	5.74	5.70	5.56	5.82
ความสว่าง, L*	49.56	48.13	48.41	49.62	48.11	48.61	48.44	49.31
สีแดง, a*	20.21	22.67	20.90	24.61	22.64	24.44	23.05	22.29
สีเหลือง, b*	8.36	8.19	8.29	8.59	8.15	8.63	8.51	8.49
Cooking loss (%)	34.65	33.86	33.43	31.24	34.71	32.51	33.64	34.67
Drip loss (%)	9.94	9.88	9.25	9.09	10.36	10.57	9.58	10.05
Freezing loss (%)	10.11	10.63	10.56	9.56	10.91	10.47	10.86	10.16
ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (กิโลกรัม)	4.03	3.95	4.12	3.70	3.70	3.66	4.04	3.62

หมายเหตุ[1] อาหารแยกส่วน ประกอบด้วย เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก และอาหารข้น (กลุ่มควบคุม) สูตร 2 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 70%TDN (T70) สูตร 3อาหารสูทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากแป้งในธัญพืช (T75C) และสูตร 4 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากน้ำมันปาล์ม (T75F)

ตารางที่ 31 ผลของรูปแบบการให้อาหารและระดับพลังงานต่อคุณภาพเนื้อบริเวณกล้ามเนื้อสะโพของโคเนื้อลูกผสม

หมายเลขโค	กลุ่มควบคุม		T70		T75C		T75F	
	102	105	104	101	107	110	111	103
pH_1	6.91	6.70	6.99	6.67	6.57	6.66	6.58	6.60
pH_u	5.83	5.31	5.40	5.5	5.47	5.66	5.56	5.55
ความสว่าง, L*	47.41	47.26	46.84	44.79	44.90	45.94	43.59	46.01
สีแดง, a*	24.23	24.11	24.57	23.64	24.19	23.57	24.28	24.17
สีเหลือง, b*	7.95	7.39	7.12	8.02	7.52	8.11	7.42	7.11
Cooking loss (%)	32.85	33.43	31.91	31.26	30.70	33.84	32.26	33.13
Drip loss (%)	9.32	10.92	10.71	9.19	10.19	10.51	10.72	9.20
Freezing loss (%)	10.12	11.11	10.85	9.37	11.52	10.74	10.89	10.34
ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (กิโลกรัม)	4.67	4.32	4.32	4.57	5.04	4.60	4.30	4.36

หมายเหตุ[1] อาหารแยกส่วน ประกอบด้วย เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก และอาหารข้น (กลุ่มควบคุม) สูตร 2 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 70%TDN (T70) สูตร 3อาหารสูทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากแป้งในธัญพืช (T75C) และสูตร 4 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากน้ำมันปาล์ม (T75F)

ตารางที่ 32 ผลของรูปแบบการให้อาหารและระดับพลังงานต่อองค์ประกอบทางเคมีบริเวณเนื้อของโคเนื้อลูกผสม

หมายเลขโค	กลุ่มควบคุม		T70		T75C		T75F	
	102	105	104	101	107	110	111	103
เนื้อสันนอก								
ความชื้น	69.88	66.66	68.75	68.18	69.23	69.70	66.67	78.26
	---------- เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (%) ----------							
เถ้า	4.25	3.63	3.67	3.26	3.25	3.91	3.41	3.43
โปรตีน	32.43	30.00	31.86	32.90	31.50	31.03	31.81	31.25
ไขมัน	6.55	6.21	5.67	6.24	6.23	6.82	6.71	6.63
เนื้อสะโพก								
ความชื้น	65.47	67.28	66.77	68.97	62.35	67.65	65.68	64.00
	---------- เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (%) ----------							
เถ้า	3.41	3.32	2.94	4.86	3.09	3.08	3.60	3.59
โปรตีน	33.05	30.86	31.54	32.90	32.58	31.03	31.81	32.25
ไขมัน	6.48	5.97	6.45	5.74	6.12	6.78	6.62	6.39

หมายเหตุ[1] อาหารแยกส่วน ประกอบด้วย เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก และอาหารข้น (กลุ่มควบคุม) สูตร 2 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 70%TDN (T70) สูตร 3อาหารสูทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากแป้งในธัญพืช (T75C) และสูตร 4 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากน้ำมันปาล์ม (T75F)

ต้นทุนการเลี้ยงและผลตอบแทน

จากการศึกษาต้นทุนการเลี้ยง และผลตอบแทนของโคเนื้อลูกผสมทั้ง 8 ตัว ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 กลุ่ม แสดงในตารางที่ 31 พบว่ากลุ่มโคที่ได้รับอาหารแยกส่วน (กลุ่มควบคุม) ประกอบด้วยโคหมายเลข 102 105 และกลุ่มที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ (T70) ประกอบด้วยโค 104 มีค่าใช้จ่ายโดยรวม ซึ่งประกอบด้วย ค่าพันธุ์โค ค่าอาหาร คิดเป็นต้นทุนรวมอยู่ช่วงระหว่าง 48,343.84 – 57,917.59 บาท โดยมีต้นทุนสูงกว่ากลุ่มโคที่ได้อาหารทีเอ็มอาร์ (T70, T5C และT75F) ประกอบด้วยโคหมายเลข 101 ,107 110 ,111 และ 103 ตามลำดับ คิดเป็นต้นทุนอยู่ช่วงระหว่าง 38,316.97 – 46,960.00 บาท และหากคิดเป็นราคาต้นทุนด้านราคาอาหารต่อกิโลกรัม พบว่าอาหารแยกส่วน (กลุ่มควบคุม) มีต้นทุนราคาอาหารต่อกิโลกรัมสูงกว่าอื่นๆ เท่ากับ 5.72 บาท รองลงคืออาหารทีเอ็มอาร์ (T75C) มีค่าเท่ากับ 5.00 บาท รองลงมาคือ อาหารทีเอ็มอาร์ (T75F) มีค่าเท่ากับ 4.86 บาท และตามด้วยอันดับสุดท้ายอาหารทีเอ็มอาร์ (T70) มีค่าเท่ากับ 4.67 บาท ตามลำดับ

เมื่อจำหน่ายซากโคในราคาน้ำหนักซากเย็น กิโลกรัมละ 190 บาท พบว่ารายได้จากการจำหน่ายของโคหมายเลข 102 105 และ 104 มีค่าอยู่ช่วงระหว่าง 53,960.00 - 59,090.00 บาท ซึ่งสูงกว่าโคหมายเลข 101 107 110 111 และ 103 ตามลำดับ มีค่าอยู่ช่วงระหว่าง 45,600.00 - 53,770.00 บาท และเมื่อหักต้นทุน (ค่าพันธุ์โคและค่าอาหาร) ออกแล้วจะเห็นได้ว่าโคหมายเลข 101 107 110, 111 และ 103 ตามลำดับ ได้รับผลตอบแทนดีกว่าโคหมายเลข 102 105 และ 104 อยู่ในช่วง 4,524.73 – 9,753.03 บาท ตามลำดับ โดยเฉพาะ โคหมายเลข 110 ที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ (T75C) ให้ผลตอบแทนมากกว่าโคหมายเลขอื่น อีกทั้งยังใช้ระยะเวลาขุนเพียง 200 วัน ในขณะที่โคหมายเลข 111, 103 และ 101 ที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ (T75F และ T70) ใช้ระยะเวลาขุนเท่ากัน แต่ผลตอบแทนเป็นอันดับรองลงมา ส่วนโคหมายเลข 102, 105 และ 104 ที่ได้รับอาหารแยกส่วน (กลุ่มควบคุม) และกลุ่มที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ (T70) มีต้นทุนการเลี้ยงสูง และได้รับผลตอบแทนเป็นอันดับสุดท้าย อีกทั้งใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงนานถึง 310 วัน

ตารางที่ 33 ต้นทุนค่าพันธุ์โค,ค่าอาหาร, รายได้จากการขายซาก และผลตอบแทน

รายการ	ควบคุม		T70		T75C		T75F	
หมายเลขโค	102	105	104	101	107	110	111	103
จำนวนวันเลี้ยง	310	310	310	200	200	200	200	200
น้ำหนักส่งฆ่า (กิโลกรัม)	577.00	525.00	531.00	432.00	460.00	449.00	490.00	485.00
น้ำหนักซากเย็น (กิโลกรัม)	311.00	284.00	292.50	240.00	263.00	253.00	283.00	277.00
ค่าพันธุ์โค	26,700.00	23,025.00	26,775.00	22,125.00	24,225.00	19,875.00	25,725.00	24,900.00
ค่าอาหาร	31,217.50	25,318.84	29,780.35	16,479.70	20,860.27	18,441.97	21,235.03	21,307.29
รวม	57,917.50	48,343.84	56,555.35	38,604.70	45,085.27	38,316.97	46,960.03	46,207.29
ราคาอาหารต่อกิโลกรัม	5.72	5.72	4.67	4.67	5.00	5.00	4.86	4.86
รายได้จากการขายซาก	59,090.00	53,960.00	55,575.00	45,600.00	49,970.00	48,070.00	53,770.00	52,630.00
ผลตอบแทน	1,172.50	5,616.16	- 980.35	6,995.30	4,884.73	9,753.03	6,809.97	6,422.71

หมายเหตุ[1]: อาหารทดลอง[1] ประกอบไปด้วย สูตร 1 อาหารแยกส่วน คือ เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก และอาหารข้น (กลุ่มควบคุม) สูตร 2 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 70% TDN (T70) สูตร 3 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากแป้งในธัญพืช (T75C) และสูตร 4 อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากน้ำมันปาล์มปาล์ม (T75F)

ค่าพันธุ์โค = น้ำหนักโค x ราคาน้ำหนักมีชีวิต (75 บาทต่อกิโลกรัม)

รายได้จากการขายซาก = น้ำหนักซากเย็น x ราคาซากเย็น (190 บาทต่อกิโลกรัม)

ผลตอบแทน = (ค่าพันธุ์โค + ค่าอาหาร) – รายได้จากการขายซาก

บทที่ 5
สรุปผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผล

1. จากการศึกษาผลของรูปแบบการให้อาหารและระดับพลังงาน พบว่าโคที่ได้รับรูปแบบอาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากแป้งในธัญพืช (T75C) มีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (*in vitro*) สูงที่สุด

2. การให้อาหารรูปแบบอาหารทีเอ็มอาร์ส่งผลให้มีสมรรถการการผลิตดีกว่าการให้อาหารรูปแบบแยกส่วน โดยเฉพาะกลุ่มที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากแป้งในธัญพืช (T75C) มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และปริมาณการกินอาหารดีกว่ากลุ่มอื่นๆ ในขณะที่โคที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากน้ำมันปาล์ม (T75F) ในระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหาร พบว่าไม่มีผลต่อการย่อยได้ของโภชนะในตัวสัตว์ (*in vivo*) และคุณภาพซากมีแนวโน้มดีขึ้น โดยเฉพาะด้านอย่างยิ่งเปอร์เซ็นต์ซาก และระดับไขมันแทรก

3. อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีระดับพลังงาน 75%TDN โดยมีแหล่งพลังงานจากแป้งในธัญพืช (T75C) ส่งผลทำให้มีค่าตอบแทนจากการเลี้ยงโคขุนค่อนข้างดี แต่อย่างไรก็ตาม น้ำหนักส่งฆ่ายังคงน้อยกว่า 500 กิโลกรัม

ข้อเสนอแนะ

1. การให้อาหารทีเอ็มอาร์แก่โคขุนควรแบ่งจ่ายอาหารวันละ 3 เวลา เพื่อกระตุ้นการกินอาหารให้มากขึ้น เนื่องจากโคมีพฤติกรรมในการเลี้ยงกิน และชอบกินอาหารที่สดใหม่อยู่เสมอ

2. การใช้แหล่งอาหารหยาบจากเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก ก่อนนำให้โคกินควรสับซังข้าวโพด หรือแกนข้าวโพดให้ละเอียดเพื่อลดปัญหาในการเลือกกิน

3. ควรศึกษาวิจัยเพิ่มเติม ในการเสริมไขมันในสูตรอาหาร TMR สำหรับโคขุน โดยเพิ่มระดับน้ำมันปาล์มหรือแป้งจากธัญพืชให้สูงขึ้น

บรรณานุกรม

เกียรติศักดิ์ รักสถาน. 2549. ปจจัยที่มีผลตอคุณภาพซากของโคขุนโพนยางคำ. ใน **รายงานปญหาพิเศษระดับปริญญาตรี**. กรุงเทพฯ: สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกลาเจาคุณทหารลาดกระบัง.

คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย. 2551. **ความต้องการโภชนะของโคเนื้อในประเทศไทย**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล, ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ, กันยา ตันติวิสุทธิกุล และ วิชิต พรหมอินทร์. 2550. เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตัดแต่งและคุณภาพเนื้อโคขุนภายใต้ระบบการผลิตของสหกรณ์โคเนื้อกำแพงแสน. ใน **การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45**. หน้าที่ 179-186. กรุงเทพฯ: คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล, ญาณิน โอภาสพัฒนากิจ, ปีย์ชนิต อินทรพรอุดม และ ปิยะดา ทวิชศรี. 2553. คุณภาพของโคพื้นเมืองและโคลูกผสมสายพันธุ์ต่างๆ ภายใต้ระบบการผลิตเนื้อโคและระยะเวลาการบ่มที่แตกต่างกัน. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า**, 28(2), 17-25.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2560. **โอกาสทางการตลาดของเนื้อโคไทย**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.rescom.trf.or.th/ (5 เมษายน 2562).

ฉลอง วชิราภากร, เมธา วรรณพัฒน์ และ นิโรจน์ ศรสูงเนิน. 2546. การผลิตอาหารผสมสำเร็จ (total mixed ration, TMR) ที่มีซังข้าวโพดเป็นแหล่งอาหารหยาบเพื่อเป็นอาหารสำหรับโคนม. น. 214-223. ใน **การประชุมสัมมนาวิชาการแห่งชาติ "ปศุสัตว์อาหารมาตรฐานโลก"**. ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ชยพล มีพร้อม. 2556. **ผลของการเสริมน้ำมันที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันโอลิอิค (Oleic acid) อยู่สูงต่อผลผลิตโคเนื้อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของโคเนื้อลูกผสมบราห์มัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ชาลินี ติ้มขลิบ. 2560. **ผลของอาหารผสมเสร็จหมักจากเศษเหลือสับปะรดต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนการย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ, จุฑารัตน์ เศรษฐกุล, กันยา ตันติวิสุทธิกุล และ มาลัย จงเจริญ. 2547. การผลิตเนื้อโคคุณภาพสูงจากโคลูกผสมเลือดชาร์โรเล่ส์: คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ. น. 298-306. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42**. กรุงเทพฯ: คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณรกมล เลาห์รอดพันธ์ และ โชค โสรัจกุล. 2559. ผลของระยะเวลาการเลี้ยงขุนต่อการเจริญเติบโตคุณภาพซากและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคขุนลูกผสมชาร์โลเลส์. **แก่นเกษตร**, 44(2), 619-625.

ดวงทิพย์ บุญช่วย. 2560. ผลของระดับและชนิดอาหารหยาบต่อประสิทธิภาพและลักษณะซากโคเนื้อ. ใน **สัมมนาระดับชั้นปริญญาตรี**. สงขลา: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ธนาพร บุญมี, สัญชัย จตุรสิทธา, เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจ, จิรวัฒน์ พัสระ, มิชาเอล ครอยเวอร์ และ มิชาเอล วิคเค. 2554. ผลของอาหารที่ใช้ขุนต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของแม่โคคัดทิ้ง. **วารสารเกษตร**, 27(2), 113-120.

เทียนทิพย์ ไกรพรม และ ศรเทพ ธัมวาสร. 2557. ผลของการใช้เปลือกและซังข้าวโพดหมักร่วมกับฟางข้าวในอาหารโคนมรุ่น. **แก่นเกษตร**, 42, 273-278.

ธันวา ไวยบท. 2557. การศึกษาคุณภาพเนื้อโคและการยอมรับของผู้บริโภคต่อสายพันธุ์โคเนื้อในเขตจังหวัดนครสวรรค์. **แก่นเกษตร**, 42, 313–316.

นันทนา ช่วยชูวงศ์, ชัยณรงค์ คันธพนิต และ ปรารถนา พฤกษะศรี. 2540. การเปรียบเทียบสมรรถภาพการขุน ปริมาณและคุณภาพผลผลิต และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคเนื้อ 5 พันธุ์ที่มีอยู่ในประเทศไทย. น. 288-297. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 35**. กรุงเทพฯ: สาขาสัตว์และสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นพรัตน์ เหรียญทอง, สุริยะ สะวานนท์, ภูมพงศ์ บุญแสน, พีรชิต ไชยหาญ, ธีราภรณ์ ปัญญาบุญ, ปรีชา อินนุรักษ์ และวรเทพ ชมพูนิตย์. 2553. การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถภาพการผลิตคุณภาพซาก และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ของโคเนื้อพันธุ์กำแพงแสนที่ได้รับอาหารรูปแบบแตกต่างกัน. น. 69-76. ใน **การประชุมทางวิชาการขอมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48**. กรุงเทพฯ: สาขาสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นัทธมน ตั้งจิตวัฒนาชัย และ กฤตพล สมมาตย์. 2553. ผลของระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้ต่อคุณภาพเนื้อของโคเนื้อพันธุ์เฟี้ยนเมืองไทย. **แก่นเกษตร**, 38, 24-29.

นัทธมน ตั้งจิตวัฒนาชัย และ พีรพจน์ นิติพจน์. 2556. ผลของโปรตีนที่กินได้ต่อศักยภาพในการเจริญเติบโตและความสามารถ ในการย่อยได้ของโภชนะในโคเนื้อลูกผสมบราห์มัน. **แก่นเกษตร**, 46, 405-409.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2527. **โภชนาศาสตร์สัตว์**. เชียงใหม่: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2539. **พืชหมัก**. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บุญเสริม ชีวะอิสระกุล และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2527. **พื้นฐานสัตวศาสตร์**. เชียงใหม่: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บัญญัติ วิชัยดิษฐ์. 2549. **การเลี้ยงโคขุน**. กรุงเทพฯ: ชมรมผู้เลี้ยงโคเนื้อแห่งประเทศไทย.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล, บุญเสริม ชีวะอิสระกุล, สมคิด พรหมมา และ สตางค์ ภูมิสุทธาผล. 2544. พลังงานสุทธิของเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักคำนวณจากค่าการย่อยได้ในโคนมแห้ง. น. 121-128. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39**. กรุงเทพฯ: คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิ่น จันจุฬา และ เมธา วรรณพัฒน. 2546. บทบาทของอาหารเยื่อใยต่อกระบวนการหมักในรูเมน ปริมาณการกินได้ผลผลิตและองคประกอบน้ำนมในโครีดนม. **วารสารโคนม**, 20, 8-22.

ปรารถนา พฤกษะศรี. 2533. **การเลี้ยงโคขุน**. กรุงเทพฯ: คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรศรี ชัยรัตนรัตนายุทธิ์ และ ทิพยา สิงหลักษณ์. 2531. การใช้เปลือกและซังข้าวโพดเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง: การใช้วัสดุท้องถิ่นเป็นอาหารสัตว์. น. 323. ใน **รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ ณ จังหวัดเชียงราย**. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2547. **หลักการอาหารสัตว์: หลักการโภชนศาสตร์และการประยุกต์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์โอเดียนสโตร์.

พีรพจน์ นิติพจน์ และ กฤตพล สมมาตย์. 2550. การประเมินคุณค่าทางโภชนะวัตถุดิบอาหารหยาบ และแหล่งเยื่อใยที่ไม่ใช่ อาหารสัตว์ในหลอดทดลองการผลิตแก๊ส. **แก่นเกษตร**, 35(3), 397-409.

ภัทรภร ทัศพงศ์. 2559. **เอกสารคำสอนรายวิชาการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง**. [เอกสาร PDF]. แหล่งที่มา http://www.agi.nu.ac.th/science/121113_1.pdf.

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. **โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง**. ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

มนตรี จำปาดี. 2552. **การย่อยได้ของโภชนะในเศษข้าวโพดหวานหมักและการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตที่เกิดจากการหมักในกระเพาะรูเมนของโคนม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2536. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์**. กรุงเทพฯ: เค.ยู.เพลส.

วารุณี ศรีนุช. 2552. **การย่อยได้ของโภชนะและการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตในกระเพาะรูเมนของโคนมที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีเศษข้าวโพดหวานหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

วิโรจน์ ภัทรจินดา และ มนต์ชัย ดวงจินดา. 2554. **KCF 2011 โปรแกรมจัดการอาหารโคนมและคำนวณสูตรอาหารต่ำสุด**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วรรณา อ่างทอง, โสภณ ชินเวโรจน์ และ ศุภกิจ สุนาโท. 2559. **สมรรถนะการเจริญเติบโตของโคเนื้อภูพานที่เลี้ยงขุนโดยใช้ถั่วท่าพระสไตโลหมักร่วมกับกากมันสำปะหลังที่เติมและไม่เติมยีสต์เป็นอาหารหยาบหลัก**. ขอนแก่น: ศูนย์วิจัยและพัฒนามาตาฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง.

วิโรจน์ ภัทรจินดา. 2559. **TMR ยุคใหม่โคนมไทย**. ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศรีสกุล วรจันทรา. 2531. **โภชนศาสตร์สัตว์**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สวนิต อ่อนรุ่งเรือง. 2535. น้ำมันปาล์ม. **ว. สงขลานครินทร์**, 14, 119-122.

สมคิด พรหมมา และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2539. การเพิ่มผลผลิตของโคนมด้วยการจัดการให้อาหารอย่างมีประสิทธิภาพ. น. 148-164. ใน **การพัฒนาปศุสัตว์ไทยจากกึ่งพุทธกาลถึงโลกกาภิวัตน์**. กรุงเทพฯ: สมาคมสัตวบาลแห่งประเทศไทย.

สัญชัย จตุรสิทธา. 2547. **การจัดการเนื้อสัตว์**. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าการเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2547. **เนื้อโค (มกอช. 6001-2547)**. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานสินค้าการเกษตรและอาหารแห่งชาติ.

สัญชัย จตุรสิทธา. 2553. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์**. พิมพ์ครั้งที่ 3. เชียงใหม่: โรงพิมพ์มิ่งเมือง.

สุรชัย สุวรรณลี. 2555. **เอกสารคำสอนรายวิชาการผลิตโคและกระบือ**. [เอกสาร PDF]. แหล่งที่มา http://www.agri.ubu.ac.th/~suralee/buffalo45-8(edit).pdf (22 มิถุนายน 2563).

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. **ข้าวโพดหวาน**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.oae.go.th/ (20 มีนาคม 2560).

AOAC. 1998. **Official Methods of Analysis 16th Ed**. Association of official analytical chemists. Washington DC, USA.

Abu, A. A., Okai, D. B. and Tuah, A. K. 1984. Oil palm slurry (OPS) as a practical replacement for maize in the diets of growing finishing pigs. **Nutrition Reports International**, 30, 121-127.

Apple, J. K. 1999. Infuence of body condition score on live and carcass value of cull beef cows. **J.Anim.Sci**, 77, 2660–2669.

Andrae, J. G., Duckett, S. K., Hunt, C. W., Pritchard, G. T. and Owens, F. N. 2001. Effects of feeding high-oil corn to beef steers on carcass characteristics and meat quality. **J.Anim.Sci**, 79(3), 582-588.

Archibeque, S. L., Lunt, D. K. Gilbert, C. D. Tume, R. K. and Smith, S. B. 2005. Fatty acid indices of stearoyl-CoA desaturase do not reflect actual stearoyl-CoA desaturase enzyme activities in adipose tissues of beef steers finished with corn-, flaxseed-, or sorghumbased diets. **J.Anim.Sci**, 83(5), 1153–1166.

Avilés, C., Martínez, A. L. Domenech, V. and Peña, F. 2015. Effect of feeding system and breed on growth performance, and carcass and meat quality traits in two continental beef breeds. **Meat Science**, 107, 94-103.

Balogun, O. O., Fetuga, B. L. and Oyenuga, V. A. 1983. The response of the muscles of weanling Large White x Landrace pigs to methionine and palm oil Supplementation to a cassava flour - soya - bean meal diet. **J.Anim.Sci**, 101, 757-762.

Brosh, A. Y, Aharoni, D. L. and Holzer, Z. 1995. Effect of diet energy concentration and of age of Holstein-Friesian bull calves on growth rate, urea space and fat deposition and ruminal volume. **J.Anim.Sci**, 73, 1666-1673.

Bruce, H., Stark, J. and Beilken, S. 2004. The effects of finishing diet and postmortem ageing on the eating quality of the *M. longissimus* thoracis of electrically stimulated Brahman steer carcasses. **Meat Science**, 67(2), 261–268.

Beauchemin, K. A., McGinn S. M. and Petit, H. V. 2007. Methane abatement strategies for cattle: Lipid supplementation of diets. **J.Anim.Sci**, 87, 431–440.

Boonsaen, Phoompong, Soe, Nann Winn, Maitreejet, Wisut, Majarune, Sutisa, Reungprim, Taweeporn and Sawanon, Suriya. 2017. Effects of protein levels and energy sources in total mixed ration on feedlot performance and carcass

quality of Kamphaeng Saen steers. **Agriculture and Natural Resources**, 51, 57-61.

Chanjula, P., Wanapat, M. Wachirapakorn, C. Uriyapongson, S. and Rowlinson, P. 2003. Ruminal Degradability of Tropical Feeds and Their Potential Use in Ruminant Diets. **J.Anim.Sci**, 16(2), 211-216.

Cooper, M. M. 1967. **Urea as a Protein Supplement**. M. H. Briggs (Ed.). United Kingdom: Pergamon.

Chilliard, Y., Glasser, F. Ferlay, A. Bernard, L. Rouel, J. and Doreau, M. 2007. Diet biohydrogenation cow and Goat milk fat nutritional quality. **European Journal of Lipid Science and Technology**, 109, 828-855

Chung. K. Y., and Johnson, B.J. 2010. Oleic acid enhances GPR43 and AMPK in a muscle cell transdifferentiation model. **J.Anim.Sci**, 87, 3897-3904.

Choi, S. H., Park, S. K. Choi, C. W. Li, X. Z. Kim, K. H. Kim, W. Y. Jeong, J. Johnson, B. J. Zan, L. and Smith, S. B. 2016. The Expression of Adipogenic Genes in Adipose Tissues of Feedlot Steers Fed Supplementary Palm Oil or Soybean Oil. **J.Anim.Sci**, 29(3), 404-412.

Chung, C. S., Cho, W. K. Jang, I. S. Lee, S. S. and Moon, Y. H. 2017. Effects of feeding system on growth performance, plasma biochemical components and hormones and carcass characteristics in Hanwoo steers. **J.Anim.Sci**, 30(8), 1117-1123.

Cafferky, J., Hamill, R. M. Allen, P. O'Doherty, J. V. Cromie, A. and Sweeney, T. 2019. Effect of Breed and Gender on Meat Quality of *M. longissimus* thoracis et lumborum Muscle from Crossbred Beef Bulls and Steers. **Foods**, 8(5), 1-10.

Dato, R.G., and Allen, M.S. 1995. Intake limitations, feeding behavior and rumen function of cows challenged with rumen fill form dietary fiber or inert bulk. **J.Dairy.Sci**, 78(1), 188-125.

Daniel, W. S. 2013. Beef Cattle Feed Efficiency. **Driftless Region Beef Conference**, 2-4.

Dutta, T. K., Agnihotri, M. K. and Rao, S. B. N. 2008. Effects of supplemental palm oil on nutrient utilization, feeding Economics and carcass characteristics in post-

weaned muzafarnagari lambs under feedlot condition. **Small Ruminant Research**, 78, 66-73.

Duckett, S. K. , Andrae, J.G. and Owens, F. N. 2002. Effect of high-oil corn or added corn oil on ruminal biohydrogenation of fatty acids and conjugated linoleic acid formation in beef steers fed finishing diets. **J.Anim.Sci**, 80(3), 353–360.

Drake, D.J. 2004. Understanding and improving beef cattle carcass quality. University of California. [Online]. Available http://anrcatalog.ucdavis.edu. (24 June 2019).

Firkins, J. L., and Eastridge, M. L. 1994. Assessment of the effects of iodine value on fatty acid digestibility, feed intake and milk production. **J.Dairy.Sci**, 77, 2357-2366.

Febel, H., Husveth, F. and Vereseghalom, T. 2000. Effect of fat source on plasma fatty acids in sheep. **J.Anim.Sci**, 79, 351–352.

Faulkner D. B., McKeith F. K. Berger L. L. Berge, D. J. Kesler and Parrett D. F. 1989. Effect of Testosterone Propionate on Performance and Carcass Characteristics of Heifers and Cow. **J.Anim.Sci**, 67(8), 1907-1915.

Gonthier, C., Mustafa, A. F. Ouellet, D. R. Chouinard, P. Y. Berthiaume, R. and Petit, H. V. 2005. Feeding micronized and extruded flaxseed to dairy cows: Effects on blood parameters and milk fatty acid composistion. **J.Dairy.Sci**, 88, 748–756.

Honikel, K.O. 1987. How to measure the water-holding capacity of meat? Recommendation of standardized methods. In Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs. **Agricultural Research**, 129–130.

Huffman, K.L., Miller, M.F., Hoover, L.C., Wu, C.K., Brittin, H.C., and Ramsay. C.B. 1996. Effect of beef tenderness on consumer satisfaction with steaks consumed in the home and restaurant. **J.Anim.Sci**, 74, 91-97.

Harper, G. S., Allinghama, P. G. and Le Feuvre, R. P. 1999. Changes in connective tissue of M. semitendinosus as a response to different growth paths in steers. **Meat Sci**, 53, 107-114.

Ismail, H. A., Lee, E. J. Ko, K. Y. and Ahn, D. U. 2009. Fat content influences the color, lipid oxidation, and volatiles of irradiated ground beef**.** **J Food Sci**, 74(6), 432-440.

Jorgensen, N. A., and J. W. Crowley. 1972. **Sweet corn**. *in* Corn silage for Wisconsin cattle.

Jaster, E. H., Ball, D. F. and Mccoy, G. C. 1983. Evaluation of Sweet Corn Residue as Roughage for Dairy Heifers. **J.Dairy.Sci**, 66: 2349–2355.

Jaster, E. H. and Murphy, M. R. 1983. Effects of Varying Particle Size of Forage on Digestion and Chewing Behavior of Dairy Heifers. **J.Dairy.Sci**, 66(4), 802-810.

Jenkins, T. C., and Mc Guire M. A. 2006. Major advances in nutrition: impact on milk composition. **J.Dairy.Sci**, 89, 1302-1310.

Koohmaraie, M., Wheeler, T. L. and Shackelford, S. D. 1995. Beef tenderness: regulation and prediction. **USDA-ARS U. S. Meat Animal Research Center**, 9, 1-25.

Kim, S. H., Alam, M. J. Gu, M. J. Park, K. W. Jeon, C. O. Ha, J. K. Cho, K. K. and Lee, S. S. 2012. Effect of Total Mixed Ration with Fermented Feed on Ruminal In vitro Fermentation, Growth Performance and Blood Characteristics of Hanwoo Steers. **J.Anim.Sci**, 25(2), 213-223.

Lopez-Guisa, J. M. and Satter, L. D. 1991. Effect of Forage Source on Retention of Digesta Markers Applied to Corn Gluten Meal and Brewers Grains for Heifers. **J.Dairy.Sci**, 74(12), 297-304.

Lawrie, R. A. 1998. **Lawrie's Meat Science**. 6th ed. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK.

May, S. G., Dolezal, H. G. Gill, D. R. Ray, F. K. and Buchanan, D. S. 1992. Effect of days fed, carcass grade traits, and subcutaneous fat removal on postmortem muscle characteristics and beef palatability. **J.Anim.Sci,** 70(2), 444-453.

Mustafa, A. F., Hassanat, F. and Berthiaume, R. R. 2004. In situ forestomach and intestinal nutrient digestibilities of sweet corn residues. Animal Feed Science and Technology **,** 114(4), 287-293.

Mosley, S.A., E. E. Mosldy, B. Hatch, J. I. Szasz, A. Corato, and Zacharias, N. 2007. Effects of varying level of fatty acids from palm oil on feed intake and milk production in Holstein cows. **J.Dairy.Sci**, 90, 987-993.

Minchin W, Buckley, F. Kenny, D. A. Monahan, F.J. Shalloo, L. O'Donovan, M. 2009. Effect of grass silage and concentrate based finishing strategies on cull dairy cow performance, carcass and meat quality characteristics. **Meat Science,** 81, 93-101.

Moya, D., Holtshausen, L. Marti, S. Gibb, D. G. McAllister, T. A. Beauchemin, K. A. and Schwartzkopf-Genswein, K. 2014. Feeding behavior and ruminal pH of corn silage, barley grain, and corn dried distillers' grain offered in a total mixed ration or in a free-choice diet to beef cattle. **J.Anim.Sci,** 92(8), 3526-3536.

Nocek, J. E. 1997. Bovine Acidosis: Implications on Laminitis. **J.Dairy.Sci,** 80, 1005-1028.

NRC. 1998. **Nutrient Requirement of Dairy Cattle. 6th ed**. Washington, D.C.: National Academy.

NRC. 2016. **Nutrient Requirements of Beef Cattle. 8th** ed. Washington, D.C.: National Academy.

Owens, F. N., Secrist, D. S. Hill, W. J. and Gill, D. R. 1997. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. **J.Anim.Sci,** 75(3), 868-879.

Ørskov, E. R., and McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **The Journal of Agricultural Science,** 92(2), 499-503.

Phillips, C. J., and Rind, M. I. 2001. The effects of frequency of feeding a total mixed ration on the production and behavior of dairy cows. **J.Dairy.Sci,** 84(9), 1979-1987.

Parish, J.A., Rhinehart J.D. and Martin J.M. 2009. Beef grades and carcass information. Mississippi State University Extension Service. [Online]. Available http://msucares. com/pubs/publications/p2522.pdf. (9 December 2019)

Petkova, M I. Kitanov, and D. Girginov. 2008.. Blood Lipids Profils in Lactating Cows Fed With Suppelment Of OVOCAP®. **Biotechnology in Animal Husbandry,** 24, 3-4.

Park, Sungkwon, Yan, Zhang, Choi, Changweon, Kim, Kyounghoon, Lee, Hyunjeong, Oh, Youngkyoon, Jeong, Jinyoung, Lee, Jonggil, Smith, Stephen B. and Choi, Seongho. 2017. Carcass and Meat Characteristics and Gene Expression in Intramuscular Adipose Tissue of Korean Native Cattle Fed Finishing Diets Supplemented with 5% Palm Oil. **Korean J Food Sci Anim Resour,** 37(2), 168–174.

Paul, Q. G., Rick, A.S. abJames, A. G. 1984. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Historical Materials from University of Nebraska-Lincoln Extension.

SAS. 1998. User' Guide: Statistics (Verion 6th Edition ed.). SAS. Inet, Inc.,Cary. NC., U.S.A.

Sommart, K., Parker, D.S. Rowlinson, P. and Wanapat, M. 2000. Fermentation Characteristics and Microbial Protein Synthesis in an In Vitro System Using Cassava, Rice Straw and Dried Ruzi Grass as Substrates. **J.Anim.Sci,** 13(8), 1084-1093.

Schnell, T. D., Belk, K. E. Tatum, J. D. Miller, R. K. and Smith, G. C. 1997. Performance, carcass, and palatability traits for cull cows fed high-energy concentrate diets for 0, 14, 28, 42, or 56 days. **J.Anim.Sci,** 75(5), 1195-1202.

Soder. K. J., Brito, A. F. Rubano, M. D. and Dell, C. J. 2012. Effect of incrementa flaxseed supplementation of an herbage diet on methane output and ruminal fermentation in continuousculture. **J.Dairy.Sci,** 95, 3961-3966

Smith, G. C., Dutson, T. R. Hostetler, R. L. and Carpenter, Z. L. 2008. Fatness rate of chilling and tenderness of lame. **J.Food.Sci**, 41(4), 748–756.

Sacks, B., Casey, N. H. Boshof, E. and van Zyl, H. 1993. Influence of freezing method on thaw drip and protein loss of low-voltage electrically stimulated and non-stimulated sheeps' muscle. **Meat Science,** 34(2), 235–243.

Smith, S. B. and Crouse, J. D. 1984. Relative contributions of acetate, lactate and glucose to lipogenesis in bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissue. **J Nutr**, 114(4), 792-800.

Smith, S. B., Kawachi, H. Choi, C. B. Choi, C. W. Wu, G. and Sawyer, J. E. 2009. Cellular regulation of bovine intramuscular adipose tissue development and composition. **J.Anim.Sci,** 87(14), 72-82.

Steel, R.G.D., Torrie, J.H. Dickey, D.A. 1997. Principles and procedures of statistics. A biochemical approach, 3rd (ed.). McGraw Hill Book Co. Inc., New York, USA.

Tommy, L. W., Larry, V. C. and Robert, M. K. 1993. Effect of Marbling Degree on Palatability and Caloric Content of Beef. **Published in Beef Research Program Progress Report,** 4 (1), 133-134.

Taylor, C. S. and Murray, J. I. 1991. Effect of feeding level, breed and milking potential on body tissues and organs of mature, non-lactating cows. **J.Anim.Sci,** 23, 27-38.

Vestergaard, M., Oksbjerg, N. and Henckel, P. 2000. Influence of feeding intensity grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of semitendinosus, longissimus dorsi and supraspinatus muscles of young bulls. **Meat Science,** 54(2), 177–185.

Van soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewts, B.A. 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. **J.Dairy.Sci,** (74), 3583-3597.

Whipple, G., Koohmaraie, M. Dikeman, M. E. Crouse, J. D. Hunt, M. C. and Klemm, R. D. 1990. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in Bostaurus and Bosindicus cattle. **J.Anim.Sci,** 68(9), 2716–2728.

Wood, J.D., Richardson, R.I. Nute, G.R. Fisher, A.V. Campo, M.M. Kasapidou, E. Sheard, R. and Enser, M. 2003. This issue's topics. **European Journal of Cancer**, 39(14), 465-477.

Wanapat, M. 2009. Potential uses of local feed resources for ruminants Trop. **Anim. Health Prod**, 41, 1035-1049.

Zebeli, Q., Mansmann, D. Steingass, H. and Ametaj, B. N. 2010. Balancing diets for physically effective fibre and ruminally degradable starch: A key to lower the risk of sub-acute rumen acidosis and improve productivity of dairy cattle. **Livestock Science**, 127, 1–10.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวธัญญรัตน์ รู้หลัก

เกิดเมื่อ 28 ธันวาคม 2535

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2558 ปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

พ.ศ. 2553 ปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตพิษณุโลก

ผลงานตีพิมพ์และเผยแพร่

1. ธัญญรัตน์ รู้หลัก, ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ, อานนท์ ปะเสระกัง และ จุฬากร ปานะถึก. 2560. อิทธิพลของระดับพลังงานร่วมกับการเสริมกากน้ำตาลในสูตรอาหารรวมที่มีเปลือกและซัง ข้าวโพดหวานเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อการย่อยได้ของวัตถุแห้งและจลน์ศาสตร์การผลิตแก๊สในหลอดทดลอง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 48(2พิเศษ), 739-747.

2. ธัญญรัตน์ รู้หลัก, ญาณิณ โอภาสพัฒนกิจ, วศิน โพธิ์สาวัง, อานนท์ ปะเสระกัง และ จุฬากร ปานะถึก. 2562. ผลของแหล่งพลังงานและระดับพลังงานในสูตรอาหารรวมที่มีเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อการย่อยได้ของวัตถุแห้งและจลน์ศาสตร์การผลิตแก๊สในหลอดทดลอง. วารสารแก่นเกษตร, 47(ฉบับพิเศษ), 141-146.

บรรณานุกรม

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวธัญญรัตน์ รู้หลัก

เกิดเมื่อ 28 ธันวาคม 2535

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2558	ปริญญาโท มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่
พ.ศ. 2553	ปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา วิทยาเขตพิษณุโลก

ประวัติการทำงาน

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

ธัญญรัตน์ รู้หลัก ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ อานนท์ ปะเสระกัง และ จุฬากร ปานะถึก. 2560. อิทธิพลของระดับพลังงานร่วมกับการเสริมกากน้ำตาลในสูตรอาหารรวมที่มีเปลือกและซัง ข้าวโพดหวานเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อการย่อยได้ของวัตถุแห้งและจลน์ศาสตร์การผลิตแก๊ส ในหลอดทดลอง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 48 (2 พิเศษ): 739-747.

ธัญญรัตน์ รู้หลัก, วศิน โพธิ์สาวัง, ญาณิณ โอภาสพัฒนกิจ, อานนท์ ปะเสระกัง* และ จุฬากร ปานะถึก.2562. ผลของแหล่งพลังงานและระดับพลังงานในสูตรอาหารรวมที่มีเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อการย่อยได้ของวัตถุแห้งและจลน์ศาสตร์การผลิตแก๊สในหลอดทดลอง.วารสารแก่นเกษตร 47 (ฉบับพิเศษ) : 141-146.