



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “รูปแบบการเลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปต่อองค์ประกอบ
ซากและคุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสาน”

โดย

นางสาวจันทร์พร เจ้าทรัพย์ และคณะ

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

ธันวาคม 2561

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “รูปแบบการเลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปต่อ
องค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสาน”

โดย

นางสาวจันทร์พร เจ้าทรัพย์

นางสาวอัจฉรา ลักษณะานุกูล

นางสาวสินีนานา พลโยราช

นายกฤตพล สมมาตย์

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้รับทุน สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารบัญ.....	i
สารบัญตาราง.....	ii
สารบัญภาพ.....	v
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary).....	vi
กิตติกรรมประกาศ.....	viii
บทคัดย่อ.....	ix
Abstract.....	xi
ที่มาและความสำคัญ/หลักการและเหตุผล.....	1
ทบทวนเอกสารเชิงสังเคราะห์.....	3
วัตถุประสงค์.....	11
ระเบียบวิธีวิจัย.....	12
การทดลองที่ 1.....	13
การทดลองที่ 2.....	18
การทดลองที่ 3.....	19
ผลการทดลอง.....	22
การทดลองที่ 1.....	22
การทดลองที่ 2.....	37
การทดลองที่ 3.....	48
สรุปผลการทดลอง.....	60
ข้อเสนอแนะ.....	61
เอกสารอ้างอิง.....	62
ภาคผนวก.....	67

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตต่อปริมาณโภชนาที่กินของโคพื้นเมืองที่เลี้ยงด้วยอาหารข้น.....	4
ตารางที่ 2 ลักษณะซากของโคพื้นเมืองไทยเปรียบเทียบกับสายพันธุ์อื่น.....	6
ตารางที่ 3 คุณภาพซากของโคพื้นเมืองขุนด้วยอาหารที่มีสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นที่ระดับ 70:30 โดยมีแหล่งอาหารหยาบที่แตกต่างกัน.....	6
ตารางที่ 4 ซากและองค์ประกอบของซากโคพื้นเมืองที่เลี้ยงขุนด้วยอาหารข้น	7
ตารางที่ 5 คุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองที่เลี้ยงด้วยหญ้าตามธรรมชาติของกลุ่มโคพื้นเมืองในจังหวัดกาญจนบุรีและอุบลราชธานี.....	8
ตารางที่ 6 ค่าองค์ประกอบทางเคมีและกรดไขมันในเนื้อโคพื้นเมืองไทยที่มีการกินได้ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน.....	9
ตารางที่ 7 ค่าการย่อยได้ของอาหารหมักสำเร็จรูป.....	10
ตารางที่ 8 แสดงการเตรียมเจล TGX stain-Free gel for SDS-PAGE.....	15
ตารางที่ 9 องค์ประกอบซากของโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกันโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก.....	27
ตารางที่ 10 ชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งซากของโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกันโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก.....	28
ตารางที่ 11 ปริมาณคอลลาเจน (มิลลิกรัม/กรัมเนื้อสด) ในเนื้อโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกันโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก.....	30
ตารางที่ 12 อิทธิพลของอาหารหมักสำเร็จรูปที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกันโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักและระยะเวลาการบ่มต่อการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที ของโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสาน.....	31
ตารางที่ 13 ค่าสีและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาของเนื้อโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกันโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก.....	32
ตารางที่ 14 ค่า pH อุณหภูมิ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ของโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกันโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก.....	33
ตารางที่ 15 อิทธิพลร่วมระหว่างระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้และระยะเวลาการบ่มต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง.....	33
ตารางที่ 16 องค์ประกอบของกรดไขมัน (มิลลิกรัม/กรัมเนื้อสด) ในกล้ามเนื้อสันนอก (Longissimus dorsi) ของโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกันโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก.....	35

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 17	องค์ประกอบซากของโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบหลัก ในสูตรอาหารที่มีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกัน 2 ระดับ คือ 1.5M และ <i>ad libitum</i>	38
ตารางที่ 18	อิทธิพลร่วมระหว่างแหล่งอาหารหยาบหลักคือฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้กินได้ 2 ระดับต่อน้ำหนักกระตุกรวม (กก.) ของโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสาน.....	38
ตารางที่ 19	ชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งของโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบหลักโดยใช้ในสูตรอาหารที่มีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกัน 2 ระดับ คือ 1.5M และ <i>ad libitum</i>	40
ตารางที่ 20	ปริมาณคอลลาเจน (มิลลิกรัม/กรัมเนื้อสด) ของโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบหลักโดยโคได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกัน.....	41
ตารางที่ 21	ปริมาณการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนินทีของโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบหลักโดยโคได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกัน.....	42
ตารางที่ 22	ค่าสีและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาของโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบหลักโดยใช้ในสูตรอาหารที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกัน.....	44
ตารางที่ 23	ค่า pH อุณหภูมิ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ของโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบหลักโดยโคได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกัน.....	44
ตารางที่ 24	องค์ประกอบของกรดไขมันในกล้ามเนื้อสันนอกของโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบหลักโดยได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกัน (มิลลิกรัม/กรัมเนื้อสด).....	46
ตารางที่ 25	อิทธิพลชนิดกล้ามเนื้อ 5 ชนิดต่อองค์ประกอบทางโภชนาของเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าว เป็นอาหารหยาบหลักในสูตรอาหารที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.7M.....	48
ตารางที่ 26	อิทธิพลชนิดกล้ามเนื้อ 5 ชนิด และ อิทธิพลของการบ่มเนื้อไว้ 2 และ 14 วัน ที่มีผลต่อปริมาณคอลลาเจน(มิลลิกรัม/กรัมเนื้อสด).....	49
ตารางที่ 27	อิทธิพลชนิดกล้ามเนื้อ 5 ชนิด และ อิทธิพลของการบ่มเนื้อไว้ 2 และ 14 วัน ที่มีผลต่อปริมาณการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนินที ¹	51
ตารางที่ 28	อิทธิพลร่วมระหว่างอิทธิพลของการบ่มและชนิดกล้ามเนื้อต่อการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนินที ¹	51

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 29 อิทธิพลชนิดกล้ามเนื้อ 5 ชนิดต่อค่า pH อุณหภูมิ และสีของเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าว เป็นอาหารหยาบหลักในสูตรอาหารที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.7M.....	52
ตารางที่ 30 อิทธิพลชนิดกล้ามเนื้อ 5 ชนิด และ อิทธิพลของการบ่มเนื้อไว้ 2 และ 14 วัน ที่มีผลต่อการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงและค่าแรงตัดผ่านเนื้อ.....	53
ตารางที่ 31 อิทธิพลชนิดกล้ามเนื้อ 5 ชนิดที่มีผลต่อปริมาณกรดไขมัน (มิลลิกรัม/กรัมเนื้อสด).....	56

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 แผนการศึกษาองค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสาน การทดลองที่ 1 เปรียบเทียบสูตรอาหารที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 3 ระดับ คือ 1.5M, 1.7M และ 1.9M (M = metabolizable energy for maintenance) การทดลองที่ 2 เปรียบเทียบแหล่งอาหารหยาบ คือฟาง และ หญ้าเนเปียร์ โดยโคได้รับพลังงานต่างกัน คือ 1.5M และ ad libitum.....	12
ภาพที่ 2 แผนการศึกษาคุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปที่มี ฟางข้าว (S) เป็นแหล่งอาหารหยาบหลัก มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.7M	21
ภาพที่ 3 โคพื้นเมืองสายพันธุ์อีสานที่ใช้ในการทดลอง.....	23
ภาพที่ 4 โคพื้นเมืองสายพันธุ์อีสานที่ใช้ในการทดลองในคอกพักก่อนเข้าฆ่า.....	23
ภาพที่ 5 ซากโคพื้นเมืองสายพันธุ์อีสาน.....	23
ภาพที่ 6 หน้าตัดเนื้อสันและไขมันแทรกของโคพื้นเมืองสายพันธุ์อีสาน.....	24
ภาพที่ 7 ชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งซากเสียหัวและเสียหลัง.....	25
ภาพที่ 8 แลปโปรตีนโทรโปนินที ของกล้ามเนื้อสันนอกที่ผ่านระยะเวลาการบ่ม 2 และ 14 วัน ของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่ได้รับการขุนด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก ที่มีระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่ระดับ 1.5M 1.7M และ 1.9M.....	30
ภาพที่ 9 แลปโปรตีนโทรโปนินที ของกล้ามเนื้อสันนอกที่ผ่านระยะเวลาการบ่ม 2 และ 14 วัน ของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่ได้รับการขุนด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบหลัก ที่มีระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 1.5M และ <i>ad libitum</i>	42
ภาพที่ 10 แลปโปรตีนโทรโปนินที ของกล้ามเนื้อ 4 ชนิดที่ผ่านการบ่ม 2 และ 14 วัน ของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่ได้รับการขุนด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก ที่มีระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 1.7M.....	50
ภาพที่ 11 อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดกล้ามเนื้อและระยะเวลาการบ่มต่อแลปโปรตีนโทรโปนินที ของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่ได้รับการขุนด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก ที่มีระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 1.7M.....	52

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)

โครงการ “รูปแบบการเลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปต่อองค์ประกอบ ซากและคุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสาน”

โคพื้นเมืองมีความสำคัญมากในเรื่องเป็นแหล่งอาหารโปรตีนและเป็นฐานในการสร้างแม่พันธุ์ แต่ข้อด้อยของโคพื้นเมืองคือมีการเจริญเติบโตต่ำและเนื้อค่อนข้างเหนียว โดยทั่วไปการเลี้ยงโคพื้นเมืองหรือโคลูกผสมพื้นเมืองเป็นการเลี้ยงแบบปล่อยหากินตามทุ่งหญ้าตามธรรมชาติ เนื้อโคพื้นเมืองมีเอกลักษณ์ที่โดดเด่นคือเส้นใยกล้ามเนื้อมีขนาดเล็กทำให้เนื้อมีลักษณะเนียนละเอียด และมีสารอาหารสำคัญที่ติดต่อกับสุขภาพสูง เช่น conjugated linoleic acid (CLA), Zn และ Se ในขณะที่มีปริมาณไขมันและคอเลสเตอรอลต่ำ แต่การเลี้ยงแบบปล่อยหากินตามธรรมชาตินั้นทำให้โคพื้นเมืองมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำซึ่งอาจเป็นอุปสรรคในการเลี้ยงเพื่อการค้าในเชิงธุรกิจ ดังนั้นการนำโคพื้นเมืองมาเลี้ยงแบบประณีตเพื่อเพิ่มสมรรถนะการผลิตโดยที่ยังคงรักษาข้อเด่นของคุณสมบัติเนื้อของโคพื้นเมืองไว้จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจอย่างมาก โดยงานทดลองครั้งนี้เป็นการศึกษาต่อยอดจากงานวิจัย “โครงการนวัตกรรมอาหารและการให้อาหารสำหรับโคเนื้อคุณภาพสูง” ของ รศ.ดร.กฤตพล สมมาตรย์ และคณะ ที่ได้ดำเนินการแล้ว โดยการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาถึงอิทธิพลของระบบการเลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ (metabolizable energy intake) ต่างกันเพื่อควบคุมระดับการให้ผลผลิตที่กำหนดให้มีอัตราการเจริญเติบโตต่างกัน รวมทั้งศึกษาแหล่งของอาหารหยาบในสูตรอาหารหมักสำเร็จรูป ที่มีผลต่อองค์ประกอบของซาก ชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่ง และคุณภาพเนื้อโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสาน

การศึกษาองค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่ผ่านระบบการเลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักที่มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกัน คือ 1.5M 1.7M และ 1.9M เพื่อควบคุมระดับการให้ผลผลิตที่กำหนดให้มีอัตราการเจริญเติบโตต่างกัน คือ 0.25 0.50 และ 0.75 กิโลกรัมต่อวัน ดังการทดลองที่ 1 พบว่าโคทดลองทั้ง 3 กลุ่มมีอัตราการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกันโดยอยู่ระหว่าง 0.43-0.46 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งอาจเนื่องด้วยข้อจำกัดด้านพันธุกรรมของโคพื้นเมืองเองที่ไม่อาจเจริญเติบโตได้มากกว่านี้แล้วแม้ว่าจะได้รับอาหารที่มีคุณภาพก็ตาม จึงทำให้คุณภาพซากและองค์ประกอบซากของโคทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกัน แต่ทั้งนี้พบว่า การเลี้ยงขุนโคพื้นเมืองด้วยอาหารที่มีคุณภาพนั้นช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตเมื่อเทียบกับโคพื้นเมืองที่ปล่อยหากินตามธรรมชาติที่เคยมีการศึกษามาก่อนหน้านี้ซึ่งระบุว่าอัตราการเจริญเติบโตเพียง 0.24 กิโลกรัมต่อวัน ในด้านคุณภาพเนื้อนั้นพบว่าสูตรอาหารที่มีระดับพลังงานสูง 1.7M และ 1.9M มีคะแนนไขมันแทรกที่สูงกว่า ส่งผลให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่ำกว่าที่ระดับพลังงาน 1.5M นอกจากนี้ยังพบว่าระดับพลังงาน 1.9M มีอัตราส่วน n-6:n-3 ที่ถือว่าดีต่อสุขภาพมากที่สุด โคพื้นเมืองสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงขุนด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปครั้งนี้มีการสะสมไขมันในเนื้อที่สูงเฉลี่ย 6 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่โคพื้นเมืองที่เลี้ยงแบบปล่อยหากินตามธรรมชาติมีไขมันประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้แล้วการใช้กากมันสำปะหลังที่เป็นผลพลอยได้จากโรงงานผลิตแป้งมันซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ให้พลังงานสูงและมีราคาถูกมาใช้เป็นแหล่งพลังงานทำให้สูตรอาหารพลังงานสูงที่ใช้เลี้ยงโคทดลองครั้งนี้มีต้นทุนที่ถูกกว่าสูตรอาหารพลังงานต่ำเนื่องจากในสูตรอาหารพลังงานต่ำมีการใช้ฟางข้าวมากกว่าซึ่งราคาแพงกว่ากากมัน

ผลการศึกษาอิทธิพลของแหล่งอาหารหยาบและระดับพลังงานต่อองค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่ผ่านระบบการเลี้ยงขุนด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นอาหารหยาบหลัก โดยโคจะได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.5M และ *ad libitum* เพื่อ

ควบคุมระดับการให้ผลผลิตที่กำหนดให้มีอัตราการเจริญเติบโต 0.50 และ 0.75 กิโลกรัมต่อวัน ดังในการทดลองที่ 2 พบว่าการใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบหลักมีคุณภาพซากโดยรวมคือน้ำหนักมีชีวิตสุดท้าย เปอร์เซ็นต์ซากอ่อน เปอร์เซ็นต์ซากเย็น และ เปอร์เซ็นต์เนื้อสันนอกดีกว่าการใช้หญ้าเนเปียร์เป็นแหล่งอาหารหยาบหลัก ซึ่งงานทดลองของกฤตพล และคณะ (2561) ที่เป็งานต่อเนื่องกับการทดลองนี้ ระบุว่าโคที่เลี้ยงด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบหลักมีปริมาณการกินได้สูงกว่า น้ำหนักสุดท้ายสูงกว่า การเพิ่มน้ำหนักตัวมากกว่า และอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าการใช้หญ้าเนเปียร์เป็นแหล่งอาหารหยาบหลัก เนื่องจากมีความน่ากินมากกว่า ส่วนระดับพลังงานนั้นพบว่ามีผลต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานค่อนข้างน้อย ส่งผลให้คุณภาพซากและองค์ประกอบของซากไม่แตกต่างกันด้วย ซึ่งอาจเนื่องจากข้อจำกัดในด้านการใช้ประโยชน์ได้ของอาหารของโคพื้นเมืองนั่นเอง ส่วนคุณภาพเนื้อนั้นพบว่าสูตรอาหารหมักสำเร็จรูปที่มีหญ้าเนเปียร์เป็นแหล่งอาหารหยาบหลักมีเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจนสูงกว่าฟางข้าว และพบว่าโคที่ได้รับพลังงานแบบเต็มที่มีเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจนสูงกว่าที่โคที่ได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.5M แต่ไม่พบอิทธิพลต่อการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ โดยรวมแล้วแหล่งอาหารหยาบหลักและระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ไม่มีอิทธิพลต่อค่า pH สีเนื้อ และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ส่วนการบ่มเนื้อไว้ 14 วัน มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำระหว่างการปรุงเพิ่มขึ้น แต่ทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและพบว่าการละลายได้ของคอลลาเจนสูงขึ้นและมีการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าแหล่งอาหารหยาบหลักและระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ไม่มีอิทธิพลต่อองค์ประกอบของกรดไขมัน ยกเว้นแหล่งอาหารหยาบฟางข้าวมี PUFA : SFA สูงกว่าแหล่งหญ้าเนเปียร์ ในขณะที่แหล่งอาหารหยาบหลักฟางข้าวมีอัตราส่วน n-6:n-3 ที่ต่ำกว่าซึ่งดีต่อสุขภาพมากกว่า

ผลการศึกษานิดก้ามเนื้อของโคพื้นเมืองสายพันธุ์อีสานนั้น สามารถสรุปได้ว่าก้ามเนื้อใบพายเป็นก้ามเนื้อที่มีความนุ่มมาก มีปริมาณไขมันสูง ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณคอลลาเจนที่สูงแต่ก็มีเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจนที่สูงด้วยจึงอาจช่วยทำให้เนื้อนุ่ม ในระหว่างการบ่มพบว่าการสลายตัวของโปรตีนในเนื้อค่อนข้างน้อยดังนั้นไม่ควรทำการบ่มก้ามเนื้อใบพาย ในขณะที่ก้ามเนื้อสันนอกพบว่ามีเปอร์เซ็นต์ไขมันใกล้เคียงกับก้ามเนื้อใบพาย มีคอลลาเจนต่ำกว่า แต่มีเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจนใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังพบว่าก้ามเนื้อสันนอกมีการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ สูงที่สุดในระหว่างการบ่ม ดังนั้นการบ่มจึงเป็นแนวทางในการเพิ่มคุณภาพก้ามเนื้อสันนอก ส่วนก้ามเนื้ออีก 3 ชนิดคือพบนอก พับใน และสันในเทียมนั้นมีความแรงตัดผ่านเนื้อที่ค่อนข้างสูง มีปริมาณไขมันในเนื้อต่ำ ปริมาณคอลลาเจนสูง และมีการสลายตัวของโปรตีนในระหว่างการบ่มน้อย ซึ่งแนวทางในการนำไปใช้ประโยชน์ของก้ามเนื้อกลุ่มนี้อาจต้องนำไปแปรรูปหรือปรุงโดยใช้ความร้อนไม่สูงเป็นระยะเวลาสั้นเพื่อลดปัญหาความเหนียวของเนื้อ นอกจากนี้ยังพบว่าชนิดก้ามเนื้อที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี ปริมาณคอลลาเจน และองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อด้วย โดยพบว่าก้ามเนื้อใบพายมีกรดไขมันหลายชนิดทั้งอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว รวมทั้งอัตราส่วน n-6:n-3 สูงกว่าก้ามเนื้อชนิดอื่น

โดยสรุปการเลี้ยงขุนโคพื้นเมืองด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองได้ และพบว่าการใช้สูตรอาหารที่มีระดับพลังงานสูงจะช่วยปรับปรุงคุณภาพเนื้อโคพื้นเมืองให้ดีขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของระดับไขมันแทรก และความนุ่มของเนื้อ รวมทั้งมีอัตราส่วน n-6:n-3 โดยสูตรอาหารสำเร็จรูปพลังงานสูงที่ใช้กากมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานนอกจากช่วยเพิ่มคุณภาพเนื้อแล้วยังมีต้นทุนที่ถูกอีกด้วย แหล่งอาหารหยาบหลักที่เหมาะสมในสูตรอาหารหมักสำเร็จรูปคือฟางข้าวเนื่องจากมีความน่ากินมากกว่าหญ้าเนเปียร์สด ส่งผลให้โคมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าและมีคุณภาพซากที่ดีกว่าด้วย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัยครั้งนี้ และ รศ.ดร.จุฑารัตน์ เศรษฐกุล ผู้ประสานชุดโครงการ “การขยายโอกาสธุรกิจเนื้อโคไทย” ที่ช่วยประสานงานเป็นอย่างดีและให้คำแนะนำที่มีคุณค่ายิ่ง ขอขอบคุณนักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี นายโกศรา ทิพย์ชัย นายพรอนันท์ จุลโยธิน นางสาวพรรณประพร สะอาดเอี่ยม และนายมุขย์จรัส นนทรี ขอขอบคุณนักศึกษาระดับปริญญาโท นางสาวกรองแก้ว แก้วถาวร ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง รวมทั้งนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ทุกท่านที่ได้ช่วยในการเก็บตัวอย่าง วิเคราะห์ตัวอย่าง ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการ เทคโนโลยีอาหารสัตว์ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี และห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ ศูนย์เครือข่ายการวิจัยเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้อนุญาตให้คณะผู้วิจัยได้เข้าดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกคนที่เอื้อเฟื้อและช่วยอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อองค์กร หน่วยงานผู้ประกอบการ เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อ ตลอดจนนักวิชาการที่สนใจในการนำผลจากการวิจัยครั้งนี้ไปใช้ประโยชน์ต่อไป

คณะผู้วิจัย
ธันวาคม 2561

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษารูปแบบการเลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปต่อองค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสาน โดยแบ่งเป็น 3 การทดลองย่อย ดังนี้

การทดลองที่ 1 ศึกษาอิทธิพลของสูตรอาหารในการเลี้ยงขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นหลักที่ให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้กินได้ (metabolizable energy intake) แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 1.5M 1.7M และ 1.9M (M = metabolizable energy for maintenance) มีค่าความเข้มข้นพลังงานใช้ประโยชน์ได้ 8.9 9.7 และ 10.5 MJ/kgDM ต่อองค์ประกอบซาก ชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งและคุณภาพเนื้อ โดยทำการศึกษาในโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานเพศผู้ อายุประมาณ 200 วัน น้ำหนักเริ่มขุนประมาณ 100 กิโลกรัม จำนวนทั้งสิ้น 18 ตัว แบ่งเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 6 ตัว ตามระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้ในสูตรอาหาร ใช้เวลาในการขุนนาน 433-459 วัน จนโคมีน้ำหนักตัวประมาณ 280 กิโลกรัม และมีอายุไม่เกิน 32 เดือน ผลการศึกษาพบว่า ระดับพลังงานในสูตรอาหารไม่มีผลต่อองค์ประกอบซากและชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งส่วนใหญ่ ($P > 0.05$) รวมทั้งไม่พบอิทธิพลของระดับพลังงานในสูตรอาหารต่อคุณภาพเนื้อทั้งในด้านของสีเนื้อ ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ ค่าความเป็นกรดต่างของเนื้อ ปริมาณคอลลาเจน และการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ ($P > 0.05$) แต่โคที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.7M และ 1.9M มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่ำกว่าสูตร 1.5M ($P < 0.05$) ในส่วนของระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ไม่มีอิทธิพลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสาน ยกเว้นเนื้อโคกลุ่มที่ได้รับอาหาร 1.5M มี Oleic acid (C18:1n9t) มากที่สุดในขณะที่มี linoleic acid (C18:3n6) น้อยที่สุด และโคกลุ่ม 1.9M มีอัตราส่วน n-6:n-3 ต่ำที่สุด ส่วนอิทธิพลของการบ่มเนื้อ พบว่าการบ่มเนื้อไว้ 14 วันทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อลดลง ($P < 0.01$) ปริมาณคอลลาเจนที่ไม่ละลายและคอลลาเจนรวมลดลง ($P < 0.05$) และพบ โพลีเปปไทด์ขนาด 30 kDa ที่เกิดจากการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่มีปริมาณเพิ่มขึ้น ($P < 0.01$)

การทดลองที่ 2 ศึกษาองค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่ผ่านระบบการเลี้ยงโคขุนด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นอาหารหลัก โคจะได้รับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกัน 2 ระดับ คือ 1.5M และ *ad libitum* ทำการทดลองในโคเนื้อเพศผู้ อายุเฉลี่ย 29.5 เดือน น้ำหนักเริ่มต้น 80-120 กิโลกรัม จำนวน 20 ตัว โดยน้ำหนักโคมีชีวิตส่งโรงฆ่าประมาณ 261-336 กิโลกรัม อายุโคขุนรวม 42 เดือน ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหลักหลักมีน้ำหนักมีชีวิตสุดท้าย เปอร์เซ็นต์ซากอ่อน เปอร์เซ็นต์ซากเย็น และ เปอร์เซ็นต์เนื้อสันนอก สูงกว่ากลุ่มหญ้าเนเปียร์ ($P < 0.05$) โดยรวมพบว่าระดับพลังงานในสูตรอาหารไม่มีอิทธิพลต่อองค์ประกอบซาก ชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่ง และคุณภาพเนื้อ ($P < 0.05$) รวมทั้งไม่พบอิทธิพลของแหล่งอาหารหลักและระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ที่ต่างกันต่อค่า pH สีเนื้อ ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ปริมาณคอลลาเจน องค์ประกอบของกรดไขมัน และการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ ยกเว้นโคที่ได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.5M มี เปอร์เซ็นต์การสูญเสียเนื้อระหว่างการเก็บรักษามากกว่าโคที่ได้รับพลังงานแบบเต็มที่ เปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจนของกลุ่มที่มีหญ้าเนเปียร์เป็นแหล่งอาหารหลักสูงกว่าฟางข้าว และพบว่าโคที่ได้รับพลังงานแบบเต็มที่ที่มีเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจนสูงกว่ากลุ่ม 1.5M ($P < 0.05$) และยังพบว่าโคกลุ่มที่ได้รับฟางข้าวแหล่งอาหารหลักมี PUFA:SFA สูงกว่า ($P < 0.05$) และ อัตราส่วน n-6:n-3 ต่ำกว่าโคกลุ่มที่ได้รับหญ้าเนเปียร์เป็นแหล่งอาหารหลัก นอกจากนี้ยังพบว่าระยะเวลาในการบ่มเนื้อไว้ 14 วัน มีผลทำให้

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียไน้ระหว่างการปรุงเพิ่มขึ้น ($P < 0.01$) แต่ทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อลดลง ($P < 0.01$) ปริมาณโพลีเพปไทด์ขนาด 30 kDa ที่เกิดจากการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ เพิ่มขึ้น ($P < 0.01$)

การทดลองที่ 3 ศึกษาคุณภาพเนื้อของกล้ามเนื้อสำคัญของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงแบบประณีตอาหารหมักสำเร็จรูป โดยทำการศึกษาอิทธิพลของกล้ามเนื้อ 5 ชนิดคือกล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi*; LD) กล้ามเนื้อใบพาย (*Infraspinalis*; IF) กล้ามเนื้อสันในเทียม (*Supraspinatus*; SS) กล้ามเนื้อพับใน (*Semimembranosus*; SM) และกล้ามเนื้อพับนอก (*Biceps femoris*; BF) ของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงแบบประณีตอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหลัก และมีค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่ระดับ 1.7M เพื่อควบคุมระดับการให้ผลผลิตที่กำหนดให้โคมีอัตราการเจริญเติบโต 0.5 กิโลกรัมต่อวัน ผลการทดลองพบว่ากล้ามเนื้อต่างชนิดกันมีองค์ประกอบของไขมันต่างกัน โดยพบว่า LD และ IF มีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงกว่ากล้ามเนื้อชนิดอื่น ($P < 0.05$) เปอร์เซ็นต์โปรตีนของ LD SM และ BF สูงกว่า IF และ SS ($P < 0.01$) ปริมาณคอลลาเจนของ IF BF และ SS สูงกว่า LD และ SM ($P < 0.01$) และพบว่า IF มีเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจนสูงด้วย ($P < 0.01$) ชนิดกล้ามเนื้อไม่มีอิทธิพลต่อค่า pH ที่ 2 วันหลังสัตว์ตาย แต่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียไน้ระหว่างการปรุง ($P < 0.05$) และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ($P < 0.01$) โดยพบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียไน้ระหว่างการปรุงของ SS และ SM มีค่าสูงที่สุดและพบว่า IF มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่ำกว่ากล้ามเนื้อชนิดอื่น องค์ประกอบของกรดไขมันหลายชนิด รวมทั้ง SFA ($P < 0.01$) MUFA ($P < 0.01$) และ n-6:n-3 ($P = 0.069$) ของ IF สูงกว่ากล้ามเนื้อชนิดอื่นการบ่มเนื้อไว้ 14 วัน มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียไน้ระหว่างการปรุงเพิ่มขึ้น แต่ทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อลดลง ($P < 0.01$) พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดกล้ามเนื้อและระยะเวลาการบ่ม ($P < 0.05$) โดยพบว่ากล้ามเนื้อสันนอกมีการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ มากที่สุดในขณะที่กล้ามเนื้อใบพายและสันในเทียมมีการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ น้อยมากในระหว่างการบ่มเนื้อไว้ 14 วัน ($P < 0.05$)

สรุปผลการศึกษาการเลี้ยงขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานครั้งนี้ ควรทำการเลี้ยงขุนด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปที่ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหลัก โดยควรมีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้อยู่ที่ 1.9M ดังในการทดลองที่ 1 เนื่องจากมีคะแนนไขมันแทรกสูงและมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่ำ รวมทั้งมีอัตราส่วน n-6:n-3 ที่ต่ำกว่ากลุ่มอื่นด้วย ในส่วนของแหล่งอาหารภายในสูตรอาหารหมักสำเร็จรูปนั้นควรใช้ฟางข้าวมากกว่าหญ้าเนเปียร์สดเนื่องจากทำให้โคมีสมรรถนะการเจริญเติบโตที่ดีกว่าส่งผลให้โคมีคุณภาพซากและองค์ประกอบของซากที่ดีกว่าด้วย แต่ผลต่อคุณภาพเนื้อค่อนข้างไม่แตกต่างกัน ดังผลการทดลองที่ 2 ส่วนอิทธิพลของชนิดกล้ามเนื้อดังในการทดลองที่ 3 นั้นพบว่ากล้ามเนื้อที่มีความนุ่มมากที่สุดโดยไม่ต้องบ่มคือกล้ามเนื้อใบพาย ส่วนกล้ามเนื้อสันนอกนั้นสามารถปรับปรุงความนุ่มให้เพิ่มขึ้นด้วยการบ่มไว้ประมาณ 14 วันซึ่งจะทำให้เกิดการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ เพิ่มขึ้น ในขณะที่การบ่มมีผลต่อการสลายตัวของคอลลาเจนเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้ยังพบว่าชนิดกล้ามเนื้อมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี ปริมาณคอลลาเจน และองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อด้วย โดยพบว่ากล้ามเนื้อใบพายและสันนอกมีไขมันสูง กล้ามเนื้อใบพายมีคอลลาเจนสูง แต่กล้ามเนื้อสันนอก (LD) มีปริมาณคอลลาเจนต่ำ นอกจากนี้พบว่ากล้ามเนื้อใบพาย (IF) มีกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว รวมทั้งอัตราส่วน n-6:n-3 สูงกว่ากล้ามเนื้อชนิดอื่น

Abstract

The aims of this study were to determine the influence of intensive rearing system using fermented total mixed ration (FTMR) on carcass composition and meat quality of Esan Thai native beef. This study composed of three experiments as follow:

In the first experiment, the influence of the different level of metabolizable energy intake; 1.5M, 1.7M and 1.9M (M = metabolizable energy for maintenance) in FTMR on carcass composition and meat quality of Esan Thai native beef was investigated. There were 18 bulls (initial age 200 days and initial weight 100 kg) which were divided into 3 groups and 6 bulls per each group. They were put on fattening for 433-459 days before slaughter at 280 kg of live weight or at about 32 months old. No significant influence on the level of metabolizable energy intake in FTMR on carcass composition and cutting parts were indicated ($P>0.05$). In addition, there were no significant difference between treatments for meat color, water holding capacity, pH, collagen content, and troponin T degradation ($P>0.05$). However, shear force value of 1.7M and 1.9M was lower than at 1.5M ($P<0.05$). For fatty acid composition, the 1.5M had the highest content of Oleic acid (C18:1n9t) but had the lowest content of Linoleic acid (C18:3n6) ($P<0.05$). The 1.9M had lower n-6:n-3 ratio than others. The shear force value, insoluble collagen content, and total collagen content significantly decreased during 14 days of ageing while the 30 kDa product of troponin T significantly increased.

The second experiment aimed to investigate the different roughage sources (rice straw and Napier grass) and the level of metabolizable energy intake (1.5M and *ad libitum*) in FTMR on carcass composition and meat quality of Esan Thai native beef. There were 20 bulls (initial age 29.5 months and initial weight 80-120 kg) which were divided into 4 groups and 5 bulls per each group. They were slaughtered at approximately 42 months age and 261-336 kg body weight. The treatment containing rice straw as roughage source in FTMR showed higher final weight, hot carcass percentage, cold carcass percentage and loin percentage than those of Napier grass roughage source ($P<0.05$). Neither the level of metabolizable energy nor sources of roughage affected carcass composition, cutting parts, meat quality, collagen content, fatty acid composition, and the degradation of troponin T in this study ($P<0.05$). Except, 1.5M group had higher percentage of drip loss but lower percentage of collagen solubility than in *ad libitum* group ($P<0.05$). The treatment containing Napier grass as roughage source had higher percentage of collagen solubility ($P<0.05$), lower PUFA:SFA ratio ($P<0.05$) and higher n-6:n-3 ratio than rice straw source. The cooking loss of 14 days ageing beef was higher but shear force value was lower than 2 days ageing beef. Moreover, percentage of collagen solubility, and the 30 kDa degradation product of troponin T significantly increased during ageing period ($P<0.05$).

The third experiment, the effect of muscle types on chemical composition, and meat quality of Esan Thai native beef from the group that fed with 1.7M FTMR in the first

experiment were determined. Five muscle types; *Longissimus dorsi* (LD), *Infraspinatus* (IF), *Supraspinatus* (SS), *Semimembranosus* (SM) and *Biceps femoris* (BF) from 6 bulls were used in this study. Results showed that muscle types did not affected pH at 2 days postmortem but affected cooking loss ($P<0.05$), and shear force ($P<0.01$). SS and SM had the highest cooking loss percentage. IF had lower shear force value than others. Fat percentage was the highest in LD and IF ($P<0.05$). LD, SM, and BF had higher protein percentage than IF and SS ($P<0.05$). Collagen content in IF, BF, and SS was higher than in LD, and SM ($P<0.01$). IF also had the highest percentage of collagen solubility ($P<0.01$). IF had SFA ($P<0.01$), MUFA ($P<0.01$), and n-6:n-3 ratio ($P=0.069$) higher than those in other muscle types. Percentage of cooking loss increased while shear force value decreased during 14 days of ageing period ($P<0.01$). The interaction between muscle type and ageing time for troponin T degradation was significant difference ($P<0.05$). Troponin T appeared degraded more in LD while less in IF and SS during 14 days of ageing ($P<0.05$).

In conclusion, from the result of the current study as in experiment 1, Esan thai native beef should be fattened by FTMR at the level of metabolizable energy intake 1.9M with rice straw as roughage source due to this group had better meat quality indicated by lower shear force value and also feed cost was the lowest. In terms of roughage sources, native beef fed with FTMR with rice straw as roughage source gave better carcass quality without significant impact on meat quality as the result in experiment 2. Muscle types had significant effect on meat quality as the result in experiment 3. IF was the most tender meat without ageing. While the tenderness of LD can be improved by ageing as it showed the greatest level of troponin T degradation during ageing for 14 days. The degradation of collagen during ageing period was not significantly different. Muscle types had significant impact on chemical composition, collagen content and fatty acid composition. IF and LD had the highest fat percentage. The highest collagen content was IF while the lowest was LD. For fatty acid composition, many saturated and unsaturated fatty acid as well as the n-6:n-3 ratio were the highest in IF.

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ/หลักการและเหตุผล

โคพื้นเมืองไทยเป็นโคที่มีขนาดเล็ก ทนทานต่อโรค แมลง และสภาพดินฟ้าอากาศได้ดี เลี้ยงง่ายหากินเก่งไม่เลือกอาหาร ให้ลูกตก ใช้แรงงานได้ดี จากข้อมูลจำนวนปศุสัตว์ในประเทศไทย พบว่าในปี พ.ศ.2558 มีจำนวนโคเนื้อทั้งหมดจำนวน 4,407,108 ตัว จำแนกเป็นโคพื้นเมือง/ลูกผสม จำนวน 2,702,299 ตัว คิดเป็นร้อยละ 61.32 ของโคเนื้อทั้งหมด (กรมปศุสัตว์, 2558) โคพื้นเมืองจึงมีความสำคัญมากทั้งในเรื่องของการเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่สำคัญ และยังมีความสำคัญอย่างมากในการเป็นฐานในการสร้างแม่พันธุ์ แต่ข้อด้อยของโคพื้นเมือง คือ มีการเจริญเติบโตต่ำ และเนื้อค่อนข้างเหนียว การเลี้ยงโคพื้นเมือง หรือ โคลูกผสมพื้นเมืองที่มีเลือดโคพื้นเมืองมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใหญ่จะเป็นการเลี้ยงแบบปล่อยหากินตามทุ่งหญ้าตามธรรมชาติ (extensive) แต่จากรายงานผลการวิจัย พบว่า เนื้อโคพื้นเมืองที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบนี้เนื้อจะมีเอกลักษณ์ที่โดดเด่น คือ เส้นใยกล้ามเนื้อขนาดเล็ก ให้มีเนื้อที่มีลักษณะเนียนละเอียด มีปริมาณ Conjugated linoleic acid (CLA) สูง ในขณะที่มีปริมาณไขมันและคอเลสเตอรอลต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่า มีแร่ธาตุที่ดีต่อสุขภาพ คือ Zn และ Se ในปริมาณที่สูง (Sethakul *et al.*, 2008 ; พร้อมลักษณะและสุภาพ, 2551) การที่เนื้อโคพื้นเมืองมีสารอาหารที่ดีต่อสุขภาพของผู้บริโภคในปริมาณที่สูงกว่าเนื้อโคขุนลูกผสมเลือดยุโรปนี้เองที่เป็นการเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคเนื้อโคที่คำนึงถึงสุขภาพเป็นสำคัญ แต่เนื่องจากโคพื้นเมืองที่ถูกเลี้ยงแบบปล่อยหากินตามธรรมชาตินั้นมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำประมาณ 300 กรัมต่อวัน (สายัณห์ สืบผาง และคณะ, 2554) จึงเป็นอุปสรรคในการเลี้ยงในเชิงการค้าทำให้ไม่สามารถผลิตเนื้อโคพื้นเมืองเชิงธุรกิจได้

แนวทางในการใช้ประโยชน์จากโคพื้นเมืองที่แต่เดิมเน้นเพื่อเป็นฐานในการสร้างพันธุ์ แต่จากหลายงานวิจัยที่ พบว่า เนื้อโคพื้นเมืองถือเป็นอาหารที่ดีต่อสุขภาพ (Functional food) มากกว่าเนื้อโคขุนทั่วไป จึงควรที่ส่งเสริมให้มีการเลี้ยงเพื่อผลิตเนื้อเป็นการค้า และยกระดับตลาดจากตลาดล่างให้เป็นตลาดเนื้อคุณภาพได้ อีกทั้งเนื้อสัตว์ที่มาจากสัตว์พื้นเมืองเริ่มเป็นที่สนใจของตลาด ดังนั้น ตลาดของเนื้อโคพื้นเมืองจึงมีแนวโน้มที่จะขยายตัวเพิ่มขึ้น โดยในการเลี้ยงโคพื้นเมืองเพื่อการค้านั้นต้องหาแนวทางในการเพิ่มสมรรถนะการผลิตของโคพื้นเมืองโดยที่ยังคงรักษาข้อเด่นของคุณสมบัติเนื้อของโคพื้นเมืองไว้ จากการทดลองนำเอาโคพื้นเมืองไทยมาทดลองเลี้ยงแบบประณีตด้วยการขุนแบบขังคอก และมีการให้อาหารพลังงานสูง พบว่า สามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตได้มากถึงประมาณ 600–800 กรัมต่อวัน (ฉัตรชัย และคณะ, 2553) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าถ้ามีรูปแบบการเลี้ยงที่ดีและอาหารดีแล้ว โคพื้นเมืองก็มีศักยภาพในการเจริญเติบโตที่ดีได้เช่นเดียวกับโคขุนสายเลือดยุโรปทั่วไป โคพื้นเมืองที่เลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารคุณภาพดีที่มีคุณค่าทางโภชนาการเพียงพอต่อการเจริญเติบโต รวมถึงมากพอที่จะมีการสะสมเป็นไขมันแทรกในเนื้อได้ แต่อย่างไรก็ตาม ในส่วนของการปรับปรุงให้โคพื้นเมืองก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เนื้อที่ได้มีคุณภาพสูงขึ้น นั้นย่อมส่งผลต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงโคพื้นเมืองโดยตรงในการผลิตเนื้อโคคุณภาพเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาด โดยเกษตรกรสามารถเลี้ยงโคพื้นเมืองในสภาพการเลี้ยงแบบประณีต โดยมีอัตราการเจริญเติบโตสูงจะช่วยลดระยะเวลาการเลี้ยงให้สั้นลงได้ ทำให้ได้เงินหมุนเวียนที่เร็วขึ้น มีการใช้พื้นที่ในการเลี้ยงโคน้อยลง นอกจากนี้ในการเลี้ยงโคแบบประณีตต้องมีการปลูกพืชอาหารสัตว์เพื่อเป็นแหล่งอาหารหยาดของโคด้วย จึงเป็นการช่วยลดพื้นที่ในการปลูกข้าวเปลี่ยนมาเป็นการปลูกหญ้าอาหารสัตว์แทน ซึ่งเป็นการสนับสนุนนโยบายการลดพื้นที่ปลูกข้าวของรัฐบาลด้วย เรื่องนี้ทาง รศ.ดร.กฤตพล สมมาตย์ และคณะผู้วิจัย ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก สกว. เพื่อทำวิจัยการใช้อาหารหมักสำเร็จรูป (Fermented total mixed ration, FTMR) คือ การหมักอาหารหยาดร่วมกับอาหารข้นแกโค

พื้นเมืองไทย ซึ่งคาดว่าอาหารหมักสำเร็จรูปนี้จะช่วยเพิ่มการย่อยได้และเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต ทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเนื้อโคคุณภาพและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมอาหารหมักสำเร็จรูปเพื่อยกระดับการผลิตเนื้อโคคุณภาพดีเชิงพาณิชย์ แก้ปัญหาอาหารสัตว์ไม่พอเพียงและมีคุณภาพต่ำผันแปรตามฤดูกาล ขาดแคลนอาหารหยาบและมีคุณภาพต่ำในช่วงฤดูแล้ง ทั้งนี้เพื่อให้ได้องค์ความรู้เรื่องรูปแบบการเลี้ยงโคแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปต่อทั้งในเรื่องขององค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อโคพื้นเมืองไทยสมบูรณ์ยิ่งขึ้น จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อต่อยอดจากที่ทางรศ.ดร.กฤตพล สมมาตย์ และคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการแล้ว โดยโคพื้นเมืองอีสานที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มาจากศูนย์บำรุงพันธุ์สัตว์ จังหวัดชัยภูมิ ของกรมปศุสัตว์ ซึ่งติดตามพันธุ์ประวัติได้ทำให้ลดความแปรปรวนเนื่องจากอิทธิพลของตัวสัตว์ทดลอง ทำให้ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยที่ต้องการศึกษาได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้แล้ว การศึกษาถึงอิทธิพลของการใช้อาหารหมักสำเร็จรูปต่อองค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อในเชิงลึกของโคพื้นเมืองไทยยังไม่มีรายงานว่ามีการศึกษามาก่อน และเป็นที่น่าทึ่งกันว่าเนื้อโคพื้นเมืองไทยที่ผ่านการเลี้ยงแบบปล่อยหากินเองตามธรรมชาตินั้นมีเนื้อที่ค่อนข้างเหนียว เนื่องจากเนื้อมีไขมันแทรกน้อย ไขมันอยู่มาก เนื่องจากต้องใช้เวลาในการเลี้ยงนาน และโคมีการเดินเคลื่อนไหวมากทำให้เนื้อต้องมีความแข็งแรงจึงมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมากเนื้อจึงเหนียว

ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาถึงอิทธิพลของระบบการเลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ (Metabolizable energy intake) ต่างกัน เพื่อควบคุมระดับการให้ผลผลิตที่กำหนดให้มีอัตราการเจริญเติบโตต่างกันต่อองค์ประกอบของซากและชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่ง รวมถึงศึกษาอิทธิพลของระบบการเลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกันและอิทธิพลของการบ่มต่อคุณภาพเนื้อโคพื้นเมืองสายพันธุ์อีสาน โดยในเรื่องคุณภาพเนื้อเชิงลึกต้องการที่จะศึกษาเปรียบเทียบว่าในโคพื้นเมืองไทยที่ถูกเลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปและควบคุมให้มีอัตราการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันรวมทั้งที่มีแหล่งอาหารหยาบหลักที่ต่างกันนั้นจะมีปริมาณคอลลาเจนและการละลายได้ของคอลลาเจนต่างกันหรือไม่ ซึ่งเป็นที่น่าทึ่งกันว่าเนื้อที่มีปริมาณคอลลาเจนสูงและ/หรือมีการละลายได้ของคอลลาเจนต่ำนั้นจะมีความเหนียวกว่าเนื้อที่มีปริมาณคอลลาเจนต่ำแต่มีการละลายได้ของคอลลาเจนสูง (Kerry and Ledward, 2002; Torrescano *et al.*, 2003; Moon, 2006) และต้องการศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลที่มีผลต่อการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ ซึ่งโทรโปนิน ที่ เป็นโปรตีนในกล้ามเนื้อที่มีรายงานว่าเมื่อสลายตัวจะได้ผลผลิตที่เป็นโพลีเปปไทด์ขนาด 30 กิโลดาลตัน ผลผลิตที่ได้จากการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ จะมีสหสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Ho *et al.*, 1996; Muroya *et al.*, 2006) นอกจากนี้แล้วการศึกษานี้ยังเปรียบเทียบอิทธิพลของชนิดกล้ามเนื้อสำคัญและการบ่มต่อคุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองไทยที่ผ่านการเลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปด้วยเนื่องจากกล้ามเนื้อแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่ต่างกันอย่างสิ้นเชิงของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ คุณสมบัติทางชีวเคมีรวมทั้งองค์ประกอบทางเคมีที่ต่างกันจึงคาดว่าน่าจะส่งผลทำให้เนื้อมีคุณภาพที่ต่างกันด้วย ซึ่งจะทำได้ข้อมูลที่จะใช้เป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์ของกล้ามเนื้อโคพื้นเมืองแต่ละชนิดต่อไป โดยภาพรวมแล้วการศึกษานี้จะทำให้ได้ข้อมูลทางวิชาการที่สามารถนำไปใช้ในการส่งเสริมเกษตรกรผู้เลี้ยงโคพื้นเมืองไทยและโคเนื้อขุนทั่วไปเพื่อผลิตเนื้อโคที่มีคุณภาพสำหรับผู้บริโภค เป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าของเนื้อโค เพิ่มมูลค่าผลผลิตและเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร ผู้เลี้ยงโคเนื้อ และเป็นการเตรียมความพร้อมด้านการผลิตเนื้อโคคุณภาพดีเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่เปลี่ยนไป ตลอดจนลดการนำเข้าเนื้อโคจากต่างประเทศ

บทที่ 2

ทบทวนเอกสารเชิงสังเคราะห์

โคพื้นเมืองไทย

โคพื้นเมืองไทยจัดอยู่ในกลุ่มโคซิบูหรือโคอินเดีย (*Bos indicus*) ยังไม่ทราบแน่ชัดในสายพันธุ์ดั้งเดิม โคพื้นเมืองในประเทศไทยแบ่งตามภูมิภาคได้ 4 สายพันธุ์ คือ โคพื้นเมืองภาคเหนือ (โคขาวลำพูน) โคพื้นเมืองภาคอีสาน โคพื้นเมืองภาคกลาง (โคลาน) และโคพื้นเมืองภาคใต้ (โคชน) ลักษณะโดยทั่วไป เป็นโคที่มีขนาดเล็ก ขนสั้นเกรียน มีนิสัยเปรียว ตื่นตกใจง่าย รักฝูง จดจำฝูงได้ดี ทนทานต่อโรค แมลง และสภาพดินฟ้าอากาศได้ดี เลี้ยงง่ายหากินเก่งไม่เลือกอาหาร เพราะผ่านการคัดเลือกแบบธรรมชาติ สามารถปรับตัวให้เข้ากับการเลี้ยงโดยใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในพื้นที่ซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดได้เป็นอย่างดี ให้ลูกตก ใช้แรงงานได้ดี เนื้อแน่นเหมาะกับการประกอบอาหารไทย แต่มีลักษณะด้อย คือ โคพื้นเมืองไทยมีขนาดเล็ก ภายใต้อาการเลี้ยงที่มีอาหารจำกัด จึงส่งผลให้การเจริญเติบโตต่ำ (กรมปศุสัตว์, 2547)

สมรรถนะการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทย

การเลี้ยงโคเนื้อในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อยซึ่งเลี้ยงโคเนื้อ 1-30 ตัว จำนวน 752,626 ครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 98.43 ของจำนวนผู้เลี้ยงโคเนื้อทั้งหมด (กรมปศุสัตว์, 2558) ซึ่งโคเนื้อที่เลี้ยงโดยเกษตรกรรายย่อยจะมีสมรรถนะการผลิตค่อนข้างต่ำ เนื่องจากโคกินอาหารคุณภาพต่ำทำให้ได้รับโภชนะและพลังงานไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย สมพร และคณะ (2552) รายงานว่า โคพื้นเมืองที่เลี้ยงแบบปล่อยหากินตามธรรมชาติมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.24 กิโลกรัมต่อวัน สายยนต์ และคณะ (2554) ทำการศึกษาสมรรถนะการผลิตของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับอาหารแห้งหรือฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหลัก โคทดลองเป็นโคพื้นเมืองไทย เพศผู้ตอน อายุ 3 ปี น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 318 ± 29.6 กิโลกรัม จำนวน 12 ตัว โคได้รับอาหารที่มีสัดส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบเท่ากับ 70:30 (อาหารแห้งหรือฟางข้าว) เป็นปัจจัยอาหารทดลอง 3 แบบ คือ T1) อาหารแห้งเป็นอาหารหยาบหลัก ให้กินแบบเต็มที่ T2) ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก ให้กินแบบเต็มที่ และ T3) ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก ให้กินแบบขึ้นบันได มีระยะเวลาให้อาหารทดลองนาน 126 วัน ผลการทดลอง พบว่า อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันของทั้ง 3 กลุ่มไม่ต่างกันทางสถิติ โดยมีอัตราการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 0.30–0.41 กิโลกรัมต่อวัน แต่อย่างไรก็ตามโคพื้นเมืองที่ได้รับอาหารที่เหมาะสมก็จะมีสมรรถนะการเจริญเติบโตที่ดี ไม่ด้อยกว่าโคเนื้อลูกผสมอื่นๆ ดังผลการทดลองของฉัตรชัย และคณะ (2553) ที่ทดลองเลี้ยงโคพื้นเมืองในคอกขังเดี่ยวด้วยอาหารผสมครบสูตรที่มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ กินได้เพื่อการดำรงชีวิต (Metabolizable energy for maintenance; MEm) ต่างกัน 3 ระดับ คือ 1.1 1.5 และ 1.9 MEm โดยมีระยะเวลาทดลอง 83 วัน พบว่า โคมีค่าการกินได้โภชนะและพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพิ่มขึ้นตามระดับพลังงานที่ได้รับ ($P < 0.01$) โดยไม่มีผลกระทบต่อการใช้กระบวมหนักในกระเพาะรูเมน และเมตาบอลิซึมในเลือด ($P > 0.05$) ในขณะที่น้ำหนักตัวโคเมื่อสิ้นสุดการทดลองเพิ่มขึ้นและอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ($P < 0.01$) อัตราการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้น เท่ากับ 319 687 และ 817 กรัมต่อวัน ตามระดับพลังงานที่เพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลของระดับโปรตีนและพลังงานที่กินได้ต่อสมรรถนะทางการเจริญเติบโตของโคพื้นเมือง จากการศึกษาของ อิทธิพล และ สำราญ (2549) ที่ให้โคพื้นเมืองได้รับปริมาณโปรตีนเฉลี่ยและปริมาณโภชนะย่อยได้ทั้งหมดเฉลี่ยในอาหาร (กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน) แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ระดับต่ำ (0.517 และ 2.291) ระดับกลาง (0.633 และ 2.820) และระดับสูง (0.698 และ 3.006) ตามลำดับ โดยโคที่นำมาทดลองเป็นโคเนื้อเพศผู้ไม่ตอนพันธุ์พื้นเมืองไทย จำนวน 15 ตัว น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 146.4 ± 2.0 กิโลกรัม อายุ

ตารางที่ 1 อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตต่อปริมาณโภชนาที่กินของโคพื้นเมืองที่เลี้ยงด้วยอาหารข้น

ลักษณะที่ศึกษา	อิทธิพล และ สำราญ (2549)			ปียศักดิ์ ² และคณะ (2546)
	ปริมาณโภชนะ ¹			
	ระดับต่ำ	ระดับกลาง	ระดับสูง	
จำนวนโค (ตัว)	5	5	5	24
อายุเริ่มทดลอง (วัน)	519.20	552.60	596.00	689.6
น้ำหนักเริ่มต้น(กก.)	143.40	144.60	148.80	180.25
น้ำหนักสิ้นสุด (กก.)	366.80	395.50	379.50	222.42
ระยะการขุน (วัน)	547	547	547	97
อัตราการเจริญเติบโต (กก.ต่อวัน)	0.42	0.47	0.44	0.44
ปริมาณอาหารที่กิน (%ของน้ำหนักตัว)	1.53 ^c	1.76 ^b	1.88 ^a	2.60
อัตราการเจริญเติบโตต่อ ปริมาณโภชนะที่กิน				
- ประสิทธิภาพการใช้ โปรตีน(ADG/CP intake)	0.061 ^a	0.059 ^a	0.049 ^b	-
- ประสิทธิภาพการใช้ พลังงาน(ADG/TDN intake)	0.014 ^a	0.013 ^a	0.012 ^b	-
ปริมาณอาหารต่อการเพิ่ม น้ำหนักหนึ่งกก.	8.15 ^b	9.12 ^b	10.49 ^a	-

^{a, b} ค่าเฉลี่ยแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

¹ ปริมาณโปรตีนเฉลี่ยและปริมาณโภชนาที่ย่อยได้ทั้งหมดเฉลี่ยในอาหาร (กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน) ที่ให้โคกินแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ระดับต่ำ (0.517 และ 2.291) ระดับกลาง (0.633 และ 2.820) และระดับสูง (0.698 และ 3.006)

² อาหารข้น ที่มีโปรตีนประมาณ 14% และโภชนาที่ย่อยได้ 73.2% ซึ่งเกณฑ์การให้อาหารข้น คำนวณอ้างอิงตามความต้องการ โภชนา NRC ที่ระดับอัตราการเจริญเติบโตประมาณ 500 กรัม/วัน ส่วนอาหารหยาบให้กินหญ้าสดเต็มที่

ที่มา : อิทธิพล และ สำราญ (2549); ปียศักดี และคณะ (2546)

เฉลี่ย 561 ± 20 วัน ให้อาหารข้นร่วมกับการให้อาหารข้นแห้งเป็นอาหารหยาบหลัก ทำการเลี้ยงเป็นระยะเวลา 547 วัน ผลการทดลอง พบว่า กราฟการเจริญเติบโตเป็นแบบเส้นโค้ง โดยจะมีขนาดและน้ำหนักตัวเริ่มคงที่ ณ ที่ช่วงเวลาของการเลี้ยง 453 วัน และโคทั้ง 3 กลุ่ม กินอาหารคิดเป็นน้ำหนักแห้งทั้งหมดเท่ากับ 1.53 1.76 และ 1.88 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว มีอัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวันเท่ากับ 0.42 0.47 และ 0.44 กิโลกรัม สัมประสิทธิ์ของอัตราการเจริญเติบโตต่อปริมาณโปรตีนและโภชนาที่ย่อยได้ทั้งหมด ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้การใช้ประโยชน์ของโภชนาเพื่อการเจริญเติบโต จะเป็นดัชนีชี้วัดในการตัดสินใจเลือกกระดบโภชนาของอาหารที่เหมาะสม จากการทดลอง พบว่า โคกลุ่มโภชนาระดับต่ำและระดับกลางมีสัมประสิทธิ์ของอัตราการเจริญเติบโตต่อปริมาณโปรตีนและพลังงานไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนโคกลุ่มโภชนาระดับสูงมีสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของโภชนาดำกว่าโคทั้งสองกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องจากปริมาณโปรตีนที่กินมีปริมาณมากกว่าความต้องการ ซึ่งโคอาจต้องใช้พลังงานในการกำจัดโปรตีน

ส่วนเกินออกจากร่างกาย (ตารางที่ 1) สอดคล้องกับผลการทดลองของ ปิยศักดิ์ และคณะ (2546) ที่ทำการศึกษาโดยทดลองขุนโคพื้นเมือง ให้อาหารชั้นที่มีโปรตีนประมาณ 14% และโภชนะย่อยได้ 73.2% เกณฑ์การให้อาหารชั้น คำนวณอ้างอิงตามความต้องการโภชนะ NRC ที่ระดับอัตราการเจริญเติบโตประมาณ 500 กรัม/วัน ส่วนอาหารหยাবให้กินหญ้าสดเต็มที่ เลี้ยงขุนในคอกที่มีหลังคา รองพื้นคอกด้วยแกลบ มีน้ำสะอาดตั้งให้กินตลอดเวลา โคทดสอบจำนวน 24 ตัว อายุเริ่มทดลอง 689.6 วัน น้ำหนักเริ่มต้น 180.2 กิโลกรัม และน้ำหนักสิ้นสุด 222.4 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาในการขุน 97 วัน พบว่า โคมีอัตราการเจริญเติบโต 0.44 กิโลกรัมต่อวัน และปริมาณอาหารที่กิน 2.6 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ดังตารางที่ 1 ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับการศึกษาของอิทธิพล และ สำราญ (2549)

คุณภาพซากของโคพื้นเมืองไทย

คุณภาพซากของเนื้อโคไทยที่เลี้ยงแบบปล่อยหากินตามธรรมชาติเมื่อเปรียบเทียบกับโคเนื้อลูกผสมบราห์มัน และลูกผสมชาร์โรเลส์ จากการศึกษาของ Opatpatanakit and Sethakul (2010) ดังตารางที่ 2 พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยเข้าฆ่าของโคพื้นเมืองไทยจากภูมิภาคต่างๆ ของประเทศประมาณ 154-212 กิโลกรัม โคลูกผสมบราห์มันประมาณ 437 กิโลกรัม และลูกผสมชาร์โรเลส์ประมาณ 623 กิโลกรัม มีเปอร์เซ็นต์ซากอ่อนเฉลี่ยเท่ากับ 50 54 และ 58 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงเฉลี่ยเท่ากับ 73 74 และ 68 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์กระดูกเฉลี่ยเท่ากับ 21.4 15.8 และ 13.3 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ไขมันเฉลี่ยเท่ากับ 3.26 5.48 และ 13.08 เปอร์เซ็นต์ สำหรับโคพื้นเมืองไทย โคลูกผสมบราห์มันและลูกผสมชาร์โรเลส์ ตามลำดับ

การนำโคพื้นเมืองมาเลี้ยงขุนนั้น พบว่า มีผลต่อคุณภาพซากค่อนข้างน้อย ดังรายงานของสายัณห์ และคณะ (2554) พบว่าโคพื้นเมืองไทยเพศผู้ตอน อายุ 3 ปี น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 318 ± 29.6 กิโลกรัม ที่ได้รับหญ้ารูซี่แห้งหรือฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยাবหลัก ใช้เวลาในการทดลองนาน 126 วัน โคได้รับอาหารที่มีสัดส่วนของอาหารหยাবต่ออาหารชั้น เท่ากับ 70:30 (หญ้ารูซี่แห้งหรือฟางข้าว) ปัจจัยอาหารทดลอง 3 แบบ คือ T1) หญ้ารูซี่แห้งเป็นอาหารหยাবหลัก ให้กินแบบเต็มที่ T2) ฟางข้าวเป็นอาหารหยাবหลัก ให้กินแบบเต็มที่ และ T3) ฟางข้าวเป็นอาหารหยাবหลัก ให้กินแบบขึ้นบันได ผลการทดลอง พบว่าโคมีน้ำหนักเข้าฆ่า น้ำหนักซากอ่อน เปอร์เซ็นต์ซากอ่อน พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน และความหนาไขมันสันหลัง ไม่ต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3 สอดคล้องกับผลการทดลองของ อิทธิพล และสำราญ (2549) ที่รายงานว่าโคพื้นเมืองได้รับปริมาณโปรตีนเฉลี่ยและปริมาณโภชนะย่อยได้ทั้งหมดเฉลี่ยในอาหาร (กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน) แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ระดับต่ำ (0.517 และ 2.291) ระดับกลาง (0.633 และ 2.820) และระดับสูง (0.698 และ 3.006) ตามลำดับ มีน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซากอ่อน เปอร์เซ็นต์ซากอ่อน น้ำหนักซากเย็น เปอร์เซ็นต์ซากเย็น พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ความหนาไขมันสันหลัง เนื้อแดงรวม และกระดูก มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่า ในกลุ่มโคทดลองที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณโภชนะระดับสูงและระดับต่ำมีไขมันในเนื้อมากกว่าโคกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณโภชนะระดับกลาง ดังแสดงในตารางที่ 4 ในขณะที่ ปิยศักดิ์ และคณะ (2546) รายงานว่า โคพื้นเมืองที่ทดลองขุนโคพื้นเมืองด้วยอาหารชั้นที่มีโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ และมีโภชนะย่อยได้ 73.2 เปอร์เซ็นต์พบว่ามีน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซากอ่อน เปอร์เซ็นต์ซากอ่อน น้ำหนักซากเย็น เปอร์เซ็นต์ซากเย็น ปริมาณเนื้อแดงรวม และกระดูกไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 2 ลักษณะซากของโคพื้นเมืองไทยเปรียบเทียบกับสายพันธุ์อื่น

	Central (n = 15)	North (n = 26)	North (n = 15)	South (n = 15)	South (n = 16)	NE ¹ (n = 24)	Brahman crossbred (n = 297)	Charolais crossbred (n = 417)
Slaughter weight (kg)	198.73	172.15	205.35	187.01	212.69	153.7	437.0	623.26
Hot carcass (%)	50.73	49.26	49.53	51.43	50.66	46.7	53.77	58.22
Lean (%)	72.61	73.18	72.62	75.38	71.43	74.0	74.11	67.98
Bone (%)	20.05	24.46	19.87	19.18	22.95	21.9	15.83	13.34
Fat (%)	2.88	ND	2.51	5.57	2.08	ND	5.48	13.08

¹ North East

ND = not determine

ที่มา : Opatpatanakit and Sethakul (2010)

ตารางที่ 3 คุณภาพซากของโคพื้นเมืองขุนด้วยอาหารที่มีสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นที่ระดับ 70:30 โดยมีแหล่งอาหารหยาบที่แตกต่างกัน

ลักษณะที่ศึกษา ¹	T1	T2	T3	P-value
น้ำหนักเข้าฆ่า (กก.)	370.67	371.33	378.33	>0.05
น้ำหนักซากอุ่น(กก.)	201.63	212.26	202.03	>0.05
% ซากอุ่น	54.45	57.28	53.67	>0.05
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ซม. ²)	71.80	76.95	74.52	>0.05
ความหนาไขมันสันหลัง (มม.)	5.00	6.33	4.33	>0.05

¹T1) หญ้ารูซี่แห้งเป็นอาหารหยาบหลัก ให้กินแบบเต็มที T2) ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก ให้กินแบบเต็มที และ T3) ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก ให้กินแบบขั่นบันไดอดอาหารโค 7 วัน หลังจากนั้นให้อาหารที่ระดับพลังงาน 1.1 MEm โดยให้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบหลักนาน 56 วัน และหลังจากนั้นให้กินอาหารทดลองเต็มทีนาน 63 วัน

ที่มา: สายัณห์ และคณะ (2554)

ตารางที่ 4 ชากและองค์ประกอบของชากโคพื้นเมืองที่เลี้ยงขุนด้วยอาหารข้น

ลักษณะที่ศึกษา	อิทธิพล และ สำราญ ³ (2549)			ปิยศักดิ์ และ คณะ (2546) ^{2,4}
	ปริมาณโภชนะ			
	ระดับต่ำ	ระดับกลาง	ระดับสูง	
น้ำหนักมีชีวิต (กิโลกรัม)	378.00	387.00	362.00	207.33
น้ำหนักซากอ่อน (กิโลกรัม)	-	-	-	110.87
% ซากอ่อน	56.45	57.04	59.16	53.61
น้ำหนักซากเย็น (กิโลกรัม)	-	-	-	107.54
% ซากเย็น	54.57	55.52	57.65	52.00
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ซม. ²)	82.23	79.94	72.15	-
ความหนาไขมันสันหลัง (มม.)	7.09	5.34	10.89	-
เนื้อแดงรวม	30.99	32.66	31.35	40.78
ไขมัน	7.80 ^{ab}	5.83 ^b	10.10 ^a	-
กระดูก	9.34	9.54	9.35	26.70

a, b ค่าเฉลี่ยแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

¹ ปริมาณโปรตีนเฉลี่ยและปริมาณโภชนะย่อยได้ทั้งหมดเฉลี่ยในอาหาร (กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน) ที่ให้โคกินแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ระดับต่ำ (0.517 และ 2.291) ระดับกลาง (0.633 และ 2.820) และระดับสูง (0.698 และ 3.006)

² อาหารข้น ที่มีโปรตีนประมาณ 14% และโภชนะย่อยได้ 73.2% ซึ่งเกณฑ์การให้อาหารข้น คำนวณอ้างอิงตามความต้องการ โภชนะ NRC ที่ระดับอัตราการเจริญเติบโตประมาณ 500 กรัม/วัน ส่วนอาหารหยาบให้กินหญ้าสดเต็มที่

³ %ของน้ำหนักซากเย็น

⁴ %ของน้ำหนักซากสด

ที่มา : อิทธิพล และ สำราญ (2549); ปิยศักดิ์ และคณะ (2546)

คุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองไทย

ผลการศึกษาคุณภาพเนื้อโคภายใต้ระบบการเลี้ยงที่แตกต่างกันของ Sethakul *et al.* (2008) ในโคสายพันธุ์ *Bos Indicus* และ *Bos Taurus* โคพื้นเมืองที่เลี้ยงด้วยหญ้าตามธรรมชาติและโคลูกผสมบราห์มัน เนื้อมีความชื้นประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าโคลูกผสมชาร์โรเลส์ที่มีความชื้นประมาณ 69 เปอร์เซ็นต์ แต่โคลูกผสมชาร์โรเลส์มีไขมันในเนื้อมากที่สุด ในขณะที่โคพื้นเมืองมีน้อยที่สุด ปริมาณ CLA ในเนื้อโคพื้นเมืองมากที่สุด รองลงมาคือ โคลูกผสมบราห์มันที่เลี้ยงด้วยหญ้า โคลูกผสมบราห์มันที่เลี้ยงด้วยเปลือกสับปะรด และโคลูกผสมชาร์โรเลส์ ตามลำดับ โคพื้นเมืองมีเนื้อที่เหนียวกว่าโคลูกผสมบราห์มัน และโคลูกผสมชาร์โรเลส์ ตามลำดับ สีเนื้อ พบว่า โคพื้นเมืองและโคลูกผสมบราห์มันที่เลี้ยงด้วยหญ้า มีค่า L^* และ b^* ต่ำกว่าโคลูกผสมบราห์มันที่เลี้ยงด้วยเปลือกสับปะรด และโคลูกผสมชาร์โรเลส์ ส่วนค่า a^* พบว่า โคลูกผสมชาร์โรเลส์มีค่าสูงที่สุด พร้อมลักษณะ และสุกัทร่า (2551) รายงานว่าส่วนประกอบทางโภชนะของเนื้อโคทั้งที่เป็นโคพื้นเมืองไทยที่เลี้ยงด้วยการปล่อยให้กินหญ้าตามธรรมชาติ โคลูกผสมบราห์มัน 75% ที่ผ่านการขุนเป็นเวลา 3 เดือน รวมทั้งโคลูกผสมชาร์โรเลส์ 50% ที่ผ่านการขุนเป็นเวลา 12 เดือน นั้นพบว่า โคพื้นเมืองและโคลูกผสมบราห์มัน 75% เนื้อมีความชื้นและโปรตีนสูงกว่าเนื้อของโคลูกผสมชาร์โรเลส์ 50% ในขณะที่มีไขมัน พลังงาน และคอเลสเตอรอลต่ำกว่าโคลูกผสมชาร์โรเลส์ 50% นอกจากนี้ยังพบว่าสัดส่วนระหว่างกรดไขมันโอเมก้า-6 ต่อกรดไขมันโอเมก้า-3 (n-6:n-3) ของเนื้อโคพื้นเมือง (2.97:1) มีค่าต่ำกว่าโคลูกผสมบราห์มัน 75% (8.58:1) และโคลูกผสมชาร์โรเลส์ 50% (6.04:1) ซึ่งตามคำแนะนำของนักโภชนาการสัดส่วนของ n-6:n-3 ควรน้อยกว่า

4:1 (Department of health, 1994) ดังนั้น เนื้อโคพื้นเมืองจึงมีส่วนของ n-6:n-3 ที่เหมาะสมกว่าเนื้อโคขุนประเภทอื่น จากการศึกษาของ พัทธน์ และ วิศิษฐ์พร (2559) รายงานว่า เนื้อโคขุน 3 สายพันธุ์ คือโคพื้นเมืองไทย ลูกผสมบราห์มัน และลูกผสมยุโรป พบว่าเนื้อโคลูกผสมบราห์มันและยุโรปมีปริมาณของกรดไขมันชนิด SFA สูงกว่าในโคพื้นเมืองไทย แต่โคพื้นเมืองไทยและลูกผสมบราห์มันมีปริมาณของกรดไขมันชนิด PUFA สูงกว่าโคยุโรปและเนื้อโคพื้นเมืองไทยมีส่วนของกรดไขมัน n-6:n-3 ต่ำกว่าเนื้อโคลูกผสมบราห์มันและยุโรป (3.1, 28.57 และ 34.31 ตามลำดับ) Department of health (1994) แนะนำว่า ผู้บริโภคควรจะได้รับอาหารที่มีปริมาณของกรดไขมันชนิด n-3 สัมพันธ์กับปริมาณกรดไขมันชนิด n-6 มากยิ่งขึ้น ซึ่งงานวิจัยโดยส่วนใหญ่แนะนำให้มีการบริโภคอาหารที่มีสัดส่วนของ n-6:n-3 อยู่ที่ระดับ 4.0-7.5 จึงจะสามารถป้องกันการเกิดโรคหัวใจได้ (Kafatos and Codrington, 1999; Simopoulos, 2002)

ตารางที่ 5 คุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองที่เลี้ยงด้วยหญ้าตามธรรมชาติของกลุ่มโคพื้นเมืองในจังหวัดกาญจนบุรี และอุบลราชธานี

ลักษณะที่ศึกษา	กลุ่มโค (A)		ชนิดกล้ามเนื้อ (B)			P-value	
	กาญจนบุรี	อุบลราชธานี	IF	LD	SS	A	B
% moisture	78.31 ^a	77.07 ^b	78.03 ^a	77.06 ^b	77.99 ^a	<0.0001	<0.0001
% protein	19.35 ^b	20.29 ^a	19.16 ^c	20.62 ^a	19.69 ^b	<0.0001	<0.0001
% fat	1.03	0.93	1.22 ^a	0.68 ^b	1.03 ^a	0.316	0.0002
% ash	1.12	1.13	1.10 ^b	1.17 ^a	1.11 ^b	0.202	<0.0001
soluble collagen	0.55	0.49	0.53	0.42	0.61	0.309	0.052
insoluble collagen	5.41	5.81	5.82 ^a	4.35 ^b	6.66 ^a	0.429	0.002
total collagen	5.96	6.30	6.35 ^a	4.78 ^b	7.27 ^a	0.534	0.002
Troponin-T 30 kDa	16.30	17.03	17.31	15.11	17.58	0.514	0.519
pH	5.81	5.78	6.03 ^a	5.43 ^b	5.93 ^b	0.615	<0.0001
L*	38.20 ^a	32.72 ^b	33.19 ^b	36.64 ^a	36.55 ^a	0.643	0.787
a*	12.69 ^b	14.72 ^a	16.39 ^a	10.62 ^b	14.11 ^a	0.0001	<0.0001
b*	13.57	14.32	14.83 ^a	12.64 ^b	14.38 ^a	0.053	<0.0001
% cooking loss	41.67 ^b	48.48 ^a	42.50	48.00	44.71	0.001	0.064
shear force (kg)	7.04 ^b	9.11 ^a	6.22 ^c	10.08 ^a	7.92 ^b	<0.0001	<0.0001

ที่มา: จันทพร และคณะ (2554)

คุณภาพเนื้อโคพื้นเมืองที่เลี้ยงด้วยหญ้าตามธรรมชาติพบว่ามีองค์ประกอบของโภชนาในเนื้อ คือ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ประมาณ 77.7 19.8 1.0 และ 1.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณคอลลาเจนในรูปของคอลลาเจนที่ละลายได้ คอลลาเจนที่ไม่ละลาย และคอลลาเจนรวม ประมาณ 0.5 5.6 และ 6.1 มิลลิกรัม/กรัมเนื้อสด ตามลำดับ ค่า pH ที่ 48 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย มีค่าประมาณ 5.8 ในเรื่องของสีเนื้อ พบว่าค่าความสว่างของเนื้อ (L*) ค่าความเป็นสีแดงของเนื้อ (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) มีค่าประมาณ 35.5 13.7 และ 13.9 ตามลำดับ ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์ และค่าแรงตัดผ่านเนื้อประมาณ 8.1 กิโลกรัม นอกจากนี้ยังพบว่า ชนิดของกล้ามเนื้อส่งผลต่อคุณภาพเนื้อโคพื้นเมือง ดังแสดงในตารางที่ 5 (จันทพร และคณะ, 2554) และจากการศึกษาของ นัทธมน และ กฤตพล (2553) รายงานว่าโค

พื้นเมืองที่มีการกินได้ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกันจะมีองค์ประกอบของโภชนะในเนื้อต่างกัน รวมทั้งพบว่ากล้ามเนื้อแต่ละชนิดก็มีองค์ประกอบของโภชนะที่แตกต่างกันด้วย ในขณะที่องค์ประกอบของกรดไขมันไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ค่าองค์ประกอบทางเคมีและกรดไขมันในเนื้อโคพื้นเมืองไทยที่มีการกินได้ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน

	Muscle*					Energy intake			SEM	P-value **		
	SM	LD	RM	PM	GN	1.3M	1.7M	<i>ad lib</i>		M	E	M(E)
DM	34.26 ^a	32.59 ^b	31.21 ^c	33.02 ^b	32.49 ^b	32.06 ^b	32.85 ^a	33.34 ^a	0.15	0.01	0.01	0.84
CP	21.23 ^{ab}	21.44 ^{ab}	20.31 ^c	20.31 ^a	21.50 ^{ab}	21.65 ^a	20.90 ^b	20.64 ^b	0.14	0.01	0.02	0.95
Ash	4.21 ^a	3.98 ^a	3.99 ^a	3.92 ^a	3.44 ^b	4.08 ^a	3.87 ^{ab}	3.75 ^b	0.07	0.02	0.14	0.78
EE	6.42 ^b	6.90 ^{ab}	7.99 ^a	6.53 ^b	5.18 ^c	5.88 ^b	6.66 ^{ab}	6.96 ^a	0.21	0.01	0.09	0.77
Fatty acid composition (g/100 g of fat)												
SFA	50.86	51.86				50.63	53.52	49.68	1.10	0.66	0.35	0.21
MUFA	33.86	35.58				34.69	32.18	37.80	1.20	0.48	0.19	0.09
PUFA	5.22	3.72				4.96	4.65	3.67	0.37	0.05	0.38	0.28
Total CLA	0.26	0.25				0.24	0.24	0.29	0.03	0.96	0.76	0.44

^{a-c} อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)

* LD = กล้ามเนื้อสันนอก, PM = กล้ามเนื้อสันใน, SM = เนื้อสะโพก, RM = เนื้อแดง, GN = กล้ามเนื้อน่อง, SFA=กรดไขมันอิ่มตัว, MUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัว 1 พันธะ, PUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะ

**M = ชนิดกล้ามเนื้อ, E = ระดับพลังงานที่กินได้, M(E) = ชนิดของกล้ามเนื้อที่ได้รับอิทธิพลเนื่องมาจากระดับพลังงาน

ที่มา : นัทธมน และ กฤตพล (2553)

อาหารหมักสำเร็จรูป ผลต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อโค

อาหารหมักสำเร็จรูป คือ การหมักอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น โดยผ่านกระบวนการวิเคราะห์สัดส่วนวัตถุดิบให้ได้สูตรเฉพาะแต่ละพื้นที่ให้เหมาะสำหรับสัตว์เลี้ยงแต่ละชนิด/ประเภท/ระยะและระดับการให้ผลผลิตของสัตว์ กระบวนการควบคุมการผลิตเพื่อให้เกิดการหมักที่มีคุณภาพ การบรรจุหีบห่อผลิตภัณฑ์ที่สะดวกในการขนส่ง ข้อดีของการนำอาหารหมักไปใช้เลี้ยงสัตว์มีหลายประการ เช่น เก็บรักษาคุณภาพอาหารได้นานไม่น้อยกว่า 30 วัน เพิ่มประสิทธิภาพการหมักของกระเพาะรูเมน เพิ่มปริมาณการกินได้เนื่องจากมีรสชาติ กลิ่น และสีที่น่ากิน เพิ่มการย่อยได้ เพิ่มอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ซึ่งส่งผลต่อการลดต้นทุนการผลิต เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเนื้อโคคุณภาพและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ซึ่งมีในท้องถิ่น ได้แก่ ฟางข้าว มันสำปะหลัง รำข้าว รวมทั้งใช้เศษเหลือจากโรงงาน เช่น กากมันสำปะหลังสด กากปาล์ม ทำให้เกษตรกรสามารถผลิตวัตถุดิบอาหารหมักสำเร็จรูปได้เองโดยผลิตได้มีคุณภาพมาตรฐานสากลอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยมสามารถเก็บถนอมรักษาคุณค่าทางโภชนะได้นานไม่น้อยกว่า 1 เดือน และมีค่าความคงทนต่อการเน่าเสียหลังจากนำไปเลี้ยงโคได้นานไม่น้อยกว่า 60 ชั่วโมง ภายใต้สภาพแวดล้อมและภูมิอากาศของไทย (เดือนพฤศจิกายน-เมษายน 2558) (กฤตพล และคณะ, 2558)

นอกจากเก็บรักษาไว้ได้นานและการจัดการเรื่องการขนส่งได้สะดวกแล้ว อาหารหมักสำเร็จรูปยังมีค่าการย่อยได้ของโปรตีน (CP) ไขมัน (EE) เยื่อใยที่ละลายได้สารละลายที่เป็นกลาง (NDF) และพลังงาน (GE) สูงกว่าอาหารสำเร็จรูปที่ไม่ผ่านกระบวนการหมัก จากการศึกษาของ Cao *et al.* (2010) พบว่า เมื่อนำเอาอาหารผสมสำเร็จรูปมาผ่านกระบวนการหมักแล้วมีผลทำให้การย่อยได้ของโปรตีน ไขมัน เยื่อใยที่ละลายได้ใน

สารละลายที่เป็นกลาง และพลังงานเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ปริมาณของกรดไขมันระเหยได้รวม (total volatile fatty acid) ที่ทำการวัดที่ชั่วโมงที่ 2 และ 4 ภายหลังการให้อาหารในแกะกลุ่มที่ได้รับอาหารหมักสำเร็จรูปมีค่าที่สูงกว่าเช่นกัน ($P < 0.05$) นอกจากนี้ ในกลุ่มแกะที่ได้รับอาหารหมักสำเร็จรูปยังมีการปลดปล่อยแก๊สมีเทนลดลง 10 ลิตร/ตัว อีกด้วย และจากการศึกษาการย่อยได้ของอาหารหมักสำเร็จรูปของ Yuan *et al.* (2015) พบว่า ค่าการย่อยได้วัตถุแห้ง (DMD) และเยื่อใยที่ละลายได้สารละลายที่เป็นกลาง (NDF) ในหลอดทดลอง (*In vitro* technique) มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ Cao *et al.* (2010) (ตารางที่ 1)

อาหารหยาบมีความสำคัญต่อการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง ผลกำไรที่จะได้นั้นขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพของอาหารหยาบ นอกจากนี้ อาหารหยาบในรูปแบบสดยังถือได้ว่าเป็นแหล่งของกรดไขมันลิโนเลอิก (C18:2n6) และลิโนเลนิก (C18:3n3) ที่สำคัญ ที่เป็นสารตั้งต้น (precursor) ในการสังเคราะห์โอเมก้า 3 (ω -3) และ CLA ในเนื้อและนมของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Chilliard *et al.*, 2001)

ตารางที่ 7 ค่าการย่อยได้ของอาหารหมักสำเร็จรูป

DMD	CPD	EED	NDFD	GED	Source
g/kg DM	g/kg DM	g/kg DM	g/kg DM	MJ/kg DM	
0.656	0.648	0.789	0.586	0.709	Cao <i>et al.</i> (2010)
0.673	-	-	0.603	-	Yuan <i>et al.</i> (2015)

DMD = dry matter digestibility, CPD = crude protein digestibility, EED = ether extract digestibility, NDFD = neutral detergent fiber digestibility, GED = gross energy digestibility

กฤตพล และคณะ (2558) พบว่า ในการเลี้ยงขุนโคเนื้อเพศผู้ลูกผสมชาร์โรเลส์สายเลือดร้อยละ 50-62.5 ระยะสุดท้ายก่อนส่งโรงงานใน จำนวน 18 ตัว น้ำหนักมีชีวิตเริ่มต้นเฉลี่ย 530.66 ± 13.00 กิโลกรัม เลี้ยงขุนต่างกัน 3 แบบ ได้แก่ 1) การให้อาหารแบบดั้งเดิม 2) การให้อาหารแบบอาหารหมักสำเร็จรูป และ 3) การให้อาหารแบบอาหารหมักสำเร็จรูปรวมกับการเสริมกากน้ำตาล พบว่าโคที่ได้รับอาหารหมักสำเร็จรูปมีค่าปริมาณการกินได้ดีกว่าแบบดั้งเดิมร้อยละ 49.4 ค่าปริมาณการกินได้พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 172 ส่งผลต่อสมรรถภาพการผลิตแตกต่างกัน ($P < 0.05$) โดยมีค่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน เท่ากับ 0.9, 1.1 (เพิ่มร้อยละ 22.2) และ 1.6 (เพิ่มร้อยละ 77.8) กิโลกรัมต่อวัน ในโคที่ได้รับอาหารแบบดั้งเดิม อาหารหมักสำเร็จรูปและอาหารหมักสำเร็จรูปรวมกับการเสริมกากน้ำตาล ตามลำดับ น้ำหนักซากอ่อนของกลุ่มที่ให้อาหารหมักสำเร็จรูปรวมกับการเสริมกากน้ำตาลมีน้ำหนักซากมากที่สุด ($P < 0.05$) เพิ่มขึ้นร้อยละ 15.6 ในขณะที่ไม่พบความแตกต่างในด้านของคุณภาพซาก คือ เปอร์เซ็นต์ซากอ่อน ความหนาไขมันสันหลัง และระดับของไขมันแทรก โดยมีเปอร์เซ็นต์ซากอ่อนอยู่ในช่วงระหว่าง 53.70-54.70 เปอร์เซ็นต์ และไขมันแทรกอยู่ในระดับ 3.0-3.2 นอกจากนี้ยังพบว่าอาหารทั้ง 3 แบบ ไม่มีผลต่อคุณภาพเนื้อ โดยพบว่า ค่าการสูญเสียน้ำในระหว่างการเก็บรักษา ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และสีเนื้อ รวมทั้งมีปริมาณโปรตีนและไขมันในเนื้อไม่แตกต่างกัน ซึ่งทางคณะผู้วิจัยได้สรุปว่าการให้อาหารหมักสำเร็จรูปรวมกับการเสริมกากน้ำตาลช่วยเพิ่มผลผลิต คือ น้ำหนักซากที่เกษตรกรขายได้ดีกว่าการจัดการให้อาหารแบบอื่น โดยที่มีคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อไม่แตกต่างจากโคที่ได้รับอาหารแบบดั้งเดิม

วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์หลัก

ศึกษาอิทธิพลของระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้กินได้เพื่อควบคุมระดับผลผลิตที่กำหนดให้มีอัตราการเจริญเติบโตต่างกันและแหล่งอาหารหยาดหลักที่ต่างกันในอาหารหมักสำเร็จรูปที่มีผลต่อองค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงแบบประณีต

วัตถุประสงค์รอง

การทดลองที่ 1: การศึกษาองค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่ผ่านระบบการเลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาดหลักด้วยสูตรอาหารที่ให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizable energy intake) ต่างกัน

- 1.1 ศึกษาอิทธิพลของสูตรอาหารที่ให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 1.5 M, 1.7M และ 1.9M (M = Metabolizable energy for maintenance) เพื่อควบคุมระดับการให้ผลผลิตที่กำหนดให้มีอัตราการเจริญเติบโต 3 ระดับ คือ 0.25, 0.5 และ 0.75 กิโลกรัมต่อวัน ของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นหลัก ต้องการประกอบซากและชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่ง
- 1.2 ศึกษาอิทธิพลของการบ่มเนื้อ (2 และ 14 วัน) ต่อคุณภาพเนื้อ การสลายตัวของคอลลาเจน และการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที ในโคพื้นเมืองไทยที่ผ่านการเลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวในสูตรอาหารที่ให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 1.5M, 1.7M และ 1.9M เพื่อควบคุมระดับการให้ผลผลิตที่กำหนดให้มีอัตราการเจริญเติบโต 3 ระดับ คือ 0.25, 0.5 และ 0.75 กิโลกรัมต่อวัน

การทดลองที่ 2: การศึกษาองค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่ผ่านระบบการเลี้ยงโคขุนด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวหรือหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นอาหารหยาดหลัก โดยโคจะได้รับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน

- 2.1 ศึกษาอิทธิพลของระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ แตกต่างกัน 2 ระดับ 1.5M และ *ad libitum* เพื่อควบคุมระดับการให้ผลผลิตที่กำหนดให้มีอัตราการเจริญเติบโต 2 ระดับ คือ 0.5 และ 0.75 กิโลกรัมต่อวัน ของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปที่มีแหล่งอาหารหยาดหลักคือฟางข้าวหรือหญ้าเนเปียร์ ปากช่อง 1 ต้องการประกอบซากและชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่ง
- 2.2 ศึกษาอิทธิพลของการบ่มเนื้อ (2 และ 14 วัน) ต่อคุณภาพเนื้อ การสลายตัวของคอลลาเจน และการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที ในโคพื้นเมืองไทยที่ผ่านการเลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวหรือหญ้าเนเปียร์ ปากช่อง 1 เป็นอาหารหยาดหลัก โดยโคได้รับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 2 ระดับ คือ 1.5M และ *ad libitum*

การทดลองที่ 3: การศึกษาคุณภาพเนื้อของกล้ามเนื้อสำคัญของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงแบบประณีตอาหารหมักสำเร็จรูป

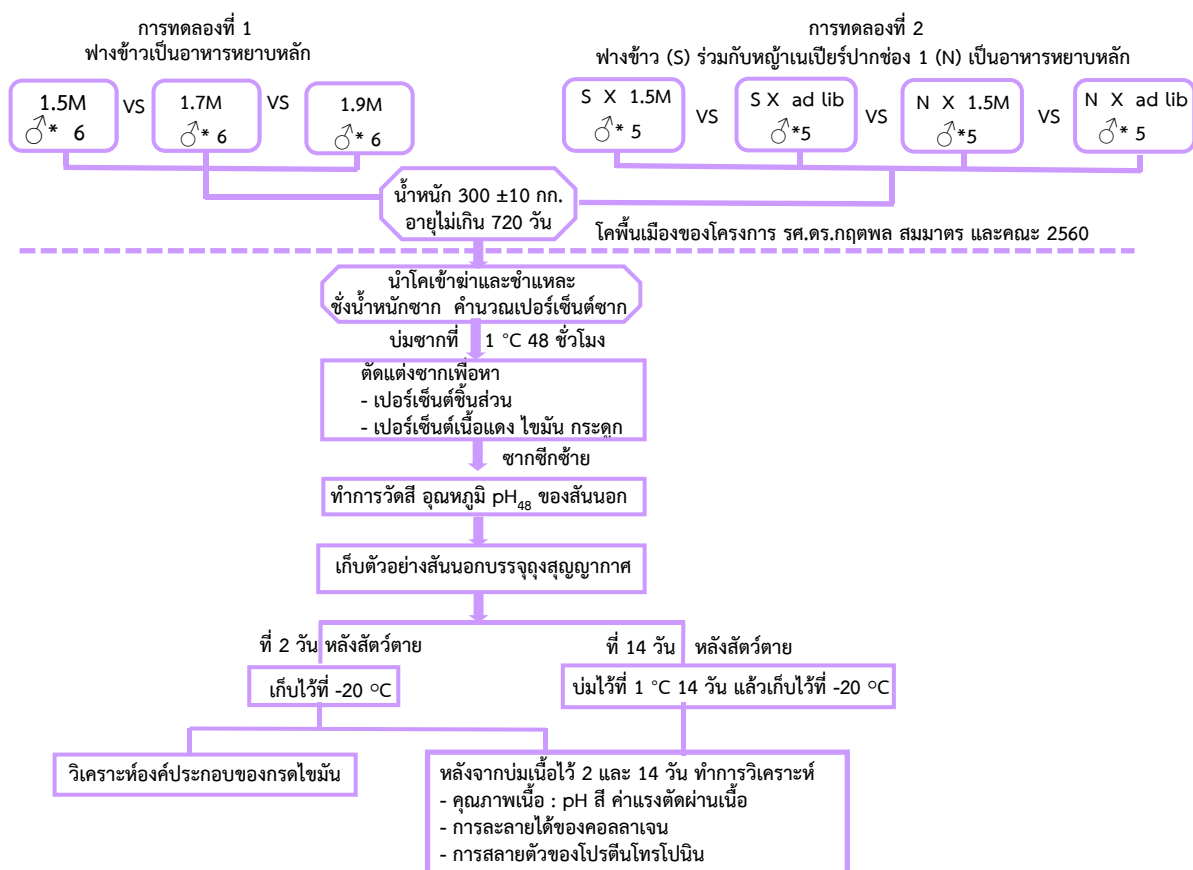
- 3.1 ศึกษาอิทธิพลชนิดกล้ามเนื้อ 5 ชนิดต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงแบบประณีตอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาดหลักด้วยสูตรอาหารหมักสำเร็จรูปที่ให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 1.7M เพื่อควบคุมระดับการให้ผลผลิตที่กำหนดให้โคมีอัตราการเจริญเติบโต 0.5 กิโลกรัมต่อวัน
- 3.2 ศึกษาอิทธิพลชนิดกล้ามเนื้อ 5 ชนิด และ อิทธิพลของการบ่มเนื้อไว้ 2 และ 14 วัน ที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อ การสลายตัวของคอลลาเจน และการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที ของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงแบบประณีตอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าว เป็นอาหารหยาดหลักด้วยสูตรอาหารหมักสำเร็จรูปที่ให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 1.7M

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาวิจัยองค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานครั้งนี้ มี 3 การทดลอง ดังนี้

1. การศึกษาองค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่ผ่านระบบการเลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกัน
2. การศึกษาองค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่ผ่านระบบการเลี้ยงขุนด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวหรือหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นอาหารหยาบหลักโดยโคจะได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกัน 2 ระดับ (ภาพที่ 1)
3. ศึกษาคุณภาพเนื้อของกล้ามเนื้อสำคัญของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบหลักด้วยสูตรอาหารหมักสำเร็จรูปที่ให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 1.7M เพื่อควบคุมระดับการให้ผลผลิตที่กำหนดให้โคมีอัตราการเจริญเติบโต 0.5 กิโลกรัมต่อวัน



ภาพที่ 1 แผนการศึกษาองค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสาน การทดลองที่ 1 เปรียบเทียบสูตรอาหารที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 3 ระดับ คือ 1.5M, 1.7M และ 1.9M (M = metabolizable energy for maintenance) การทดลองที่ 2 เปรียบเทียบแหล่งอาหารหยาบ คือฟาง และ หญ้าเนเปียร์ โดยโคได้รับพลังงานต่างกัน คือ 1.5M และ *ad libitum*

การทดลองที่ 1 การศึกษาองค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก

โคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก ที่เริ่มทำการขุนโครุ่นหลังหย่านม (อายุ 200 วัน) เพศผู้ตอน น้ำหนักมีชีวิตเริ่มประมาณ 80-120 กิโลกรัม เลี้ยงขุนจนถึงเกณฑ์ส่งเข้าฆ่าเมื่อได้น้ำหนักมีชีวิตประมาณ 300 ± 10 กิโลกรัม แต่อายุไม่เกิน 720 วัน โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) มีโคทั้งหมด 18 ตัว ปัจจัยที่ศึกษาคือสูตรอาหารที่ให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 1.5M, 1.7M และ 1.9M เพื่อควบคุมระดับการให้ผลผลิตที่กำหนดมีอัตราการเจริญเติบโต 3 ระดับ คือ 0.25, 0.5 และ 0.75 กิโลกรัมต่อวัน โดยสูตรอาหารจะใช้วัตถุดิบที่มีคุณค่าโภชนะและพลังงานตามมาตรฐานการให้อาหารคำแนะนำของ WTSR (2010) ร่วมกับผลงานวิจัยที่นักวิจัยได้พัฒนาแล้ว ดังตารางภาคผนวกที่ 1 โดยมี 6 บล็อก (ซ้ำ) จัดตามอายุ/น้ำหนัก

การดำเนินการทดลอง

1. การศึกษาองค์ประกอบซาก

เมื่อโคมีอายุหรือน้ำหนักมีชีวิตครบตามเกณฑ์ที่กำหนดในแผนการวิจัย ทำการอดอาหารเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง ก่อนส่งโรงฆ่า หลังจากผ่านกระบวนการฆ่าและชำแหละแล้ว ชั่งน้ำหนักซากอ่อน แบ่งซากออกเป็น 2 ซีกซ้าย-ขวา จากนั้นนำไปแขวนไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 2 ถึง 4 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน แล้วทำการชั่งน้ำหนักซากเย็น นำซากไปตัดแต่งและเลาะแยกเนื้อ ไขมัน และกระดูก เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่ง เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ไขมัน และกระดูก

2. การศึกษาคุณภาพเนื้อ

ตัดเนื้อประมาณ 1 กิโลกรัม จำนวน 2 ชิ้น ตามความยาวของกล้ามเนื้อสันนอกตั้งแต่บริเวณซี่โครงซี่ที่ 10 ไปทางด้านหลัง ซี่ที่ 1 ทำการบรรจุถุงสุญญากาศแล้วนำไปแช่ที่ -20 องศาเซลเซียส และซี่ที่ 2 ทำการบรรจุถุงสุญญากาศแล้วนำไปแช่ที่ 4 องศาเซลเซียส จนครบ 14 วัน แล้วนำไปแช่ที่ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะทำการวัดค่าการสลายตัวของคอลลาเจน และโทรโปนิน ที่ ระยะเวลา 2 และ 14 วันหลังสัต์ตาย โดยค่าที่ทำการวัดเพื่อการศึกษาคุณภาพเนื้อนี้มีดังต่อไปนี้

2.1 วัดค่าความเป็นกรดต่าง (pH) วัดค่า pH บริเวณส่วนของกล้ามเนื้อสันนอกระหว่างซี่โครงซี่ที่ 9 และ 10 ของซากซีกซ้ายโดยทำการวัดค่า pH_{48} ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมงภายหลังสัต์ตายโดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรดต่าง (Mettler Toledo: SevenGoTM pH meter SG2, China) จำนวน 2 ซ้ำต่อตัว

2.2 วัดค่าสีของเนื้อ (Color) เก็บกล้ามเนื้อสันนอกซีกขวา จำนวน 1 ชิ้น บริเวณซี่โครงซี่ที่ 10-11 ตัดผิวหน้าเนื้อสันนอกให้เรียบ วางทิ้งไว้ในถาดประมาณ 30 นาที เพื่อให้ผิวหน้าของเนื้อสัมผัสกับอากาศ (blooming) ในห้องตัดแต่งที่มีอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส จากนั้นวัดสีของเนื้อโดยใช้เครื่องวัดสี (Minolta Chroma Meter CR400, Japan) จำนวน 3 ซ้ำ/ตัวอย่าง

2.3 การวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Warner-Bratzler shear force ; WBSF) และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียระหว่างการปรุงสุก (Cooking loss)

เมื่อได้ตัวอย่างมาแล้วทำการศึกษาความนุ่มของเนื้อที่ระยะเวลาการบ่ม 2 และ 14 วันโดยนำตัวอย่างที่แช่แข็งมาทำละลายโดยเก็บไว้ในตู้เย็น ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นชั่งน้ำหนักตัวอย่างชิ้นเนื้อก่อนต้มบันทึกเป็นน้ำหนักก่อนต้ม (W1) จากนั้นบรรจุตัวอย่างชิ้นเนื้อในถุงร้อนต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิโดยใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นานประมาณ 30 นาทีหรือต้มจนกระทั่งได้อุณหภูมิใจกลางเนื้อ 70 องศาเซลเซียส จากนั้นนำถุงที่บรรจุตัวอย่างชิ้นเนื้อที่ผ่านการทำให้สุกแล้วไปทำให้เย็นลงโดยการแช่ใน

น้ำแบบให้ น้ำไหลผ่านนาน 30 นาทีหรือจนกระทั่งได้อุณหภูมิใจกลางเนื้อลดลงเหลือประมาณ 32 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงนำเนื้อออกจากถุงแช่ น้ำที่ผิวเนื้อให้แห้งเล็กน้อย และชั่งน้ำหนักอีกครั้งบันทึกเป็นน้ำหนักหลังต้ม (W2) จากนั้นนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำระหว่างการปรุงสุก ตามสมการดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำระหว่างการปรุง} = [(W1 - W2) \times 100] / W1$$

จากนั้นนำตัวอย่างเนื้อไปวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อโดยนำตัวอย่างชิ้นเนื้อที่เย็นแล้วมาตัดตามแนวยาวของเส้นใยกล้ามเนื้อเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง × ยาว × สูง คือ 1 × 3 × 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทำการตัดตัวอย่างละ 10 ชิ้น แล้วนำไปวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อด้วยเครื่อง Instron Universal Testing Machine Model 2519-104 (Instron, U.S.A) ความเร็ว 500 มิลลิเมตรต่อนาที ที่น้ำหนัก 500 นิวตัน โดยกำหนดหน่วยเป็นกิโลกรัม

2.4 การวิเคราะห์การสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที โดยใช้เทคนิค Western blot

วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของโปรตีนโทรโปนิน ที โดยเริ่มจากการสกัดตัวอย่างโดยนำตัวอย่างเนื้อที่ผ่านการบดด้วยไนโตรเจนเหลวซึ่งลงในหลอดทดลอง 0.2 กรัม เติม Extraction buffer + Protein inhibitor 2 มิลลิลิตร แล้วปั่นด้วยเครื่อง homogenizer จากนั้นนำตัวอย่างที่ homogenizer มาใส่ 2X SDS จำนวน 100 ไมโครลิตร ในหลอดขนาด 1.5 มิลลิลิตร โดยก่อนรันต้องนำหลอดมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนดให้นำตัวอย่างที่ได้มาทำการรันเจล ด้วยเครื่องแยกโปรตีนแบบ vertical slab gel (การเตรียมเจล TGX Stain-Free gel for SDS-PAGE ดังแสดงในตารางที่ 8) โดยให้เจลช่องที่ 1 เป็นโปรตีนมาตรฐาน (protein marker) เพื่อใช้เปรียบเทียบน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนตัวอย่าง และช่องที่ 2 เป็นต้นไปเป็นโปรตีนตัวอย่าง โหลดตัวอย่าง 10 ไมโครลิตร ทำการรันเจลเป็นเวลา 45 นาที โดยใช้กระแสไฟฟ้า 200 โวลต์ (V) ใช้ running buffer เป็นตัวพากระแสไฟฟ้า เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำเจลไปถ่ายรูปรด้วยเครื่อง Gel Doc EZ (Biorad, USA) จากนั้นนำเจลที่ได้เข้าสู่เทคนิค Western blot โดยใช้เครื่องเคลื่อนย้ายโปรตีน (Biorad, USA) จากเจล polyacrylamide ไปสู่แผ่นเมมเบรน (PVDF) โดยใช้กระแสไฟฟ้า 200 มิลลิแอมแปร์ (mA) เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และมี Western blot buffer เป็นตัวพากระแสไฟฟ้า เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำแผ่นเมมเบรนไปถ่ายรูปรด้วยเครื่อง Gel Doc (Biorad, USA) ใช้โปรแกรม Image Lab เพื่อถ่ายภาพทั้งหมด แล้วนำไปวัดความเข้มของแถบโปรตีน เสร็จแล้วนำแผ่นเมมเบรนไป block ด้วย skim milk 5 เปอร์เซ็นต์ (skim milk 5 กรัมผสมกับ 1X TBST 100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จึงนำแผ่นเมมเบรนมาแช่ในแอนติบอดี (antibody) ตัวที่ 1 (anti-troponin T) ที่เจือจาง 1:15,000 เขย่าเบาๆ เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำแผ่นเมมเบรนเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสประมาณ 12 ชั่วโมง แล้วนำมาล้างด้วย skim milk 1 เปอร์เซ็นต์ (skim milk 1 กรัมผสมกับ 1X TBST 100 มิลลิลิตร) 5 ครั้งๆ ละ 10 นาที จากนั้นทำการแช่แผ่นเมมเบรนในแอนติบอดีตัวที่ 2 (anti-mouse IgG) ที่เจือจาง 1:7,500 แล้วเขย่าเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นล้างแผ่นเมมเบรนด้วย skim milk 1 เปอร์เซ็นต์ 5 ครั้งๆ ละ 10 นาที และล้างด้วย 1X TBST และหยด Substrate (TMB) รอจนกว่าจะเห็นแถบโปรตีน (ขั้นตอนนี้ไม่ควรโดนแสง) ให้หยุดปฏิกิริยาด้วยน้ำกลั่นแล้วนำแผ่นเมมเบรนไปถ่ายรูปรด้วยเครื่อง Gel DocEZ (Biorad, USA) และวิเคราะห์ความเข้มของแถบโปรตีนโทรโปนิน ที ที่มีขนาด 37 กิโลดาลตัน และขนาด 30 กิโลดาลตันด้วยโปรแกรม Image Lab 5.1 จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างแถบโปรตีนทั้งหมดกับแถบโปรตีนโทรโปนิน ที และผลผลิตที่ได้จากการย่อยสลายของโปรตีนที่ขนาด 30 กิโลดาลตันโดยใช้สมการการคำนวณ ดังนี้

$$\text{Normalized Quantity} = \frac{(\text{Relative Quantity of Target Protein})}{(\text{Relative Quantity of Target Protein Lane})}$$

เมื่อ

Relative Quantity of Target Protein คือ ค่าแถบโปรตีนทั้งหมด

Relative Quantity of Target Protein Lane คือ ค่าแถบโปรตีนโพรโบนิน ที่

ตารางที่ 8 แสดงการเตรียมเจล TGX stain-Free gel for SDS-PAGE

	mm Bio-Rad Glass Plates (n = gels)	
	Stacker	Resolver
Resolver A	-	3 ml x n
Resolver B	-	3 ml x n
Stacker A	1 ml x n	-
Stacker B	1 ml x n	-
TEMED	2 µl x n	3 µl x n
10% APS	10 µl x n	30 µl x n

ที่มา: Biorad, USA

2.5 ปริมาณคอลลาเจนในกล้ามเนื้อ (collagen content) ตัดแปลงตามวิธีของ Hill (1966)

นำตัวอย่างเนื้อที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง มาบดด้วยเครื่องบดละเอียด (moulinex) จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่บดแล้วตัวอย่างละ 4.0 กรัมลงในหลอดทดลอง แล้วเติม ringer solution 20 มิลลิลิตร นำไปปั่นด้วยเครื่อง homogenizer จนขึ้นเนื้อละเอียด จากนั้นนำตัวอย่างไปต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 77 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 66 นาที หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 10,000 G ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เมื่อครบกำหนดทำการปิเปตเอาส่วนใส (supernatant) ใส่หลอดทดลอง 17 มิลลิลิตร เติม 12 N HCl 17 มิลลิลิตร และนำส่วนที่ตกตะกอน (pellet) มาใส่ในหลอดทดลอง เติม 6 N HCl 25 มิลลิลิตรแล้วนำตัวอย่างไปต้มในอ่างน้ำมันควบคุมอุณหภูมิ (oil bath) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมงแรกเขย่าหลอดตัวอย่างทุกๆ 30 นาทีเมื่อครบกำหนดเติม activated carbon ลงในหลอดตัวอย่างแล้วกรองด้วยกระดาษกรองปรับค่า pH ให้อยู่ในช่วง 4.5-7.5 ปรับปริมาตรในแต่ละตัวอย่างให้เป็น 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำหลอดที่ได้จากส่วนตกตะกอนมาเจือจาง โดยปิเปตสารตัวอย่างคอลลาเจนที่ละลายไม่ได้มา 500 ไมโครลิตรผสมกับน้ำกลั่น 2,500 ไมโครลิตร แล้วจึงดูดของเหลวที่ได้จากการสกัดตัวอย่างทั้งหมด ทั้งคอลลาเจนที่ละลายได้และละลายไม่ได้มา 400 ไมโครลิตร เติม oxidant solution 200 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันวางทิ้งไว้ 20 นาที จากนั้นเติม color reagent 200 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วนำไปต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 550 นาโนเมตร (microplate reader: Tecan Sunrise, UK)

2.6 การวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมัน

2.6.1 การสกัดไขมัน มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- ชั่งตัวอย่างเนื้อประมาณ 5.00 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่
- เติมนสาร Chloroform:Methanol (2:1) ปริมาณ 30 มิลลิลิตรโดยช่วงที่ทำการปั่นด้วยความเร็วสูงด้วยเครื่อง Homogenizer (Ika, Switzerland) 2 นาทีจะเติม Chloroform:Methanol (2:1) ลงในตัวอย่าง 20 มิลลิลิตร จากนั้นล้างหัวปั่นด้วย Chloroform:Methanol (2:1) อีก 10 มิลลิลิตร เพื่อชะเอาตัวอย่างที่ติดอยู่ที่หัวปั่นให้ลงในขวดรูปชมพู่
- เทตัวอย่างเนื้อที่ผ่านการปั่นละเอียดแล้วใส่กรวยแยก (separatory funnel) เติมน Chloroform 10 มิลลิลิตรและ Deionize water 10 มิลลิลิตรลงในขวดชมพู่แล้วเทสารใส่กรวยแยก
- เติมน 0.58%NaCl 25 มิลลิลิตรและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 ชั่วโมง
- ทำการไขแยกส่วนที่เป็น Chloroform lipid ใส่ขวดก้นกลม (Round bottom flasks) และนําระเหยให้แห้งด้วยเครื่อง Rotary Evaporator
- ใช้ Chloroform ล้างขวดก้นกลมโดยทำการปรับปริมาตรสุดท้ายให้ได้ 10 มิลลิลิตร

2.6.2 กระบวนการ Methylation มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 2.6.2.1 ดูดสารตัวอย่างออกมา 2 มิลลิลิตรใส่ในขวดฝาเกลียว และเติมน internal standard (C19) จำนวน 200 ไมโครลิตรและนําระเหยแห้งด้วยก๊าซไนโตรเจน
- 2.6.2.2 เติมน 0.5 N NaOH/MeOH ปริมาตร 3 มิลลิลิตรทำการ vortex และนํามาต้มเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
- 2.6.2.3 เติมน 10% BF₃ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ทำการ vortex และนํามาต้มเป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
- 2.6.2.4 เติมน Deionize water 2 มิลลิลิตรกับ Hexane 1 มิลลิลิตรทำการ vortex แล้วนํามาปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 2,500 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที ดูดส่วนใสใส่ขวด vial และเป่าให้แห้งด้วยก๊าซไนโตรเจน ทำเหมือนเดิม 3 รอบเก็บตัวอย่างไว้ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส
- 2.6.2.5 เติมน Hexane 1 มิลลิลิตร ลงในขวด vial ของตัวอย่าง และนําดตัวอย่างไปวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันด้วยเครื่อง Gas Chromatography (Agilent 7890B) ใช้ FID detector ด้วย Column SPTM-2560, 100 m × 0.25 mm I.D., 0.20 µm film มีการกำหนดสภาวะเครื่อง GC ดังนี้
 - Carrier gas: He
 - Injector: 1 µl, split 10:1
 - Column flow: N₂ 1.3 mL/min
 - Make up flow: N₂ 25 mL/min, H₂ 30 mL/min, Air zero 300 mL/min

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้ไปประมวลผลและวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA)

- 3.1 วิเคราะห์ข้อมูลองค์ประกอบซากและชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่ง ค่าสีและเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำระหว่างการเก็บรักษา โดยเปรียบเทียบอิทธิพลของสูตรอาหาร 3 สูตรที่ให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 1.5M 1.7M และ 1.9M เพื่อควบคุมระดับการให้ผลผลิตที่กำหนดมีอัตราการเจริญเติบโต 3 ระดับ คือ 0.25 0.5 และ 0.75 กิโลกรัมต่อวัน โดยมีหุ่นทางสถิติ ดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \text{block}_i + ME_j + \epsilon_{ij}$$

โดย Y_{ij} = ค่าสังเกตของลักษณะที่ศึกษา
 μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดของค่าสังเกตที่ต้องการศึกษา
 Block_i = อายุ/น้ำหนัก ($i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$)
 ME_j = อิทธิพลของสูตรอาหาร ที่ j ($j = 1, 2, 3$)
 ϵ_{ij} = ค่าความคลาดเคลื่อน

- 3.2 วิเคราะห์ข้อมูล ค่า pH อุณหภูมิ เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำระหว่างการปรุง ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และ ปริมาณคอลลาเจน โดยเปรียบเทียบอิทธิพลของสูตรอาหาร 3 สูตรที่ให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 1.5M, 1.7M และ 1.9M เพื่อควบคุมระดับการให้ผลผลิตที่กำหนดมีอัตราการเจริญเติบโต 3 ระดับ คือ 0.25, 0.5 และ 0.75 กิโลกรัมต่อวัน และ อิทธิพลของการบ่ม 2 ระยะ คือ 2 และ 14 วัน โดยมีหุ่นทางสถิติ ดังนี้

$$Y_{ijk} = \mu + \text{block}_i + ME_j + A_k + ME_j * A_k + \epsilon_{ijk}$$

โดย Y_{ijk} = ค่าสังเกตของลักษณะที่ศึกษา
 μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดของค่าสังเกตที่ต้องการศึกษา
 Block_i = อายุ/น้ำหนัก ($i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$)
 ME_j = อิทธิพลของสูตรอาหาร ที่ j ($j = 1, 2, 3$)
 A_k = อิทธิพลของการบ่ม ที่ k ($k = 1, 2$)
 $ME_j * A_k$ = อิทธิพลร่วมระหว่างสูตรอาหาร ที่ j และการบ่ม ที่ k
 ϵ_{ijk} = ค่าความคลาดเคลื่อน

การทดลองที่ 2 การศึกษาองค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวหรือหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นอาหารหยาบหลักโดยโคได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกัน

โคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวหรือหญ้าเนเปียร์ ปากช่อง 1 เป็นอาหารหยาบหลัก ที่เริ่มทำการขุนโครุ่นหลังหย่านม (อายุ 200 วัน) น้ำหนักมีชีวิตเริ่มประมาณ 80-120 กิโลกรัม เลี้ยงขุนจนถึงเกณฑ์ส่งเข้าฆ่าเมื่อได้น้ำหนักมีชีวิตประมาณ 300 ± 10 กิโลกรัม แต่อายุไม่เกิน 720 วัน โดยใช้แผนการทดลอง 2×2 factorial arrangement in a randomized complete block design (2×2 factorial arrangement in RCBD) มีโคทั้งหมด 20 ตัว โดยปัจจัยในการศึกษามีดังนี้ คือ 1) แหล่งอาหารหยาบ 2 แหล่ง คือ ฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 2) โคได้รับระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกัน 2 ระดับ คือ 1.5M และ *ad libitum* เพื่อควบคุมระดับการให้ผลผลิตที่กำหนดมีอัตราการเจริญเติบโต 0.5 และ 0.75 กิโลกรัมต่อวัน โดยมี 5 บล็อก (ซ้ำ) จัดตามอายุ/น้ำหนัก โดยสูตรอาหารหมักสำเร็จรูปดังในตารางภาคผนวกที่ 2

การดำเนินการทดลอง

1. การศึกษาองค์ประกอบซาก

เมื่อโคมีอายุหรือน้ำหนักมีชีวิตครบตามเกณฑ์ที่กำหนดในแผนการวิจัย ทำการอดอาหารเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง ก่อนส่งโรงฆ่า หลังจากผ่านกระบวนการฆ่าและชำแหละแล้ว ชั่งน้ำหนักซากอุ่น แบ่งซากออกเป็น 2 ซีกซ้าย-ขวา จากนั้นนำไปแขวนไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน แล้วทำการชั่งน้ำหนักซากเย็น นำซากไปตัดแต่งและเลาะแยกเนื้อ ไขมัน และกระดูก เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่ง เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ไขมัน และกระดูก

2. การศึกษาคุณภาพเนื้อ

ตัดเนื้อประมาณ 1 กิโลกรัม จำนวน 2 ชิ้น ตามความยาวของกล้ามเนื้อสันนอกตั้งแต่บริเวณซี่โครงซี่ที่ 10 ไปทางด้านหลัง ชิ้นที่ 1 ทำการบรรจุถุงสุญญากาศแล้วนำไปแช่ที่ -20 องศาเซลเซียส และชิ้นที่ 2 ทำการบรรจุถุงสุญญากาศแล้วนำไปแช่ที่ 4 องศาเซลเซียส จนครบ 14 วัน แล้วนำไปแช่ที่ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะทำการวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ การสลายตัวของคอลลาเจน (Hill, 1966) และโทรโปนิน ที (Ho *et al.*, 1997) ที่ระยะเวลา 2 และ 14 วันหลังสัตว์ตาย ดังรายละเอียดในการทดลองที่ 1

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 วิเคราะห์ข้อมูลองค์ประกอบซากและชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่ง ค่าสีและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียระหว่างการเก็บรักษา โดยเปรียบเทียบอิทธิพลปัจจัยที่ 1 คือแหล่งอาหารหยาบ 2 แหล่ง คือ ฟางข้าว และ หญ้าเนเปียร์ ปัจจัยที่ 2 คือ ระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกัน 2 ระดับ คือ 1.5M และ *ad libitum* โดยมีหุ่นทางสถิติ ดังนี้

$$Y_{ijk} = \mu + \text{block}_i + RS_j + ME_k + RS_j * ME_k + \epsilon_{ijk}$$

โดย Y_{ij} = ค่าสังเกตของลักษณะที่ศึกษา

μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดของค่าสังเกตที่ต้องการศึกษา

Block_i = อายุ/น้ำหนัก ($i = 1, 2, 3, 4, 5$)

RS_j = แหล่งอาหารหยาบที่ j ($j = 1, 2$)

ME_k = อิทธิพลของระดับพลังงาน ที่ k ($k = 1, 2$)

$RS_j * ME_k$ = อิทธิพลร่วมของแหล่งอาหารหยาบที่ j ระดับพลังงาน ที่ k

ϵ_{ijk} = ค่าความคลาดเคลื่อน

3.2 วิเคราะห์ข้อมูล ค่า pH อุณหภูมิ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียเนื้อระหว่างการปรุง ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และ ปริมาณคอลลาเจน โดยเปรียบเทียบอิทธิพลปัจจัยที่ 1 คือ แหล่งอาหารหยาบ 2 แหล่ง คือ ฟางข้าว และ หญ้าเนเปียร์ ปัจจัยที่ 2 คือ ระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกัน 2 ระดับ คือ 1.5M และ *ad libitum* ปัจจัยที่ 3 คือ ระยะเวลาการบ่มเนื้อ 2 ระยะ คือ 2 และ 14 วัน โดยมีหุ่นทางสถิติ ดังนี้

$$Y_{ijkl} = \mu + \text{block}_i + \text{RS}_j + \text{ME}_k + A_l + \text{RS}_j * \text{ME}_k + \text{RS}_j * A_l + \text{ME}_k * A_l + \text{RS}_j * \text{ME}_k * A_l + \epsilon_{ijkl}$$

โดย Y_{ijkl} = ค่าสังเกตของลักษณะที่ศึกษา

μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดของค่าสังเกตที่ต้องการศึกษา

Block_i = อายุ/น้ำหนัก ($i = 1, 2, 3, 4, 5$)

RS_j = แหล่งอาหารหยาบที่ j ($j = 1, 2$)

ME_k = อิทธิพลของระดับพลังงาน ที่ k ($k = 1, 2$)

A_l = อิทธิพลของการบ่ม ที่ l ($l = 1, 2$)

$\text{RS}_j * \text{ME}_k$ = อิทธิพลร่วมของแหล่งอาหารหยาบที่ j สูตรอาหาร ที่ k

$\text{RS}_j * A_l$ = อิทธิพลร่วมของแหล่งอาหารหยาบที่ j การบ่มที่ l

$\text{ME}_k * A_l$ = อิทธิพลร่วมของระดับพลังงานที่ k การบ่มที่ l

$\text{RS}_j * \text{ME}_k * A_l$ = อิทธิพลร่วมของแหล่งอาหารหยาบที่ j ระดับพลังงาน ที่ k การบ่มที่ l

ϵ_{ijkl} = ค่าความคลาดเคลื่อน

การทดลองที่ 3 ศึกษาคุณภาพเนื้อของกล้ามเนื้อสำคัญของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงแบบประณีต ด้วยอาหารหมักสำเร็จรูป

การดำเนินการทดลอง

1. การศึกษาคุณภาพเนื้อ

ศึกษาคุณภาพเนื้อของชิ้นส่วนสำคัญเพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสาน จำนวน 6 ตัว ที่เลี้ยงด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักที่ในสูตรอาหารที่ให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 1.7M เพื่อควบคุมระดับการให้ผลผลิตที่กำหนดให้โคมีอัตราการเจริญเติบโต 0.5 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ในการทดลองที่ 1 โดยหลังโคผ่านกระบวนฆ่าและตัดแต่งซากแล้ว ทำการเก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อ 5 ชนิดคือ กล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi*, LD) กล้ามเนื้อใบพาย (*Infraspinalis*, IF) กล้ามเนื้อสันในเทียม (*Supraspinalis*, SS) กล้ามเนื้อพับใน (*Semimembranosus*, SM) และ พับนอก (*Biceps femoris*, BF) จากซากซากชำแหละ แล้วทำการศึกษาดังต่อไปนี้ (ภาพที่ 2)

- 1.1 วัดค่า pH และ วัดสีเนื้อด้วยเครื่องวัดสี (Minolta Chromameter CR-400) ซึ่งแสดงผลในรูปของ L^* (lightness) a^* (redness) และ b^* (yellowness)
- 1.2 จากนั้นตัดตัวอย่างเนื้อตามขนาดหน้าตัดเนื้อสัน หนาประมาณ 1 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น เพื่อหาการสูญเสียเนื้อระหว่างการเก็บรักษา (Honikel, 1998)
- 1.3 ตัดเนื้อประมาณ 100 กรัม เพื่อศึกษาความชื้น โปรตีน ไขมัน และองค์ประกอบของกรดไขมัน
- 1.4 ตัดเนื้อประมาณ 1 กิโลกรัม จำนวน 2 ชิ้น ตามความยาวของกล้ามเนื้อสันนอกตั้งแต่บริเวณซี่โครงซี่ที่ 10 ไปทางด้านหลัง ชิ้นที่ 1 ทำการบรรจุถุงสุญญากาศแล้วนำไปแช่ที่ -20 องศาเซลเซียส และชิ้นที่ 2 ทำการบรรจุถุงสุญญากาศแล้วนำไปบ่มที่ 4 องศาเซลเซียส จนครบ 14 วัน แล้วนำไปแช่ที่ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะทำการวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ การสลายตัวของคอลลาเจน (Hill, 1966) และ

โทโรป็นิน ทิ (Ho *et al.*, 1997) ที่ระยะเวลา 2 และ 14 วัน หลังสัตว์ตาย ดังรายละเอียดในการทดลองที่ 1

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้ไปประมวลผลและวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA)

2.1 วิเคราะห์ข้อมูล ค่า pH, สี เปอร์เซ็นต์การสูญเสียเนื้อระหว่างการเก็บรักษา และองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ โดยเปรียบเทียบอิทธิพลของกล้ามเนื้อ 5 ชนิด โดยมีหุ่นทางสถิติ ดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \text{block}_i + \text{Muscle}_j + \epsilon_{ij}$$

โดย Y_{ij} = ค่าสังเกตของลักษณะที่ศึกษา

μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดของค่าสังเกตที่ต้องการศึกษา

Block_i = โคแต่ละตัว ($i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$)

Muscle_j = กล้ามเนื้อ ที่ j ($j = 1, 2, 3, 4, 5$)

ϵ_{ij} = ค่าความคลาดเคลื่อน

2.2 วิเคราะห์ข้อมูล เปอร์เซ็นต์การสูญเสียเนื้อระหว่างการปรุง ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และปริมาณคอลลาเจน เปรียบเทียบอิทธิพลของกล้ามเนื้อ 5 ชนิด และการบ่ม 2 ระยะ คือ 2 และ 14 วัน โดยมีหุ่นทางสถิติ ดังนี้

$$Y_{ijk} = \mu + \text{block}_i + \text{Muscle}_j + A_k + \text{Muscle}_j * A_k + \epsilon_{ijk}$$

โดย Y_{ijk} = ค่าสังเกตของลักษณะที่ศึกษา

μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดของค่าสังเกตที่ต้องการศึกษา

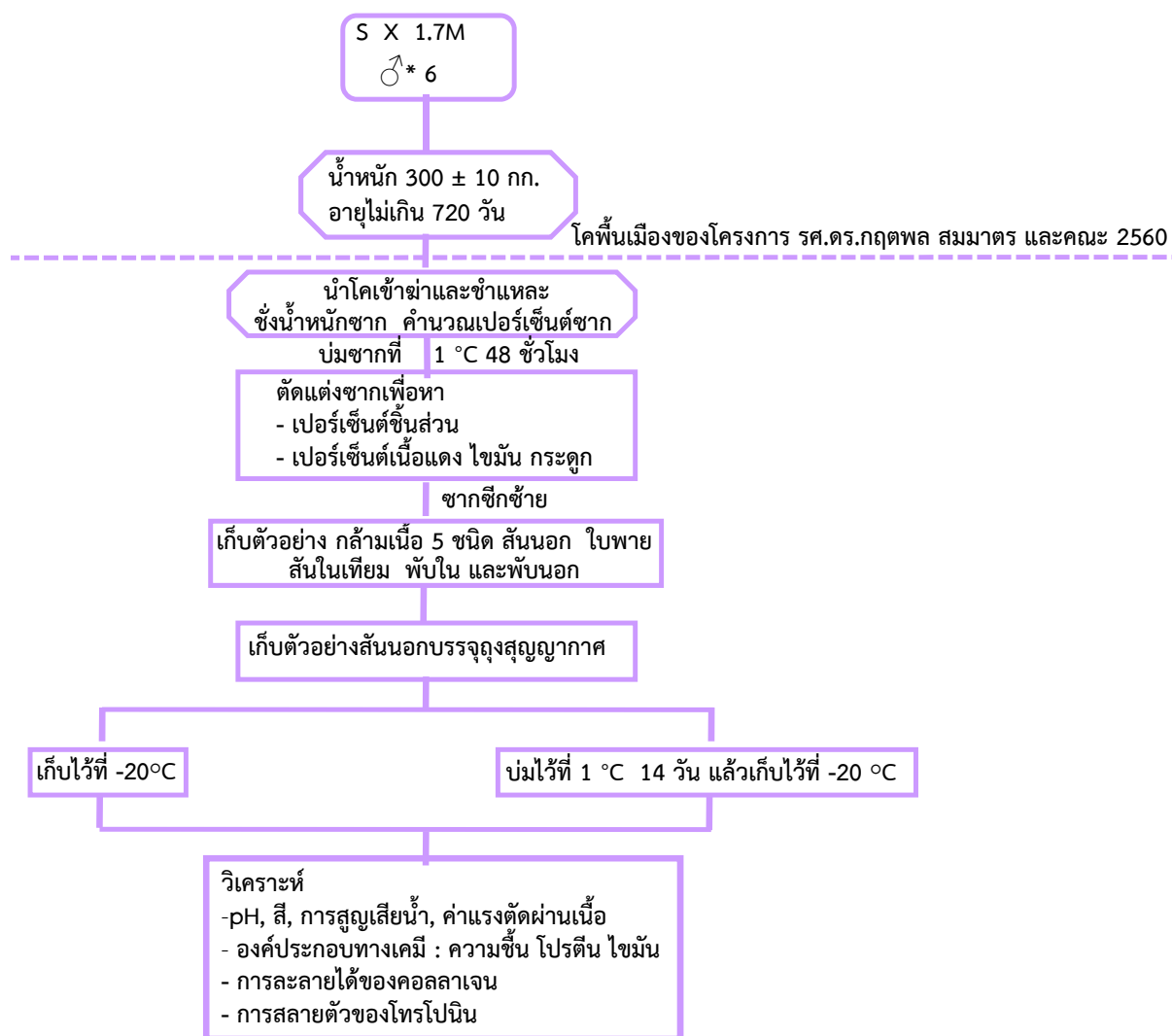
block_i = โคแต่ละตัว ($i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$)

Muscle_j = อิทธิพลของชนิดกล้ามเนื้อ ที่ j ($j = 1, 2, 3, 4, 5$)

A_k = อิทธิพลของการบ่ม ที่ k ($k = 1, 2$)

$\text{Muscle}_j * A_k$ = อิทธิพลร่วมของชนิดกล้ามเนื้อ ที่ j การบ่ม ที่ k

ϵ_{ijk} = ค่าความคลาดเคลื่อน



ภาพที่ 2 แผนการศึกษาคุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปที่มีฟางข้าว (S) เป็นแหล่งอาหารหยาบหลัก มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.7M

บทที่ 4

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 : การศึกษาองค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก

โคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก ที่เริ่มทำการขุนโครุ่นหลังหย่านม (อายุ 200 วัน) เพศผู้ น้ำหนักมีชีวิตเริ่มขุนประมาณ 80-120 กิโลกรัม เลี้ยงขุนจนถึงเกณฑ์ส่งเข้าฆ่าเมื่อได้น้ำหนักมีชีวิตประมาณ 300 ± 10 กิโลกรัม แต่อายุไม่เกิน 720 วันจำนวน 18 ตัว ปัจจัยที่ศึกษาคือสูตรอาหารที่ให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 1.5M 1.7M และ 1.9M เพื่อควบคุมระดับการให้ผลผลิตที่กำหนดมีอัตราการเจริญเติบโต 3 ระดับ คือ 0.25 0.5 และ 0.75 กิโลกรัมต่อวัน ภาพโคพื้นเมืองสายพันธุ์อีสาน รวมทั้งซาก พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและไขมันแทรก ดังภาพที่ 3 - 6

1.1 องค์ประกอบของซากและชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่ง

ตามเกณฑ์ที่กำหนดในแผนการวิจัยจะนำโคเข้าฆ่าเมื่อได้น้ำหนักมีชีวิตประมาณ 300 ± 10 กิโลกรัม แต่อายุไม่เกิน 720 วัน แต่จากตารางที่ 9 ทดสอบครั้งนี้มีอายุเข้าฆ่าที่ค่อนข้างมากกว่าที่วางแผนไว้ โดยอยู่ระหว่าง 942-986 วัน แต่อายุในโคแต่ละกลุ่มไม่ต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนน้ำหนักเข้าฆ่าอยู่ระหว่าง 276-285 กิโลกรัม ($P>0.05$) ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในแผนการวิจัย หลังจากทำการอดอาหารเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง ก่อนส่งโรงฆ่า หลังจากผ่านกระบวนการฆ่าและชำแหละแล้ว ชั่งน้ำหนักซากอ่อน แบ่งซากออกเป็น 2 ซีกซ้าย-ขวา จากนั้นนำไปแขวนไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน แล้วทำการชั่งน้ำหนักซากเย็น นำซากไปตัดแต่งและเลาะแยกเนื้อ ไขมัน และกระดูก เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่ง เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ไขมัน และกระดูก

จากการทดลองสูตรอาหารหมักสำเร็จรูปที่มีฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักในการขุนโค โดยมีค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 1.5M 1.7M และ 1.9M พบว่า โคทั้ง 3 กลุ่ม มีน้ำหนักซากอ่อน น้ำหนักซากเย็น เปอร์เซ็นต์ซากอ่อน เปอร์เซ็นต์ซากเย็น น้ำหนักซากเสี้ยวหน้า น้ำหนักซากเสี้ยวหลัง เปอร์เซ็นต์ซากเสี้ยวหน้า เปอร์เซ็นต์ซากเสี้ยวหลัง น้ำหนักซากเย็นซีกซ้าย ปริมาณเนื้อแดงรวม เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงรวม ปริมาณไขมันรวม เปอร์เซ็นต์ไขมันรวม ปริมาณกระดูกรวม และเปอร์เซ็นต์กระดูกรวม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังตารางที่ 9 ผลการทดลองครั้งนี้ไม่สอดคล้องกับการรายงานของ Huuskunen and Huhtanen (2015) รายงานว่า น้ำหนัก (body weight gain) ของโคที่กำลังเจริญเติบโตจะเพิ่มขึ้นสูงตามการเพิ่มขึ้นของ ME intake ($ME/BW^{0.75}$) แต่ระดับโปรตีนในอาหารมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนัก (body weight gain) ของโคน้อยมาก นอกจากนี้ Huuskunen *et al.* (2014) รายงานว่าระดับโปรตีนในอาหารที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักโค และเมื่อเสริมโปรตีนในอาหารเพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลเชิงลบต่อปริมาณการกินได้ของ DM และ ME ในผลงานทดลองครั้งนี้ไขมันสันเป็นแหล่งพลังงานหลัก ซึ่งมันสันและกากมันเป็นแหล่งพลังงานที่ย่อยสลายได้ง่าย (Wanapat, 2003; Wanapat and Khampa, 2007) สามารถเป็นแหล่งพลังงานที่ดีให้กับโคขุนโคพื้นเมืองสายพันธุ์อีสาน และจากรายงานของ Holzer *et al.* (1997) พบว่า การใช้มันสันในอาหารสัตว์สามารถเพิ่มปริมาณการกินได้และ ME อย่างไรก็ตามในการให้ มันสันเป็นแหล่งพลังงานต้องคำนึงถึงแหล่งโปรตีนที่เหมาะสมทั้งปริมาณและคุณภาพ เพื่อให้สัตว์สามารถใช้ประโยชน์จากอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด



1.5M



1.7M



1.9M

ภาพที่ 3 โคพื้นเมืองสายพันธุ์อีสานที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 4 โคพื้นเมืองสายพันธุ์อีสานที่ใช้ในการทดลองในคอกพักก่อนเข้าฆ่า



ภาพที่ 5 ซากโคพื้นเมืองสายพันธุ์อีสาน



1.5M



1.7M



1.9M



1.5M



1.7M



1.9M

ภาพที่ 6 หน้าตัดเนื้อสันและไขมันแทรกของโคพื้นเมืองสายพันธุ์อีสาน

ซากเลี้ยวหน้า



เสือร้องไห้



สันไหล่



สันกลาง



ใบพาย



น่อง



รักบี้



น่องแก้ว



พื่นอก



โหนก



สันในเทียม



เนื้อแดง



เศษเนื้อ



ไขมัน



กระดูก

ซากเลี้ยวหลัง



สะโพกใน



สะโพกนอก



ลูกมะพร้าว



สันสะโพก



สันใน



สันนอก



ใบบัว



เนื้อแดง



น่อง



ขาทั้ง



เศษเนื้อ



กระดูก



ไขมัน + เอ็น

ภาพที่ 7 ชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งซากเลี้ยวหน้าและเลี้ยวหลัง

การตัดแต่งชิ้นส่วนซากของโคขุนโคพื้นเมืองสายพันธุ์อีสาน พบว่า ชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งจากทั้งซากเสียหน้าและซากเสียหลังของโคทั้ง 3 กลุ่ม (ภาพที่ 7) ไม่ต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยซากเสียหน้ามีเปอร์เซ็นต์รียอย เสือร้องไห้ โหนก ฟันอก สันไหล่ สันในเทียม น่อง รักบี้ น่องแก้ว กระดูก และเนื้อแดง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนซากเสียหลังซ้ายที่มีเปอร์เซ็นต์ของสะโพกใน สะโพกนอก น่อง ลูกมะพร้าว สันสะโพก ใบบัว ชายท้อง สันใน ไขมัน+เอ็น กระดูก เศษเนื้อ และ เนื้อแดง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนที่แตกต่างกันทางสถิติ คือ กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรสำหรับ 1.9M มีเปอร์เซ็นต์ของใบพายมากกว่าสูตรอาหารอีกสองสูตร ($P<0.01$) เปอร์เซ็นต์ไขมันจากซากเสียหน้าของสูตร 1.7M สูงกว่าสูตร 1.5M ($P<0.05$) นอกจากนี้ยัง พบว่า เปอร์เซ็นต์สันนอกของสูตรอาหาร 1.9M น้อยกว่าอีกสองกลุ่ม ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 10

ผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ระดับพลังงานในสูตรอาหารไม่มีผลกระทบต่อองค์ประกอบของซาก ซึ่งงานทดลองนี้เป็นงานทดลองที่ต่อเนื่องมาจาก กฤตพล และคณะ (2561) พบว่า อัตราการเจริญเติบโต และพลังงานที่กินได้ต่อวันของโคพื้นเมืองทั้ง 3 กลุ่ม ไม่ต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เท่ากับ 0.43 0.46 และ 0.46 กิโลกรัมต่อวัน สำหรับกลุ่มโคที่ได้รับอาหารพลังงานที่ระดับ 1.5M 1.7M และ 1.9M ตามลำดับ รวมทั้ง พบว่า พลังงานที่กินได้ต่อวันของโคทั้ง 3 กลุ่ม ไม่ต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ อิทธิพล และสำราญ (2549) ที่ศึกษาผลของระดับโปรตีนและพลังงานที่กินต่อสมรรถนะทางการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองที่ได้รับปริมาณโปรตีนเฉลี่ยและปริมาณโภชนะย่อยได้ทั้งหมดเฉลี่ยในอาหาร (กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน) แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ระดับต่ำ (0.517 และ 2.291) ระดับกลาง (0.633 และ 2.820) และระดับสูง (0.698 และ 3.006) ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า โคทั้ง 3 กลุ่ม มีอัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวันเท่ากับ 0.42 0.47 และ 0.44 กิโลกรัม ซึ่งไม่ต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบว่าโคกลุ่มโภชนะระดับต่ำและระดับกลางมีสัมประสิทธิ์ของอัตราการเจริญเติบโตต่อปริมาณโปรตีนและพลังงานไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนโคกลุ่มโภชนะระดับสูงมีสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของโภชนะต่ำกว่าโคทั้งสองกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องจากปริมาณโปรตีนที่กินมีปริมาณมากกว่าความต้องการ ซึ่งโคอาจต้องใช้พลังงานในการกำจัดโปรตีนส่วนเกินออกจากร่างกายจึงอาจส่งผลให้โคพื้นเมืองทั้ง 3 กลุ่ม มีน้ำหนักมีชีวิต (362–387 กิโลกรัม) เปอร์เซ็นต์ซากอ่อน (56.45–59.16 เปอร์เซ็นต์) เปอร์เซ็นต์ซากเย็น (54.57–57.65 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณเนื้อแดงรวม (30.99–32.66 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักมีชีวิต) และกระดูก (5.83–10.10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักมีชีวิต) ไม่ต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ สมพร และคณะ (2552) รายงานว่าโคพื้นเมืองที่ปล่อยหากินตามธรรมชาติมีน้ำหนักมีชีวิตเฉลี่ย 199.65 กิโลกรัม น้ำหนักซากอ่อน 96.44 กิโลกรัม เปอร์เซ็นต์ซากอ่อน 48.31 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเนื้อแดงรวม 37.52 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักมีชีวิต และ 77.62 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักซาก ส่วนปริมาณกระดูกเฉลี่ย 10.79 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักมีชีวิต และ 22.33 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักซาก

จากการทดลองอิทธิพลของอาหารต่อสมรรถภาพการให้ผลผลิต คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของโคที่มีเลือดยุโรป หรือ *Bos taurus* นั้นพบว่า จากการรายงานของ Boonsaen *et al.* (2017) ได้ศึกษาอิทธิพลของแหล่งพลังงานที่ต่างกันคือมันเส้น เปรียบเทียบกับการใช้มันเส้นร่วมกับข้าวโพดบด ในสูตรอาหารที่มีระดับโปรตีนที่ต่างกัน 2 ระดับ คือ 12 และ 14 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร TMR ต่อสมรรถภาพการให้ผลผลิต คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของโคขุนสายพันธุ์กำแพงแสน พบว่า โคทุกกลุ่มมีน้ำหนักเริ่มต้นไม่ต่างกันทางสถิติ แต่น้ำหนักสุดท้ายหลังการขุนของโคที่ได้รับมันเส้นสูงกว่าโคที่ได้รับมันเส้นร่วมกับข้าวโพดบด และพบว่าที่ระดับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักสุดท้ายมากกว่ากลุ่มโคที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 12 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) ในขณะที่อัตราการเจริญเติบโตและอัตราแลกเนื้อไม่ต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งส่งผลให้น้ำหนักซากอ่อน น้ำหนักซากเย็นของโคที่ได้รับมันเส้นสูงกว่าโคที่ได้รับมันเส้นร่วมกับข้าวโพดบด รวมทั้งพบว่า ที่ระดับโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์มีน้ำหนักซากอ่อน น้ำหนักซากเย็นสูงกว่าที่ระดับโปรตีน 12 เปอร์เซ็นต์ด้วย แต่เปอร์เซ็นต์ซาก ความหนาไขมันสันหลัง คะแนนไขมันแทรกและพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันไม่ต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 9 องค์ประกอบซากของโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกันโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก

ลักษณะที่ศึกษา	ME			RMSE	P value
	1.5M	1.7M	1.9M		
อายุเข้าฆ่า (วัน)	986.17	963.26	942.26	25.87	0.069
น้ำหนักมีชีวิตสุดท้ายเข้าฆ่า (กก.)	285.67	276.14	282.92	29.31	0.860
น้ำหนักซากอ่อน (กก.)	159.25	156.68	168.88	16.20	0.843
น้ำหนักซากเย็น (กก.)	154.69	153.03	164.12	16.28	0.858
น้ำหนักซากอ่อน ¹ (%)	56.33	57.43	60.14	4.02	0.312
น้ำหนักซากเย็น ¹ (%)	54.77	56.13	58.45	3.91	0.327
น้ำหนักซากเสี้ยวหน้า (กก.)	42.63	43.99	44.53	4.79	0.814
น้ำหนักซากเสี้ยวหลัง (กก.)	34.68	34.00	36.94	4.82	0.915
น้ำหนักซากเสี้ยวหน้า ² (%)	55.27	56.48	54.60	1.64	0.349
น้ำหนักซากเสี้ยวหลัง ² (%)	44.73	43.52	45.40	1.64	0.349
น้ำหนักซากเย็นซีกซ้าย (กก.)	77.30	78.00	81.47	9.32	0.932
ปริมาณเนื้อแดงรวม (กก.)	54.14	54.81	56.81	7.16	0.925
ปริมาณเนื้อแดงรวม ² (%)	70.24	70.52	69.63	2.96	0.994
ปริมาณไขมันรวม (กก.)	9.50	10.92	10.78	2.26	0.528
ปริมาณไขมันรวม ² (%)	12.06	13.51	13.26	2.43	0.620
ปริมาณกระดูกรวม (กก.)	13.66	12.27	13.87	2.33	0.725
ปริมาณกระดูกรวม ² (%)	17.69	15.97	17.11	2.61	0.593

¹% ของน้ำหนักมีชีวิตสุดท้ายเข้าฆ่า

²% ของน้ำหนักซากเย็นซีกซ้าย

ตารางที่ 10 ชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งซากของโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกันโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก

ลักษณะที่ศึกษา	ME			RMSE	P value
	1.5M	1.7M	1.9M		
ซากเสี้ยวหน้าซ้าย (1%)					
ริบอาย	6.03	6.01	6.48	0.61	0.604
เสื่อรองให้	5.26	5.24	5.14	0.68	0.872
โหนด	1.67	1.76	1.41	0.47	0.535
พื้นอก	5.59	4.81	5.49	1.53	0.646
สันไหล่	5.13	4.81	5.49	1.53	0.646
สันในเทียม	1.02	1.00	1.25	0.17	0.146
น่อง	1.87	1.78	1.70	0.34	0.770
รักบี้	2.38	2.23	2.28	0.17	0.455
ใบพาย	1.57 ^b	1.42 ^b	1.82 ^a	0.15	0.003
น่องแก้ว	0.42	0.40	0.40	0.06	0.833
กระดูก	11.02	9.84	10.07	2.10	0.575
เศษเนื้อ	2.57	3.32	2.87	0.99	0.630
ไขมัน	3.56 ^y	6.18 ^x	4.44 ^{xy}	1.39	0.046
เนื้อแดง ²	7.17	6.97	6.08	1.55	0.622
ซากเสี้ยวหลังซ้าย (1%)					
สะโพกใน	5.82	5.97	5.90	0.41	0.677
สะโพกนอก	5.24	5.22	5.13	0.60	0.959
น่อง	3.00	2.68	2.50	0.32	0.140
ลูกมะพร้าว	3.54	3.74	3.41	0.34	0.382
สันสะโพก	4.20	4.53	4.55	0.97	0.832
ใบบัว	0.65	0.53	0.53	0.09	0.140
ชายท้อง	1.03	0.96	1.04	0.13	0.486
สันนอก	3.50 ^a	3.59 ^a	3.11 ^b	0.26	0.029
สันใน	1.75	1.75	1.71	0.18	0.949
กระดูก	6.67	6.12	7.03	0.65	0.190
เศษเนื้อ	1.18	1.41	1.81	0.83	0.600
เนื้อแดง ³	1.30	1.41	1.55	0.69	0.722
ไขมัน+เอ็น	6.83	5.57	7.40	1.45	0.309

¹ % ของน้ำหนักซากเย็นซีกซ้าย, ² เนื้อแดงจากซากเสี้ยวหน้า = เนื้อส่วนคอ, ³ เนื้อแดงจากซากเสี้ยวหลัง = เนื้อส่วนพื้นท้อง,

^{a, b} P < 0.01, ^{x, y} P < 0.05

1.2 ปริมาณคอลลาเจน

ผลการทดลองในเนื้อโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหลัก พบว่าระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้และระยะเวลาการบ่มไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้และเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจน ($P>0.05$) ในขณะที่คอลลาเจนที่ไม่ละลายและปริมาณคอลลาเจนรวมในเนื้อโคกลุ่มที่ได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.7M มีแนวโน้มที่จะสูงกว่า ($P<0.1$) กลุ่ม 1.5M และ 1.9M นอกจากนี้ยังพบว่า คอลลาเจนที่ไม่ละลายและคอลลาเจนรวมของเนื้อโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่ระยะเวลาการบ่มที่ 2 วัน มีค่ามากกว่า ($P<0.05$) ที่ระยะเวลาการบ่มที่ 14 วัน ดังตารางที่ 11 ในการศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่างระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้และระยะเวลาการบ่มที่ต่างกัน พบว่า ไม่มีผล ($P>0.05$) ต่อปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ คอลลาเจนที่ไม่ละลาย คอลลาเจนรวม และเปอร์เซ็นต์คอลลาเจนที่ละลายได้ (ตารางที่ 11)

การทดลองครั้งนี้ไม่พบอิทธิพลของระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่อปริมาณของคอลลาเจนที่ละลายได้ คอลลาเจนที่ไม่ละลาย คอลลาเจนรวม และเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจน ในขณะที่ Stelzleni *et al.* (2008) รายงานว่าแม่โคคัดทิ้งที่ได้รับอาหารชั้นที่มีพลังงานสูงเป็นเวลา 84 วัน มีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ และเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจน ที่มากกว่าโคที่ได้รับอาหารชั้น 42 วัน หรือที่ไม่ได้อาหารชั้นเลย แสดงว่า โคต้องได้รับอาหารชั้นพลังงานสูงเป็นเวลานานพอสมควรจึงจะมีผลต่อการละลายได้ของคอลลาเจนในเนื้อ Aberle *et al.* (1981) อธิบายไว้ว่า โคที่ได้รับอาหารพลังงานสูงจะมีอัตราการสังเคราะห์โปรตีนสูงด้วย จึงคาดว่าจะเป็นคอลลาเจนที่ถูกสร้างขึ้นใหม่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งโครงสร้างของคอลลาเจนเหล่านี้จะยังไม่แข็งแรงทำให้ละลายได้ง่ายเมื่อโดนความร้อนจึงมีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้สูง การทดลองครั้งนี้ พบว่า การบ่มไว้ 14 วัน มีผลต่อการลดลงของคอลลาเจนที่ไม่ละลายและคอลลาเจนรวม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Modzelewska-Kapitula *et al.* (2015) ที่รายงานว่ากล้ามเนื้อ *Infraspinalis* ของโค มีปริมาณคอลลาเจนที่ไม่ละลายลดลง ในขณะที่คอลลาเจนที่ละลายได้เพิ่มขึ้นหลังจากการบ่มเนื้อไว้ในระหว่างการบ่มเนื้อ 5 วันเปรียบเทียบกับบ่มเนื้อ 10 วัน แต่พบว่า การบ่มเนื้อไว้ 10 15 และ 20 วันนั้นไม่ต่างกันทางสถิติ ซึ่งปริมาณการละลายได้ของคอลลาเจนที่เพิ่มขึ้นนั้นเกิดจากการสลายตัวของพันธะที่สร้างระหว่างเส้นใยฝอยคอลลาเจน (intermolecular cross-linking bond in collagen fibrils) โดย Nishimura *et al.* (1996) อธิบายว่าการสลายตัวของคอลลาเจนในระหว่างการบ่มนั้นเกิดจากการสลายตัวของ proteoglycans ซึ่งเป็นตัวที่ช่วยทำให้พันธะที่สร้างระหว่างเส้นใยฝอยคอลลาเจนเสถียร

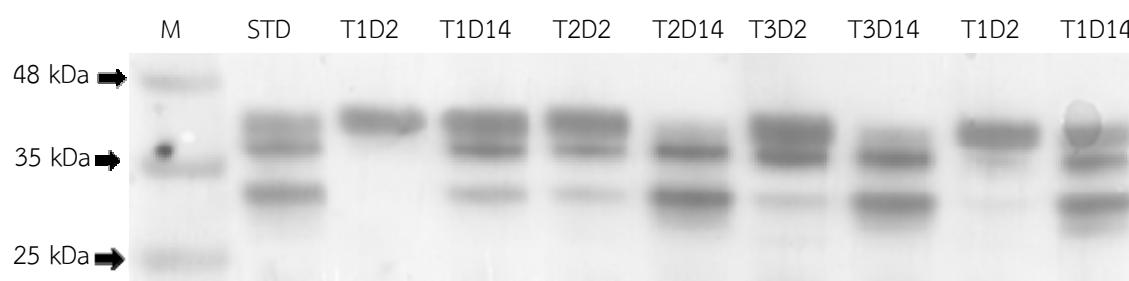
ตารางที่ 11 ปริมาณคอลลาเจน (มิลลิกรัม/กรัมเนื้อสด) ในเนื้อโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกันโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก

Collagen	ME			Ageing (A)		RMSE	P-value		
	1.5M	1.7M	1.9M	2	14		ME	A	ME*A
soluble	0.17	0.20	0.18	0.18	0.19	0.06	0.537	0.372	0.574
insoluble	2.58	3.00	2.76	2.96 ^a	2.61 ^b	0.42	0.095	0.023	0.468
total	2.75	3.20	2.95	3.14 ^a	2.80 ^b	0.43	0.077	0.037	0.462
% solubility	6.32	6.34	6.32	5.68	6.97	2.19	0.999	0.110	0.585

a, b ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันเนื่องมาจากระยะเวลาการบ่มที่ต่างกัน ($P < 0.05$)

1.3 การสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที

ผลการทดลองศึกษาอิทธิพลของสูตรอาหารที่มีระดับพลังงานต่างกัน 3 ระดับ และอิทธิพลของระยะเวลาการบ่มที่ 2 และ 14 วัน ต่อการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที ด้วยเทคนิค Western blot พบแถบโปรตีนเกิดขึ้น 2 แถบ แถบบนมีขนาดประมาณ 37 kDa และแถบล่างมีขนาดประมาณ 30 kDa และที่ระยะการบ่ม 2 วัน มีแถบโปรตีนขนาด 37 kDa ขนาดใหญ่ ในขณะที่แถบขนาด 30 kDa ปรากฏเป็นแถบจางๆ ขนาดเล็ก ส่วนที่ระยะเวลาการบ่ม 14 วัน มีแถบโปรตีนเกิดขึ้นสองแถบชัดเจน โดยแถบโปรตีนขนาด 37 kDa มีขนาดเล็กลง ในขณะที่แถบขนาด 30 kDa มีขนาดใหญ่ขึ้น เมื่อเทียบกับเนื้อที่ผ่านการบ่มไว้ 2 วัน ดังแสดงในภาพที่ 8 ซึ่งจากรายงานของ Ho *et al.* (1994) ระบุว่าโพลีเพปไทด์ 30 kDa นั้นเป็นผลผลิตที่เกิดจากการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที



T1d2, T1d14 = กล้ามเนื้อสันนอกที่บ่ม 2 หรือ 14 วัน ของโคที่สูตรอาหารมีพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.5M

T2d2, T2d14 = กล้ามเนื้อสันนอกที่บ่ม 2 หรือ 14 วัน ของโคที่สูตรอาหารมีพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.7M

T3d2, T3d14 = กล้ามเนื้อสันนอกที่บ่ม 2 หรือ 14 วัน ของโคที่สูตรอาหารมีพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.9M

M = แถบโปรตีนมาตรฐานที่ทราบน้ำหนักโมเลกุล

STD = ตัวอย่างมาตรฐาน คือตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอกที่บ่ม 14 วัน ใช้กับทุกเมมเบรนเพื่อปรับลดความแปรปรวนระหว่างเมมเบรน

ภาพที่ 8 แถบโปรตีนโทรโปนิน ที ของกล้ามเนื้อสันนอกที่ผ่านระยะเวลาการบ่ม 2 และ 14 วัน ของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่ได้รับการขุนด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก ที่มีระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่ระดับ 1.5M 1.7M และ 1.9M

การศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาการบ่มและอาหารที่มีระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ต่างกันต่อการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ ในกล้ามเนื้อสันนอก 3 กลุ่ม การทดลองที่ผ่านการบ่ม 2 และ 14 วัน ภายหลังสัตว์ตาย ผลการทดลอง พบว่า กล้ามเนื้อสันนอกที่ผ่านการบ่มไว้ 2 วันของโคที่ได้รับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่ต่างกันที่ 1.5M 1.7M และ 1.9M มีความเข้มข้นของแถบโปรตีนโทรโปนิน ที่ ขนาด 37 kDa ไม่ต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เท่ากับ 0.29 0.29 0.22 หน่วย/100 ไมโครกรัมโปรตีน ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของแถบขนาด 30 kDa มีค่าเท่ากับ 0.14 0.17 0.16 หน่วย/100 ไมโครกรัมโปรตีน ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อิทธิพลของการบ่มต่อการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ พบว่า การบ่ม 2 วัน และ 14 วัน มีความเข้มข้นของแถบโปรตีนโทรโปนิน ที่ ขนาด 37 kDa (0.32 และ 0.21หน่วย/100 ไมโครกรัมโปรตีน) และขนาด 30 kDa (0.11 และ 0.20 หน่วย/100 ไมโครกรัมโปรตีน) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) การทดสอบครั้งนี้ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ในสูตรอาหารและระยะเวลาการบ่ม ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 อิทธิพลของอาหารหมักสำเร็จรูปที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกันโดยใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหลักและระยะเวลาการบ่มต่อการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ ของโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสาน

Trait ¹	ME			Ageing (day)		RMSE	P-value		
	1.5M	1.7M	1.9M	2	14		ME	Ageing	ME* Ageing
37kDa	0.29	0.29	0.22	0.32	0.21	0.10	0.173	0.003	0.766
30kDa	0.14	0.17	0.16	0.11 ^b	0.20 ^a	0.06	0.418	0.0002	0.943

¹ ความเข้มข้นของแถบโปรตีนโทรโปนินที่/ความเข้มข้นของแถบโปรตีนทั้งหมด, ^{a, b} $P<0.01$

โปรตีนโทรโปนิน ที่ มีขนาดโมเลกุล 37 kDa เมื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SDS gel electrophoresis การย่อยสลายของ โปรตีนโทรโปนิน ที่ ในเนื้อจะเกิดในระหว่างการบ่มไว้ที่ 1-4 องศาเซลเซียส โดยจะได้ผลผลิตเป็นโพลีเพปไทด์ขนาดประมาณ 30 kDa ซึ่งใช้เทคนิค Western blot ในการพิสูจน์ว่าเป็นชิ้นส่วนที่มาจากโปรตีนโทรโปนิน ที่ (Ho *et al.*, 1994) โดย Huff-Lonergan *et al.* (1996) รายงานว่า การย่อยสลายของ โปรตีนโทรโปนิน ที่ นั้นเป็นผลมาจากการทำงานของเอนไซม์ calpains จากการศึกษาของ Huff-Lonergan *et al.* (1995) และ Kuber *et al.* (2004) พบว่า กล้ามเนื้อที่มีความนุ่มจะมีปริมาณโพลีเพปไทด์ขนาด 30 kDa ที่มากกว่าเนื้อที่เหนียว ในการทดลองครั้งนี้ พบว่า ระดับพลังงานสูตรอาหารที่แตกต่างกันไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ แต่พบว่าระยะเวลาการบ่มเนื้อไว้ 14 วัน มีอิทธิพลต่อการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Xiong *et al.* (1996) ที่ทำการทดลองเลี้ยงโคลูกผสมสายพันธุ์แองกัสด้วยอาหารต่างกัน 3 สูตร คือ สูตรที่ 1 เลี้ยงด้วยหญ้าเพียงอย่างเดียว สูตรที่ 2 จะเลี้ยงด้วยหญ้าเสริมข้าวโพดบด และในสูตรที่ 3 จะเลี้ยงด้วยหญ้าเสริมข้าวโพดบดรวมกับการใช้ฮอร์โมน zeranol ซึ่งเป็นฮอร์โมนสังเคราะห์ที่ใช้กระตุ้นการเจริญเติบโตของสัตว์ พบว่า สูตรอาหารทั้ง 3 สูตรไม่มีอิทธิพลต่อการสลายตัวของโปรตีนไมโอไฟบริลลาของกล้ามเนื้อสะโพกพับใน (*Semimembranosus*) ที่ผ่านการบ่ม 0 2 5 และ 10 วัน ภายหลังสัตว์ตาย แต่พบว่า หลังการบ่มเนื้อไว้ 5 วัน มีสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ โดยพบว่าปริมาณโพลีเพปไทด์ขนาด 30 kDa เพิ่มขึ้น และเพิ่มมากที่สุดภายหลังการบ่มไว้ 10 วัน นอกจากนั้น Steen *et al.* (1997) รายงานว่า โปรตีนโทรโปนิน ที่ จะสลายตัวมากถึง 82 เปอร์เซ็นต์ ในระหว่างการบ่มวันที่ 1 ถึงวันที่ 8 โดยจะพบการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ ขนาด 37 kDa และการเพิ่มขึ้นของโพลีเพปไทด์ขนาด 30 kDa และจากการศึกษาของ

Underwood *et al.* (2010) พบว่า ในโคเพศผู้ตอนที่ได้อาหารต่างกัน คือ ที่ได้กินหญ้าทั่วไปและ ที่ได้กินหญ้าที่มีคุณภาพ พบว่า อาหารไม่มีผลต่อการสลายตัวของโทรโปนิน ที่ มีระยะการบ่มแตกต่างกัน โดยปริมาณของผลผลิตโพลีเปปไทด์ขนาด 30 kDa ทั้งวันที่ 2 และวันที่ 14 ภายหลังสัตว์ตายไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

1.4 คุณภาพเนื้อ

ตารางที่ 13 ค่าสีและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาของเนื้อโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกันโดยใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหลัก

Trait	ME			RMSE	P-value
	1.5M	1.7M	1.9M		
L*	34.38	35.90	37.08	2.84	0.351
a*	14.91	17.34	16.94	1.92	0.142
b*	8.90 ^b	11.16 ^a	10.80 ^a	1.02	0.013
Drip loss (%)	1.03	1.16	0.82	0.62	0.831

^{a, b} ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันเนื่องมาจาก ME ที่ต่างกัน ($P<0.05$)

ผลการศึกษานี้ พบว่า โคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงขุนด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหลัก และโคได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกัน 3 ระดับ พบว่า ระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ไม่มีผลต่อค่า L* และ a* แต่พบว่า โคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่ได้รับอาหารพลังงานสูงคือ 1.7M และ 1.9M มีค่า b* สูงกว่ากลุ่มโคที่ได้รับพลังงาน 1.5M ($P<0.05$) ส่วนเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ที่ต่างกัน (ตารางที่ 13) ระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ไม่มีอิทธิพลต่อค่า pH อุณหภูมิของเนื้อ และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง แต่พบว่า ที่ระดับพลังงาน 1.7M และ 1.9M มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่ำกว่าที่ 1.5M ($P<0.05$) อิทธิพลของการบ่มไม่มีผลต่อค่า pH และอุณหภูมิของเนื้อ พบว่า เนื้อที่บ่มไว้เป็นเวลา 14 วัน มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่ำกว่าเนื้อที่บ่มไว้ 2 วัน ($P<0.01$) ดังตารางที่ 14 การทดลองครั้งนี้พบอิทธิพลร่วมระหว่างระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้และการบ่มต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง โดยพบว่าที่ระดับพลังงาน 1.9M บ่มไว้ 14 วัน มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสูงที่สุด ในขณะที่ระดับพลังงาน 1.7M บ่มไว้ 2 วันมีค่าต่ำที่สุด ($P<0.05$) ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 14 ค่า pH อุณหภูมิ เพอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำระหว่างการปรุง และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ของโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกันโดยใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหลัก

Trait	ME			Ageing (A)		RMSE	P-value		
	1.5M	1.7M	1.9M	2	14		ME	A	ME*A
pH	5.65	5.56	5.59	5.56	5.63	0.18	0.543	0.349	0.969
Temperature	9.97	9.95	9.53	10.4	9.24	1.37	0.778	0.054	0.109
Cooking loss (%)	21.18	20.74	23.83	20.18	23.66	2.95	0.072	0.003	0.030
Shear force (kg)	8.91 ^a	7.26 ^b	7.74 ^b	9.40 ^x	6.34 ^y	1.42	0.024	<0.0001	0.802

^{a, b} ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันเนื่องมาจาก ME ที่ต่างกัน ($P < 0.05$), ^{x, y} ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันเนื่องมาจากระยะเวลาการบ่มที่ต่างกัน ($P < 0.01$)

ตารางที่ 15 อิทธิพลร่วมระหว่างระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้และระยะเวลาการบ่มต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำระหว่างการปรุง

ME	Ageing	Cooking loss (%)
1.5M	2	21.46 ^b
1.5M	14	20.91 ^{bc}
1.7M	2	17.55 ^c
1.7M	14	23.94 ^{ab}
1.9M	2	21.54 ^b
1.9M	14	26.13 ^a

การศึกษาครั้งนี้ไม่พบอิทธิพลของระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่อค่า pH และเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งการที่ระดับพลังงานในอาหารไม่มีผลต่อค่า pH ในการทดลองครั้งนี้ น่าจะเกี่ยวข้องกับข้อจำกัดในการใช้อาหารของโคพื้นเมืองไทยที่ พบว่า ระดับพลังงานในอาหารที่ต่างกันไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยตลอด 12 เดือน ของการขุน รวมทั้งพบว่า พลังงานที่กินได้ต่อวันของโคไม่ต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ด้วย (กฤตพล และคณะ, 2561) ในขณะที่ Li *et al.* (2014) รายงานว่า โคที่รับอาหารพลังงานน้อยจะมีค่า Ultimate pH ที่สูงกว่าโคที่ได้อาหารพลังงานสูง ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการสลายตัวของโครงสร้างเนื้อที่เร็วกว่า จึงทำให้โครงสร้างเนื้อคล้ายกับฟองน้ำ มีการดูดซับน้ำไว้ได้ทำให้สูญเสีย น้ำลดลง การทดลองครั้งนี้ พบว่า ระดับพลังงานสูง 1.7M และ 1.9M มีค่า b^* สูงกว่าที่ 1.5M ($P < 0.05$) โดยที่ค่า L^* และ a^* ก็มีตัวเลขที่สูงกว่าด้วยแม้ว่าจะไม่ต่างกันทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับ Stelzleni *et al.* (2008) ที่รายงานว่ แม่โคคัดทิ้งที่ได้รับอาหารชั้นที่มีพลังงานสูงเป็นระยะเวลาที่ต่างกัน คือ 42 และ 84 วัน มีสีเนื้อแดงสดใสมากกว่า โดยพบว่า ค่า L^* a^* และ b^* สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารชั้นเลย ($P < 0.05$) นอกจากนี้ยังระบุว่าแม่โคคัดทิ้งที่ได้รับอาหารชั้นเป็นเวลา 42 และ 84 วัน มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่ำกว่าแม่โคที่ไม่ได้รับอาหารชั้นเลย ส่วนอิทธิพลการบ่ม พบว่า การบ่มมีผลทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อลดลงซึ่งสอดคล้องกับ Steen *et al.* (1997) ที่รายงานว่ การบ่มเนื้อสันนอกไว้เป็นระยะเวลา 1 5 8 และ 12 วัน พบว่า ค่าแรงตัดผ่านเนื้อมีค่าลดลงตามระยะเวลาการบ่มที่เพิ่มขึ้น

1.5 องค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันในกล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi*; LD) พบว่า สูตรอาหารที่มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกัน 3 ระดับ ไม่มีผลต่อปริมาณของกรดไขมันในกล้ามเนื้อสันนอก ($P>0.05$) ยกเว้น ปริมาณของ Oleic acid (C18:1n9t) และ Linoleic acid (C18:3n6) ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยในกลุ่มของโคที่ได้รับสูตรอาหารที่มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.5M มีปริมาณของ Oleic acid ที่สูงกว่าในกลุ่ม 1.7M และ 1.9M (0.218 0.088 และ 0.102 มิลลิกรัม/กรัมเนื้อสด ตามลำดับ) ในส่วนปริมาณของกรดไขมัน C18:3n6 พบว่า ระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้มีผลต่อปริมาณของ Linoleic acid ที่แตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่ได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.7M มีปริมาณ Linoleic acid สูงที่สุด รองลงมา คือ 1.9M และ 1.5M มีปริมาณที่ต่ำที่สุด (0.408 0.276 และ 0.060 มิลลิกรัม/กรัมเนื้อสด ตามลำดับ) ดังตารางที่ 16

เมื่อพิจารณาระดับของพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ในสูตรอาหารต่อปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัว (SFA) กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFA) กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) กรดไขมันโอเมก้า 6 (n-6) กรดไขมันโอเมก้า 3 (n-3) รวมทั้งอัตราส่วนระหว่าง PUFA:SFA และ n-6:n-3 พบว่า มีผลที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของ นัทธมน และ กฤตพล (2553) ที่ทำการศึกษาร้อยละขององค์ประกอบของกรดไขมันในกล้ามเนื้อของโคพันธุ์พื้นเมืองไทยที่ได้รับพลังงานที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 1.3M 1.7M และ *ad libitum* พบว่าระดับพลังงานไม่มีผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อ ในด้านสัดส่วนของ n-6:n-3 ของโคขุนที่ได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกัน คือ 1.5M 1.7M และ 1.9M เท่ากับ 6.539, 5.121 และ 4.888 ตามลำดับ ถือว่าเป็นสัดส่วนที่มีผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค โดย World health organization (2003) แนะนำว่า อัตราส่วนระหว่าง PUFA:SFA ควรสูงกว่า 0.45 ในขณะที่อัตราส่วนของ n-6:n-3 ควรต่ำกว่า 4.0 จึงถือว่าดีต่อสุขภาพ ผลการทดลองครั้งนี้พบว่าอัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 ของโคที่ได้รับอาหารสูตรพลังงานสูง 1.9M ถือว่ามีอัตราส่วนที่ดีต่อสุขภาพมากที่สุด ในขณะที่ PUFA:SFA นั้นต่ำกว่าระดับที่แนะนำอยู่ค่อนข้างมาก แต่อย่างไรก็ตาม Jaturasitha *et al.* (2016) รายงานว่าสัดส่วนของ PUFA:SFA ที่สมดุลในเนื้อโค อยู่ที่ 0.05-0.11 ซึ่งใกล้เคียงกับผลการทดลองครั้งนี้ จากการทดลองครั้งนี้พบว่าเมื่อระดับพลังงานไม่มีอิทธิพลต่อสัดส่วนของ PUFA:SFA ซึ่งปริมาณ PUFA ที่สำคัญ คือ Linoleic acid และ γ -Linolenic acid จากการศึกษาของ Nakamura and Nara (2004) รายงานว่า Linoleic acid และ γ -Linolenic acid ที่เป็นกรดไขมันที่ไม่สามารถสังเคราะห์ได้ภายในเซลล์ของสัตว์จะต้องได้จากอาหารเท่านั้น แสดงว่าอาหารทดลองที่มีระดับพลังงานที่สูงมีการใช้วัตถุดิบที่เป็นแหล่งพลังงานที่ใช้ในอาหารทดลองครั้งนี้ คือ มันสำปะหลัง มี Linoleic acid และ γ -Linolenic acid ปริมาณต่ำ

ตารางที่ 16 องค์ประกอบของกรดไขมัน (มิลลิกรัม/กรัมเนื้อสด) ในกล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi*) ของโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกัน โดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก

Fatty acid	ME			RMSE	P-value
	1.5M	1.7M	1.9M		
Lauric acid (C12:0)	0.050	0.060	0.033	0.028	0.382
Myristic acid (C14:0)	1.169	1.744	1.073	0.526	0.169
Myristoleic acid (C14:1)	0.388	0.627	0.496	0.212	0.251
Palmitic acid (C16:0)	8.362	12.091	7.898	2.800	0.098
Palmitoleic acid (C16:1)	1.400	2.153	1.695	0.455	0.078
Margaric acid (C17:0)	0.300	0.400	0.299	0.123	0.390
Heptadecenoic acid (C17:1)	0.220	0.292	0.264	0.081	0.379
Stearic acid (C18:0)	3.288	4.240	2.754	1.206	0.232
Vaccenic acid (C18:1n9t)	0.218 ^a	0.088 ^b	0.102 ^b	0.068	0.026
Oleic acid (C18:1n9c)	24.442	34.430	27.106	8.882	0.243
Linoleic acid (C18:2n6t)	0.205	0.115	0.081	0.084	0.096
Linolelagic acid (C18:2n6c)	0.574	0.468	0.373	0.142	0.130
γ -Linolenic acid (C18:3n6)	0.060 ^b	0.408 ^a	0.276 ^{ab}	0.179	0.036
α -Linolenic acid (C18:3n3)	0.016	0.022	0.016	0.008	0.436
Arachidic (C20:0)	0.081	0.103	0.076	0.033	0.467
Erucic acid (C20:1n9)	0.074	0.087	0.071	0.018	0.376
Heneicosanoic Acid (C21:0)	0.049	0.085	0.081	0.036	0.242
Eicosatrienoic acid (C20:3n6)	0.131	0.052	0.066	0.050	0.065
Docosanoic Acid (C22:0)	0.040	0.041	0.035	0.024	0.927
Eicosatrienoic acid (C20:3n3) + Arachidonic acid (C20:4n6)	0.222	0.186	0.155	0.078	0.420
Docosadienoic acid (C22:2)	0.030	0.019	0.013	0.011	0.082
Nervonic acid (C24:1)	0.055	0.047	0.035	0.021	0.335
Docosahexaenoic acid (C22:6n3)	0.158	0.182	0.174	0.077	0.871

^{a, b} P < 0.05

ตารางที่ 16(ต่อ) องค์ประกอบของกรดไขมัน (มิลลิกรัม/กรัมเนื้อสด) ในกล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi*) ของโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกันโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก

Fatty acid	ME			RMSE	P-value
	1.5M	1.7M	1.9M		
SFA	13.289	18.679	12.167	4.523	0.124
MUFA	26.796	37.724	29.768	9.465	0.229
PUFA	1.396	1.453	1.154	0.412	0.532
PUFA:SFA	0.105	0.078	0.095	0.019	0.800
n-3	0.174	0.205	0.190	0.083	0.837
n-6	0.970	1.043	0.796	0.290	0.453
n-6 : n-3	6.539	5.121	4.888	2.322	0.477

SFA= C12:0 + C14:0 + C16:0 + C17:0 + C18:0 + C20:0 + C21:0 + C22:0; MUFA = C14:1 + C16:1 + C17:1 + C18:1n9t + C18:1n9c + 20:1n9 + C24:1; PUFA = C18:2n6t + C18:2n6c + C18:3n6 + C18:3n3 + C20:3n6 + C20:3n3+C20:4n6 + C22:2 + C22:6n3; n-3 = C18:3n3 + C22:6n3; n-6 = C18:2n6t + C18:2n6c + C18:3n6 + C20:3n6

^{a, b} P < 0.05

การทดลองที่ 1 : การศึกษาองค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่ผ่านระบบการเลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักในสูตรอาหารที่มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 1.5M 1.7M และ 1.9M เพื่อควบคุมระดับการให้ผลผลิตที่กำหนดให้มีอัตราการเจริญเติบโต 3 ระดับ คือ 0.25 0.50 และ 0.75 กิโลกรัมต่อวัน จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) ระดับพลังงานในสูตรอาหารมีอิทธิพลต่อองค์ประกอบซากและชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งส่วนใหญ่อ้อย่างไม่นัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้นกลุ่ม 1.9M มีเปอร์เซ็นต์กล้ามเนื้อใบพายมากกว่า แต่มีเปอร์เซ็นต์กล้ามเนื้อสันนอกน้อยกว่าอีกสองกลุ่ม
- 2) ระดับพลังงานในสูตรอาหารมีอิทธิพลต่อคุณภาพเนื้อ ในด้านของสีเนื้อ ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ ค่า pH ของเนื้อ ปริมาณคอลลาเจน และการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้นสูตรอาหารที่มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.7M และ 1.9M มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่ำกว่าสูตร 1.5M
- 3) การบ่มเนื้อไว้ 14 วันทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อและปริมาณคอลลาเจนที่ไม่ละลายลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและพบโพลีเพปไทด์ขนาด 30 kDa ที่เกิดจากการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ มีปริมาณเพิ่มขึ้น
- 4) ระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ในการศึกษาครั้งนี้ไม่มีอิทธิพลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสาน ยกเว้นกลุ่ม 1.5M มีกรดไขมัน C18:1n9t มากที่สุด ในขณะที่มี C18:3n6 น้อยที่สุด
- 5) ระดับพลังงาน 1.9M มีอัตราส่วน n-6:n-3 ที่ถือว่าดีต่อสุขภาพมากที่สุด

การทดลองที่ 2 การศึกษาองค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวหรือหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นอาหารหยาบหลัก

โคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวหรือหญ้าเนเปียร์ ปากช่อง 1 เป็นอาหารหยาบหลัก เริ่มทำการขุนโครุ่นหลังหย่านม (อายุ 200 วัน) น้ำหนักมีชีวิตเริ่มขุนประมาณ 80-120 กิโลกรัม เลี้ยงขุนจนถึงเกณฑ์ส่งเข้าฆ่าเมื่อได้น้ำหนักมีชีวิตประมาณ 300 ± 10 กิโลกรัม แต่อายุไม่เกิน 720 วัน โดยมีโคทั้งหมด 20 ตัว โดยปัจจัยในการศึกษาคือ 1) แหล่งอาหารหยาบ 2 แหล่ง คือฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 2) ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้กินได้ (Metabolisable energy intake) แตกต่างกัน 2 ระดับ (1.5M หรือ *ad libitum*) เพื่อควบคุมระดับการให้ผลผลิตที่กำหนดมีอัตราการเจริญเติบโต 2 ระดับ คือ 0.5 และ 0.75 กิโลกรัมต่อวัน โดยมี 5 บล็อก (ซ้ำ) จัดตามอายุ/น้ำหนัก

ผลการทดลอง

2.1 องค์ประกอบของซากและชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่ง

จากการทดลองสูตรอาหารหมักสำเร็จรูปที่มีแหล่งอาหารหยาบ 2 แหล่ง คือฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นอาหารหยาบหลักโดยมีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกัน 2 ระดับ พบว่าอายุเข้าฆ่าประมาณ 1,300 วัน โดยอายุโคแต่ละกลุ่มไม่ต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 17) ในขณะที่ พบว่า โคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักมีน้ำหนักมีชีวิตสุดท้ายเข้าฆ่ามากกว่าโคที่ได้รับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นอาหารหยาบหลัก ($P < 0.01$) ดังนั้นในการวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพซากและชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งจึงใช้น้ำหนักมีชีวิตสุดท้ายเข้าฆ่าเป็น covariance ในการวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์ พบว่า แหล่งอาหารหยาบและสูตรอาหารไม่มีอิทธิพลทางสถิติ ($P > 0.05$) ต่อน้ำหนักซากอ่อน น้ำหนักซากเย็น น้ำหนักซากเสี้ยวหน้า น้ำหนักซากเสี้ยวหลัง เปอร์เซ็นต์ซากเสี้ยวหน้า เปอร์เซ็นต์ซากเสี้ยวหลัง น้ำหนักซากเย็นซีกซ้าย ปริมาณเนื้อแดงรวม เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงรวม ปริมาณไขมันรวม เปอร์เซ็นต์ไขมันรวม ปริมาณกระดูกรวม และเปอร์เซ็นต์กระดูกรวม ยกเว้นโคที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักมีเปอร์เซ็นต์ซากอ่อน และเปอร์เซ็นต์ซากเย็นมากกว่าโคที่ได้รับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นอาหารหยาบหลัก ($P < 0.01$) ดังตารางที่ 17 นอกจากนี้ยังพบอิทธิพลร่วมระหว่างแหล่งอาหารหยาบและระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่อปริมาณกระดูกรวม โดยโคที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักและได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.5M มีปริมาณกระดูกรวมมากที่สุด รองลงมาคือ โคที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักและระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้กินได้ *ad libitum* ตามด้วยโคได้รับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นอาหารหยาบหลักและระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้กินได้ *ad libitum* และสุดท้ายคือโคได้รับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นอาหารหยาบหลักและได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.5M ($P < 0.01$) ดังตารางที่ 18

ตารางที่ 17 องค์ประกอบซากของโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าว และหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบหลัก ในสูตรอาหารที่มีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกัน 2 ระดับ คือ 1.5M และ *ad libitum*

ลักษณะที่ศึกษา	RS		ME		RMSE	P value		
	ST	NG	1.5M	ad lib		RS	ME	RS×ME
อายุเข้าฆ่า (วัน)	1298.7	1309.6	1301.1	1307.2	43.78	0.591	0.765	0.952
น้ำหนักมีชีวิตสุดท้ายเข้าฆ่า (กก.)	351.73	271.3	318.53	304.5	37.65	0.001	0.581	0.758
น้ำหนักซากอ่อน (กก.)	174.56	169.91	173.14	171.34	7.65	0.297	0.577	0.598
น้ำหนักซากเย็น (กก.)	170.86	165.11	168.74	167.24	7.55	0.206	0.625	0.545
น้ำหนักซากอ่อน (%)	59.53	57.05	58.81	57.78	1.19	0.009	0.062	0.790
น้ำหนักซากเย็น (%)	58.23	55.46	57.29	56.4	1.2	0.005	0.096	0.639
น้ำหนักซากเลี้ยวหน้า (กก.)	49.69	44.43	47.81	46.31	3.53	0.202	0.280	0.590
น้ำหนักซากเลี้ยวหลัง (กก.)	37.69	36.51	37.82	36.38	2.95	0.715	0.165	0.624
น้ำหนักซากเลี้ยวหน้า (%)	56.68	54.65	55.65	55.68	2.79	0.536	0.840	0.839
น้ำหนักซากเลี้ยวหลัง (%)	43.32	45.35	44.35	44.32	2.79	0.536	0.840	0.839
น้ำหนักซากเย็นซีกซ้าย (กก.)	87.38	80.94	85.63	82.68	4.71	0.236	0.107	0.480
ปริมาณเนื้อแดงรวม (กก.)	62.78	56.46	61.02	58.22	6.63	0.428	0.301	0.785
ปริมาณเนื้อแดงรวม (%)	71.64	70.25	71.37	70.51	4.26	0.790	0.723	0.301
ปริมาณไขมันรวม (กก.)	9.64	13.08	11.56	11.16	2.18	0.536	0.623	0.346
ปริมาณไขมันรวม (%)	10.86	15.49	13.2	13.15	2.88	0.363	0.959	0.639
ปริมาณกระดูกรวม (กก.)	14.95	11.39	13.05	13.3	0.88	0.063	0.844	0.009
ปริมาณกระดูกรวม (%)	17.51	14.25	15.42	16.34	1.57	0.339	0.309	0.071

RS=Roughage source, ME=Metabolizable energy intake, RS×ME=Interaction between RS and Metabolizable energy intake, ST=ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ, NG=ใช้เนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบ, 1.5M=สูตรอาหารที่ให้สูตรอาหารสำเร็จรูปเมื่อนำไปเลี้ยงโคให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้กินได้ที่ระดับ 1.5M, *ad libitum* =สูตรอาหารที่ให้สูตรอาหารสำเร็จรูปเมื่อนำไปเลี้ยงโคให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้กินได้ที่ระดับไม่จำกัด

^{a, b} P < 0.01

ตารางที่ 18 อิทธิพลร่วมระหว่างแหล่งอาหารหยาบหลักคือฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้กินได้ 2 ระดับต่อน้ำหนักกระดูกรวม (กก.) ของโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสาน

แหล่งอาหารหยาบ	ME	ปริมาณกระดูกรวม (กก)
ฟางข้าว	1.5M	16.04 ^a
ฟางข้าว	ad lib	13.86 ^b
หญ้าเนเปียร์	1.5M	10.05 ^d
หญ้าเนเปียร์	ad lib	12.74 ^c

^{a, b, c, d} P < 0.01, ME= Metabolizable energy intake, 1.5M=สูตรอาหารที่ให้สูตรอาหารสำเร็จรูปเมื่อนำไปเลี้ยงโคให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้กินได้ที่ระดับ 1.5M, *ad libitum*=สูตรอาหารที่ให้สูตรอาหารสำเร็จรูปเมื่อนำไปเลี้ยงโคให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้กินได้ที่ระดับ *ad libitum*

การศึกษาถึงผลของการให้อาหารต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพซากในโคพื้นเมืองไทยนั้นยังมีข้อมูลอยู่น้อยมาก Juturasitha *et al.* (2009) ศึกษาเปรียบเทียบการใช้หญ้ากินนี (*Panicum maxima*) และหญ้ากินนีร่วมกับถั่ว *Stylosanthes guianensis* แก่โคพันธุ์พื้นเมืองไทย เพศผู้อายุ 3 ปี โดยให้กินเป็นระยะเวลา 2 ปี พบว่า ไม่มีผลต่อความแตกต่างของคุณภาพเนื้อ ($P < 0.05$) ยกเว้นเปอร์เซ็นต์ไขมันหุ้มไต (kidney fat percentage) โดยกลุ่มที่ได้รับหญ้ากินนีร่วมกับถั่วจะมีค่าสูงกว่า และยังพบว่าสีของเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi*) และเนื้อใบพาย (*Infraspinalis*) มีความสว่างกว่ากลุ่มที่ได้รับเพียงหญ้ากินนีเป็นแหล่งอาหารหยาบ Phaowphaisal and Wjitphan (2006) พบว่าน้ำหนักซากและพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันของโคพื้นเมืองไทยชำแหละที่ช่วงอายุเฉลี่ย 22-26 เดือน ยังมีค่าใกล้เคียงกับโคพื้นเมืองเกาหลีซึ่งชำแหละที่อายุเฉลี่ย 36 เดือน (Kim *et al.*, 2003) ถึงแม้ว่าจะมีความแตกต่างเรื่องของการอายุในการขุนก็ตาม

การตัดแต่งชิ้นส่วนซากของโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสาน พบว่า ชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งจากทั้งซากเสี้ยวหน้าและซากเสี้ยวหลังของโคทั้ง 3 กลุ่มไม่ต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยซากเสี้ยวหน้ามีเปอร์เซ็นต์ริบอาย เสือร้องไห้ โหนก พ้นอก สันไหล่ สันในเทียม น่อง รักบี้ ใบพาย น่องแก้ว กระดูก เนื้อแดง รวมทั้งเปอร์เซ็นต์เอ็นและไขมันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนซากเสี้ยวหลังซ้ายที่มีเปอร์เซ็นต์ของสะโพกในสะโพกนอก น่อง ลูกมะพร้าว สันสะโพก ใบบัว ชายท้อง สันใน ไขมัน+เอ็น กระดูก เศษเนื้อ และเนื้อแดง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนที่แตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) คือ กลุ่มที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักมีเปอร์เซ็นต์ของสันนอกมากกว่าโคที่ได้รับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นอาหารหยาบหลัก ดังตารางที่ 19 จากการรายงานของ Phaowphaisal and Wjitphan (2006) พบว่า การเพิ่มระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารโคพื้นเมืองไทยทำให้มีปริมาณสันนอก (rib) และสันสะโพก (shortloin) เพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อปริมาณเนื้อสันคอ (chuck) พ้นอก (plate) เนื้อสันสะโพก (sirloin) และเนื้อสะโพก (round) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโคพื้นเมืองไทยมีข้อจำกัดในการใช้โภชนะสูง ทำให้เมื่อให้อาหารที่มีระดับโภชนะที่แตกต่างกันส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพซากค่อนข้างน้อย

ตารางที่ 19 ชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งของโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบหลักโดยใช้ในสูตรอาหารที่มีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกัน 2 ระดับ คือ 1.5M และ *ad libitum*

ปริมาณชิ้นส่วน	RS		ME		RMSE	P value		
	ST	NG	1.5M	ad lib		RS	ME	RSXME
ซากเสี้ยวหน้าซ้าย ¹ (%)								
ริบอาย	4.96	5.01	5.05	4.93	0.68	0.787	0.325	0.087
เสี้ยวรองให้	6.76	4.67	5.71	5.72	1.33	0.102	0.977	0.946
โหนด	1.69	1.84	1.79	1.74	0.51	0.556	0.706	0.850
พื้นอก	4.64	4.79	4.51	4.93	0.94	0.810	0.459	0.435
สันไหล่	5.06	5.33	5.2	5.2	0.71	0.678	0.728	0.369
สันในเทียม	1.15	1.03	1.13	1.05	0.21	0.823	0.458	0.582
น่อง	1.6	1.63	1.62	1.61	0.25	0.811	0.862	0.337
รักบี้	2.23	2.24	2.29	2.18	0.15	0.360	0.188	0.452
ใบพาย	1.35	1.38	1.39	1.35	0.12	0.520	0.536	0.464
น่องแก้ว	0.43	0.339	0.41	0.41	0.05	0.846	0.960	0.874
กระดูก	11.34	8.38	9.3	10.43	1.21	0.176	0.162	0.059
เศษเนื้อ	3.23	2.77	3.39	2.62	1.18	0.804	0.485	0.062
ไขมัน	3.5	7.18	5.25	5.43	2.19	0.489	0.856	0.632
เนื้อแดง ²	8.72	7.97	8.61	8.08	1.55	0.852	0.770	0.339
ซากเสี้ยวหลังซ้าย ¹ (%)								
สะโพกใน	5.76	6.17	6.13	5.79	0.77	0.388	0.496	0.669
สะโพกนอก	5.3	5.54	5.34	5.5	1.33	0.534	0.725	0.573
น่อง	2.79	2.74	2.76	2.76	0.36	0.952	0.856	0.960
ลูกมะพร้าว	3.49	3.63	3.56	3.56	0.41	0.543	0.704	0.567
สันสะโพก	4.73	4.84	4.75	4.82	0.42	0.097	0.636	0.204
ใบบัว	0.55	0.6	0.56	0.59	0.11	0.371	0.803	0.786
ชายท้อง	1.01	1.04	1.06	0.99	0.16	0.385	0.382	0.866
สันนอก	3.45 ^a	3.37 ^b	3.34	3.49	0.47	0.032	0.551	0.917
สันใน	1.68	1.54	1.59	1.63	0.17	0.137	0.959	0.511
กระดูก	6.16	5.87	6.12	5.9	0.55	0.727	0.780	0.287
เศษเนื้อ	1.09	1.74	1.3	1.53	0.52	0.118	0.523	0.146
ไขมัน+เอ็น	1.62	1.78	1.64	1.74	0.79	0.985	0.659	0.256
เนื้อแดง ³	5.66	6.48	6.16	5.97	0.79	0.304	0.656	0.615

¹% ของน้ำหนักซากเย็นซีกซ้าย, ²เนื้อแดงจากซากเสี้ยวหน้า = เนื้อส่วนคอ, ³เนื้อแดงจากซากเสี้ยวหลัง = เนื้อส่วนพื้นท้อง
 RS=Roughage source, ME= Metabolizable energy intake, RSXME=Interaction between RS and Metabolizable energy intake, ST=ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ, NG=ใช้เนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบ, 1.5M=สูตรอาหารที่ให้สูตรอาหารสำเร็จรูปเมื่อนำไปเลี้ยงโคให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้กินได้ที่ระดับ 1.5M, *ad libitum*=สูตรอาหารที่ให้สูตรอาหารสำเร็จรูปเมื่อนำไปเลี้ยงโคให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้กินได้ที่ระดับ *ad libitum*
^{a, b} P<0.05

2.2 ปริมาณคอลลาเจน

ผลการศึกษานี้พบว่า แหล่งอาหารหยาบ สูตรอาหารที่มีพลังงานที่ต่างกัน และระยะเวลาการบ่มที่ต่างกัน รวมทั้งอิทธิพลร่วมของทั้งสามปัจจัยไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ คอลลาเจนที่ไม่ละลาย และคอลลาเจนรวม แต่พบว่า แหล่งอาหารหยาบหลัก และระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจน ($P < 0.05$) โดยพบว่า โคที่รับฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักมีเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจนสูงกว่าโคที่ได้รับหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบหลัก และยังพบว่า โคที่ได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.5M มีเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจนสูงกว่ากลุ่มโคที่ได้รับอาหารแบบ *ad libitum* (ตารางที่ 20)

ตารางที่ 20 ปริมาณคอลลาเจน (มิลลิกรัม/กรัมเนื้อสด) ของโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบหลักโดยโคได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกัน

ลักษณะที่ศึกษา ¹	RS		ME		Ageing (A)		RMSE	P value						
	ST	NG	1.5M	ad lib	2	14		RS	ME	A	RS*ME	RS*A	ME*A	RS*ME*A
SC	0.21	0.23	0.20	0.24	0.21	0.24	0.10	0.489	0.319	0.327	0.309	0.796	0.849	0.408
IC	3.10	2.91	3.20	2.81	3.09	2.92	0.79	0.475	0.106	0.491	0.200	0.482	0.685	0.829
TC	3.31	3.14	3.41	3.05	3.29	3.16	0.85	0.558	0.162	0.598	0.191	0.494	0.690	0.917
PS	6.08 ^b	7.73 ^a	5.81 ^b	8.01 ^a	6.29	7.53	2.34	0.049	0.010	0.114	0.957	0.650	0.964	0.449

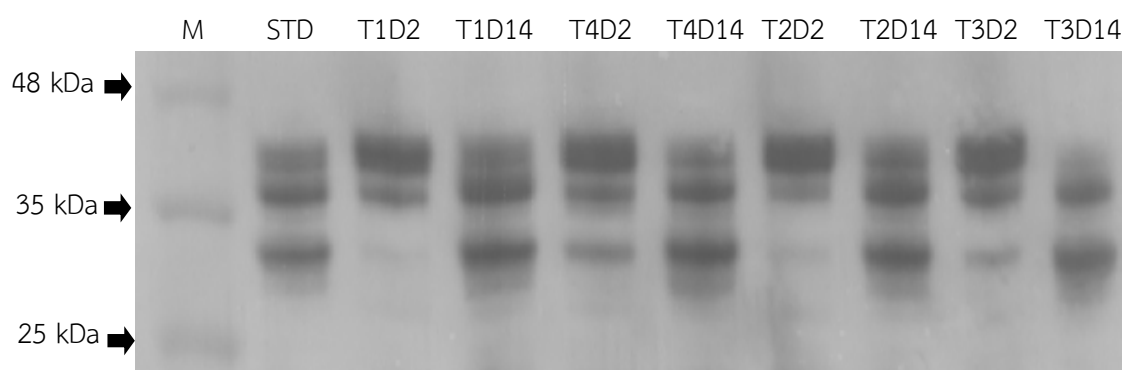
^{a, b} ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันในปัจจัยหลักเดียวกันมีความแตกต่างกัน ($P < 0.05$)

¹ SC = soluble collagen, IC = insoluble collagen, TC = total collagen, PS = % collagen solubility

อิทธิพลของแหล่งอาหารหยาบต่อเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจน พบว่า ฟางข้าวมีเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจนต่ำกว่าหญ้าเนเปียร์ และโคที่ระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.5M มีเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจนต่ำกว่าแบบ *ad libitum* ซึ่งในกรณีที่โคที่ได้รับพลังงานในอาหารสูงกว่าแล้วมีเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจนสูงกว่านั้น Aberle *et al.* (1981) อธิบายว่าโคที่ได้รับอาหารพลังงานสูงจะมีอัตราการสังเคราะห์โปรตีนสูงด้วย จึงคาดว่าจะมีคอลลาเจนที่ถูกสร้างขึ้นใหม่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งโครงสร้างของคอลลาเจนเหล่านี้จะยังไม่แข็งแรงทำให้ละลายได้ง่าย เมื่อโดนความร้อนจึงมีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้สูง การบ่มไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณคอลลาเจนทั้งคอลลาเจนที่ละลายได้ คอลลาเจนที่ไม่ละลาย และคอลลาเจนรวม ซึ่งผลการทดลองในงานทดลองที่ 2 นี้ต่างจากผลของงานทดลองที่ 1 ซึ่งพบว่าการบ่มไว้ 14 วันมีผลทำให้ปริมาณคอลลาเจนที่ไม่ละลาย และคอลลาเจนรวมลดลงแต่อย่างไรก็ตามพบว่าการบ่มไว้ 2 วันมีเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจนต่ำกว่าการบ่ม 14 วัน โดยเท่ากับ 6.29 และ 7.53 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับซึ่งสอดคล้องกับ Modzelewska-Kapitula *et al.* (2015) ที่รายงานว่ากล้ามเนื้อ *Infraspinalis* ของโคมีปริมาณคอลลาเจนที่ไม่ละลายลดลง ในขณะที่คอลลาเจนที่ละลายได้เพิ่มขึ้นหลังจากการบ่มเนื้อไว้ในระหว่างการบ่มเนื้อ 5 วันเปรียบเทียบกับบ่มเนื้อ 10 วัน แต่พบว่าการบ่มเนื้อไว้ 10 15 และ 20 วันนั้นไม่ต่างกันทางสถิติ ซึ่งปริมาณการละลายได้ของคอลลาเจนที่เพิ่มขึ้นนั้นเกิดจากการสลายตัวของพันธะที่สร้างระหว่างเส้นใยฝอยคอลลาเจน (intermolecular cross-linking bond in collagen fibrils)

2.3 การสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที

ผลการศึกษาการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที ของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงขุนด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบหลักโดยใช้ในสูตรอาหารที่ให้พลังงาน 1.5M และแบบ *ad libitum* พบว่า แหล่งอาหารหยาบและระดับพลังงานที่ได้รับรวมทั้งอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยไม่มีผลต่อการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที แต่พบว่า ระยะเวลาการบ่มมีผลต่อการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ดังภาพที่ 9



T1d2, T1d14 = กล้ามเนื้อสันนอกของโคที่บ่ม 2 หรือ 14 วัน ที่สูตรอาหารมีฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 1.5M

T2d2, T2d14 = กล้ามเนื้อสันนอกของโคที่บ่ม 2 หรือ 14 วัน ที่สูตรอาหารมีฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ *ad libitum*

T3d2, T3d14 = กล้ามเนื้อสันนอกของโคที่บ่ม 2 หรือ 14 วัน ที่สูตรอาหารมีหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบหลัก พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 1.5M

T4d2, T4d14 = กล้ามเนื้อสันนอกของโคที่บ่ม 2 หรือ 14 วัน ที่สูตรอาหารมีหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบหลัก พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ *ad libitum*

M = แถบโปรตีนมาตรฐานที่ทราบน้ำหนักโมเลกุล

STD = ตัวอย่างมาตรฐาน คือตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอกที่บ่ม 14 วัน ใช้กับทุกเมมเบรนเพื่อปรับลดความแปรปรวนระหว่างเมมเบรน

ภาพที่ 9 แถบโปรตีนโทรโปนินที ของกล้ามเนื้อสันนอกที่ผ่านระยะเวลาการบ่ม 2 และ 14 วัน ของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่ได้รับการขุนด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบหลัก ที่มีระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 1.5M และ *ad libitum*

ตารางที่ 21 ปริมาณการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนินทีของโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบหลักโดยโคได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกัน

ลักษณะที่ศึกษา ¹	RS		ME		Ageing (A)		RMSE	P value						
	ST	NG	1.5M	ad lib	2	14		RS	ME	A	RS*ME	RS*A	ME*A	RS*ME*A
37 kDa	0.07	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.02	0.356	0.171	0.774	0.388	0.505	0.51	0.913
30 kDa	0.04	0.03	0.03	0.04	0.02 ^a	0.05 ^a	0.01	0.241	0.379	<0.0001	0.69	0.697	0.628	0.931

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

¹ ความเข้มของแถบโปรตีนโทรโปนินที / ความเข้มของแถบโปรตีนทั้งหมด

การทดลองครั้งนี้พบว่าแหล่งอาหารหยาดและระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ไม่มีอิทธิพลต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (ตารางที่ 21) ซึ่งสอดคล้องกับการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Xiong *et al.* (1996) ที่พบว่า โคที่เลี้ยงด้วยหญ้าเพียงอย่างเดียว กับโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าเสริมข้าวโพดบดมีปริมาณการสลายตัวของโทรโปนิน ที่ ไม่แตกต่างกัน หรือจากการศึกษาของ Underwood *et al.* (2010) ที่พบว่าโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าที่มีคุณภาพต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ แต่การทดลองครั้งนี้พบว่าอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติของการบ่มเนื้อไว้ 14 วันต่อการลดลงของค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ในขณะที่เดียวกันก็พบการเพิ่มขึ้นของผลผลิตจากการย่อยสลายโปรตีนโทรโปนิน ที่ ขนาด 30 kDa ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Ho *et al.* (1994) ที่ระบุว่า การย่อยสลายของโปรตีนโทรโปนิน ที่ ในเนื้อจะเกิดในระหว่างการบ่มไว้ที่ 1- 4 องศาเซลเซียสโดยจะได้ผลผลิตเป็นโพลีเปปไทด์ขนาดประมาณ 30 kDa โดย Huff-Loneragan *et al.* (1996) ระบุว่าเป็นผลมาจากการทำงานของเอนไซม์ calpains การศึกษาครั้งนี้ไม่พบอิทธิพลของการบ่มต่อการละลายได้ของคอลลาเจน ในขณะที่ Modzelewska-Kapitula *et al.* (2015) รายงานว่าคอลลาเจนที่ละลายได้ของกล้ามเนื้อใบพายของโคที่ระยะเวลาการบ่ม ระหว่าง 5 ถึง 10 มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หลังการบ่มเกิน 10 วันแล้วมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

2.4 คุณภาพเนื้อ

ผลการศึกษาสีเนื้อของโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาดหลักโดยใช้ในสูตรอาหารที่ให้ระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกัน 2 ระดับ พบว่าแหล่งอาหารหยาดและระดับพลังงานไม่มีผลต่อสีเนื้อของโคทั้งค่า L^* a^* และ b^* ไม่ต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่พบว่าโคที่รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.5M มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาสูงกว่าแบบ *ad libitum* ($P < 0.05$) อิทธิพลร่วมระหว่างแหล่งอาหารหยาดและระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ไม่มีผลต่อสีเนื้อและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา (ตารางที่ 22)

การศึกษาค้นพบว่าแหล่งอาหารหยาดและระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ที่ต่างกันรวมทั้งอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยไม่มีอิทธิพลต่อค่า pH อุณหภูมิของเนื้อ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ($P > 0.05$) การบ่ม 2 และ 14 วัน มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ โดยพบว่า การบ่ม 14 วันมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสูงกว่า ($P < 0.05$) ในขณะที่ค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่ำกว่า ($P < 0.01$) ที่การบ่ม 2 วัน (ตารางที่ 23)

ผลการศึกษาค้นพบว่าโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงขุนด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาดหลักโดยโคได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกัน 2 ระดับ พบว่าแหล่งอาหารหยาดและระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ไม่มีผลต่อสีเนื้อของโคทั้งค่า L^* a^* และ b^* ในขณะที่ Stelzleni *et al.* (2008) รายงานว่าแม่โคคัดทิ้งที่ได้รับอาหารข้นซึ่งมีพลังงานสูงเป็นเวลา 42 และ 84 วันมีสีเนื้อแดงสดใสมากกว่า โดยพบว่าค่า L^* a^* และ b^* สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับอาหารข้นเลย ($P < 0.05$) การทดลองครั้งนี้พบว่าโคที่ได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.5M มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาสูงกว่าแบบ *ad libitum* ($P < 0.05$) จากการศึกษาของ Li *et al.* (2014) ระบุว่าโคที่รับอาหารพลังงานน้อยจะมีค่า ultimate pH ที่สูงกว่า ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการสลายตัวของโครงสร้างเนื้อที่เร็วกว่าจึงทำให้โครงสร้างเนื้อคล้ายกับฟองน้ำจึงดูดซับน้ำไว้ได้ทำให้สูญเสียให้น้ำน้อยลง ในการทดลองที่ 2 นี้ไม่พบอิทธิพลของระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อซึ่งต่างจากการทดลองที่ 1 ซึ่งการทดลองที่ 2 นี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบแหล่งอาหารหยาดที่เมื่อนำไปเลี้ยงโคแล้วให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้กินได้ หรือ

Metabolisable energy intake แตกต่างกัน 2 ระดับ (1.5M หรือ *ad libitum*) เพื่อควบคุมระดับการให้ผลผลิตที่กำหนดมีอัตราการเจริญเติบโต 2 ระดับ คือ 0.50 และ 0.75 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน นั้นอาจเนื่องจากขีดจำกัดด้านการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ตามเป้าหมายของสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองได้ ดังนั้นจึงส่งผลทำให้คุณภาพเนื้อส่วนใหญ่ไม่มีแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนอิทธิพลการบ่มที่พบว่าการบ่มมีผลทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อลดลงซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Steen *et al.* (1997) ที่พบว่าค่าแรงตัดผ่านเนื้อในกล้ามเนื้อสันนอกจะลดลงตามระยะเวลาการบ่มที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 22 ค่าสีและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียเนื้อระหว่างการเก็บรักษาของโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสาน ด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบหลักในสูตรอาหารที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกัน

ลักษณะที่ศึกษา	RS		ME		RMSE	P value		
	ST	NG	1.5M	ad lib		RS	ME	RS*ME
L*	35.39	36.93	35.81	36.52	2.91	0.280	0.614	0.681
a*	17.07	16.72	17.03	16.76	1.82	0.693	0.762	0.842
b*	10.27	9.11	10.06	9.32	2.20	0.282	0.480	0.219
Drip loss (%)	1.57	1.87	2.07 ^a	1.37 ^b	0.49	0.282	0.026	0.556

^{a,b} P < 0.05

RS=Roughage source, ME=Metabolizable energy intake, RSXME=Interaction between RS and Metabolizable energy intake, ST=ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ, NG=ใช้เนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบ, 1.5xM=สูตรอาหารที่ให้สูตรอาหารสำเร็จรูปเมื่อนำไปเลี้ยงโคให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้กินได้ที่ระดับ 1.5M,

ad libitum=สูตรอาหารที่ให้สูตรอาหารสำเร็จรูปเมื่อนำไปเลี้ยงโคให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้กินได้ที่ระดับ *ad libitum*

ตารางที่ 23 ค่า pH อุณหภูมิ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียเนื้อระหว่างการปรุง และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ของโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบหลักโดยโคได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกัน

ลักษณะที่ศึกษา	RS		ME		Ageing (A)		RMSE	P value						
	ST	NG	1.5M	ad lib	2	14		RS	ME	A	RS*ME	RS*A	ME*A	RS*ME*A
pH	5.32	5.27	5.32	5.27	5.27	5.32	0.24	0.581	0.552	0.562	0.967	0.746	0.843	0.588
Temp	9.85	9.55	9.92	9.48	10.08	9.32	3.16	0.898	0.656	0.456	0.617	0.144	0.902	0.868
Cooking loss (%)	22.95	23.32	22.30	23.96	20.64 ^y	25.63 ^x	5.61	0.860	0.354	0.010	0.612	0.218	0.724	0.650
Shear force (kg)	7.96	8.27	8.28	7.94	9.78 ^a	6.44 ^b	2.13	0.720	0.545	<.0001	0.055	0.462	0.783	0.820

^{a, b} P < 0.01, ^{x, y} P < 0.05

RS=Roughage source, ME=Metabolizable energy intake, RSXME=Interaction between RS and Metabolizable energy intake, ST=ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ, NG=ใช้เนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบ, 1.5xM=สูตรอาหารที่ให้สูตรอาหารสำเร็จรูปเมื่อนำไปเลี้ยงโคให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้กินได้ที่ระดับ 1.5M, *ad libitum*=สูตรอาหารที่ให้สูตรอาหารสำเร็จรูปเมื่อนำไปเลี้ยงโคให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้กินได้ที่ระดับ *ad libitum*

2.5 องค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในกล้ามเนื้อสันนอกของโคพื้นเมืองสายพันธุ์อีสานที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปหมักที่มีอาหารหยาบหลักที่ต่างกัน คือ ฟางข้าว (ST) และหญ้าเนเปียร์สด (NG) โดยโคที่ได้รับอาหารที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.5M และแบบ *ad libitum* ผลการทดลองพบว่าโคที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปหมักที่มีหญ้าเนเปียร์สดเป็นแหล่งอาหารหยาบหลักมีแนวโน้มมีปริมาณกรดไขมันชนิด n-3 ต่ำกว่ากลุ่มโคที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปหมักที่มีฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก (0.348 และ 0.550 มิลลิกรัม/กรัมเนื้อสด ตามลำดับ) ในขณะที่มีอัตราส่วน n-6:n-3 สูงกว่า (5.469 และ 3.793 ตามลำดับ) อัตราส่วน PUFA:SFA ของอาหารผสมสำเร็จรูปหมักที่มีหญ้าเนเปียร์สดเป็นแหล่งอาหารหยาบหลักต่ำกว่าแหล่งฟางข้าว ($P < 0.05$) (0.093 และ 0.145 ตามลำดับ) ส่วนระดับพลังงานที่สัตว์ได้รับนั้นไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณ n-3 แต่พบว่า n-6 ของ *ad libitum* สูงกว่า ทำให้อัตราส่วนระหว่าง n-6:n-3 ของกลุ่ม 1.5M ต่ำกว่ากลุ่ม *ad libitum* โดยเท่ากับ 4.028 และ 5.234 ตามลำดับ (ตารางที่ 24)

World health organization (2003) แนะนำว่าอัตราส่วนระหว่าง PUFA:SFA ควรสูงกว่า 0.45 ในขณะที่อัตราส่วนของ n-6:n-3 ควรต่ำกว่า 4.0 จึงถือว่าดีต่อสุขภาพ ผลการทดลองครั้งนี้พบว่าอาหารผสมสำเร็จรูปหมักที่มีหญ้าเนเปียร์สดเป็นแหล่งอาหารหยาบหลักมีอัตราส่วนของ n-6:n-3 สูงกว่าการใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบหลัก ซึ่งแสดงว่าการใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบหลักในสูตรอาหารหมักสำเร็จรูปในการเลี้ยงขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานในครั้งนี้นั้นทำให้มีอัตราส่วนของ n-6:n-3 ที่ดีต่อสุขภาพมากกว่าแหล่งอาหารหยาบหลักที่เป็นหญ้าเนเปียร์สด ในขณะที่อัตราส่วน PUFA:SFA ของอาหารผสมสำเร็จรูปหมักที่มีหญ้าเนเปียร์สดเป็นแหล่งอาหารหยาบหลักต่ำกว่าแหล่งฟางข้าวแต่ก็ยังถือว่าอัตราส่วนนี้ยังน้อยกว่าระดับที่แนะนำว่าดีต่อสุขภาพอยู่มาก ในส่วนของระดับพลังงานที่สัตว์ได้รับนั้นพบว่าระดับพลังงานที่ต่ำกว่ามีอัตราส่วนของ n-6:n-3 ที่ดีกว่าแบบ *ad libitum* จากการศึกษาของ พิพัฒน์ และ วิศิษฐ์พร (2559) พบว่าโคเนื้อที่ได้รับอาหารพลังงานต่ำร่วมกับหญ้าเนเปียร์สดจะมีปริมาณของกรดไขมันชนิด n-3 ในกล้ามเนื้อสันนอกที่สูงกว่าในกลุ่มโคที่ได้รับอาหารพลังงานสูงร่วมกับฟางข้าว (0.52 และ 0.29 %ของกรดไขมันรวม ตามลำดับ) แต่โคเนื้อที่ได้รับอาหารพลังงานต่ำร่วมกับหญ้าเนเปียร์สดมีสัดส่วนของ n-6:n-3 ในเนื้อต่ำกว่าในกลุ่มโคที่ได้รับอาหารพลังงานสูงร่วมกับฟางข้าว (8.67 และ 19.74 ตามลำดับ) และจากการศึกษาของ Horcada *et al.* (2016) ทำการศึกษาในโคขุน 3 สายพันธุ์ คือ ชาร์โรเลส์ ลิมุซัน และเรตินตา (Retinta) โคขุนแต่ละสายพันธุ์ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม เพื่อให้อาหารที่ต่างกัน 2 แบบ คือ ให้อาหารแบบดั้งเดิม (ฟางข้าวสาลีเป็นอาหารหยาบ) และให้อาหารแบบผสมสำเร็จรูปหมัก โดยมีสัดส่วนของอาหารหยาบและอาหารข้นอยู่ที่ระดับ 40:60 และมีฟางข้าวสาลีและข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ (9:31) พบว่า โคขุนสายพันธุ์ชาร์โรเลส์และลิมุซันที่ได้รับอาหารแบบดั้งเดิมมีปริมาณกรดไขมันชนิด PUFA สูงกว่ากลุ่มโคที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูป แต่ปริมาณของกรดไขมันชนิด SFA ในกลุ่มที่ได้รับอาหารแบบผสมสำเร็จรูปกลับมีปริมาณที่สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารแบบดั้งเดิม และเมื่อมาพิจารณาปริมาณของกรดไขมันชนิด n-6 และ n-3 พบว่า โคขุนทั้ง 3 สายพันธุ์ที่ได้รับอาหารแบบดั้งเดิมมีปริมาณของไขมันชนิด n-6 สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารแบบผสมสำเร็จ แต่ปริมาณของกรดไขมันชนิด n-3 ในกลุ่มที่ได้รับอาหารแบบผสมสำเร็จสูงกว่าในกลุ่มที่ได้รับอาหารแบบดั้งเดิม แต่จากการศึกษาของ Kim *et al.* (2015) ได้ทำการศึกษาผลของการให้อาหารแบบดั้งเดิม (อาหารขั้นกับอาหารหยาบแยกกัน โดยมีฟางข้าวเป็นอาหารหยาบ) และการให้อาหารผสมสำเร็จรูปหมัก โดยมี Italian ryegrass หมักเป็นอาหารหยาบ ในโคขุนสายพันธุ์ Hanwoo พบว่า อาหารทั้ง 2 แบบ มีผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในกล้ามเนื้อสันนอกไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 24 องค์ประกอบของกรดไขมันในกล้ามเนื้อสันนอกของโคขุนโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบหลักโดยได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่างกัน (มิลลิกรัม/กรัมเนื้อสด)

Fatty acid	RS		ME		RMSE	P value		
	NG	ST	1.5M	ad lib		RS	ME	RS*ME
Lauric acid (C12:0)	0.141	0.136	0.117	0.160	0.098	0.899	0.373	0.313
Myristic acid (C14:0)	3.294	3.025	2.828	3.490	2.222	0.800	0.536	0.523
Myristoleic acid (C14:1)	1.072	1.207	1.042	1.236	0.867	0.745	0.637	0.627
Palmitic acid (C16:0)	19.255	18.193	17.437	20.011	12.355	0.857	0.663	0.519
Palmitoleic acid (C16:1)	3.349	3.717	3.472	3.595	2.441	0.752	0.916	0.652
Margaric acid (C17:0)	0.553	0.527	0.500	0.580	0.328	0.867	0.611	0.425
Heptadecenoic acid (C17:1)	0.260	0.403	0.313	0.350	0.258	0.257	0.760	0.626
Stearic acid (C18:0)	7.531	6.489	6.930	7.090	4.641	0.639	0.942	0.566
Vaccenic acid (C18:1n9t)	0.462	0.331	0.330	0.463	0.394	0.489	0.485	0.466
Oleic acid (C18:1n9c)	51.767	52.471	52.132	52.105	34.435	0.966	0.999	0.605
Linoleic acid (C18:2n6t)	0.423	0.520	0.531	0.413	0.357	0.571	0.492	0.931
Linoleladic acid (C18:2n6c)	1.014	1.170	0.949	1.236	0.595	0.585	0.321	0.880
γ-Linolenic acid (C18:3n6)	0.083	0.813	0.051	0.113	0.057	0.999	0.098	0.619
α-Linolenic acid (C18:3n3)	0.029	0.029	0.031	0.027	0.020	0.977	0.654	0.326
Arachidic (C20:0)	0.178	0.125	0.163	0.141	0.098	0.262	0.636	0.266
Erucic acid (C20:1n9)	0.206	0.197	0.183	0.220	0.160	0.913	0.625	0.910
Heneicosanoic Acid (C21:0)	0.124	0.130	0.134	0.120	0.074	0.879	0.678	0.540
Eicosatrienoic acid (C20:3n6)	0.192	0.178	0.192	0.178	0.115	0.791	0.791	0.277
Docosanoic Acid (C22:0)	0.073	0.080	0.070	0.083	0.042	0.701	0.505	0.964
Eicosatrienoic acid (C20:3n3) + Arachidonic acid (C20:4n6)	0.430	0.402	0.411	0.420	0.166	0.725	0.906	0.476
Docosadienoic acid (C22:2)	0.060	0.046	0.047	0.058	0.034	0.401	0.494	0.954
Nervonic acid (C24:1)	0.089	0.093	0.088	0.094	0.036	0.853	0.763	0.688
Docosahexaenoic acid (C22:6n3)	0.320	0.522	0.426	0.416	0.242	0.100	0.928	0.458
SFA	31.149	28.703	28.179	31.674	19.632	0.849	0.746	0.522
MUFA	57.205	58.418	57.559	58.064	38.082	0.916	0.991	0.614
PUFA	2.328	2.757	2.085	3.001	1.477	0.537	0.337	0.576
PUFA : SFA	0.093 ^b	0.145 ^a	0.131	0.107	0.003	0.028	0.391	0.181
n-3	0.348	0.550	0.457	0.442	0.256	0.108	0.856	0.438
n-6	1.584	1.817	1.352	2.048	1.084	0.641	0.311	0.647
n-6:n-3	5.469	3.793	4.028	5.234	0.021	0.132	0.259	0.388

SFA= C12:0 + C14:0 + C16:0 + C17:0 + C18:0 + C20:0 + C21:0 + C22:0; MUFA = C14:1 + C16:1 + C17:1 + C18:1n9t + C18:1n9c + 20:1n9 + C24:1; PUFA=C18:2n6t + C18:2n6c + C18:3n6 + C18:3n3 + C20:3n6 + C20:3n3+C20:4n6 + C22:2 + C22:6n3; n-3=C18:3n3 + C22:6n3; n-6=C18:2n6t + C18:2n6c + C18:3n6 + C20:3n6

^{a, b} P < 0.05

การทดลองที่ 2 : การศึกษาองค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่ผ่านระบบการเลี้ยงโคขุนด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นอาหารหยาบหลักโดยโคจะได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.5M และ *ad libitum* ผลการทดลองโดยสรุปดังนี้

- อาหารหมักสำเร็จรูปที่ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบหลักมีน้ำหนักมีชีวิตสุดท้าย เปอร์เซ็นต์ซากอ่อน เปอร์เซ็นต์ซากเย็น และ เปอร์เซ็นต์เนื้อสันนอกรมากกว่าแหล่งอาหารหยาบหลักที่ใช้หญ้าเนเปียร์ แต่ไม่พบว่าระดับพลังงานในสูตรอาหารมีอิทธิพลต่อองค์ประกอบซากและชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่ง พบอิทธิพลร่วมระหว่างแหล่งอาหารหยาบและระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ต่อปริมาณกระดูกรวมโดยพบว่าอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบหลักที่มีพลังงาน 1.5M มีค่าสูงสุดในขณะที่แหล่งอาหารหยาบหญ้าเนเปียร์ที่ระดับพลังงาน 1.5M มีค่าต่ำสุด

- แหล่งอาหารหยาบหลัก และระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้ไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณคอลลาเจน ยกเว้นสูตรอาหารที่มีหญ้าเนเปียร์เป็นแหล่งอาหารหยาบหลักมีเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจนสูงกว่าฟางข้าว และพบว่าโคที่ได้รับพลังงานแบบเต็มที่มีเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจนสูงกว่าที่โคที่ได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.5M

- แหล่งอาหารหยาบหลักและระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ที่แตกต่างกันไม่มีอิทธิพลต่อการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที

- การบ่มเนื้อไว้ 14 วัน มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำระหว่างการปรุงเพิ่มขึ้น แต่ทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและพบว่าเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจนสูงขึ้นและปริมาณโพลี-เพปไทด์ขนาด 30 kDa ที่เกิดจากการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที เพิ่มขึ้น

- แหล่งอาหารหยาบหลักและระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ไม่มีอิทธิพลต่อคุณภาพเนื้อในเรื่องของค่า pH สีเนื้อ และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ยกเว้นพบว่าโคที่ได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.5M มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำระหว่างการเก็บรักษา มากกว่าโคที่ได้รับพลังงานแบบเต็ม

- แหล่งอาหารหยาบหลักและระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ที่แตกต่างกันไม่มีอิทธิพลต่อองค์ประกอบของกรดไขมัน ยกเว้นแหล่งอาหารหยาบฟางข้าวมี PUFA : SFA สูงกว่าแหล่งหญ้าเนเปียร์

- การใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบหลักในสูตรอาหารหมักสำเร็จรูปในการเลี้ยงโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานมีอัตราส่วนของ n-6:n-3 ที่ดีต่อสุขภาพมากกว่าแหล่งอาหารหยาบหลักที่เป็นหญ้าเนเปียร์สด

การทดลองที่ 3 : การศึกษาคุณภาพเนื้อของกล้ามเนื้อสำคัญของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูป

3.1 อิทธิพลชนิดกล้ามเนื้อ 5 ชนิดต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักในสูตรอาหารที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.7M

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกล้ามเนื้อทั้ง 5 ชนิด ดังตารางที่ 25 พบว่า กล้ามเนื้อทั้ง 5 ชนิด มีความชื้น ไขมัน และโปรตีน ที่แตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) โดย LD มีความชื้นที่ต่ำที่สุด แต่ BF, IF, SM และ SS ไม่ต่างกัน เปอร์เซ็นต์ไขมันในกล้ามเนื้อ IF มีค่าสูงสุด ซึ่งไม่ต่างกับ LD รองลงมา คือ SS, SM และ BF ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์โปรตีนใน BF, LD และ SM ไม่ต่างกัน แต่ใน IF และ SS มีเปอร์เซ็นต์ไขมันที่ต่ำกว่า แต่อย่างไรก็ตาม เปอร์เซ็นต์ของเถ้าในกล้ามเนื้อทั้ง 5 ชนิดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

จากผลการศึกษาเนื้อโคพื้นเมืองจากจังหวัดอุบลราชธานีและกาญจนบุรีของจันทร์พร และคณะ (2554) พบว่ากล้ามเนื้อ LD มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงที่สุด รองลงมาคือ SS และ IF ตามลำดับ ($P < 0.01$) กล้ามเนื้อ LD มีเปอร์เซ็นต์ไขมันต่ำกว่า ($P < 0.01$) ในขณะที่เปอร์เซ็นต์เถ้าสูงกว่า ($P < 0.01$) กล้ามเนื้อ IF และ SS สอดคล้องกับรายงานของ Pavan and Duckett (2013) ที่ทำการศึกษาถึงองค์ประกอบทางโภชนาของกล้ามเนื้อชนิดต่างๆ คือ eye of round (ER), Ribeye (RE), Top round (TR), Striploin (SL), Top sirloin (TS), และ Tenderloin (TL) พบว่า กล้ามเนื้อทั้ง 6 ชนิด มีองค์ประกอบทางโภชนาที่แตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ยกเว้นเปอร์เซ็นต์เถ้าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) และเมื่อพิจารณาองค์ประกอบโภชนาแต่ละอย่าง พบว่า กล้ามเนื้อ ER มีความชื้นมากที่สุดรองลงมาคือ TR, SL, RE, TS และ TL ตามลำดับ (74.11, 72.84, 72.74, 72.57, 72.02 และ 70.05 เปอร์เซ็นต์) เปอร์เซ็นต์ไขมันที่พบในกล้ามเนื้อ TL มีสูงที่สุด รองลงมาคือ ST, SL, TR, R และ ER ตามลำดับ (6.29, 4.52, 3.20, 3.14 และ 2.30 เปอร์เซ็นต์) ในส่วนของเปอร์เซ็นต์โปรตีน พบว่า กล้ามเนื้อ RE มีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงที่สุด รองลงมาคือ SL, TS, ER, TL และ TR ตามลำดับ (23.78, 23.23, 23.07, 22.34, 22.20 และ 21.58 เปอร์เซ็นต์)

ตารางที่ 25 อิทธิพลชนิดกล้ามเนื้อ 5 ชนิดต่อองค์ประกอบทางโภชนาของเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าว เป็นอาหารหยาบหลักในสูตรอาหารที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.7M

Trait	Muscle					RMSE	P-value
	BF	IF	LD	SM	SS		
Moisture	74.59 ^a	73.38 ^a	70.56 ^b	73.65 ^a	75.32 ^a	1.48	0.001
Fat	2.06 ^e	5.66 ^c	5.23 ^{cd}	2.71 ^e	3.06 ^{de}	1.66	0.011
Ash	1.11	1.06	1.48	1.12	1.07	0.05	0.110
Protein	22.17 ^a	20.22 ^b	22.53 ^a	22.4 ^a	20.72 ^b	0.99	0.005

^{a, b} ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันเนื่องมาจากกล้ามเนื้อที่ต่างกัน ($P < 0.01$)

^{c, d, e} ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันเนื่องมาจากกล้ามเนื้อที่ต่างกัน ($P < 0.05$)

3.2 อิทธิพลชนิดกล้ามเนื้อ 5 ชนิดต่อปริมาณคอลลาเจนของเนื้อโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักในสูตรอาหารที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.7M

จากการทดลองพบว่าคอลลาเจนที่ละลายได้ คอลลาเจนที่ไม่ละลาย คอลลาเจนรวม และเปอร์เซ็นต์คอลลาเจนที่ละลายได้ของกล้ามเนื้อ 5 ชนิดมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) BF IF และ SS มีคอลลาเจนที่ละลายได้สูงที่สุดแตกต่างกับ LD และ SM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังตารางที่ 26 จากการศึกษาปริมาณคอลลาเจนในเนื้อโคพื้นเมืองจากจังหวัดอุบลราชธานีและกาญจนบุรีของ จันทพร และคณะ (2554) พบว่า SS และ IF มีปริมาณคอลลาเจนที่ไม่ละลาย และคอลลาเจนรวมสูงกว่า LD ($P < 0.01$) ซึ่ง Kirchofer *et al.* (2002) ได้กล่าวว่า IF และ SS เป็นกล้ามเนื้อชนิด red muscle และ intermediate muscle ตามลำดับ โดยมีการสะสมพลังงานในรูปของไขมัน ซึ่งไขมันจะแทรกอยู่ตามเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน endomysium และ perimysium ส่งผลให้ cross-link ระหว่างโมเลกุลคอลลาเจนไม่แข็งแรง จึงเกิดการละลายเมื่อได้รับความร้อน (Moon, 2006) เช่นเดียวกับการทดลองของ Jeremiah *et al.* (2003) ที่พบว่า IF มีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้สูงที่สุด ปริมาณคอลลาเจนที่ไม่ละลายและคอลลาเจนรวมของ SS IF และ BF สูงกว่า LD และ SM ($P < 0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของ Jeremiah *et al.* (2003) พบว่า IF มีปริมาณคอลลาเจนที่ไม่ละลายและคอลลาเจนรวมสูงที่สุด รองลงมาคือ SS และ LD ตามลำดับ การศึกษาครั้งนี้พบว่า IF มีเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจนสูงที่สุดในขณะที่ SM มีเปอร์เซ็นต์ต่ำที่สุด ($P < 0.01$) จากการศึกษาปริมาณคอลลาเจนในโคพื้นเมืองของจันทพร และคณะ (2554) ระบุว่ากล้ามเนื้อ IF และ SS มีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ ที่ไม่ละลาย และคอลลาเจนรวมสูงกว่า LD

การศึกษานี้พบว่า การบ่มเนื้อไว้ 14 วันมีแนวโน้มที่จะทำให้ปริมาณคอลลาเจนที่ไม่ละลายและคอลลาเจนรวมต่ำกว่าที่ระยะเวลาการบ่มที่ 2 วัน ($P < 0.1$) ดังตารางที่ 21 จากการศึกษาของ Modzelewska-Kapitula *et al.* (2015) รายงานว่าคอลลาเจนที่ละลายได้ของกล้ามเนื้อใบพายของโคที่ระยะเวลาการบ่มระหว่างวันที่ 5 ถึงวันที่ 10 มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หลังการบ่มเกิน 10 วันแล้วมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ในการศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาการบ่มของเนื้อและชนิดของกล้ามเนื้อพบว่า ไม่มีผล ($P > 0.05$) ต่อคอลลาเจนที่ละลายได้ คอลลาเจนที่ไม่ละลาย คอลลาเจนรวม และเปอร์เซ็นต์คอลลาเจนที่ละลายได้

ตารางที่ 26 อิทธิพลชนิดกล้ามเนื้อ 5 ชนิด และ อิทธิพลของการบ่มเนื้อไว้ 2 และ 14 วัน ที่มีผลต่อปริมาณคอลลาเจน (มิลลิกรัม/กรัมเนื้อสด)

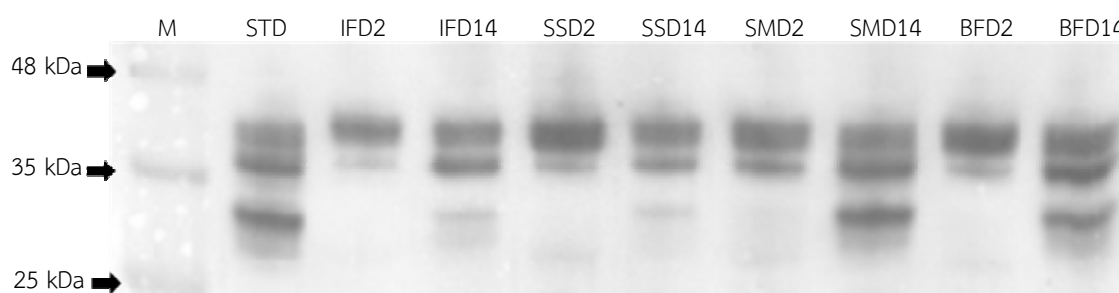
Collagen	Muscle (M)					Ageing (A)		RMSE	P-value		
	BF	IF	LD	SM	SS	2	14		M	A	M*A
soluble	0.34 ^a	0.45 ^a	0.21 ^b	0.17 ^b	0.37 ^a	0.33	0.28	0.12	<0.0001	0.137	0.857
insoluble	5.88 ^a	5.92 ^a	3.19 ^b	3.70 ^b	6.66 ^a	5.41	4.72	1.33	<0.0001	0.074	0.141
total	6.21 ^a	6.37 ^a	3.39 ^b	3.87 ^b	7.03 ^a	5.75	5.00	1.41	<0.0001	0.071	0.168
% solubility	5.33 ^{abc}	6.58 ^a	6.14 ^{ab}	4.50 ^c	5.26 ^{bc}	5.75	5.46	1.26	0.008	0.418	0.643

a, b, c ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

3.3 อิทธิพลชนิดกล้ามเนื้อ 5 ชนิดต่อการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ ของเนื้อโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหลักในสูตรอาหารที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.7M

อิทธิพลของชนิดกล้ามเนื้อและการบ่มต่อการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ (ภาพที่ 10) พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดกล้ามเนื้อและการบ่มต่อการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ (ตารางที่ 27-28 และภาพที่ 11) โดยพบว่าปริมาณโปรตีนโทรโปนิน ที่ ขนาด 37 kDa ของ LD ที่การบ่ม 2 วันมีสูงที่สุด รองลงมาคือ LD 14 วัน ตามด้วย BF 2 วัน ส่วน IF SM และ SS ทั้งที่การบ่ม 2 และ 14 วันมีปริมาณไม่ต่างกันทางสถิติและมีค่าน้อยที่สุด ($P < 0.05$) ส่วนผลผลิตที่ได้จากการสลายโปรตีนโทรโปนิน ที่ ขนาด 30 kDa พบว่า LD 14 วัน มีปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ LD 2 วัน ซึ่งเท่ากับ BF 14 วัน และ SM 14 วัน ตามด้วย SS 14 วัน IF 14 วัน และ SM SS BF IF ที่ 2 วัน ($P < 0.05$)

การทดลองครั้งนี้พบว่า LD ที่ระยะการบ่ม 14 วันมีการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ มากที่สุดในขณะที่บ่มไว้เพียง 2 วันก็มีการสลายตัวไม่ต่างกันทางสถิติกับ BF และ SM ที่บ่มไว้ 14 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างกล้ามเนื้อ 5 ชนิดพบว่ากล้ามเนื้อ IF และ SS ที่บ่มไว้ 14 วัน ทำให้เกิดการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จากการศึกษาของ จันทรพร และคณะ (2554) การสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ ในกล้ามเนื้อ IF LD และ SS ของโคพื้นเมืองที่การบ่ม 2 วันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ผลการทดลองครั้งนี้พบว่า LD มีการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ มากที่สุด สอดคล้องกับผลการทดลองของ Muroya *et al.* (2006) ที่รายงานไว้ว่า กล้ามเนื้อ *Longissimus thoracis* (LT) ซึ่งจัดว่าเป็น faster – type muscle มีการย่อยสลายของ troponin T มากกว่า Diaphragm และ Masseter ซึ่งเป็น slow – type muscle ซึ่งผู้วิจัยกลุ่มนี้อธิบายว่าอาจเป็นเพราะว่า LT มี protease enzyme activity เช่น calpain 1 และ calpain 2 ที่สูงกว่า slow muscle นั้นเอง ซึ่งจากผลการศึกษาของจันทรพร และคณะ (2554) พบว่า IF จัดเป็น slow muscle LD เป็น fast muscle และ SS เป็น intermediate muscle



- IFd2, IFd14 = กล้ามเนื้อใบพาย (*Infraspinalis*) ที่บ่ม 2 หรือ 14 วัน
 SSd2, SSd14 = กล้ามเนื้อไหล่ (*Supraspinalis*) ที่บ่ม 2 หรือ 14 วัน
 SMD2, SMD14 = กล้ามเนื้อพับใน (*Semimembranosus*) ที่บ่ม 2 หรือ 14 วัน
 BFD2, BFD14 = กล้ามเนื้อสะโพก (*Biceps femoris*) ที่บ่ม 2 หรือ 14 วัน
 M = แลปโปรตีนมาตรฐานที่ทราบน้ำหนักโมเลกุล
 STD = ตัวอย่างมาตรฐาน คือตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอกที่บ่ม 14 วัน ใช้กับทุกเมมเบรนเพื่อปรับลดความแปรปรวนระหว่างเมมเบรน

ภาพที่ 10 แลปโปรตีนโทรโปนินที่ ของกล้ามเนื้อ 4 ชนิดที่ผ่านการบ่ม 2 และ 14 วัน ของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่ได้รับการขุนด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหลัก ที่มีระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 1.7M

ตารางที่ 27 อิทธิพลชนิดกล้ามเนื้อ 5 ชนิด และ อิทธิพลของการบ่มเนื้อไว้ 2 และ 14 วัน ที่มีผลต่อปริมาณการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนินที่¹

Troponin T	Muscle (M)					Ageing (A)		RMSE	P-value		
	BF	IF	LD	SM	SS	2	14		M	A	M*A
37kDa	0.16	0.13	0.29	0.15	0.15	0.19	0.16	0.04	0.074	<0.0001	0.029
30 kDa	0.07	0.02	0.16	0.08	0.04	0.05	0.1	0.03	<0.0001	<0.0001	0.026

¹ความเข้มของแถบโปรตีนโทรโปนินที่/ความเข้มของแถบโปรตีนทั้งหมด

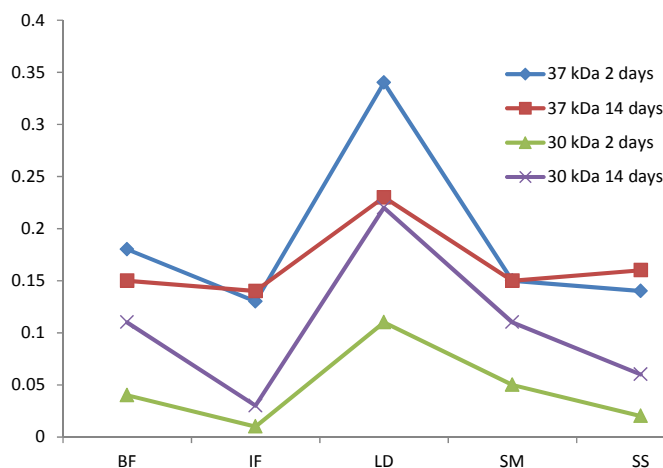
ตารางที่ 28 อิทธิพลร่วมระหว่างอิทธิพลของการบ่มและชนิดกล้ามเนื้อต่อการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนินที่¹

Ageing (day)	Muscle	37 kDa	30 kDa
2	BF	0.18 ^{bc}	0.04 ^{cd}
2	IF	0.13 ^c	0.01 ^d
2	LD	0.34 ^a	0.11 ^b
2	SM	0.15 ^c	0.05 ^{cd}
2	SS	0.14 ^c	0.02 ^{cd}
14	BF	0.15 ^c	0.11 ^b
14	IF	0.14 ^c	0.03 ^{cd}
14	LD	0.23 ^b	0.22 ^a
14	SM	0.15 ^c	0.11 ^b
14	SS	0.16 ^c	0.06 ^c

a, b, c, d ตัวอักษรที่ต่างกันในกลุ่มเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P<0.05)

¹ความเข้มของแถบโปรตีนโทรโปนินที่/ความเข้มของแถบโปรตีนทั้งหมด

ความเข้มของแถบโปรตีนโทรโปนิน ที/ความเข้มของแถบโปรตีนทั้งหมด



ภาพที่ 11 อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดกล้ามเนื้อและระยะการบ่มต่อแถบโปรตีนโทรโปนิน ที ของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่ได้รับการขุนด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหลักที่มีระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 1.7M

3.4 ศึกษาอิทธิพลชนิดกล้ามเนื้อ 5 ชนิด และ อิทธิพลของการบ่มเนื้อไว้ 2 และ 14 วัน ที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อ ของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงแบบประณีตอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหลักในสูตรอาหารที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.7M

ผลการทดลองเปรียบเทียบในกล้ามเนื้อ 5 ชนิดคือ กล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi*, LD) กล้ามเนื้อใบพาย (*Infraspinatus*, IF) กล้ามเนื้อสันในเทียม (*Supraspinatus*, SS) กล้ามเนื้อพับใน (*Semimembranosus*, SM) และ พับนอก (*Biceps femoris*, BF) ดังภาพที่ 28 พบว่ากล้ามเนื้อทั้ง 5 ชนิดไม่มีผลต่อค่า pH และอุณหภูมิของเนื้อ ($P > 0.05$) ในขณะที่พบแนวโน้มของอิทธิพลของชนิดกล้ามเนื้อต่อค่า L^* ($P = 0.052$) และค่า a^* ($P = 0.098$) โดยพบว่า IF มีแนวโน้มที่จะมีค่า L^* สูงกว่า ในขณะที่ SM มีค่า L^* ต่ำกว่ากล้ามเนื้ออื่น ส่วนค่า a^* พบว่า SS มีค่า a^* สูงกว่า ในขณะที่ LD มีค่า a^* ต่ำกว่ากล้ามเนื้ออื่น ดังตารางที่ 29 ผลการทดลองครั้งนี้พบว่า pH และสีเนื้อของกล้ามเนื้อโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานไม่ต่างกันทางสถิติ ซึ่งต่างจากรายงานการศึกษาของ จันทรพร และคณะ (2554) ที่ศึกษาในโคพื้นเมืองจากจังหวัดอุบลราชธานีและกาญจนบุรี พบว่า ค่า pH ที่ 48 ชั่วโมงหลังสัตว์ตายของ LD ต่ำกว่า SS และ IF ($P < 0.01$) ส่วนสีเนื้อพบว่า LD และ SS มีค่า L^* สูงกว่า IF ($P < 0.01$) ส่วนกล้ามเนื้อ IF และ SS มีค่า a^* และ b^* สูงกว่า LD ($P < 0.01$)

ตารางที่ 29 อิทธิพลชนิดกล้ามเนื้อ 5 ชนิดต่อค่า pH อุณหภูมิ และสีของเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าว เป็นอาหารหลักในสูตรอาหารที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.7M

Trait	Muscle					RMSE	P-value
	BF	IF	LD	SM	SS		
pH	5.52	5.63	5.51	5.45	5.63	0.132	0.322
L^*	36.62	39.71	37.20	34.84	36.73	2.271	0.052
a^*	19.87	20.22	18.14	20.90	21.53	1.867	0.098
b^*	12.30	12.54	11.83	13.55	12.74	1.555	0.521

จากการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงและค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อทั้ง 5 ชนิดมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังตารางที่ 30 โดย IF มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่ำที่สุดแตกต่างจากกล้ามเนื้ออีก 4 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับผลการทดลองของ จันทรพร และคณะ (2554) ที่ศึกษาในโคพื้นเมืองจากจังหวัดอุบลราชธานีและกาญจนบุรี ที่พบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงไม่ต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าค่าแรงตัดผ่านเนื้อของ IF ต่ำกว่า LD และ SS ($P < 0.01$) เช่นเดียวกับการทดลองของ Calkins and Sullivan (2007) ที่พบว่าค่าแรงตัดผ่านเนื้อของ IF มีค่าต่ำที่สุด รองลงมาคือ SS และ LD ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงของ SS และ SM มีค่าสูงที่สุดแตกต่างจาก LD และ IF อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งจากการศึกษาของ Von Seggern *et al.* (2005) พบว่าการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงของ SS มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ IF และ LD มีค่าเท่ากับ 39.67 38.48 และ 37.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และจากการศึกษาของ Jeremiah *et al.* (2003) พบว่า SS มีค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสูงที่สุด รองลงมาคือ IF และ LD มีค่าเท่ากับ 37 32 และ 28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังพบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงของเนื้อที่ระยะเวลาการบ่ม 14 วันมีค่ามากกว่าที่ระยะเวลาการบ่ม 2 วันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และค่าแรงตัดผ่านเนื้อที่ระยะเวลาการบ่ม 14 วันมีค่าน้อยกว่าที่ระยะเวลาการบ่ม 2 วันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เช่นเดียวกับการทดลองของ Jaturasitha *et al.* (2004) ที่พบว่าค่าการสูญเสียน้ำระหว่างปรุงสุกที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำที่เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการบ่มที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน จากผลการศึกษาของ Lee *et al.* (2000) พบว่าค่าแรงตัดผ่านเนื้อที่ระยะเวลาการบ่มที่ 3 7 และ 14 วัน มีค่า 10.07 8.10 และ 7.56 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ และ Stolorski *et al.* (2006) พบว่าเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อลดลง ในการศึกษาครั้งนี้ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของกล้ามเนื้อและระยะเวลาการบ่มต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงและค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 30 อิทธิพลชนิดกล้ามเนื้อ 5 ชนิด และ อิทธิพลของการบ่มเนื้อไว้ 2 และ 14 วัน ที่มีผลต่อการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงและค่าแรงตัดผ่านเนื้อ

Trait	Muscle (M)					Ageing (A)		RMSE	P-value		
	BF	IF	LD	SM	SS	2	14		M	A	M*A
Cooking loss (%)	24.10 ^{ab}	21.46 ^a	20.35 ^a	26.33 ^b	26.82 ^b	22.00 ^x	25.62 ^y	4.51	0.011	0.008	0.284
Shear force (kg)	8.17 ^a	4.92 ^b	7.63 ^a	7.29 ^a	6.81 ^a	8.29 ^x	5.64 ^y	1.81	0.004	<0.0001	0.297

^{a, b} ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันเนื่องมาจากกล้ามเนื้อที่ต่างกัน ($P < 0.01$)

^{x, y} ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันเนื่องมาจากระยะเวลาการบ่มที่ต่างกัน ($P < 0.05$)

3.5 อิทธิพลชนิดกล้ามเนื้อ 5 ชนิดต่อองค์ประกอบของกรดไขมันของเนื้อโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักในสูตรอาหารที่มีระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.7M

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันของกล้ามเนื้อทั้ง 5 ชนิด พบว่า กรดไขมันชนิด PUFA รวม มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่กรดไขมันชนิด SFA และ MUFA รวมมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยปริมาณของกรดไขมันชนิด SFA ในกล้ามเนื้อ IF มีค่าสูงที่สุด รองลงมา คือ LD, SM, SS และ BF ตามลำดับ และปริมาณของ MUFA รวมมีอยู่ในกล้ามเนื้อ IF สูงที่สุดเช่นกัน รองลงมาคือ BF, LD, SM และ SS ตามลำดับ (ตารางที่ 31) จากการศึกษาของ Wolf *et al.* (2018) ที่ทำการศึกษาปริมาณกรดไขมันในกล้ามเนื้อ 3 ชนิด คือ *Extensor carpi radialis* (ER), *Biceps femoris* (BF) และ *Longissimus thoracis* (LT) ของโคเนื้อสายพันธุ์ Angus ที่มีการเสริมน้ำมันปลาและน้ำมันดอกทานตะวันลงในสูตรอาหาร และมีฟางข้าวบาร์เลย์เป็นอาหารหยาบหลัก พบว่า กรดไขมันชนิด SFA รวม ในกล้ามเนื้อ ER (399 มิลลิกรัม/100 กรัม) ต่ำที่สุด ที่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับปริมาณที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อ BF (1,500 มิลลิกรัม/100 กรัม) และ LT (1,455 มิลลิกรัม/100 กรัม) ซึ่งปริมาณของกรดไขมันชนิด MUFA รวม ที่พบในกล้ามเนื้อทั้ง 3 ชนิด ก็มีทิศทางเช่นเดียวกับปริมาณกรดไขมันชนิด SFA รวม คือ ปริมาณของกรดไขมันชนิด MUFA รวม ในกล้ามเนื้อ ER (378 มิลลิกรัม/100 กรัม) ต่ำที่สุด ที่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับปริมาณที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อ BF (1,369 มิลลิกรัม/100 กรัม) และ LT (1,150 มิลลิกรัม/100 กรัม) ในส่วนของปริมาณกรดไขมันชนิด PUFA รวม พบว่า ปริมาณกรดไขมันชนิด PUFA รวม ในกล้ามเนื้อ BF มีความแตกต่างกับปริมาณของกรดไขมันชนิด PUFA ที่มีในกล้ามเนื้อ ER และ LT ($P<0.05$) โดยในกล้ามเนื้อ BF มีปริมาณของกรดไขมันชนิด PUFA สูงที่สุด รองลงมาคือ LT และ ER ตามลำดับ (374, 259 และ 223 มิลลิกรัม/100 กรัม) และจากการศึกษาของ Pavan and Duckett (2013) ที่ทำการศึกษาปริมาณกรดไขมันในกล้ามเนื้อ 6 ชนิด คือ Eye of round (ER), Ribeye (RE), Top round (TR), Striploin (SL), Top sirloin (TS) และ Tenderloin (TL) ของโคเนื้อสายพันธุ์ Aberdeen Angus ที่ได้รับหญ้าสดเป็นอาหารหลัก พบว่า ปริมาณของกรดไขมันชนิด SFA รวมในกล้ามเนื้อ TL มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ TS, RE, SL, TR และ ER ตามลำดับ (46.95, 46.54, 46.10, 45.62, 44.39 และ 41.49 กรัม/100 กรัมของกรดไขมันทั้งหมด) ปริมาณของกรดไขมันชนิด MUFA รวม กลับพบในกล้ามเนื้อ TR สูงที่สุด รองลงมา คือ RE, SL, ER, TS และ TL ตามลำดับ (36.66, 36.61, 36.39, 35.25, 34.66 และ 33.92 กรัม/100 กรัมของกรดไขมันทั้งหมด) และปริมาณของกรดไขมันชนิด PUFA รวม พบว่า กล้ามเนื้อ ER มีปริมาณสูงที่สุด รองลงมาคือ TR, TS, RE, SL และ TL ตามลำดับ (6.87, 5.90, 5.43, 5.07, 5.05 และ 4.94 กรัม/100 กรัมของกรดไขมันทั้งหมด)

เมื่อพิจารณาปริมาณกรดไขมันแต่ละตัว พบว่า กรดไขมัน C18:0 ในกล้ามเนื้อ IF มีปริมาณสูงที่สุด รองลงมาคือ BF, LD, SM และ SS ตามลำดับ ปริมาณของกรดไขมัน C18:1n9 พบว่า ในกล้ามเนื้อ IF มีปริมาณที่สูงที่สุด รองลงมาคือ SM, LD, SS และ BF มีปริมาณที่ต่ำที่สุด ปริมาณของกรดไขมัน C18:2n6c พบว่า ในกล้ามเนื้อ IF มีปริมาณที่สูงที่สุด รองลงมาคือ BF, SS, SM และ LD ตามลำดับ ปริมาณของกรดไขมัน C20:1n9 พบว่า ในกล้ามเนื้อ IF มีปริมาณที่สูงที่สุด รองลงมาคือ BF, SM, LD และ SS ตามลำดับ ปริมาณของกรดไขมัน C20:3n6 พบว่า LD มีปริมาณต่ำที่สุด ส่วนกล้ามเนื้อ SS, SM, IF และ BF มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ปริมาณของ C20:3n3 + C20:4n6 พบว่า ในกล้ามเนื้อ BF มีปริมาณสูงที่สุด รองลงมาคือ IF, SM, SS และ LD มีค่าต่ำสุด ปริมาณกรดไขมัน C22:6n3 พบว่า กล้ามเนื้อ BF และ SS มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ IF, SM และ LD ตามลำดับ จากปริมาณกรดไขมันที่สำคัญๆ จะพบว่าการสะสมในกล้ามเนื้อ IF ในปริมาณค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อชนิดอื่นๆ แต่เมื่อมาพิจารณาสัดส่วนของ n-6 : n-3

พบว่า มีสัดส่วนที่สูง คือ 8.035 ที่อยู่ในสัดส่วนที่ไม่ดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค ทำให้เกิดความเสี่ยงของการเกิดโรคหลอดเลือดสูง (ตารางที่ 31) จากการศึกษาของ Wolf *et al.* (2018) ที่ทำการศึกษาปริมาณกรดไขมันในกล้ามเนื้อที่ต่างกัน พบว่า ชนิดของกล้ามเนื้อมีผลต่อการสะสมของกรดไขมัน โดยเมื่อพิจารณากรดไขมันรายตัว ปริมาณของกรดไขมัน C18:0 ในกล้ามเนื้อ TL มีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อ SL, TR, RE และ ER แต่ไม่ต่างกับกล้ามเนื้อ TS ปริมาณของกรดไขมัน C18:2n6 พบว่า ในกล้ามเนื้อ ER มีปริมาณสูงที่สุด รองลงมาคือ TR, TS, TL, RE และ SL มีค่าต่ำที่สุด และปริมาณของกรดไขมัน C22:6n3 พบว่า กล้ามเนื้อ ER มีปริมาณสูงที่สุด รองลงมาคือ TR, SL, TS, RE และ TL มีค่าต่ำที่สุด และจากรายงานวิจัยของ Pavan and Duckett (2013) รายงานว่า กล้ามเนื้อแต่ละชนิดมีการสะสมกรดไขมัน C18:0 คือ ในกล้ามเนื้อ LT มีการสะสม C18:0 มากที่สุด รองลงมาคือ BF และ ER ตามลำดับ ปริมาณของกรดไขมัน C18:2n6 ในกล้ามเนื้อ LT และ BF มีค่าสูงที่สุด และในกล้ามเนื้อ ER มีปริมาณต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ พิทักษ์พล และคณะ (2554) ที่ทำการเปรียบเทียบปริมาณของกรดไขมันในกล้ามเนื้อที่แตกต่างกัน 4 ชนิด คือ LD IF SM และ PS (*Pectoralis superficialis*) ของกระบือ พบว่า ปริมาณของ C18:2n6 ใน IF มีค่าสูงที่สุด ($P < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับ SM แต่เมื่อพิจารณาเป็นค่ารวมของ SFA MUFA และ PUFA พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ในงานทดลองครั้งนี้กลับ พบว่า SFA และ MUFA มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) โดย ใน IF มีปริมาณของ SFA และ MUFA สูงที่สุด แต่ปริมาณของ PUFA ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) จึงส่งผลให้สัดส่วนของ PUFA:MUFA มีค่าต่ำกว่า BF ($P < 0.05$) แต่จากการศึกษาของ นัธธมน และกฤตพล (2553) ที่ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในกล้ามเนื้อ 5 ชนิด คือ เนื้อสะโพก (SM) เนื้อสันนอก (LD) เนื้อแดง (RM) เนื้อสันใน (PM) ของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับอาหาร FTMR ที่มีระดับพลังงานที่แตกต่างกัน พบว่า ชนิดของกล้ามเนื้อมีผลต่อปริมาณของ กรดไขมันอิ่มตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัว 1 พันธะ กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 31 อิทธิพลชนิดกล้ามเนื้อ 5 ชนิดที่มีผลต่อปริมาณกรดไขมัน (มิลลิกรัม/กรัมเนื้อสด)

Fatty acid	Muscle (M)					RMSE	P-value
	BF	IF	LD	SM	SS		
Lauric acid (C12:0)	0.052	0.097	0.057	0.094	0.032	0.051	0.277
Myristic acid (C14:0)	1.331 ^{xy}	2.771 ^x	1.707 ^{xy}	1.441 ^y	0.783 ^{yz}	0.869	0.032
Myristoleic acid (C14:1)	0.738	1.108	0.606	0.586	0.280	0.449	0.115
Palmitic acid (C16:0)	11.625 ^y	20.296 ^x	11.965 ^y	11.839 ^y	6.935 ^y	5.563	0.025
Palmitoleic acid (C16:1)	3.132 ^y	4.234 ^x	2.094 ^y	2.416 ^y	1.373 ^y	1.306	0.036
Margaric acid (C17:0)	0.470 ^b	0.997 ^a	0.385 ^c	0.510 ^{bc}	0.309	0.214	0.001
Heptadecenoic acid (C17:1)	0.522	0.215	0.277	0.574	1.235	1.187	0.680
Stearic acid (C18:0)	4.551 ^y	7.987 ^x	4.265 ^y	3.573 ^y	2.649 ^y	2.096	0.011
Vaccenic acid (C18:1n9t)	0.077	0.591	0.081	0.279	0.185	0.308	0.125
Oleic acid (C18:1n9c)	11.926 ^c	68.826 ^a	33.839 ^b	37.331 ^b	25.871 ^b	12.757	<0.001
Linoleic acid (C18:2n6t)	0.558	0.483	0.113	0.554	0.385	0.265	0.128
Linoleladic acid (C18:2n6c)	1.017 ^{xy}	1.170 ^x	0.472 ^y	0.695 ^y	0.796 ^y	0.329	0.044
γ-Linolenic acid (C18:3n6)	0.671	0.252	0.430	0.062	0.057	0.302	0.103
α-Linolenic acid (C18:3n3)	0.042	0.041	0.023	0.020	0.019	0.018	0.222
Arachidic (C20:0)	0.180	0.183	0.105	0.168	0.099	0.065	0.177
Erucic acid (C20:1n9)	0.160 ^{xy}	0.217 ^x	0.084 ^y	0.173 ^{xy}	0.083 ^y	0.068	0.028
Heneicosanoic Acid (C21:0)	0.130	0.134	0.085	0.032	0.044	0.059	0.077
Eicosatrienoic acid (C20:3n6)	0.184 ^{xy}	0.217 ^x	0.054 ^y	0.239 ^x	0.281 ^x	0.103	0.033
Docosanoic Acid (C22:0)	0.115	0.094	0.043	0.073	0.065	0.039	0.188
Eicosatrienoic acid (C20:3n3) + Arachidonic acid (C20:4n6)	0.665 ^a	0.448a ^b	0.194 ^c	0.429 ^b	0.426 ^b	0.124	0.004
Docosadienoic acid (C22:2)	0.053	0.029	0.021	0.011	0.033	0.020	0.198
Nervonic acid (C24:1)	0.091 ^a	0.122 ^a	0.049 ^b	0.089 ^a	0.110 ^a	0.027	0.006
Docosahexaenoic acid (C22:6n3)	0.399 ^a	0.233 ^b	0.183 ^b	0.202 ^b	0.350 ^a	0.074	0.005

SFA=C12:0 + C14:0 + C16:0 + C17:0 + C18:0 + C20:0 + C21:0 + C22:0; MUFA=C14:1 + C16:1 + C17:1 + C18:1n9t + C18:1n9c + 20:1n9 + C24:1; PUFA=C18:2n6t + C18:2n6c + C18:3n6 + C18:3n3 + C20:3n6 + C20:3n3+C20:4n6 + C22:2 + C22:6n3; n-3=C18:3n3 + C22:6n3; n-6=C18:2n6t + C18:2n6c + C18:3n6 + C20:3n6

^{a, b, c} P < 0.01; ^{x, y, z} P < 0.05

ตารางที่ 31 (ต่อ) อิทธิพลชนิดกล้ามเนื้อ 5 ชนิดที่มีผลต่อปริมาณกรดไขมัน (มิลลิกรัม/กรัมเนื้อสัตว์)

Fatty acid	Muscle (M)					RMSE	P-value
	BF	IF	LD	SM	SS		
SFA	23.728 ^{ab}	32.558 ^a	18.611 ^b	17.751 ^b	10.915 ^b	7.401	0.008
MUFA	23.361 ^b	75.312 ^a	37.029 ^b	40.274 ^b	29.137 ^b	12.612	0.0005
PUFA	3.58	2.871	1.49	2.22	2.347	0.936	0.129
PUFA:SFA	0.214 ^a	0.098 ^b	0.081 ^b	0.158 ^{ab}	0.227 ^a	0.006	0.008
n-3	0.438 ^x	0.274 ^{xy}	0.206 ^y	0.218 ^y	0.368 ^x	0.009	0.038
n-6	2.454	2.121	1.069	1.552	1.52	0.747	0.181
n-6:n-3	5.41	8.035	5.401	7.633	4.058	0.021	0.069

SFA=C12:0 + C14:0 + C16:0 + C17:0 + C18:0 + C20:0 + C21:0 + C22:0; MUFA=C14:1 + C16:1 + C17:1 + C18:1n9t + C18:1n9c + 20:1n9 + C24:1; PUFA=C18:2n6t + C18:2n6c + C18:3n6 + C18:3n3 + C20:3n6 + C20:3n3+C20:4n6 + C22:2 + C22:6n3;n-3=C18:3n3 + C22:6n3; n-6=C18:2n6t + C18:2n6c + C18:3n6 + C20:3n6

a, b, c P < 0.01; x, y, z P < 0.05

การทดลองที่ 3 : ศึกษาคุณภาพเนื้อของกล้ามเนื้อสำคัญของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงแบบประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักในสูตรอาหารที่มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.7M ผลการทดลองโดยสรุปดังนี้

- กล้ามเนื้อต่างชนิดกันมีองค์ประกอบของไขมันต่างกัน โดยพบว่ากล้ามเนื้อสันนอกมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่ำกว่ากล้ามเนื้อชนิดอื่น กล้ามเนื้อสันนอกและใบพายมีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงกว่ากล้ามเนื้อชนิดอื่น กล้ามเนื้อสันนอก พับใน และพับนอกมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่าใบพายและสันในเทียม

- กล้ามเนื้อใบพาย กล้ามเนื้อพับนอกและกล้ามเนื้อสันในเทียมมีปริมาณคอลลาเจนมากกว่ากล้ามเนื้อสันนอกและกล้ามเนื้อพับใน แต่พบว่ากล้ามเนื้อใบพายมีเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจนสูงด้วย

- การบ่มเนื้อไว้ 14 วัน มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำระหว่างการปรุงเพิ่มขึ้น แต่ทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

- พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดกล้ามเนื้อและระยะเวลาการบ่มโดยพบว่ากล้ามเนื้อสันนอกมีการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ มากที่สุดในขณะที่กล้ามเนื้อใบพายและสันในเทียมมีการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ น้อยมากในระหว่างการบ่มเนื้อไว้ 14 วัน

- ชนิดกล้ามเนื้อไม่มีอิทธิพลต่อค่า pH ที่ 2 วันหลังสัตว์ตาย แต่มีอิทธิพลต่อสีเนื้อ เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำระหว่างการปรุงค่าแรงตัดผ่านเนื้อ โดยพบว่ากล้ามเนื้อใบพายมีค่า L* สูงกว่า ในขณะที่กล้ามเนื้อพับในมีค่า L* ต่ำกว่ากล้ามเนื้ออื่น ส่วนค่า a* พบว่ากล้ามเนื้อสันในเทียมมีค่า a* สูงกว่า ในขณะที่กล้ามเนื้อสันนอกมีค่า a* ต่ำกว่ากล้ามเนื้ออื่นเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำระหว่างการปรุงของกล้ามเนื้อสันในเทียมและพับในมีค่าสูงที่สุดและพบว่ากล้ามเนื้อใบพายมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อสูงกว่ากล้ามเนื้อชนิดอื่น

- กล้ามเนื้อใบพายมีองค์ประกอบของกรดไขมันหลายชนิด รวมทั้ง SFA MUFA และ n-6:n-3 สูงกว่ากล้ามเนื้อชนิดอื่น

ผลการทดลองและวิจารณ์โดยรวม

การศึกษาองค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่ผ่านระบบการเลี้ยงแบบ ประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักในสูตรอาหารที่มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้กิน ได้ที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 1.5M 1.7M และ 1.9M เพื่อควบคุมระดับการให้ผลผลิตที่กำหนดให้มีอัตราการ เจริญเติบโต 3 ระดับ คือ 0.25 0.50 และ 0.75 กิโลกรัมต่อวัน ดังการทดลองที่ 1 ซึ่งการทดลองนี้เป็น การศึกษาเพิ่มเติมจากการทดลองของ กฤตพล และคณะ (2561) ที่ทดลองนำโคพื้นเมืองมาเลี้ยงขุนแบบขังคอก โดยใช้อาหารหมักสำเร็จรูปที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบโดยสูตรอาหารมีระดับพลังงานที่แตกต่างกัน พบว่าโคทดลองทั้ง 3 กลุ่มมีอัตราการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกันโดยอยู่ระหว่าง 0.43-0.46 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่ง อาจเนื่องด้วยข้อจำกัดด้านพันธุกรรมของโคพื้นเมืองเองที่แม้ว่าจะได้รับอาหารที่มีคุณภาพก็ไม่อาจเจริญเติบโต ได้ในอัตราที่สูงกว่านี้แล้ว จึงทำให้คุณภาพซากและองค์ประกอบซากของโคทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามพบว่า การเลี้ยงขุนโคพื้นเมืองด้วยอาหารที่มีคุณภาพนั้นสามารถเพิ่มอัตราการ เจริญเติบโตเมื่อเปรียบเทียบกับโคพื้นเมืองที่ปล่อยหากินตามธรรมชาติซึ่งจะมีอัตราการเจริญเติบโตเพียง 0.24 กิโลกรัมต่อวัน (สมพร และคณะ, 2552) ซึ่งในการทดลองต่อเนื่องครั้งนี้พบว่าสูตรอาหารที่มีระดับพลังงานสูง 1.7M และ 1.9M ค่ะแนไขมันแทรกที่สูงกว่า 1.5M ซึ่งน่าจะเป็นเหตุผลหลักที่ทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของ กลุ่มพลังงานสูง 1.7M และ 1.9M ต่ำกว่ากลุ่ม 1.5M นอกจากนี้ยังพบว่าสูตรอาหารพลังงานสูง 1.9M ยังมี อัตราส่วน $n-6:n-3$ ที่ดีที่สุดในแง่ของสุขภาพผู้บริโภคอีกด้วย ถึงแม้ว่าผลการวิเคราะห์ปริมาณไขมันใน กล้ามเนื้อสันนอกของทั้ง 3 กลุ่มดังในรายงานของ กฤตพล และคณะ (2561) จะไม่แตกต่างกันก็ตาม แต่ถือว่าโค พื้นเมืองสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงขุนด้วยอาหารคุณภาพดีมีการสะสมไขมันในเนื้อที่สูงเฉลี่ยประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อเทียบกับโคพื้นเมืองที่เลี้ยงแบบปล่อยหากินตามธรรมชาติจะมีไขมันประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ (จันทร์พร และคณะ, 2554) นอกจากนี้แล้วสูตรอาหารหมักสำเร็จรูปที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีการใช้กากมัน สำปะหลังที่เป็นผลพลอยได้จากโรงงานผลิตแป้งมันมาใช้เป็นแหล่งพลังงานในสูตรอาหาร ซึ่งวัตถุดิบนั้นนอกจาก จะให้พลังงานสูงแล้วยังมีราคาที่ถูกด้วย ทำให้สูตรอาหารพลังงานสูงที่ใช้เลี้ยงโคทดลองครั้งนี้มีต้นทุนที่ถูกกว่า สูตรอาหารพลังงานต่ำ กฤตพล และคณะ (2561) จากผลการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่าการเลี้ยงขุนโค พื้นเมืองด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองได้ดีกว่าการเลี้ยงแบบปล่อยหา กินตามธรรมชาติ และพบว่าการใช้สูตรอาหารที่มีระดับพลังงานสูงจะช่วยปรับปรุงคุณภาพเนื้อโคพื้นเมืองให้ดี ขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของระดับไขมันแทรกและความนุ่มของเนื้อ นอกจากนี้แล้วยังพบว่ากากมัน สำปะหลังซึ่งเป็นผลพลอยได้จากโรงงานแป้งมันที่มีราคาถูกนั้นเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานในสูตร อาหารหมักสำเร็จรูปด้วย

การศึกษาองค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่ผ่านระบบการเลี้ยงขุน ด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นอาหารหยาบหลักโดยโคจะได้รับ พลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.5M และ *ad libitum* เพื่อควบคุมระดับการให้ผลผลิตที่กำหนดให้มีอัตราการ เจริญเติบโต 2 ระดับ คือ 0.50 และ 0.75 กิโลกรัมต่อวัน ดังในการทดลองที่ 2 โดยสรุปผลการศึกษา เปรียบเทียบระหว่างแหล่งอาหารหยาบและระดับพลังงาน พบว่าการใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบหลักมี คุณภาพซากโดยรวมคือน้ำหนักมีชีวิตสุดท้าย เปอร์เซ็นต์ซากอ่อน เปอร์เซ็นต์ซากเย็น และ เปอร์เซ็นต์เนื้อสันนอก ดีกว่าการใช้หญ้าเนเปียร์เป็นแหล่งอาหารหยาบหลักในอาหารหมักสำเร็จรูป ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ กฤตพล และคณะ (2561) ซึ่งต่อเนื่องกับการทดลองนี้ ระบุว่าโคที่เลี้ยงอาหารหมักสำเร็จรูปที่มีฟางข้าวเป็น แหล่งอาหารหยาบหลักมีปริมาณการกินได้สูงกว่า น้ำหนักสุดท้ายสูงกว่า การเพิ่มน้ำหนักตัวมากกว่า และอัตรา

การเจริญเติบโตดีกว่าสูตรอาหารหมักที่มีหญ้าเนเปียร์เป็นแหล่งอาหารหยาดหลัก ($P < 0.01$) โดยเหตุผลที่โคใช้ประโยชน์จากการใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาดหลักได้ดีกว่าหญ้าเนเปียร์นั้นเนื่องจากสูตรอาหารที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาดหลักมีความน่ากินมากกว่าเพราะมีความชื้นต่ำกว่า รวมทั้งพบว่ามีปริมาณกรดแลกติกมากกว่าหลังการหมักไว้ 7 วัน นอกจากนี้ยังพบว่ามีกรดอะซิติกซึ่งระเหยได้ง่ายต่ำกว่าด้วย นอกจากนี้ยังระบุว่าที่ระดับพลังงาน 1.5M มีปริมาณการกินได้สูงกว่า *ad libitum* ($P < 0.05$) แต่พบว่าน้ำหนักสุดท้าย การเพิ่มน้ำหนักตัว และอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยสรุประดับพลังงานไม่มีผลต่อคุณภาพซากและองค์ประกอบของซากโคพื้นเมืองในการทดลองครั้งนี้ ซึ่งอาจเนื่องจากข้อจำกัดในด้านการใช้ประโยชน์ได้ของอาหารของโคพื้นเมืองนั่นเอง ดังรายงานของกฤตพล และคณะ (2561) ที่ระบุว่าระดับพลังงานไม่ผลต่อปริมาณอาหารที่กิน และอัตราการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองสายพันธุ์อีสาน ส่วนคุณภาพเนื้อนั้นพบว่าสูตรอาหารหมักสำเร็จรูปที่มีหญ้าเนเปียร์เป็นแหล่งอาหารหยาดหลักมีเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจนสูงกว่าฟางข้าว และพบว่าโคที่ได้รับพลังงานแบบเต็มที่มีเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจนสูงกว่าที่โคที่ได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.5M แต่ไม่พบอิทธิพลต่อการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่โดยรวมแล้วแหล่งอาหารหยาดหลักและระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ไม่มีอิทธิพลต่อคุณภาพเนื้อ ในเรื่องของค่า pH สีเนื้อ และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ส่วนการบ่มเนื้อไว้ 14 วัน มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงเพิ่มขึ้น แต่ทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและพบว่าเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจนสูงขึ้น และปริมาณโพลีเพปไทด์ขนาด 30 kDa ที่เกิดจากการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าแหล่งอาหารหยาดหลักและระดับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ไม่มีอิทธิพลต่อองค์ประกอบของกรดไขมัน ยกเว้นแหล่งอาหารหยาดหลักฟางข้าวมี PUFA : SFA สูงกว่าแหล่งอาหารหยาดหลักหญ้าเนเปียร์ ในขณะที่พบว่าอัตราส่วน n-6:n-3 ของแหล่งอาหารหยาดหลักฟางข้าวมีอัตราส่วนที่ต่ำกว่าซึ่งดีต่อสุขภาพมากกว่า

ผลการศึกษานี้ดก้ามเนื้อของโคพื้นเมืองสายพันธุ์อีสานนั้น สามารถสรุปได้ว่าก้ามเนื้อใบพายเป็นก้ามเนื้อที่มีความนุ่มมาก มีปริมาณไขมันสูง แต่พบว่าจะมีปริมาณคอลลาเจนที่สูงด้วยแต่มีเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจนที่สูงด้วยจึงอาจช่วยให้เนื้อนุ่ม ในระหว่างการบ่มพบว่าการสลายตัวของโปรตีนในเนื้อค่อนข้างน้อยดังนั้นไม่ควรทำการบ่มก้ามเนื้อใบพาย ในขณะที่ก้ามเนื้อสันนอกพบว่ามีเปอร์เซ็นต์ไขมันใกล้เคียงกับก้ามเนื้อใบพาย มีคอลลาเจนต่ำกว่า แต่มีเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจนใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังพบว่าการก้ามเนื้อสันนอกมีการสลายตัวของโปรตีนสูงที่สุดในระหว่างการบ่ม ดังนั้นการบ่มจึงเป็นแนวทางในการเพิ่มคุณภาพก้ามเนื้อสันนอก ส่วนก้ามเนื้ออีก 3 ชนิดคือพบนอก พับใน และสันในเทียมนั้นมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อที่ค่อนข้างสูงมีปริมาณไขมันในเนื้อต่ำ ปริมาณคอลลาเจนค่อนข้างสูง และมีการสลายตัวของโปรตีนในระหว่างการบ่มน้อย ซึ่งแนวทางในการนำไปใช้ประโยชน์ของก้ามเนื้อกลุ่มนี้อาจต้องนำไปแปรรูปหรือปรุงโดยใช้ความร้อนไม่สูงเป็นระยะเวลานานก็อาจช่วยลดปัญหาความเหนียวของเนื้อได้ นอกจากนี้พบว่าชนิดก้ามเนื้อที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี ปริมาณคอลลาเจน แล้วยังพบว่ามีผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อด้วย โดยพบว่าก้ามเนื้อใบพายมีกรดไขมันหลายชนิดทั้งอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว รวมทั้งมีอัตราส่วน n-6:n-3 ที่สูงกว่าก้ามเนื้อชนิดอื่นด้วย

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาองค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่ผ่านระบบการเลี้ยงแบบ ประณีตด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักในสูตรอาหารที่มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้กิน ได้ 1.5M 1.7M และ 1.9M เพื่อควบคุมระดับการให้ผลผลิตที่กำหนดให้มีอัตราการเจริญเติบโต 3 ระดับ คือ 0.25 0.5 และ 0.75 กิโลกรัมต่อวัน ในการทดลองที่ 1 นั้น โดยสรุปพบว่าระดับพลังงานในสูตรอาหารส่งผลต่อ คุณภาพซาก องค์ประกอบของซาก รวมทั้งคุณภาพเนื้อ และองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อโคพื้นเมืองในงาน ทดลองครั้งนี้ค่อนข้างน้อย ยกเว้นพบว่าระดับพลังงานในอาหารที่ส่งผลต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้ออย่างมีนัยสำคัญ โดยระดับพลังงานสูง 1.7M และ 1.9M มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่ำกว่า 1.5M นอกจากนี้ยังพบว่าสูตรอาหาร พลังงานสูง 1.9M ยังมีอัตราส่วน n-6:n-3 ที่ดีที่สุดในแง่ของสุขภาพผู้บริโภคอีกด้วย ส่วนการบ่มเนื้อโค พื้นเมืองไว้ 14 วันช่วยเพิ่มความนุ่มของเนื้อได้ เนื่องจากการสลายตัวของคอลลาเจนและโปรตีนโทรโปนิน ที่

การศึกษาองค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่ผ่านระบบการเลี้ยง โค ขุนด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นอาหารหยาบหลัก โดยโคจะได้รับ พลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.5M และ *ad libitum* ดังในการทดลองที่ 2 โดยสรุปพบว่าการใช้ฟางข้าวเป็น แหล่งอาหารหยาบหลักมีคุณภาพซากโดยรวมคือน้ำหนักมีชีวิตสุดท้าย เปอร์เซ็นต์ซากอ่อน เปอร์เซ็นต์ซากเย็น และ เปอร์เซ็นต์เนื้อสันนอกดีกว่าการใช้หญ้าเนเปียร์เป็นแหล่งอาหารหยาบหลักในอาหารหมักสำเร็จรูป แต่ พบว่าระดับพลังงานไม่มีผลต่อคุณภาพซากของโคพื้นเมืองในการทดลองครั้งนี้ ซึ่งอาจเนื่องจากข้อจำกัดในด้าน การใช้ประโยชน์ได้ของอาหารของโคพื้นเมืองนั่นเอง ส่วนคุณภาพเนื้อนั้นพบว่าอาหารหมักสำเร็จรูปที่มีหญ้า เนเปียร์เป็นแหล่งอาหารหยาบหลักมีเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจนสูงกว่าฟางข้าว และพบว่าโคที่ได้รับ พลังงานแบบเต็มที่มีเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจนสูงกว่าโคที่ได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.5M แต่ไม่พบอิทธิพลต่อการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ โดยรวมแล้วแหล่งอาหารหยาบหลักและระดับ พลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ไม่มีค่า pH สีเนื้อ และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ส่วนการบ่มเนื้อไว้ 14 วัน มีผลทำให้ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงเพิ่มขึ้น แต่ทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจนสูงขึ้นและปริมาณโพลีเพปไทด์ขนาด 30 kDa ที่เกิดจากการ สลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าแหล่งอาหารหยาบหลักและระดับพลังงานใช้ ประโยชน์ได้กินได้ไม่มีอิทธิพลต่อองค์ประกอบของกรดไขมัน ยกเว้นแหล่งอาหารหยาบฟางข้าวมี PUFA : SFA สูงกว่าแหล่งหญ้าเนเปียร์ ในขณะที่พบว่าอัตราส่วน n-6:n-3 ของแหล่งอาหารหยาบหลักฟางข้าวมีอัตราส่วนที่ ต่ำกว่าซึ่งดีต่อสุขภาพมากกว่า

การศึกษาคุณภาพเนื้อของกล้ามเนื้อสำคัญของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานที่เลี้ยงแบบประณีตด้วย อาหารหมักสำเร็จรูปโดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักในสูตรอาหารที่มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้กินได้ 1.7M ดังในการทดลองที่ 3 โดยสรุปชนิดกล้ามเนื้อมีอิทธิพลอย่างมากต่อองค์ประกอบของไขมัน ปริมาณคอลลาเจน คุณภาพเนื้อ รวมทั้งองค์ประกอบของกรดไขมัน โดยพบว่ากล้ามเนื้อใบพายและกล้ามเนื้อสันนอกมีปริมาณ ไขมันสูงกว่ากล้ามเนื้อชนิดอื่น แต่พบว่ากล้ามเนื้อใบพายมีโปรตีนต่ำในขณะที่กล้ามเนื้อสันนอกมีโปรตีนสูง ส่วนปริมาณคอลลาเจนนั้นพบว่ากล้ามเนื้อสันนอกและกล้ามเนื้อพับในมีปริมาณคอลลาเจนต่ำกว่ากล้ามเนื้อ ชนิดอื่น แต่พบว่ากล้ามเนื้อสันนอกและกล้ามเนื้อใบพายมีเปอร์เซ็นต์คอลลาเจนที่ละลายได้ใกล้เคียงกันและสูง กว่ากล้ามเนื้อพับใน การสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ ในระหว่างการบ่มนั้น พบว่ากล้ามเนื้อสันนอกที่บ่มไว้ 14 วันมีการสลายตัวมากที่สุด และยังพบว่ากล้ามเนื้อสันนอกที่บ่มไว้เพียง 2 วันมีการสลายตัวของโปรตีน โทรโปนิน ที่ ใกล้เคียงกับกล้ามเนื้อพับนอกและพับในที่บ่มไว้ 14 วัน นอกจากนี้ยังพบว่ากล้ามเนื้อใบพายและ

สันในเทียมมีการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ น้อยมากในระหว่างการบ่มไว้ 14 วัน ส่วนคุณภาพเนื้อนั้นพบว่ากล้ามเนื้อไบพายมีแนวโน้มที่จะมีค่าความสว่างของเนื้อสูงกว่ากล้ามเนื้อชนิดอื่น รองลงมาคือกล้ามเนื้อสันนอก ส่วนค่าสีแดงของเนื้อพบว่าสันในเทียม พับใน และไบพายมีแนวโน้มที่จะมากกว่ากล้ามเนื้อสันนอกและพับนอก ส่วนเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำระหว่างการปรุงของกล้ามเนื้อไบพายและสันนอกต่ำกว่ากล้ามเนื้อชนิดอื่น ในการทดลองครั้งนี้พบว่ากล้ามเนื้อไบพายมีความนุ่มมากที่สุดเนื่องจากมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่ำที่สุด และพบว่ากล้ามเนื้อไบพายมีองค์ประกอบของกรดไขมันหลายชนิดทั้งชนิดอิ่มตัว MUFA รวมทั้งมีอัตราส่วน n-6:n-3 ที่สูงกว่ากล้ามเนื้อชนิดอื่นด้วย การบ่มเนื้อพบว่าทำให้เกิดการสลายตัวของโปรตีนโทรโปนิน ที่ เพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำระหว่างการปรุงสูงขึ้น ในขณะที่ค่าแรงตัดผ่านเนื้อลดลง แต่พบว่าการบ่มเนื้อไว้ 14 วันมีผลต่อการสลายตัวของคอลลาเจนของเนื้อโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสานค่อนข้างน้อย

ข้อเสนอแนะ

การทดลองเลี้ยงขุนโคพื้นเมืองด้วยอาหารที่มีคุณภาพนั้นช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองได้ (0.46 กิโลกรัมต่อวัน) เมื่อเปรียบเทียบกับ การเลี้ยงแบบปล่อยหากินตามธรรมชาติ (0.24 กิโลกรัมต่อวัน) แต่เนื่องด้วยข้อจำกัดทางพันธุกรรมทำให้อัตราการเจริญเติบโตไม่มากเท่ากับโคลูกผสมเลือดยุโรป แต่ในด้านคุณภาพเนื้อนั้นพบว่าโคพื้นเมืองที่นำมาเลี้ยงขุนนี้สามารถสะสมไขมันแทรกได้ค่อนข้างดีกว่าโคลูกผสมชาร์โรเลส์ โดยโคพื้นเมืองที่เลี้ยงด้วยอาหารหมักสำเร็จรูปที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหลัก มีเปอร์เซ็นต์ไขมันประมาณ 6.1-6.7 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่โคลูกผสมชาร์โรเลส์มีเปอร์เซ็นต์ไขมัน 4.6-5.9 เปอร์เซ็นต์ (กฤตพล และคณะ, 2561) ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าโคพื้นเมืองที่เลี้ยงด้วยอาหารคุณภาพดีก็มีศักยภาพในการสะสมไขมันแทรกในเนื้อที่สูง จึงเป็นเรื่องที่ควรทำการศึกษาวิจัยต่อไปว่าการนำโคพื้นเมืองพันธุ์แท้ไปผสมกับโคพันธุ์ที่มีคุณภาพเนื้อที่ดีมีไขมันแทรกสูง เช่นโคพันธุ์แองกัส หรือพันธุ์วากิว นั้นนับว่าเป็นเรื่องที่น่าสนใจว่าจะสามารถเพิ่มศักยภาพในผลิตเนื้อที่มีคุณภาพสูงได้ดียิ่งขึ้นไปอีกหรือไม่ ซึ่งถ้าทำได้ก็นับว่าจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการปรับปรุงคุณภาพเนื้อโคของประเทศ ทดแทนการนำเข้าเนื้อคุณภาพสูงจากต่างประเทศ

เอกสารอ้างอิง

- กรมปศุสัตว์. 2547. มาตรฐานของลักษณะประจำพันธุ์โคเนื้อ. กรุงเทพฯ : กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมปศุสัตว์. 2558. ข้อมูลจำนวนปศุสัตว์ในประเทศไทย พ.ศ. 2558. กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กฤตพล สมมาตย์, นัทธมน ตั้งจิตวัฒนาชัย, พีรพจน์ นิติพจน์, พิชาด เขจรศาสตร์ และ วรณ โคตะ. 2558. ถ่ายทอดเทคโนโลยีอาหารหมักสำเร็จรูปสู่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคขุนโพธิ์ยางคำ. สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.)
- กฤตพล สมมาตย์, นัทธมน ตั้งจิตวัฒนาชัย, พีรพจน์ นิติพจน์, อังคณา ทุมดี, และ สมพร โชคเจริญ. 2561. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการ “นวัตกรรมอาหารและการให้อาหารสำหรับโคเนื้อคุณภาพสูง” สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.)
- จันทร์พร เจ้าทรัพย์ จุฑารัตน์ เศรษฐกุล นวลพรรณ งามยี่สุ่น และ ปิยะดา ทวีศรี. 2554. ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ เอนไซม์ calpains และ คุณภาพเนื้อโคพื้นเมืองไทย. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).
- ฉัตรชัย แก้วพิลา ศุภชัย อุดชาชน มาโกโต โอซึกะ และ กฤตพล สมมาตร. 2553. ผลของระดับพลังงานที่กินต่อความสามารถในการย่อยได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน เมตาบอไลต์ในเลือด และสมรรถนะการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทย. ว. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 29(4) : 372-381.
- นัทธมน ตั้งจิตวัฒนาชัย และ กฤตพล สมมาตย์. 2553. ผลของระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้ต่อคุณภาพเนื้อของโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองไทย. แ ก่นเกษตร 38 ฉบับพิเศษ : 24-29 (2553).
- ปิยศักดิ์ สุวรรณ, เซวาลิต โชคสวัสดิ์ และ สนธยา กัณหาบัว. 2546. ความเป็นไปได้ในการเลี้ยงโคขุนพื้นเมืองของ เกษตรกรรายย่อย. หน้า 189-198. ใน: รายงานผลงาน วิจัยการปศุสัตว์ สาขากการปรับปรุงพันธุ์และการจัดการ ฟาร์ม ประจำปี 2546. กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและ สหกรณ์.
- พิพัฒน์ เหลืองลาวัลย์ และ วิศิษฐ์พร สุขสมบัติ. 2559. ผลของอาหารหยาบคุณภาพดีต่อคุณภาพเนื้อและสัดส่วนของกรดไขมันในเนื้อโค. รายงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. (รหัสโครงการวิจัย [SUT3-303-55-24-04].
- พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล และ สุภัทรา ลิลิตชาญ. 2551. การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพเนื้อโคไทย. งานวิจัยภายใต้โครงการขยายโอกาสธุรกิจเนื้อโคไทย สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.)
- สมพร ดวนใหญ่ สุนทรีพร ดวนใหญ่ วรวิทย์ ธนสุนทรสุทธิ และ ปิยศักดิ์ สุวรรณ. 2552. การผลิตโคเนื้อธรรมชาติ : รูปแบบและต้นทุนการผลิต. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 1 ประจำปี 2552 17-18 ธันวาคม 2552.
- สายัณห์ สืบผาง ศุภชัย อุดชาชน มาโกโต โอซึกะ และ กฤตพล สมมาตย์. 2554. สมรรถนะการผลิตของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับอาหารหรือฟางข้าวเป็นแหล่งของอาหารหลัก. แก่นเกษตร 39 : 43-47.
- อิทธิพล เผ่าไพศาล และ สำราญ วิจิตรพันธ์. ผลของปริมาณโปรตีนและพลังงานที่กินต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองไทย. 2549. รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์ ประจำปี พ.ศ. 2549 กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 204 – 220.

- Aberle, E. D., E. S. Reeves, M. D. Judge, R.E. Hunsley, and T. W. Perry. 1981. Palatability and muscle characteristics of cattle with controlled weight gain: Time on a high energy diet. *J. Anim. Sci.* 52:757.
- AOAC. 2005. Association of Official Analytical Chemists. The Association of Official Analytical Chemists Arlington, Virginia.
- Boonsaen, P., N. W. Soe, W. Maitreejet, S. Majarune, T. Reungprim, and S. Sawanona. 2017. Effects of protein levels and energy sources in total mixed ration on feedlot performance and carcass quality of Kamphaeng Saen steers. *Agri. Nat. Res.* 51: 57-61.
- Calkins, C.R. and G. Sullivan. 2007. "Ranking of beef muscles for tenderness." Beef Facts : Product Enhancement. Cattlemen's Beef Board.
- Cao, Y., T. Takahashi, Ken-ich Horiguchi, N. Yoshida and Y. Cai. 2010. Methane emissions from sheep fed fermented or non-fermented total mixed ration containing whole-crop rice and rice bran. *Anim Feed Sci Technol.* 157: 72-78.
- Chilliard, Y., A. Ferlay and M. Doreau. 2001. Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livest Prod Sci.* 70: 31-48.
- Department of Health. 1994. Nutritional aspects of cardiovascular disease. Report of the Health and Social Subject, vol. 46. Her Majesty's Stationery Office, London.
- Hill F. 1966. The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages. *J. Food Sci.* 31 : 161-166.
- Ho, C.Y., M. H. Stromer, and R. M. Robson. 1994. Identification of the 30-kDa polypeptide in post mortem skeletal muscle as a degradation product of troponin-T. *Biochimie* 76:369.
- Ho C.Y., M.H. Stromer and R.M. Robson. 1996. Effect of electrical stimulation on postmortem titin, nebulin, desmin, and troponin-T degradation and ultrastructural changes in bovine longissimus muscle. *J. Anim. Sci.* 4: 1563–1575.
- Ho, C.Y., M. H., Stromer, G., Rouse, and R. M., Robson. 1997. Effects of electrical stimulation and postmortem storage on changes in titin, nebulin, desmin, troponin-T, and muscle ultrastructure in *Bos indicus* crossbred cattle. *J. Anim. Sci.* 75 : 366-367.
- Holzer, Z., Aharoni, Y., Lubimov, V., and A., Brosh. 1997. The feasibility of replacement of grain by tapioca in diets for growing-fattening cattle. *Anim. Feed Sci. Tech.* 64: 133-141.
- Honikel, K. O. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.* 49(4), 447–457.
- Horcada, A., O. Polvillo, M. Juarez, C. Aviles, A.L. Martinez and F. Pena. 2016. Influence of feeding system (concentrate and total mixed ration) on fatty acid profiles of beef from three lean cattle breeds. *J. Food Composition and Analysis.* 49: 110-116.
- Huff-Lonergan, E., Mitsuhashi, T., Beekman, D.D., Parrish, F. C., Jr., Olson, D.G., and R.M., Robson. 1996. Proteolysis of specific muscle structural proteins by μ -calpain at low pH and temperature is similar to degradation in postmortem bovine muscle. *J. Anim. Sci.* 74(5) : 993–1008.

- Huff-Lonergan, E., Parrish, F. C., Jr., and R.M., Robson. 1995. Effects of postmortem aging time, animal age, and sex on degradation of titin and nebulin in bovine longissimus muscle. *J. Anim. Sci.* 73(4), 1064–1073.
- Huuskonen, A., and P., Huhtanen. 2015. The development of a model to predict BW gain of growing cattle fed grass silage-based diets. *Animal*. 9: 1329-1340.
- Huuskonen, A., Huhtanen, P., and E., Joki-Tokola. 2014. Evaluation of protein supplementation for growing cattle fed grass silage-based diets: a meta-analysis. *Animal*. 8: 1653-1662.
- Jaturasitha, S., R. Norkeaw, T. Vearasilp, M. Wicke, and M. Kreuzer. 2009. Carcass and meat quality of Thai native cattle fattened on Guinea grass (*Panicum maxima*) or Guinea grass-legume (*Stylosanthes guianensis*) pastures. *Meat Sci.* 81:155–162.
- Jaturasitha, S., Thirawong, P., Leangwunta, V. and M., Kreuzer. 2004. Reducing toughness of beef from *Bos indicus* draught steers by injection of calcium chloride : Effect of concentration and time postmortem. *Meat Sci.* 68 : 61 - 69.
- Jaturasitha, S., Chaiwang, N., Kayan, A., and M. Kreuzer. 2016. Nutritional strategies to improve the lipid composition of meat, with emphasis on Thailand and Asia. *Meat Sci.* 120:157–166.
- Jeremiah, L.E., Dugan, M.E.R., Aalhus, J.L. and L.L., Gibson. 2003. “Assessment of the chemical and cooking properties of the major beef muscles and muscle groups.” *Meat Sci.* 65 : 985 – 992.
- Kafatos, A. and C.A. Codrington. 1999. Nutrition and diet for healthy lifestyles in Europe: the ‘Eurodiet’ Project. *Public Health Nutrition*. 2: 327-328.
- Kerry, J. and D. Ledward. 2002. “Meat Processing Improving Quality.” Cambridge: Woodhead publishing.
- Kim, W.H., S.N. Kang, M.V. Arasu, G.M. Chu, D.H. Kim, J.H. Oark, Y.K. Oh and K.C. Choi. 2015. Profile of Hanwoo Steer Carcass Characteristics, Meat Quality and Fatty Acid Composition after Feeding Italian Ryegrass Silage. *J. Food Sci. An.* 35(3): 299-306.
- Kim, Y. S., Yoon, S. K., Song, Y. H., and S.K., Lee. 2003. Effect of season on color of Hanwoo (Korean native cattle) beef. *Meat Sci.* 63, 509–513.
- Kirchofer, K. S., C. R. Calkins and B. L. Gwartney. 2002. Fiber-type composition of muscle of the beef chuck and round. *J. Anim. Sci.* 80:2872-2878
- Kuber, P. S., J. R. Busboom, E. Huff-Lonergan, S. K. Duckett, P. S. Mir, R. J. McCormick, M. V. Dodson, C. T. Gaskins, J. D. Cronrath, D. J. Marks, and J. J. Reeves. 2004. Effects of biological type and dietary fat treatment on factors associated with tenderness: I. Measurements on beef longissimus muscle. *J. Anim. Sci.* 82:770-778.
- Lee, S., Stevenson-Barry, J.M., Fauffman, R.G. and B.C. Kim. 2000. “Effect of ion fluid injection on beef tenderness in association with calpain activity.” *Meat Sci.* 56 : 301 – 310.
- Li, L, Zhu Y, Wang X, He Y, and B. Cao. 2014. Effects of different dietary energy and protein levels and sex on growth performance, carcass characteristics and meat quality of F1 Angus x Chinese Xiangxi yellow cattle. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 5:21

- Modzelewska-Kapitula, M., Kwiatkowska, A., Jankowska, B. and E., Dabrowska. 2015. Water holding capacity and collagen profile of bovine *m.infraspinatus* during postmortem ageing. *Meat Sci.* 100 : 209 – 216.
- Moon, S.S. 2006. The effect of quality grade and muscle on collagen content and tenderness of intramuscular connective tissue and myofibrillar protein for Hanwoo beef. *J. Anim. Sci* 19 : 1059 – 1064.
- Muroya, S., I. Nakajima, M. Oe and K. Chikuni. 2006. Difference in postmortem degradation pattern among troponin T isoforms expressed in bovine longissimus, diaphragm, and masseter muscles. *Meat Sci.* 72: 245–251.
- Nakamura, M. T. and T.Y. Nara. 2004. Structure, function, and dietary regulation of delta6,delta5, and delta9 desaturases. *Annu Rev Nutr.* 24: 345–376.
- Nishimura, T., Hattori, A., & Takahashi, K. (1996). Relationship between degradation of proteoglycans and weakening of the intramuscular connective tissue during postmortem ageing of beef. *Meat Sci.* 42 : 251–260.
- Opatpatanakit Y. and J. Sethakul. Natural beef from Thai Native Cattle : from farmers to consumers. Proceeding of the 14th Animal Science Congress of the Asean-Australasian Association of Animal Production Societies (AAAP) August 23 -27, 2010. Pintung, Taiwan
- Pavan, E. and S. K., Duckett. 2013. Fatty acid composition and interrelationships among eight retail cuts of grass-feed beef. *Meat Sci.* 93, 371-377.
- Phaowphaisal, I., and S. Wijitphan. 2006. In Department of Livestock Development (Ed.), Effect of protein and energy intake levels on growth performance of Thai native beef cattle. Research report of animal nutrition division (pp. 204–220). Bangkok Thailand: Department of Livestock Development, Ministry of Agriculture and Cooperative, Royal Thai Government.
- Sethakul, J., Y. Opatpatanakit, P. Sivapirunthep and P. Intrapornudom. 2008. Beef quality under production systems in Thailand. Proceeding of the 13th Animal Science Congress of the Asean-Australasian Association of Animal Production Societies (AAAP) September 22-26, 2008. Hanoi, Vietnam.
- Steen, D., Claeys, E., Uytterhaegen, L., De Smet, S. and D. Demeyer. 1997. Early post-mortem conditions and the calpain/calpastatin system in relation to tenderness of double-muscled beef. *Meat Sci.* 45 : 307 – 319.
- Simopoulos, A.P. 2002. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomed. Pharmacother.* 56: 365–379.
- Stelzl, A. M., D. D. Johnson, and T. A. Thrift. 2008. Effects of days on concentrate feed and postmortem aging on carcass and palatability characteristics of selected muscles from cull beef cows. *The Professional Animal Scientist* 24 :334–341.
- Stolowski, G.D., Baird, B.E., Miller, R.K., Savell, J.W., Sams, A.R., Taylor, J.F., Sanders, J.O. and S.B., Smith. 2006. Factors influencing the variation in tenderness of seven major beef muscles from three Angus and Brahman breed crosses. *Meat Sci.* 73 : 475 - 483.

- Sawanon, S., and P. Chaiyahan. 2011. Effects of body conformation, levels of dietary fat content and feeding period on fattening performance and carcass quality of crossbreed steers. *Thai J. Agric. Sci.* 42: 87-97 (in Thai).
- Torrescano, G., Sánchez-Escalante, A., Giménez, B., Roncalés, P. and J.A., Beltrán. 2003. Shear values of raw samples of 14 bovine muscles and their relation to muscle collagen characteristics. *Meat Sci.* 64 : 85 – 91.
- Underwood, K. R., J. F. Tong, P. L. Price, A. J. Roberts, E. E. Grings, B. W. Hess, W. J. Means, and M. Du. 2010. Nutrition during mid to late gestation affects growth, adipose tissue deposition and tenderness in cross-bred beef steers. *Meat Sci.* 86:588-593.
- Von Seggern, D. D., Calkins, C. R., Johnson, D. D., Brickler, J. E., and B.L., Gwartney. 2005. Muscle profiling: characterizing the muscles of the beef chuck and round. *Meat Sci.* 71, 39–51.
- Wanapat, M. 2003. Manipulation of cassava cultivation and utilization to improve protein to energy biomass for livestock feeding in the Tropics. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 16: 463-472.
- Wanapat, M., and S., Khampa. 2007. Effect of levels of supplementation of concentrate containing high levels of cassava chip on rumen ecology, microbial N supply and digestibility of nutrients in beef cattle. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 20: 75-81.
- Wolf, C., Ulbrich, S.E., Kreuzer, M., Berarda, J., and K. Giller. 2018. Differential partitioning of rumen-protected n-3 and n-6 fatty acids into muscles with different metabolism. *Meat Sci.* 137 : 106–113.
- World Health Organization: Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation, WHO technical report series no. 916, Geneva, Switzerland, 2003.
- WTSR. 2010. Nutrient Requirement of beef cattle in Indochinese Peninsula. 1st rev. ed. The Working Committee of Thai Feeding Standard for Ruminant. Klungnanavithaya Press, Khon Kaen.
- Xiong, Y.L., W.G. Moody, S.P. Blanchard, G. Liu and W.R. Burris. 1996. Postmortem proteolytic and organoleptic changes in hot-boned muscle from grass and grain-fed zeranol-implanted cattle. *Food Res. Int.* 29: 27-34.
- Yuan, X., G. Guo, A. Wen, S.T. Destaa, J. Wang, Y. Wanga and T. Shao. 2015. The effect of different additives on the fermentation quality in vitro digestibility and aerobic stability of a total mixed ration silage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 207: 41-50.

ภาคผนวก



เก็บตัวอย่างที่สหกรณ์เครือข่ายโคเนื้อ จำกัด อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม



เก็บตัวอย่างที่โรงฆ่า มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่



นำโคเข้าเชือดที่โรงฆ่า เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร

ภาพภาคผนวกที่ 1 การเก็บตัวอย่างเนื้อโคทดลอง



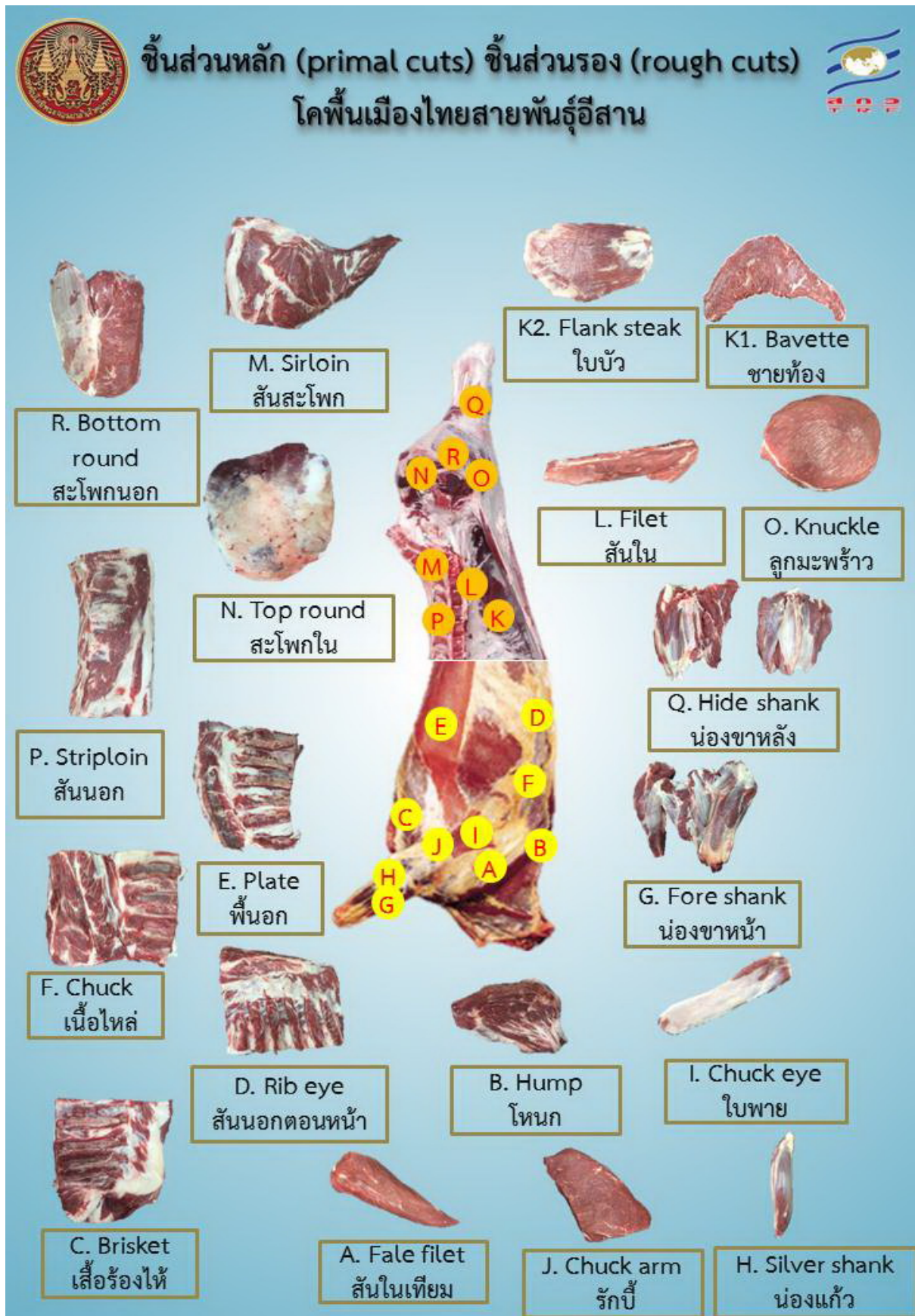
ภาพภาคผนวกที่ 2 การตัดแต่ง เก็บตัวอย่างเนื้อโคทดลอง และวัดคุณภาพเนื้อ ที่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ภาพภาคผนวกที่ 3 นำเสนอผลงานวิจัยในงานประชุมวิชาการ วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 6 ณ โรงแรมรามารการ์เด็นส์



ภาพภาคผนวกที่ 4 ชิ้นส่วนหลัก ชิ้นส่วนรอง ของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสาน



ภาพภาคผนวกที่ 5 ชิ้นส่วนหลัก ชิ้นส่วนรอง ของโคพื้นเมืองไทยสายพันธุ์อีสาน

ตารางภาคผนวกที่ 1 ส่วนประกอบของสูตรอาหารและคุณค่าทางโภชนาของโคทดลองการทดลองที่1

Item	Dietary treatment ^a		
	T1	T2	T3
<i>Ingredients, %DM</i>			
Rice straw	50	30	10
Starch-cassava pulp	10	30	50
Cassava chip	7	7	7
Palm meal	12	12	12
Soybean meal	14	14	14
Rice bran	5	5	5
Urea	0.7	0.7	0.7
Mineral ¹	0.8	0.8	0.8
Limestone	0.5	0.5	0.5
Total	100	100	100
<i>Analyzed chemical composition, %DM</i>			
Dry matter	46.2	41.1	33.2
Organic matter	88.4	90.8	93.6
Crude protein	13.8	14.3	15.0
Ether extract	3.5	3.3	3.4
Neutral detergent fiber	51.1	44.3	38.1
Acid detergent fiber	36.8	34.0	25.4
<i>Energy content, MJ/kg DM</i>			
Gross energy	17.0	17.4	17.6
Metabolizable energy (calculated)	8.9	9.7	10.5
Cost, Baht/kg FM	4.96	4.74	3.95
Cost, Baht/kg DM	13.19	12.61	10.51

^aT1=ME11.5xM; T2 = ME11.7xM; T3 = ME11.9xM MEI = Metabolizable energy intake; M = Maintenance ¹Chemical compositions were calcium = 164.00 g, cobalt = 0.04 g, copper = 1.00 g, iodine = 0.04 g, iron = 2.00 g, magnesium = 2.89 g, manganese = 11.00 g, phosphorus = 80.00 g, selenium = 0.03 g, sodium = 136.60 g, sulfur = 19.20 g and carrier = 1,000.00 g

ที่มา : กฤตพล และคณะ (2561)

ตารางภาคผนวกที่ 2 ส่วนประกอบของสูตรอาหารและคุณค่าทางโภชนาของโคทดลองการทดลองที่ 2

Item	Dietary treatment*			
	T1	T2	T3	T4
<i>Ingredients, %DM</i>				
Rice straw	20	20	-	-
Pak Chong 1 Napier grass	-	-	20	20
Starch-cassava pulp	28	28	28	28
Cassava chip	10	10	10	10
Palm meal	25	25	25	25
Soybean meal	10	10	10	10
Rice bran	5	5	5	5
Urea	0.7	0.7	0.7	0.7
Mineral ¹	0.8	0.8	0.8	0.8
Limestone	0.5	0.5	0.5	0.5
Total	100	100	100	100
<i>Chemical composition, %DM</i>				
Dry matter	39.5	39.5	32.6	32.6
Organic matter	91.8	91.8	93.2	93.2
Crude protein	14.1	14.1	15.8	15.8
Ether extract	5.2	5.2	5.5	5.5
Neutral detergent fiber	44.5	44.5	41.2	41.2
Acid detergent fiber	31.0	31.0	29.1	29.1
<i>Energy content (MJ/kg DM)</i>				
Gross energy	17.8	17.8	17.8	17.8
Metabolizable energy	9.6	9.6	9.8	9.8
Feed cost, Baht/kg FM	3.79	3.79	3.67	3.67
Feed cost, Baht/kg DM	10.04	10.04	9.72	9.72

¹Chemical compositions were calcium = 164.00 g, cobalt = 0.04 g, copper = 1.00 g, iodine = 0.04 g, iron = 2.00 g, magnesium = 2.89 g, manganese = 11.00 g, phosphorus = 80.00 g, selenium = 0.03 g, sodium = 136.60 g, sulfur = 19.20 g and carrier = 1,000 g

*T1= Rice straw base (1.5xM); T2 = Rice straw base (ad libitum); T3= Pak Chong 1- Napier grass base (1.5xM); T4 = Pak Chong 1 - Napier grass base (ad libitum) M = Metabolizable energy for maintenance

ที่มา : กฤตพล และคณะ (2561)