สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

วิทยานิพนธ์ งานวิจัย

Ho 131647

การใช้ชานอ้อยและฟางข้าวร่วมกับน้ำมันปาล์มและน้ำมันทานตะวันในอาหารผสมครบส่วนต่อปริมาณการกินได้ ความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะและค่าเมธาโบไลท์ในเลือดของโคลูกผสมบราห์มันพื้นเมืองไทย

นายอิสระ อามาตย์เสนา

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
พ.ศ. 2564

สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ใบอนุมัติวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ นายอิสระ อามาตย์เสนา แล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สำราญ พิมราช)

กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิลาวัลย์ พร้อมพรม)

กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิศักดิ์ คำผา)

กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันทนีย์ พลวิเศษ)

กรรมการ
(อาจารย์ ดร.นัดติยา ด่านโอกาส)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันทนีย์ พลวิเศษ)
คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล วรคำ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
วันที่.....เดือน.....ปี.....

ชื่อเรื่อง	:	การใช้ชานอ้อยและฟางข้าวร่วมกับน้ำมันปาล์มและน้ำมันทานตะวัน ในอาหารผสมครบส่วนต่อปริมาณการกินได้ ความสามารถในการย่อยได้ ของโภชนะและค่าเมธาโบไลท์ในเลือดของโคลูกผสมบราห์มันพื้นเมืองไทย
ผู้วิจัย	:	นายอิสระ อามาตย์เสนา
ปริญญา	:	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการเกษตร) มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อาจารย์ที่ปรึกษา	:	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันทนีย์ พลวิเศษ อาจารย์ ดร.นัดติยา ด่านโอภาส
ปีการศึกษา	:	2564

บทคัดย่อ

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลของแหล่งอาหารหยาบ (ชานอ้อยและฟางข้าว) ร่วมกับแหล่งน้ำมันที่แตกต่างกัน ต่อปริมาณการกินได้อย่างอิสระ ปริมาณการกินได้ของโภชนะ ความสามารถในการย่อยได้ เมธาโบไลท์ในเลือดของโคลูกผสมบราห์มันพื้นเมืองไทย และต้นทุนค่าอาหาร ใช้โคเนื้อลูกผสมพื้นเมืองไทย x บราห์มัน จำนวน 4 ตัวที่มีอายุ 1.5 ปี น้ำหนักตัวเฉลี่ย 177±34 กิโลกรัม ระยะเวลาทำการทดลองรวมทั้งหมด 84 วัน แบ่งได้เป็น 4 period ในแต่ละ period ใช้เวลา 21 วัน ใช้แผนการทดลองแบบ 2x2 factorial in 4x4 Latin square ประกอบด้วย 4 ทรีตเม้นต์ คือ ทรีตเม้นต์ที่ 1 อาหารผสมครบส่วนที่ใช้ชานอ้อยร่วมกับน้ำมันปาล์ม ทรีตเม้นต์ที่ 2 อาหารผสมครบส่วนที่ใช้ชานอ้อยร่วมกับน้ำมันทานตะวัน ทรีตเม้นต์ที่ 3 อาหารผสมครบส่วนที่ใช้ ฟางข้าวร่วมกับน้ำมันปาล์ม และทรีตเม้นต์ที่ 4 อาหารผสมครบส่วนที่ใช้ฟางข้าวร่วมกับน้ำมันทานตะวัน สัตว์ทุกตัวกินอาหารแบบเต็มที่ (*Ad libitum*) มีน้ำสะอาดให้กินตลอดการทดลอง

จากการทดลองพบว่า แหล่งของอาหารหยาบและน้ำมันพืชไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้อย่างอิสระ ($P>0.05$) แต่มีแนวโน้มว่าเมื่อใช้ชานอ้อยร่วมกับน้ำมันทานตะวัน โคมีปริมาณการกินได้อย่างอิสระมากที่สุด คือ 4.91 กิโลกรัม/ตัว/วัน นอกจากนี้สูตรอาหาร TMR ทั้ง 4 สูตรไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุ (OM) ปริมาณการกินได้ของโปรตีน (CP) ปริมาณการกินได้ของไขมัน (EE) และปริมาณการกินได้ของเยื่อใยทั้งหมด (NDF) ($P>0.05$) แต่แหล่งอาหารหยาบมีผลต่อปริมาณการกินได้ของเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (ADF) ($P<0.01$) โดยเมื่อโคเนื้อได้รับชานอ้อยมีปริมาณการกินได้ของ ADF มากกว่าโคเนื้อได้รับฟางข้าว แต่แหล่งของน้ำมันพืชไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ของ ADF ($P>0.05$) นอกจากนี้อิทธิพลของแหล่งอาหารหยาบและน้ำมันพืชไม่มีผลต่อความสามารถในการย่อยได้ของสิ่งแห้ง (DM) CP, EE, NDF และ ADF, ระดับน้ำตาลในเลือด (Blood glucose)

ยูเรียไนโตรเจน (Blood urea nitrogen) ไตรกลีเซอร์ไรด์ (Triglyceride) และคลอเลสเตอรอล (Cholesterol) (P>0.05) ส่วนต้นทุนค่าอาหารในสูตรที่ใช้ชานอ้อยจะมีราคาต่ำกว่าสูตรที่ใช้ฟางข้าว ดังนั้นการใช้ชานอ้อยเป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนมีความเหมาะสมเนื่องจากราคาอาหารต่อกิโลกรัมถูกกว่าการใช้ฟางข้าวโดยเฉพาะการใช้ชานอ้อยร่วมกับน้ำมันปาล์มในโคเนื้อ

คำสำคัญ: อาหารผสมครบส่วน; ยูเรียในกระแสเลือด

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

_____อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Title : Utillzation of bagasse and rice straw with palm oil and sunflower oil the total mixed ration on feed intake, digestibility of nutrients and blood metabolism in Brahman crossbred Thai native cattle
Author : Mr.Isara Amartsana
Degree : Master of Science (Agricultural Technology)
Rajabhat Maha Sarakham University
Advisors : Assistant Professor Dr.Wantanee Polviset
Dr. Nattiya Danopas
Year : 2021

ABSTRACT

The aim of this experiment was to evaluate roughage sources and oil sources in a total mixed ration (TMR) on voluntary feed intake, nutrients intake, digestibilities, blood chemistry and feed cost. Four crossbred Thai native x American Bhaman cattle aged 1.5 years old and live weight 177±34 kg. Total experimental period was 84 days in 4 periods, each period of feeding lasted for 21 days. All animals were randomly assigned according to a 2x2 factorial in 4x4 Latin square design to receive four dietary treatments were bagasse with palm oil, bagasse with sunflower oil, rice straw with palm oil and rice straw with sunflower oil. During the experimental periods, all cattle were fed ad libitum with total mixed ration and water supply.

Based on the experiment was revealed that roughage sources and oil sources did not effect on voluntary feed intake ($P>0.05$) but tended to be highest when used bagasse with sunflower oil was 4.91 kg/head/day. Additionally, all treatments did not effect on nutrient intakes of organic matter (OM), crude protein (CP), ether extract (EE), and neutral detergent fiber (NDF) ($P>0.05$), but roughage sources had affected acid detergent fiber (ADF) intake ($P<0.01$), when fed bagasse was highly significant than rice straw, on the other hand oil sources did not effect on ADF intake ($P>0.05$). However feeding roughage sources and oil sources did not effect on digestibilitiy of

DM, CP, EE, NDF and ADF, blood glucose, blood urea nitrogen, triglyceride and cholesterol) (P>0.05). The feed cost of bagasse was cheaper than rice straw. Based on this experiment, supplementing bagasse as a roughage source in TMR diets was suitable in beef cattle especially, used bagasse with palm oil in beef cattle.

Keywords: Total Mixed Ration, Blood Urea Nitrogen

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

_____Major Advisor

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันทนีย์ พลวิเศษ และอาจารย์ ดร.นัดติยา ด่านโอภาส ที่ทำให้ผู้วิจัยได้หัวข้อในการทำวิทยานิพนธ์ และกรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของผู้วิจัย ได้ให้ข้อมูลและคำแนะนำต่าง ๆ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัย โดยเฉพาะการวางเค้าโครง แนวทางการเขียนเนื้อหา และบทวิเคราะห์ตลอดจนการกำหนดกรอบเวลาในการเสนอความคืบหน้าของงาน ซึ่งถือเป็นแรงกระตุ้นให้แก่ผู้วิจัยได้อย่างดียิ่ง ทั้งท่านอาจารย์ยังได้สละเวลาอันมีค่าตรวจสอบความถูกต้องของงานผู้วิจัย อีกด้วย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งใจและสำนึกในพระคุณของท่านอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ต่าง ๆ อันผู้วิจัยมิได้เอ่ยนาม ที่ได้อบรมสั่งสอนให้ความรู้ทางด้านวิชาการแก่ผู้วิจัย รวมทั้งได้แต่งตำราให้ผู้วิจัยได้ใช้ค้นคว้าอ้างอิง จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ ผู้วิจัยขอขอบคุณกัลยาณมิตรของผู้วิจัยทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยตลอดมาขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม สำนักบัณฑิตวิทยาลัย รวมทั้งเพื่อน ๆ สาขาเทคโนโลยีการเกษตร รหัส 57 ทุกท่านที่เป็นกำลังใจและคอยช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่ศึกษาและจัดทำวิทยานิพนธ์ ในทุก ๆ เรื่องด้วยความปรารถนาดีเสมอมา

สุดท้ายผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสาคร และคุณแม่พิศมัย อามาตย์เสนา ที่ท่านช่วยสนับสนุนในด้านการศึกษาแก่ผู้วิจัยมาตั้งแต่วัยเยาว์ ให้ความรัก ความเข้าใจและเป็นกำลังใจสำคัญให้ซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ โดยหากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีประโยชน์และคุณค่าทางการศึกษาอยู่บ้าง ผู้วิจัยขอยกความดีทั้งหมดแด่ท่านอาจารย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วันทนีย์ พลวิเศษ และอาจารย์ ดร.นัดติยา ประกอบแสง และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน รวมทั้งกราบเป็นกตเวทิตาแก่บิดา มารดา คณาจารย์และผู้มีพระคุณที่ได้อบรมเลี้ยงดู ให้ความรู้ ความเมตตาแก่ผู้วิจัย แต่หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความบกพร่องประการใด ผู้วิจัยขอน้อมรับความผิดพลาดไว้แต่เพียงผู้เดียว

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

นายอิสระ อามาตย์เสนา

สารบัญ

หัวเรื่อง หน้า

บทคัดย่อ ..... ก
ABSTRACT ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญภาพ ..... ฌ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 2
1.3 ขอบเขตการวิจัย 3
1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม 5
2.1 อาหารผสมครบส่วนหรืออาหารแบบอาหารผสมสำเร็จ (Total Mixed Ration: TMR) .. 6
2.2 ประโยชน์ของอาหารผสมครบส่วน 7
2.3 การใช้เมล็ดพืชน้ำมันและน้ำมันในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง 8
2.4 รูปแบบของการเลี้ยงโคเนื้อในปัจจุบัน 8
2.5 วงจรการผลิตโคเนื้อ 10
2.6 สายพันธุ์โคเนื้อ 10
2.7 กระบวนการของไขมันในกระเพาะหมักในสัตว์เคี้ยวเอื้อง 13
2.8 การลำเลียง การย่อยไขมันและการสะสมไขมันในสัตว์เคี้ยวเอื้อง 16
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 20
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 24
3.1 สัตว์ทดลอง 24
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 24
3.3 แผนการทดลอง 25
3.4 อาหารทดลอง 26

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
GRADUATE SCHOOL MAHASARAKHAM RAJABHAT UNIVERSITY

หัวเรื่อง หน้า

3.5 วิธีดำเนินการทดลอง 27
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 27
บทที่ 4 ผลการวิจัย 28
4.1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง 28
4.2 ปริมาณการกินได้อย่างอิสระ (Voluntary Feed Intake) และโภชนะที่กินได้ (Nutrient Intake) (กิโลกรัม/ตัว/วัน) 29
4.3 ความสามารถในย่อยได้ของโภชนะ (Digestibility) (เปอร์เซ็นต์) 30
4.4 กลูโคส ยูเรียไนโตรเจน คลอเรสเตอรอล และไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือด 31
4.5 ต้นทุนค่าอาหาร (Feed cost) 33
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 35
5.1 ปริมาณการกินได้อย่างอิสระ 35
5.2 ความสามารถในการย่อยได้ 36
5.3 กลูโคส ยูเรียไนโตรเจน คลอเรสเตอรอล และไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือด 36
5.4 ต้นทุนค่าอาหาร 38
5.5 สรุปผลการวิจัย 38
5.6 ข้อเสนอแนะ 38
บรรณานุกรม 39
ภาคผนวก 47
ภาคผนวก ก สัตว์ทดลองและการเก็บตัวอย่าง 48
ภาคผนวก ข อาหารสัตว์ทดลอง 52
การเผยแพร่ผลงานวิจัย 54
ประวัติผู้วิจัย 55

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 จำนวนโคเนื้อในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2560-2563 5
2.2 คุณค่าทางโภชนะของวัสดุเหลือใช้และผลพลอยได้จากการปลูกพืชบางชนิด 6
2.3 องค์ประกอบของ Polyunsaturated Fatty Acids (PUFA) (g/100 g fatty acids) ในเนื้อเยื่อไขมันใต้ผิวหนัง (Subcutaneous Adipose Tissue) และ Longissimus Muscle ... 13
2.4 สัดส่วนของกรดไขมันใน Longissimus dorsi ของโคสาวพันธุ์ลูกผสมชาโรเลย์ และโคเพศผู้ตอนลูกผสม เมื่อได้รับอาหารที่แตกต่างกัน 21
2.5 องค์ประกอบของกรดไขมันใน longissimus muscle ของโคเนื้อ 3 สายพันธุ์ (Wagyu, Wagyu x Limousin และ Limousin) เมื่อได้รับอาหารที่ปราศจากไขมัน (Control) และ 6 เปอร์เซ็นต์ sunflower oil 23
3.1 การจัด Combination ของ 2 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ 25
3.2 แผนผังการทดลองแบบ 2x2 factorial in 4x4 Latin square 25
3.3 สูตรอาหารลองที่ใช้ในการทดลอง 26
4.1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมครบส่วน (DM basis) 28
4.2 ปริมาณการกินได้ (Daily dry matter intake; กิโลกรัม/ตัว/วัน) และปริมาณการกินได้ของโภชนะ (nutrient intake; กิโลกรัม/ตัว/วัน) เมื่อโคเนื้อได้รับสูตรอาหารที่แตกต่างกัน 30
4.3 ความสามารถในย่อยได้ของโภชนะ (เปอร์เซ็นต์) 31
4.4 เมธาโบไลท์ในเลือดโค (mg/dl) 32
4.5 ต้นทุนค่าอาหารสูตรอาหารที่ใช้ชานอ้อยร่วมกับน้ำมันปาล์ม 34
4.6 ต้นทุนค่าอาหารสูตรอาหารที่ใช้ชานอ้อยร่วมกับน้ำมันปาล์ม 34

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 โคพันธุ์ไทยพื้นเมือง 11
2.2 โคพันธุ์อเมริกันบราห์มัน 12
2.3 โคลูกผสมบราห์มัน–พื้นเมือง 12
2.4 ปฏิกิริยารีดักชั่น แคททาไลท์ ของ Propionibacterium acnes (PAI) 14
2.5 ขั้นตอนของการเปลี่ยนแปลงกรดไขมันในกระเพาะหมักและในเนื้อเยื่อ 15
2.6 ส่วนประกอบของไลโปโปรตีน 17
2.7 กระบวนการขนส่ง lipoproteins ในกระแสเลือดไปยังอวัยวะเป้าหมาย ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง 19
2.8 อิทธิพลของอายุต่อองค์ประกอบของกรดไขมัน 22
4.1 ความเข้มข้นของน้ำตาลในเลือด ยูเรียไนโตรเจน คลอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอร์ไรด์ (mg/dl) ในเลือดโค 33
ก.1 โคเนื้อทดลองที่ได้รับอาหารแบบผสมสำเร็จ 49
ก.2 การเก็บตัวอย่างเลือด 49
ก.3 การเก็บตัวอย่างมูลโค 50
ก.4 การเตรียมตัวอย่างเลือดเพื่อวิเคราะห์หากรดไขมัน 50
ก.5 การเตรียมตัวอย่างพลาสม่า 51
ข.1 การเตรียมอาหารผสมสำเร็จ 53
ข.2 การชั่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ 53

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การเลี้ยงโคเนื้อเป็นอาชีพทางการเกษตรที่สำคัญอาชีพหนึ่ง ในอดีตที่ผ่านมาการเลี้ยงโคเนื้อขุนเกษตรกรไทยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้แรงงานเป็นหลัก เช่น ไถนา เมื่อโคแก่ไม่สามารถใช้งานได้จึงปลดจำหน่ายเป็นโคเนื้อ แต่ปัจจุบันรูปแบบการเลี้ยงโคเนื้อได้เปลี่ยนมาเป็นการเลี้ยงเพื่อผลิตเนื้อโคให้ได้ปริมาณและคุณภาพเพียงพอตามความต้องการของผู้บริโภค โดยมีรูปแบบการเลี้ยงเป็นฟาร์มขนาดใหญ่มากขึ้น อย่างไรก็ตามปัญหาในการเลี้ยงโคเนื้อของประเทศไทยในปัจจุบันคือเกษตรกร ผู้เลี้ยงโคเนื้อยังขาดความรู้ในด้านการจัดการการเลี้ยงดูโคเนื้อ โดยเฉพาะในด้านสายพันธุ์ การให้อาหาร และการจัดการที่ถูกต้องตามหลักวิชาการรวมถึงปัญหาโรคระบาดสัตว์ ซึ่งส่งผลกระทบต่อการผลิตโคเนื้อที่ตามมา โดยการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องในเขตร้อนเป็นที่ทราบกันดีว่ามีผลพลอยได้ทางการเกษตร เช่น แหล่งอาหารหยาบในปริมาณที่สูงแต่คุณภาพต่ำ เช่น ฟางข้าว และชานอ้อย เป็นต้น นักโภชนศาสตร์สัตว์ได้คิดค้นเทคนิคการปรับปรุงคุณภาพอาหารหยาบคุณภาพต่ำ ซึ่งหนึ่งในวิธีที่ได้รับความนิยม คือ การทำอาหารผสมครบส่วน (Total Mixed Ration: TMR) เนื่องจากมีการสับอาหารหยาบให้มีขนาดสั้นส่งผลให้เพิ่มความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะ (Hortonz et al., 1991) และการเคี้ยวเอื้อง (Lee et al., 2004) อีกทั้งช่วยประหยัดแรงงานเกี่ยวกับการจัดการอาหาร นอกจากนี้ Nagalakshmi et al., 2006) กล่าวว่าการให้อาหารผสมครบส่วนช่วยเพิ่มความน่ากินและการนำไปใช้ประโยชน์ของอาหารจากจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักอีกด้วย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ในประเทศไทยพบว่าการวิจัยและพัฒนาการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ทางการเกษตรมีไม่มากนักโดยเฉพาะการนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยการนำมาใช้ในรูปแบบของอาหารผสมครบส่วน โดยส่วนใหญ่แล้วจะมีการให้อาหารแบบแยกระหว่างอาหารหยาบและอาหารข้น ซึ่งการให้แบบนี้พบว่าการนำไปใช้ประโยชน์ได้ของอาหารหยาบจะมีประสิทธิภาพด้อยกว่าการให้อาหารแบบครบส่วน เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งของอาหารหยาบชนิดเดียวกัน นอกจากนี้ปัญหาสำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ ราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้ปรับราคาสูงขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มของพืชพลังงานทางเลือก เช่น มันเส้น และปาล์มน้ำมัน เป็นต้น เนื่องจากมีการนำไปใช้เพื่อผลิตพลังงานทดแทน (Alternative Energy Sources) กันมากขึ้น รวมถึงความผันผวนของค่าเงินบาทที่ส่งผลกระทบต่อการนำเข้าวัตถุดิบอาหารสัตว์จากต่างประเทศ จึงส่งผลให้ราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นเพื่อให้อาชีพการเลี้ยงสัตว์ดำเนินต่อไปได้อย่างต่อเนื่องทั้งในเกษตรกรรายย่อยและระดับ

อุตสาหกรรมให้มีรายได้เพิ่มสูงขึ้น จึงต้องมีการวิจัยพัฒนาทรัพยากรอาหารสัตว์เขตร้อนในแต่ละท้องถิ่น และผลพลอยได้ทางการเกษตร มาทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีราคาแพง หรือขาดแคลน (ปิ่น จันจุฬา, 2553) เป็นที่ทราบกันดีว่าทวีปเอเชียมีการผลิตข้าวมากที่สุดในโลกเฉลี่ย 670 ล้านตันต่อปี (Nguyen et al., 2019) หลังจากการเก็บเกี่ยวแล้วฟางข้าวคือแหล่งอาหารหยาบที่สำคัญที่ใช้เป็นอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Van Soest, 1994) ดังนั้นหากมีการนำเอาผลพลอยได้ที่พบได้ในแต่ละภูมิภาคมาใช้ในการเลี้ยงสัตว์สามารถช่วยลดต้นทุนค่าขนส่ง เช่น ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกข้าว และอ้อย ซึ่งผลพลอยได้สามารถนำไปใช้ในการเลี้ยงสัตว์ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการลดต้นทุนการผลิตสัตว์ เช่น การใช้ชานอ้อยในกระบือ พบว่าสัตว์สามารถใช้ประโยชน์จากเยื่อใยของชานอ้อยได้เป็นอย่างดี (Seshaiah et al., 2014) และสามารถใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับแพะได้อีกด้วย (Baiti et al., 2013)

อย่างไรก็ตามแหล่งพลังงานก็มีความสำคัญในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง การเสริมไขมันมีความสำคัญต่อการเพิ่มพลังงานในอาหารสัตว์ (Bauman et al., 2003) การใช้น้ำมันพืชก็นิยมใช้ในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น การใช้น้ำมันปาล์ม และน้ำมันทานตะวัน เป็นต้น ซึ่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ดังกล่าวเป็นแหล่งของไขมัน เมื่อสัตว์ได้รับเข้าไปก็จะมีการสะสมไขมันโดยกระบวนการเมธาโบลิซึมในตัวสัตว์เอง โดยน้ำมันปาล์มเป็นแหล่งของกรดไขมันอิ่มตัวส่วนน้ำมันทานตะวันเป็นแหล่งของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งเมื่อสัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับอาหารที่ประกอบไปด้วยไขมันพบว่า เมื่อไขมันอยู่ในกระเพาะหมักจะเกิดกระบวนการไฮโดรจีเนชั่น (Hydrogenation) โดยการเติมไฮโดรเจนเข้าไปในพันธะคู่ของกรดไขมัน ทำให้กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวกลายเป็นกรดไขมันอิ่มตัวโดยจุลินทรีย์ที่อาศัยในกระเพาะหมัก (Preston and Leng, 1987) และกรดไขมันดังกล่าวก็จะถูกดูดซึมและสะสมในเนื้อสัตว์และน้ำนมต่อไป

ดังนั้นเป้าหมายที่สำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง คือ การใช้ผลพลอยได้ที่พบในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาล อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน อุตสาหกรรมทานตะวัน และฟางข้าว และชานอ้อยซึ่งเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยการนำไปให้สัตว์กินในรูปแบบการให้อาหารผสมครบส่วนจะเป็นการนำวัตถุดิบในพื้นที่ไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยการศึกษาสมรรถนะการผลิตสัตว์และต้นทุนค่าอาหารสัตว์ ในโคลูกผสมพื้นเมืองไทย × อเมริกันบราห์มัน

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาผลการใช้ฟางข้าวและชานอ้อยเป็นแหล่งอาหารหยาบร่วมกับน้ำมันปาล์มและน้ำมันทานตะวันในสูตรอาหารผสมครบส่วนต่อปริมาณการกินได้ และความสามารถในการย่อยได้ของโคเนื้อลูกผสมพื้นเมืองไทย x อเมริกันบราห์มัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1.2.2 เพื่อศึกษาผลการใช้ฟางข้าวและชานอ้อยเป็นแหล่งอาหารหยาบร่วมกับน้ำมันปาล์มและน้ำมันทานตะวันในสูตรอาหารผสมครบส่วนต่อเมธาโบไลท์ในเลือด ได้แก่ กลูโคส ยูเรียไนโตรเจน คลอเรสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์ ของโคเนื้อลูกผสมพื้นเมืองไทย x อเมริกันบราห์มัน

1.2.3 เพื่อศึกษาต้นทุนค่าอาหารสัตว์ ในรูปแบบอาหารผสมครบส่วนที่มีการใช้ฟางข้าวและชายอ้อยเป็นแหล่งอาหารหยาบร่วมกับน้ำมันปาล์มและน้ำมันทานตะวัน

1.3 ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ทำการศึกษาการนำไปใช้ประโยชน์จากฟางข้าว ชานอ้อย ร่วมกับน้ำมันปาล์มและน้ำมันทานตะวัน ในสูตรอาหารผสมครบส่วน โดยเน้นการศึกษาปริมาณการกินได้ ความสามารถในการย่อยได้ เมธาโบไลท์ในเลือด และต้นทุนค่าอาหารสัตว์

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

โคลูกผสมพื้นเมืองไทย x อเมริกันบราห์มัน หมายถึง โคที่ได้ทำการปรับปรุงสายพันธุ์จากการนำโคพ่อพันธุ์บราห์มันผสมกับโคแม่พันธุ์พื้นเมือง ทำการคัดพันธุ์จนได้เป็นโคลูกผสมซึ่งเป็นโคที่มีโครงสร้างลักษณะดี (โคขนาดกลาง) ทนต่อสภาพอากาศร้อน เลี้ยงง่าย โตเร็วมีอัตราการแลกเนื้อสูง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
MAHASARAKHAM RAJABHAT UNIVERSITY

น้ำมันทานตะวัน (Sunflower Oil) หมายถึง น้ำมันพืชที่มีองค์ประกอบกรดไขมัน ไม่อิ่มตัวในปริมาณสูง อุดมไปด้วยน้ำมันและวิตามินอี น้ำมันที่ได้จากเมล็ดทานตะวันจะมีกรดลิโนเลอิกสูงถึง 44-75 เปอร์เซ็นต์

น้ำมันปาล์ม (Palm Oil) หมายถึง น้ำมันพืชชนิดหนึ่งที่ใช้นำมาประกอบอาหารและประกอบอาหารสัตว์ ได้จากผลปาล์ม

อาหารหยาบ หมายถึง อาหารสัตว์ที่มีคุณลักษณะของกาก หรือเยื่อใยมากกว่า 18 เปอร์เซ็นต์

อาหารข้น หมายถึง อาหารที่มีเยื่อใยน้อยกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ หรือมีเยื่อใย NDF น้อยกว่า 35 เปอร์เซ็นต์

อาหารผสมครบส่วน (Total Mixed Ration: TMR) หมายถึง การนำอาหารหยาบ และอาหารข้นมาผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม

ยูเรียในกระแสเลือด (Blood Urea Nitrogen: BUN) หมายถึง ระดับไนโตรเจนที่พบในกระแสเลือด โดยระดับยูเรียไนโตรเจนปกติของโคอยู่ในช่วง 6.3-25.5 mg/dl ในมนุษย์อยู่ในช่วง 6-20 mg/dl

ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) หมายถึง ไขมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันสามโมเลกุลรวมตัวกับกลีเซอรอลหนึ่งโมเลกุล ไตรกลีเซอไรด์นั้นอาจจะเป็นกรดไขมันชนิดเดียวกัน เช่น ไตรสเตียริน มีกรดสเตียริกเป็นองค์ประกอบเท่านั้น หรือเป็นกรดไขมันคนละชนิด เช่น 1-พาล์มิโทสเตียริน (1-Palmitostearin) หมายถึงไตรกลีเซอไรด์ที่กรดไขมันตัวแรกเป็นกรดพาล์มมิติก ส่วนกรดไขมันตัวที่ 2 และ 3 เป็นกรดสเตียริก เป็นพลังงานสะสมในสัตว์ และใช้สะสมใต้ผิวหนังเพื่อรักษาอุณหภูมิของร่างกาย โดยสะสมในเซลล์ไขมัน (Adipocyte) ในรูปเม็ดไขมัน หรืออยู่ในรูปไมเซลล์ (Micelle)

ปริมาณการกินได้ (Feed Intake) ปริมาณอาหารที่โคจำนวนนั้นกินตลอดช่วงการทดลองหรือเก็บข้อมูลโดยใช้ระยะในการทดลองหรือการเลี้ยงดูจากวันเริ่มต้นถึงวันสิ้นสุดการทดลองปริมาณอาหารที่กินมีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อวัน

คลอเลสเตอรอล (Cholesterol) เป็นชนิดหนึ่งของไขมัน เป็นสารตั้งต้นในการผลิตฮอร์โมนต่าง ๆ เอนไซม์ และเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของ Cell Membranes

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงผลการใช้ฟางข้าวและชานอ้อยเป็นแหล่งอาหารหยาบร่วมกับน้ำมันปาล์มและน้ำมันทานตะวันในสูตรอาหารผสมครบส่วนต่อปริมาณการกินได้ และความสามารถในการย่อยได้ของโคเนื้อลูกผสมพื้นเมืองไทย x อเมริกันบราห์มัน

1.5.2 ทราบถึงผลการใช้ฟางข้าวและชานอ้อยเป็นแหล่งอาหารหยาบร่วมกับน้ำมันปาล์มและน้ำมันทานตะวันในสูตรอาหารผสมครบส่วนต่อเมธาโบไลท์ในเลือด ได้แก่ กลูโคส ยูเรียไนโตรเจน คลอเรสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์ ของโคเนื้อลูกผสมพื้นเมืองไทย x อเมริกันบราห์มัน

1.5.3 ทราบถึงผลของต้นทุนค่าอาหารสัตว์ ในรูปแบบอาหารผสมครบส่วนที่มีการใช้ฟางข้าวและชายอ้อยเป็นแหล่งอาหารหยาบร่วมกับน้ำมันปาล์มและน้ำมันทานตะวัน

บทที่ 2
การทบทวนวรรณกรรม

ประเทศไทย พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม มีทั้งการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ในแต่ละภูมิภาค โดยการเลี้ยงสัตว์ในเกษตรกรรายย่อยส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงเพื่อบริโภคในครัวเรือนยกเว้นการเลี้ยงโคนมจะเป็นการเลี้ยงในเชิงธุรกิจ สัตว์ส่วนใหญ่ที่เลี้ยง ได้แก่ ไก่เนื้อ ไก่ไข่ และโคเนื้อ จากสถานการณ์ปัจจุบันพบว่าราคาอาหารสัตว์เพิ่มสูงขึ้นในทุก ๆ ปี สืบเนื่องมาจากต้องนำเข้าวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิดจากต่างประเทศ และวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ผลิตได้ในประเทศก็มีราคาที่สูงขึ้นเนื่องจากค่าปุ๋ยและค่าแรงงาน อีกทั้งวัตถุดิบอาหารสัตว์หลายชนิดจัดอยู่ในกลุ่มพืชทดแทน คือ พืชที่สามารถนำส่วนต่าง ๆ ของพืชมาใช้ผลิตพลังงานทดแทนน้ำมันที่ได้จากปิโตรเลียม ได้แก่ ปาล์มน้ำมัน ถั่วเหลือง ทานตะวัน ข้าวโพด ข้าว ข้าวฟ่าง มันสำปะหลัง อ้อย และแก่นทานตะวัน ส่งผลให้ราคาพืชกลุ่มดังกล่าวมีราคาที่สูงขึ้น ส่งผลต่อต้นทุนการผลิตสัตว์ที่สูงขึ้นตามมา นอกจากนี้รัฐบาลได้มีนโยบายส่งเสริมการเลี้ยงโคเนื้อและเป็นโครงการหนึ่งในแผนปรับโครงสร้างระบบการผลิตการเกษตร เพื่อให้อาชีพการเลี้ยงโคเนื้อเป็นอาชีพที่ทำรายได้ให้เกษตรกรอย่างสม่ำเสมอ สอดคล้องกับประเทศไทยได้เข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (Asean Economic Community) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 เป็นต้นมา ดังนั้นการผลิตสินค้าทางด้านการเกษตรต้องเน้นคุณภาพเป็นหลักเพื่อเพิ่มอำนาจต่อรองกับประเทศคู่ค้าและเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันทางด้านเศรษฐกิจระดับโลก รวมถึงส่งเสริมให้ภูมิภาคมีความเจริญก้าวหน้า ประชาชนอยู่ดีกินดี ซึ่งประเทศไทยมีศักยภาพสูง เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศต่าง ๆ ในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยประเทศไทยผลิตโคพ่อแม่พันธุ์และโคเนื้อ เพื่อส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ อีกทั้งผลการจัดทำข้อตกลงเขตการค้าเสรีอาเซียน (AFTA) ทำให้ประเทศไทยมีโอกาสส่งออกโคเนื้อไปต่างประเทศเพิ่มมากขึ้น (กรมปศุสัตว์, 2555) ส่งผลให้ปริมาณโคเนื้อในประเทศมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 จนถึงปัจจุบัน ดังตารางที่ 2.1

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครสวรรค์
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 2.1 จำนวนโคเนื้อในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2560-2563

ปี พ.ศ.	จำนวนโคเนื้อ (ตัว)	ที่มา
2563	6,137,928	ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารกรมปศุสัตว์ (2563)
2562	5,871,807	ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารกรมปศุสัตว์ (2562)
2561	5,445,351	ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารกรมปศุสัตว์ (2561)
2560	4,876,228	ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารกรมปศุสัตว์ (2560)

ในประเทศไทยสายพันธุ์โคเนื้อที่นิยมเลี้ยงมากที่สุดคือ โคสายพันธุ์พื้นเมือง รองลงมา คือ โคลูกผสม ซึ่งในการเลี้ยงโคขุนนั้นจะมีต้นทุนในการเลี้ยงมากกว่าการเลี้ยงโคแบบพื้นบ้านทั่วไป เนื่องจากโคขุนต้องใช้ความประณีตและปริมาณอาหารที่เพียงพอโคจึงจะสามารถแสดศักยภาพการผลิตได้อย่างเต็มที่ ผู้เลี้ยงหรือเกษตรกรต้องมีความรู้และตลาดที่เพียงพอซึ่งกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงโคส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อย อย่างไรก็ตามศักยภาพการเลี้ยงโคของประเทศไทยพบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่เหมาะแก่การเลี้ยงสัตว์ อีกทั้งมีผลพลอยได้ที่เหลือจากการเกษตร ได้แก่ ฟาง ชานอ้อย เพื่อใช้เป็นอาหารโคได้อีกด้วย ในปัจจุบันปัญหาที่พบ คือ การขาดแคลนพืชอาหารสัตว์เป็นผลทำให้การผลิตโคในประเทศลดลงทั้งปริมาณและคุณภาพ อีกทั้งวัตถุดิบอาหารสัตว์มีราคาสูงขึ้นด้วยและพื้นที่ในการเลี้ยงสัตว์ไม่เพียงพอเนื่องจากเกษตรกรต้องใช้พื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจชนิดต่าง ๆ ในขณะที่ผลพลอยได้และวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรมีอยู่แล้วปริมาณมาก เช่น ฟางข้าว และ ชานอ้อย โดยมีคุณค่าทางโภชนะแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางโภชนะของวัสดุเหลือใช้และผลพลอยได้จากการปลูกพืชบางชนิด

วัสดุพลอยได้จากการปลูกพืช และพืชมีโปรตีนสูง	ส่วนประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์)		
	วัตถุแห้ง	โปรตีน	เยื่อใย
ฟางข้าว	90.00	2.76	38.13
ฟางปรุงแต่ง (แห้ง)	90.00	7.88	33.33
ยอดอ้อยสด	37.67	2.46	13.14
ยอดอ้อยอบแห้ง	96.32	5.51	33.95
ชานอ้อย	95.30	2.70	37.40

หมายเหตุ. ปรับปรุงจาก *การใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการเลี้ยงโค-กระบือ,* โดย กรมปศุสัตว์ (2557), สืบค้นจาก http://nutrition.dld.go.th/Nutrition_Knowlage/ARTICLE/Pro33.htm

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.1 อาหารผสมครบส่วนหรืออาหารแบบอาหารผสมสำเร็จ (Total Mixed Ration: TMR)

รูปแบบอาหารและการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้นควรมีการใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์และผลพลอยได้ทางการเกษตรที่พบได้ในท้องถิ่นเพื่อเป็นการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบดังกล่าวให้เกิดประโยชน์สูงสุด (เมธา วรรณพัฒน์, 2533)และสิ่งที่ควรพิจารณาร่วมด้วยคือรูปแบบหรือวิธีการที่จะนำวัตถุดิบอาหารสัตว์เหล่านั้นมาใช้ ซึ่งรูปแบบที่เหมาะสมเพื่อให้สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ให้ได้สูงสุด คือการนำมาใช้ในรูปแบบอาหารผสมครบส่วนหรืออาหารผสมสำเร็จ (Total Mixed Ration:

TMR) หรือ Complete feed (ฉลอง วชิราภากร, 2541) โดยเป็นการรวมทั้งอาหารหยาบ อาหารข้น และอาหารเสริมแร่ธาตุ และวิตามินเข้าด้วยกัน โดยคำนวณให้มีโภชนะต่าง ๆ เพียงพอตามความต้องการของสัตว์ในแต่ละช่วงระยะการเจริญเติบโต การให้อาหารแบบนี้จะเป็นวิธีที่ง่ายต่อการจัดการ ประหยัดเวลา และแรงงาน และสัตว์ได้รับโภชนะครบถ้วนตรงตามความต้องการ ในการประกอบสูตรอาหาร TMR ต้องใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพที่ดีไม่เน่าเสียเช่นเดียวกับการประกอบสูตรอาหารข้น อีกทั้งการใช้อาหาร TMR คือสะดวกในการใช้ ง่ายต่อการจัดการและประหยัดแรงงานในการเลี้ยงดู และนอกจากนี้การใช้อาหาร TMR มีประโยชน์ต่อสัตว์ คือสามารถรักษาระดับความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนทำให้การทำงานของจุลินทรีย์ เช่น การหมักย่อย การดูดซึมอาหารไปใช้ประโยชน์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ (เมธา วรรณพัฒน์, 2533) อาหาร TMR จะประกอบด้วย

2.1.1 แหล่งอาหารหยาบ ใช้พืชอาหารสัตว์ได้ทุกชนิด และเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่เยื่อใยสูง อาหารหยาบที่ใช้ควรมีศักยภาพในด้านการย่อยได้ และอัตราย่อยได้สูง มีความสามารถทำให้อัตราการหมักสูง มีอัตราการสังเคราะห์โปรตีนสูงกว่าอัตราการผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้

2.1.2 แหล่งอาหารข้น ประกอบด้วยแหล่งอาหารโปรตีนและไขมัน เช่น กากถั่วเหลือง กากเมล็ดทานตะวัน กากงา กากเมล็ดฝ้าย กากเนื้อในเมล็ดปาล์มและใบพืชโปรตีนสูง เช่น ใบกระถินแห้ง ใบมันสำปะหลัง เป็นต้น แหล่งอาหารพลังงาน เช่น มันเส้น ข้าวโพด รำ ข้าวฟ่าง เป็นต้น

2.1.3 แหล่งแร่ธาตุ และอื่น ๆ ได้แก่ กระดูก เปลือกหอย เกลือ ไดแคลเซียมฟอสเฟต วิตามิน และแร่ธาตุปลีกย่อย เป็นต้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ROJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.2 ประโยชน์ของอาหารผสมครบส่วน

2.2.1 ความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะรูเมนมีสภาพเหมาะสมต่อสภาวะนิเวศน์ของการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

2.2.2 ทำให้กระเพาะรูเมนของสัตว์ ใช้อาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.2.3 ทำให้กระเพาะรูเมนของสัตว์มีการย่อยได้ดีขึ้น

2.2.4 ทำให้การดูดซึมอาหารไปใช้ประโยชน์ในร่างกายดีขึ้น

2.2.5 ทำให้โคสามารถแสดงศักยภาพการให้ผลผลิตได้อย่างเต็มที่

2.2.6 จะช่วยประหยัดแรงงานเกี่ยวกับการจัดการอาหารหยาบ และสะดวกในการจัดการการให้อาหาร

2.2.7 เนื้อจะมีคุณภาพเพราะในอาหารผสมรวมมีพลังงานสูง

2.2.8 การเลี้ยงด้วยอาหารผสมรวมได้ผลตอบแทนสูงกว่าการให้อาหารแบบแยกเนื่องจากการนำไปใช้ประโยชน์ได้ของอาหารมีประสิทธิภาพสูง

2.3 การใช้เมล็ดพืชน้ำมันและน้ำมันในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

การใช้เมล็ดพืชน้ำมันและน้ำมันเพื่อเป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ในปัจจุบันมีการใช้หลายชนิดที่นิยมใช้ เช่น น้ำมันทานตะวัน ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณที่สูง เช่น น้ำมันจากเมล็ดทานตะวัน ประกอบด้วย Oleic acid 45.3 เปอร์เซ็นต์ และ Linolenic acid 39.8 เปอร์เซ็นต์ (NRC, 2001) ดังนั้นการใช้น้ำมันสามารถช่วยเพิ่มการนำไปใช้ประโยชน์ได้ของกรดไขมันอิ่มตัว

2.4 รูปแบบของการเลี้ยงโคเนื้อในปัจจุบัน

ประเทศไทยมีพื้นที่ในการเลี้ยงที่จำกัดและวัตถุดิบในการเลี้ยงสัตว์ที่หายากและมีราคา ดังนั้นควรเลือกรูปแบบและวิธีการเลี้ยงให้เหมาะสมกับกำลังความสามารถของผู้เลี้ยงจึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญเพื่อลดความเสี่ยงในการขาดทุน โดยจะแบ่งรูปแบบการเลี้ยงโคตามความเหมาะสมของแต่ละบุคคล (เอกชัย บุญจันทร์, 2554) ดังนี้

2.4.1 ผู้เลี้ยงโคพ่อพันธุ์แม่พันธุ์

เน้นการจัดการฟาร์ม ทั้งด้านอาหาร แปลงหญ้า และจุดมุ่งหมายในการเลี้ยงเป็นหลัก การเลี้ยงต้องใช้ระยะเวลา 2-5 ปี ถึงจะคืนทุน โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อย 2 กลุ่ม คือ

2.4.1.1 ผู้เลี้ยงโคพันธุ์แท้คุณภาพดี ส่วนใหญ่จะเลี้ยงพันธุ์แท้เพื่อใช้ในการเข้าประกวดโคเป็นหลัก โดยเน้นไปที่ฝูงแม่พันธุ์เป็นหลักอาจจะเลี้ยงประมาณ 5-20 ตัว โดยใช้น้ำเชื้อจากพ่อพันธุ์ชั้นดีมาผสมเทียม เพื่อผลิตลูกโคพันธุ์แท้ออกสู่ตลาด บางทีอาจจะเลี้ยงพ่อพันธุ์ไว้สำหรับขึ้นผสมจริงหรือผลิตน้ำเชื้อแช่แข็งเพื่อจำหน่ายด้วยก็ได้ ซึ่งผู้ซื้อและผู้ขายต้องมีเงินทุนพอสมควรเพราะว่าโคในกลุ่มนี้มีราคาค่อนข้างสูงและการจัดการที่ประณีต ดังนั้นในการซื้อ-ขายทุกครั้งควรขอใบผสมเทียมหรือใบประวัติที่หน่วยงานรัฐหรือสมาคมของโคพันธุ์นั้นๆ รับรองมาด้วยเสมอเพื่อเป็นการยืนยันว่าเป็นโคพันธุ์แท้

2.4.1.2 ผู้เลี้ยงโคพันธุ์ลูกผสมทั่วไป ส่วนใหญ่จะเป็นแม่พันธุ์ลูกผสมบราห์มัน ลูกผสมฮินดูบราซิล หรือลูกผสมยุโรป โดยจะเลี้ยงแบบปล่อยทุ่งหญ้าธรรมชาติ หรือขังคอกแล้วตัดหญ้ามาให้กิน นิยมใช้วิธีผสมเทียมโดยใช้น้ำเชื้อตามท้องตลาด บางฟาร์มก็ใช้พ่อพันธุ์คุมฝูงเพื่อลดปัญหาการจับสัดที่ไม่แน่นอน ลูกโคที่ผสมได้จะขายตีเป็นราคาเนื้อตามกลไกตลาดหรือปรับปรุงพันธุ์ยกระดับสายเลือดให้สูงขึ้นแล้วขายในราคาโคพันธุ์ ลูกค้าส่วนใหญ่คือผู้ที่นำไปขุนต่อเพื่อขยายพันธุ์และนำไปเลี้ยงเป็นโคขุนต่อไป

2.4.2 ผู้เลี้ยงโคขุน

สามารถทำเป็นอาชีพหลักและใช้พื้นที่ในการเลี้ยงที่จำกัดได้ โดยกำไรจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับการคัดเลือกโคเข้ามาเพื่อขุนรวมถึงราคาโคและราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่แปรผันตามฤดูกาล เพราะต้องใช้อาหารข้นคุณภาพดีเพื่อสร้างกล้ามเนื้อและน้ำหนักตัวให้ได้ตามระยะเวลาที่กำหนด ระยะเวลาในการเลี้ยงขึ้นอยู่กับความต้องการของตลาด ในช่วงเวลานั้น ๆ ที่ซึ่งผู้เลี้ยงจะมีรายได้หมุนเวียนอยู่ตลอดเวลา โดยจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

2.4.2.1 ผู้เลี้ยงโคขุนคุณภาพ ผู้เลี้ยงจะต้องเลือกโคเข้าขุนโดยให้มีสายเลือดยุโรปไม่ต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ หลังหย่านมที่มีฟันแท้ยังไม่ขึ้นหรือขึ้นไม่เกิน 1 คู่ ใช้ระยะเวลาขุนประมาณ 8-12 เดือน น้ำหนักสุดท้ายไม่ต่ำกว่า 500-550 กิโลกรัม การขุนโคที่มีอายุน้อยจะได้เนื้อที่มีความนุ่มมากว่าการขุนโคที่มีอายุมาก และระยะเวลาในการขุนที่นานจะช่วยเพิ่มไขมันในกล้ามเนื้อให้มีมากขึ้น เพราะว่าหากมีไขมันแทรกในปริมาณมากราคาก็จะสูงตามไปด้วย แต่ในกลุ่มผู้บริโภคเนื้อเพื่อสุขภาพจะไม่ค่อยให้ความสำคัญกับเรื่องไขมันแทรกมากนัก เนื่องจากต้องการหลีกเลี่ยงคลอเลสเตอรอลในไขมัน ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคต่าง ๆ โคกลุ่มนี้จะถูกเลี้ยงด้วยอาหารข้นคุณภาพดีปลอดสารเคมี และชำแหละแปรรูปตามมาตรฐานสากล มีตลาดรองรับและรับประกันราคาที่แน่นอน สามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ ซึ่งก่อนจะทำการขุนผู้เลี้ยงต้องสมัครเป็นสมาชิกของสหกรณ์โคเนื้อดังกล่าว เพื่อขอคิวลงทะเบียนขุน ซึ่งหน่วยงานที่รองรับ ได้แก่ สหกรณ์การเลี้ยงปศุสัตว์ กรป.กลาง โพนยางคำ จำกัด จังหวัดสกลนคร (Thai–French), สหกรณ์โคเนื้อมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม (KU Beef) และสหกรณ์การเกษตรหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร เป็นต้น เนื้อที่ได้จะจำหน่ายเฉพาะในตลาดกลุ่ม ห้างสรรพสินค้า ภัตตาคาร โรงแรม เป็นหลัก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.4.2.2 ผู้เลี้ยงโคขุนทั่วไป โคที่เข้าขุนจะไม่จำกัดอายุและสายพันธุ์ มีทั้งลูกผสมบราห์มันลูกผสมฮินดูบราซิล ลูกผสมยุโรป และพื้นเมือง มีอายุตั้งแต่หย่านมขึ้นไปจนถึงโคอายุมากหรือโคงานที่ปลดระวาง (โคมัน) ซึ่งสามารถหาซื้อได้จากตลาดนัดโคกระบือทั่วไป ใช้ระยะเวลาในการขุน 3-4 เดือน น้ำหนักสุดท้ายจะอยู่ที่ 350-450 กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับสภาพและชนิดของโคที่นำมาขุน เลี้ยงด้วยอาหารข้นและอาหารหยาบที่หาได้ตามพื้นที่ ถ้าโคที่นำมาขุนเนื้อเต็มโครงร่างก็ส่งเข้าโรงชำแหละซากไก้ทันทีโดยไม่จำกัดขนาด ส่วนใหญ่จะถูกชำแหละในรูปของเนื้อเซาะ (เลาะเอาแต่เนื้อแดง) หรือเนื้อผ่าซีกให้ครบตามปริมาณคำสั่งซื้อในแต่ละวัน เนื้อที่ได้จะจำหน่ายตลาดกลางและตลาดล่าง คือ ตลาดเทศบาล ตลาดสด และตลาดนัดทั่วไป

2.4.3 ผู้เลี้ยงโคพ่อพันธุ์แม่พันธุ์และโคขุน

ผู้เลี้ยงกลุ่มนี้จะใช้ระบบพึ่งพาอาศัยกัน โดยใช้กำไรส่วนหนึ่งจากการเลี้ยงโคขุนมาจุนเจือโคพันธุ์ในระหว่างที่รอโคพันธุ์คืนทุน โคขุนส่วนหนึ่งก็จะคัดมาจากโคพันธุ์หรือโคเพศผู้หย่านมที่มีลักษณะไม่ตรงกับความต้องการทำให้ลดต้นทุนในการซื้อโคเข้าขุนได้อีกทางหนึ่ง อาจเรียกได้ว่าเป็นฟาร์มแบบครบวงจร ซึ่งจะเป็นฟาร์มขนาดเล็ก กลาง ใหญ่ก็ได้ ยกตัวอย่างฟาร์มขนาดใหญ่

ที่เรารู้จักกันดี ได้แก่ ลุงเชาว์ฟาร์ม จังหวัดสุพรรณบุรี ห้างฉัตรแรนช์ จังหวัดลำปาง และฟาร์มชวนชื่น จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เป็นต้น

2.5 วงจรการผลิตโคเนื้อ

วงจรการผลิตโคเนื้อเพื่อป้อนอุตสาหกรรมเนื้อในปัจจุบันนั้นมีการแบ่งหน้าที่กันอย่างชัดเจน เนื่องด้วยข้อจำกัดในด้านพื้นที่ เงินทุน เวลา หรือความถนัดของแต่ละบุคคล โดยการแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้

2.5.1 ต้นน้ำ จะเลี้ยงเพื่อผลิตลูกโคจำหน่าย โดยจะจำหน่ายลูกโคที่มีอายุตั้งแต่หย่านมถึง 1 ปี ขึ้นไป และแม่พันธุ์บางส่วน ลูกค้าในกลุ่มนี้คือ ผู้นำไปขยายพันธุ์ ผู้เลี้ยงโคขุน และพ่อค้าคนกลาง

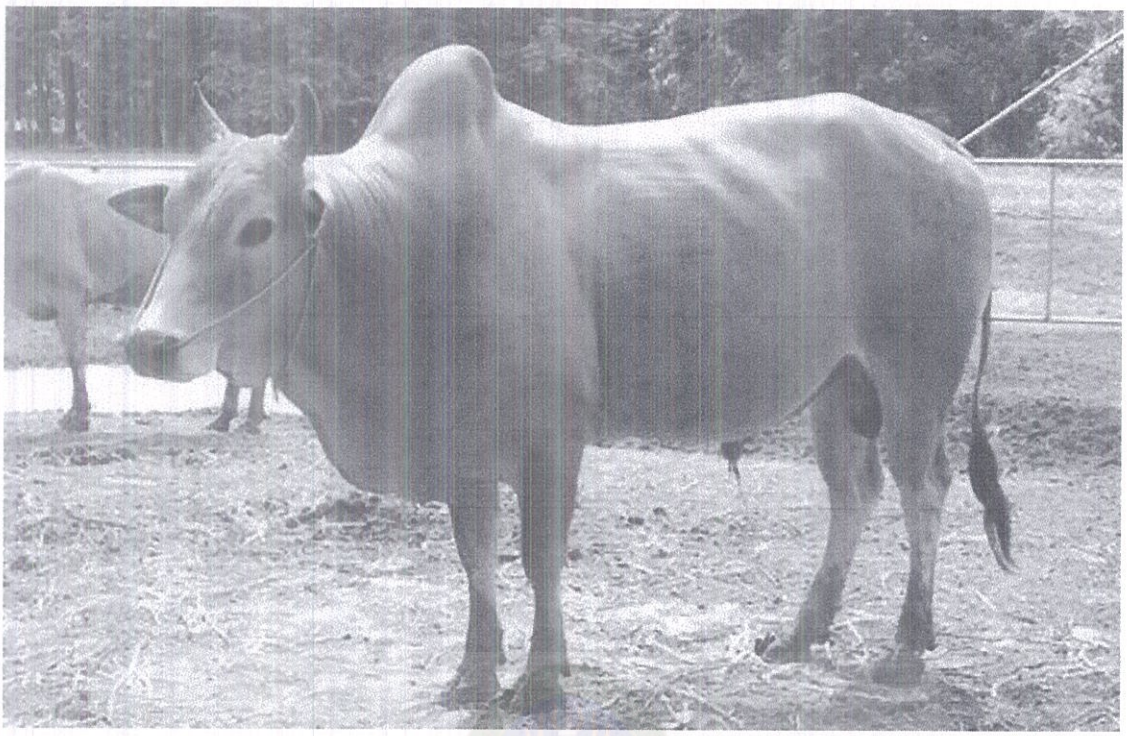
2.5.2 กลางน้ำ จะซื้อโคจากกลุ่มต้นน้ำหรือจากพ่อค้าคนกลาง นำมาขุนต่อให้ได้น้ำหนักตามระยะเวลาที่กำหนด ลูกค้าในกลุ่มนี้ คือ โรงเชือดต่าง ๆ

2.5.3 ปลายน้ำ จะนำโคที่ขุนเสร็จแล้วจากกลุ่มกลางน้ำและโคปลดระวางหรือคัดทิ้งจากกลุ่มต้นน้ำมาเชือดและชำแหละให้ครบจำนวนตามคำสั่งซื้อในแต่ละวันโดยจะเชือดวันต่อวันเพื่อความสด

2.6 สายพันธุ์โคเนื้อ

2.6.1 โคพันธุ์ไทยพื้นเมือง

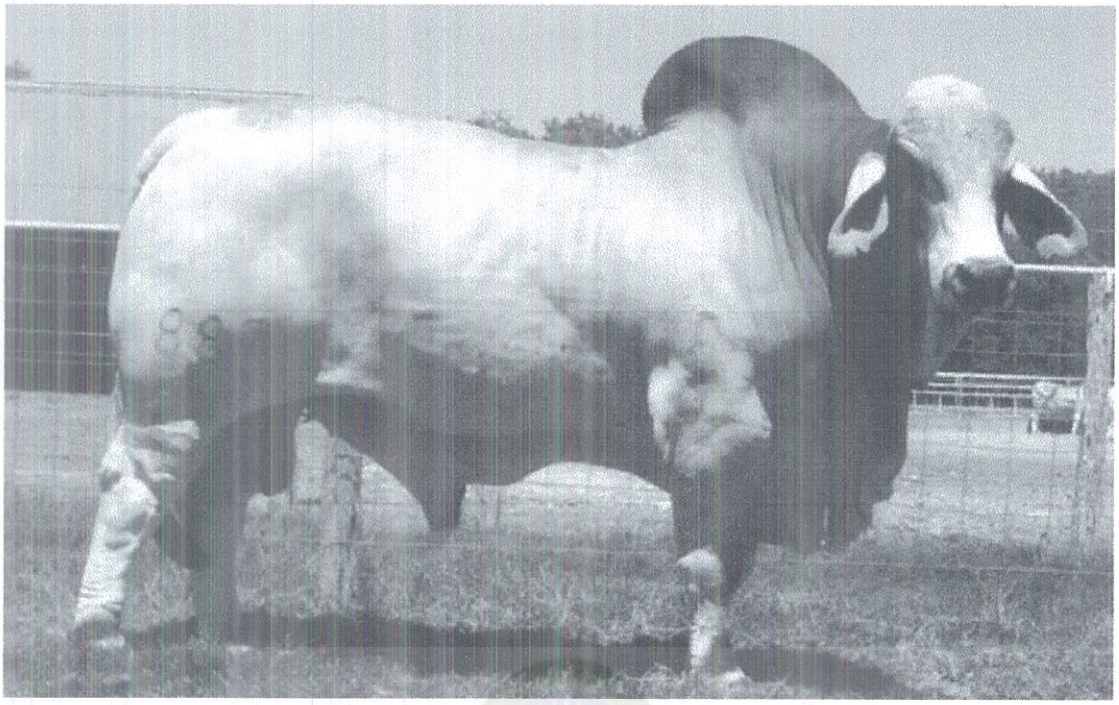
โคพันธุ์ไทยพื้นเมืองคือโคพื้นเมืองของไทยมีลักษณะใกล้เคียงกับโคพื้นเมืองของประเทศเพื่อนบ้านในแถบเอเชีย ลักษณะรูปร่างกะทัดรัด ลำตัวเล็ก ขาเรียวยาวเล็ก เพศผู้มีหนอกขนาดเล็กมีเหนียงคอแต่ไม่หย่อนยานมาก หูเล็ก หนังใต้ท้องเรียบมีสีไม่แน่นอน เช่น สีแดงอ่อน เหลืองอ่อน ดำ ขาวนวล น้ำตาลอ่อน เพศผู้โตเต็มที่หนักประมาณ 300-350 กิโลกรัม เพศเมีย 200-250 กิโลกรัม



ภาพที่ 2.1 โคพันธุ์ไทยพื้นเมือง

2.6.2 โคพันธุ์อเมริกันบราห์มัน

มีต้นกำเนิดในประเทศอินเดีย แต่ถูกปรับปรุงพันธุ์ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา โคพันธุ์นี้ที่เลี้ยงในบ้านเราส่วนใหญ่นำเข้ามาจากสหรัฐอเมริกา และออสเตรเลีย แล้วนำมาคัดเลือกปรับปรุงพันธุ์โดยกรมปศุสัตว์และฟาร์มของเกษตรกรรายใหญ่ในประเทศเป็นโคที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ ลำตัวกว้างยาว และลึก ได้สัดส่วน หลังตรง หนอกใหญ่ หูใหญ่ยาว จมูก ริมฝีปาก ขนตา กีบเท้าและหนังเป็นสีดำ เหนียงที่คอและหนังใต้ท้องหย่อนยาน โคนหางใหญ่ พู่หางสีดำ สีจะมีสีขาว เทา และแดง ที่นิยมเลี้ยงกันมากคือสีขาว เพศผู้โตเต็มที่หนักประมาณ 800-1,200 กิโลกรัม เพศเมียประมาณ 500-700 กิโลกรัม



ภาพที่ 2.2 โคพันธุ์อเมริกาบราห์มัน

2.6.3 โคลูกผสมบราห์มัน–พื้นเมือง

เป็นโคที่ได้ทำการปรับปรุงสายพันธุ์ จากการนำโคพ่อพันธุ์บราห์มันผสมกับโคแม่พันธุ์พื้นเมือง ทำการคัดพันธุ์จนได้เป็นโคลูกผสม ซึ่งเป็นโคที่มีโครงสร้างลักษณะดี (โคขนาดกลาง) ทนต่อสภาพอากาศร้อน เลี้ยงง่าย โตเร็วมีอัตราการแลกเนื้อสูง

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 2.3 โคลูกผสมบราห์มัน-พื้นเมือง

2.7 กระบวนการของไขมันในกระเพาะหมักในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

สัตว์ไม่เคี้ยวเอื้องและสัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับไขมันจาก 2 ทาง คือ ได้รับโดยตรงจากอาหาร และได้รับโดยทางอ้อมจากการสังเคราะห์ขึ้นในร่างกาย ไขมันที่สัตว์ได้รับจากอาหารนั้นส่วนใหญ่อยู่ในรูปไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) และองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อเยื่อไขมัน (Adipose Tissue) และกล้ามเนื้อ (Muscle) ของสัตว์แต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 2.3) ในเนื้อเยื่อไขมันจะมีปริมาณกรดไขมันสูงกว่าในเนื้อ แต่องค์ประกอบของกรดไขมันทั้ง 2 เนื้อเยื่อ มีค่าใกล้เคียงกันและแตกต่างกันในแต่ละชนิดสัตว์ ในแกะและโคจะมีสัดส่วนของ n-6 และ n-3 ในเนื้อสูงกว่าในเนื้อเยื่อไขมัน

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบของ Polyunsaturated Fatty Acids (PUFA) (g/100 g fatty acids) ในเนื้อเยื่อ ไขมันใต้ผิวหนัง (Subcutaneous Adipose Tissue) และ Longissimus Muscle

PUFA	Adipose tissue		Muscle	
	Sheep	Cattle	Sheep	Cattle
18:0	22.6^{b}	12.2^{a}	18.1^{c}	13.4^{b}
18:2n-6	1.3^{a}	1.1^{a}	2.7^{a}	2.4^{a}
18:3n-3	1.0^{b}	0.5^{a}	1.37^{c}	0.70^{a}
20:4n-6	ND	ND	0.64^{a}	0.63^{a}
20:5n-3	ND	ND	0.45^{c}	0.28^{a}
n-6:n-3	1.4	2.3	1.3	2.1
P:S	0.09	0.05	0.15	0.11
Total	70.6	70.0	4.9	3.8

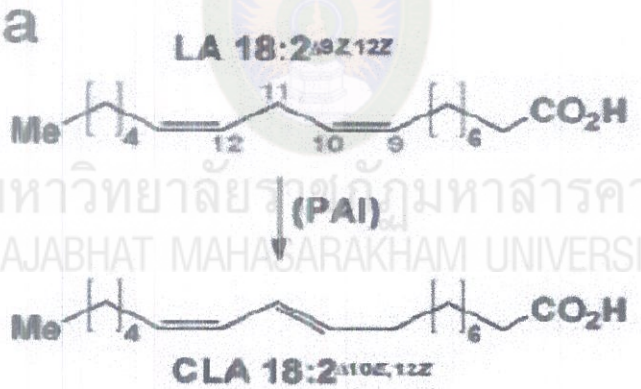
หมายเหตุ. ^{a,b,c} Means with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).
ปรับปรุงจาก "Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail," โดย Enser, M., K. Hallett, B. Hewitt, G. A. J. Fursey, and J. D. Wood, 1996, *journal of Meat Science*, 42, p. 443–456.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

กรดไขมันที่พบในอาหารสัตว์ เมื่อมาถึงกระเพาะหมักมีการเปลี่ยนแปลง 3 ขั้นตอน คือ

2.7.1 Hydrolysis ทั้ง Galactolipids และ Phospholipids ในพืชอาหารสัตว์เป็นจุดเริ่มต้นให้เอนไซม์ของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักทำงาน (Faruque et al., 1974) โดยมีแบคทีเรีย Anaerovibrio Lipolytica มีบทบาทที่สำคัญในการผลิต Hydrolytic Enzymes 2 ชนิด ได้แก่ Cell-Bound Esterase และ Extracellular Lipase นอกจากนี้ Hespell and O'Bryan-Shah (1988) พบว่า Esterase ได้มาจากแบคทีเรียหลากหลายชนิดประกอบด้วย 30 Strains ของ Butyrivibrio Fibrisolvens แต่แบคทีเรียที่ย่อยสลายพันธะเอสเทอร์ (Esters) ของกรดไขมันสายยาว (Long-Chain Fatty Acids) นั้นพบได้น้อยมาก

2.7.2 Isomerization เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวจาก cis ให้เป็น trans จากการทำงานของ เอนไซม์ isomerase ของแบคทีเรีย ซึ่งจะมีความจำเพาะสูงกับ c9, c12-CLA กระบวนการ isomerization ของ CLA อธิบายได้ดังนี้ Hydrogen Radical หรือประจุลบในตำแหน่ง C11 เกิดการเปลี่ยนตำแหน่งของพันธะคู่ (Double-Bond shift) และเกิด Rehydrogenation ที่ตำแหน่ง C13 หรือ C9 โดย Propionibacterium acnes (ภาพที่ 2.4)

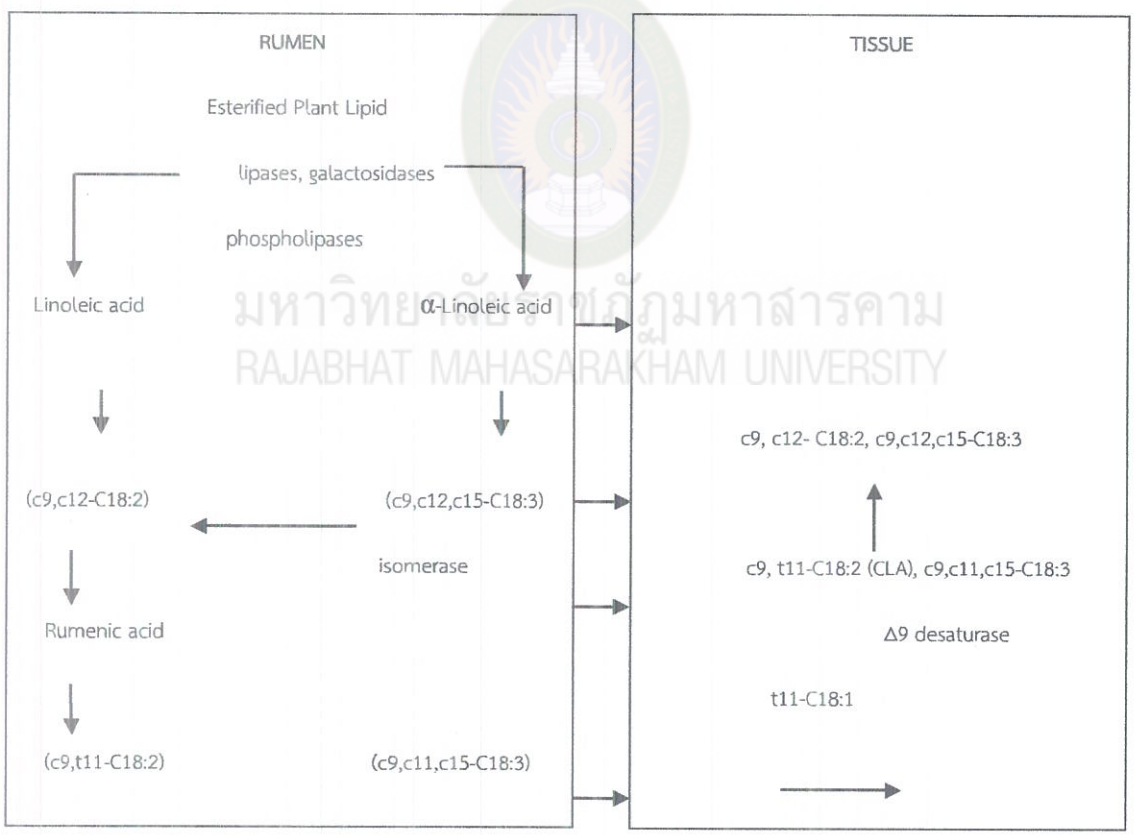


มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 2.4 ปฏิกิริยารีดักชั่น แคททาไลท์ (Reduction Catalyzed) ของ Propionibacterium Acnes (PAI). ปรับปรุงจาก "Structure and mechanism of the Propionibacterium acnes Polyunsaturated Fatty Acid Isomerase: PNAS. (p. 2576)," โดย Liavonchanka, A., E. Hornung, I. Feussner, and M. G. Rudolph., 2006.

กระบวนการ Isomerization ในกระเพาะหมักไม่ได้เกิดจากจุลินทรีย์ชนิดใดชนิดหนึ่งแต่เกิดจากจุลินทรีย์หลายชนิดที่มีการทำงานร่วมกัน ซึ่งกระบวนการดังกล่าว ทำให้จุดหลอมเหลวของกรดไขมันสูงขึ้น ไขมันมีลักษณะแข็งตัวขึ้น กรดไขมันอิ่มตัวที่พบมากคือ กรดสเตียริก (Stearic Acid) และกรดพาลมิติก (Palmitic Acid) นอกจากนี้ จุลินทรีย์สามารถสังเคราะห์กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนเป็นเลขคี่จากกรดโพรพิออนิก (Propionic Acid) และกรดไขมันที่มีสายไฮโดรคาร์บอนที่เป็นแขนงได้ โดยสังเคราะห์ได้จากกรดอะมิโน ได้แก่ วาลีน (Valine), ลูซีน (Leucine) และไอโซลูซีน (Isoleucine)

2.7.3 Hydrogenation กระบวนการนี้เกิดขึ้นโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก แบคทีเรียที่ทำให้เกิดกระบวนการนี้ ได้แก่ Butyrivibrio Fibrisolvens และ Anaerovibrio Lipolytica (Jenkins, 1993) เป็นหลัก โดยมีการเติมไฮโดรเจนเข้าไปในพันธะคู่ของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวให้กลายเป็นกรดไขมันที่อิ่มตัวจากการทำงานของเอนไซม์ Reductase (Drackley, 2000) ดังภาพที่ 2.5



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 2.5 ขั้นตอนของการเปลี่ยนแปลงกรดไขมันในกระเพาะหมักและในเนื้อเยื่อ. ปรับปรุงจาก *Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem,* โดย Jenkins, T.C., Wallace, R.J., Moate, P.J., & Mosley, E.E., 2008, Journal of Animal Science, 86(2), 397-412.

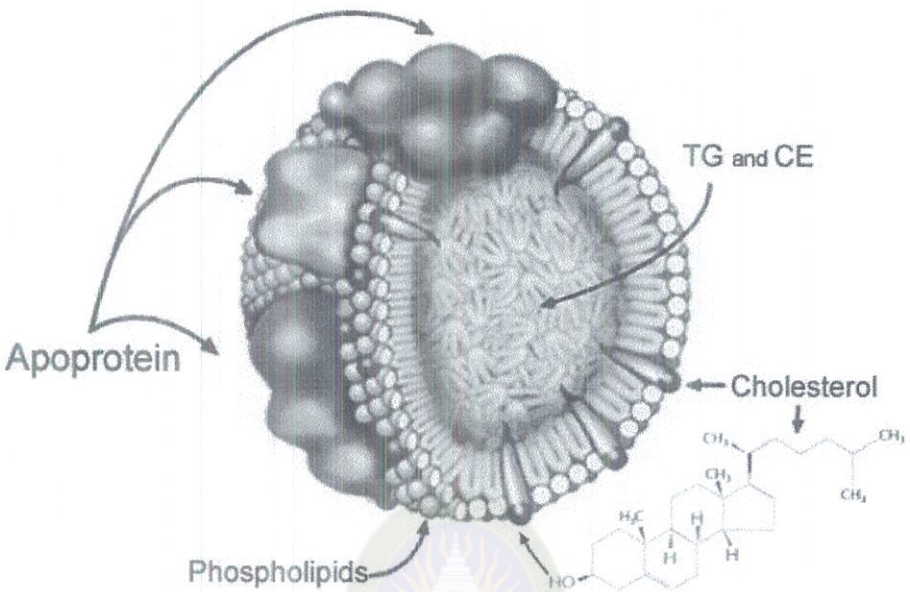
การเกิด Hydrogenation เกิดขึ้นเพื่อขจัด Reducing Power คือ H-atom ที่อยู่ในสภาพไร้ออกซิเจน H-atom จะถูกเคลื่อนย้ายไปยังพันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว และป้องกันการเกิดพิษที่จะส่งผลกระทบต่อจุลินทรีย์ ใน *B. fibrisolvens* พบว่าการเกิดพิษเนื่องจากไขมันจะมีระดับความแตกต่างขึ้นอยู่กับชนิดของกรดไขมัน ดังนี้ linolenic acid มีความเป็นพิษมากกว่า linoleic acid หรือ CLA (Maia et al., 2006) หลังจากเกิดกระบวนการ hydrogenation โดย *B. fibrisolvens* จะมีการสะสมของ c9,t11-CLA ขึ้นเนื่องจากจุลินทรีย์ดังกล่าวขาดความสามารถในการ hydrogenated CLA ให้ได้เป็น กรดแวคเซนิค (vaccenic acid, t11C18:1) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเข้าใจการทำงานของ genes expression ของเอนไซม์ และกระบวนการ hydrogenation ที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจน (Jenkins et al., 2008) ในกระเพาะหมักปริมาณของกรดไขมัน C18:2n-6 และ C18:3n-3 จะเกิดไฮโดรจีเนชั่นอย่างรวดเร็วได้เป็นกรดไขมัน C18:0 นอกจากนี้สารตัวกลางที่พบได้ประกอบด้วย t11C18:1 (TVA) และ CLA ทำให้ปริมาณการสะสม CLA และ TVA ในเนื้อสูงขึ้นด้วย ซึ่ง CLA สังเคราะห์จาก TVA โดยเอนไซม์ Δ9 desaturase อย่างไรก็ตามสัดส่วนของ PUFA/SFA จะต่ำที่สุดเมื่อโคได้รับพืชหมัก เนื่องจากความไม่สมดุลย์ของโปรตีน แต่การให้หญ้าหมักจะทำให้สัดส่วนของ n-6/n-3 เหมาะสม คือ ต่ำกว่า 4.0 ปริมาณการกินได้ของ α-linolenic acid (18:3n-3) จากหญ้าหมักส่งผลให้เกิดการสังเคราะห์ C20–22n-3 PUFA โดยเฉพาะ DHA ซึ่งเนื้อโคที่ได้ผ่านการเลี้ยงโดยใช้หญ้าสดจะมีปริมาณของ n-3 PUFA มากกว่าเนื้อโคที่ไม่ได้รับหญ้าสด ทำให้ผู้บริโภคได้รับ n-3 PUFA เพิ่มขึ้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.8 การลำเลียง การย่อยสลายไขมัน และการสะสมไขมันในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

การดูดซึมกรดไขมันหากเป็นกรดไขมันสายสั้นและสายปานกลาง (C4-C12) สามารถดูดซึมเข้าสู่เซลล์เยื่อบุ (Mucosal Cell) ของลำไส้ได้โดยตรง จากนั้นผ่านเข้ากระแสเลือดทางหลอดเลือดดำ (Portal) โดยอาศัยโปรตีนอัลบูมิน (Albumin) เป็นตัวพา (Carrier) (ปนัดดา โรจน์พิบูลย์สถิต, 2546) ส่วนกรดไขมันสายยาว (C มากกว่า 12) พบว่า 2-monoacylglycerol และ คลอเลสเตอรอลอิสระ (Free Cholesterol) จะรวมตัวกับเกลือของกรดน้ำดี (Bile Salts) ในรูปของไมเซลล์ผสม (Mix Micelles) ทำให้สามารถละลายได้ จากนั้นไมเซลล์ผสมจะถูกดูดซึมผ่าน brush border ของผนังลำไส้เล็กต่อไป หลังจากที่ไขมันเข้ามาอยู่ในเซลล์เยื่อบุลำไส้ (Mucosal Cell) ของลำไส้เล็กจะเกิดการเปลี่ยนแปลงกับไขมันดังกล่าวให้อยู่ในรูปที่เหมาะสม ก่อนที่จะมีการส่งออกไปในรูปของ ไคโลไมครอน (Chylomicrons) โดยในเลือดประกอบด้วยโปรตีนอัลบูมินและไลโปโปรตีน (Lipoprotein) ซึ่งอัลบูมินช่วยลำเลียงกรดไขมันอิสระ ส่วนไลโปโปรตีนมีหลายชนิดช่วยลำเลียงไตรกลีเซอร์ไรด์ และไขมันชนิดอื่น ๆ ระหว่างตับกับเนื้อเยื่อต่าง ๆ โดยไลโปโปรตีน ที่ทำหน้าที่ขนส่งไขมันชนิดต่าง ๆ จะมีลักษณะพิเศษ

กล่าวคือ แกนกลางของไลโปโปรตีนจะเป็นไขมันชนิดที่ไม่มีขั้ว เช่น triglyceride (TG) และ Cholesterol Ester (CE) ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 ส่วนประกอบของไลโปโปรตีน TG = triglyceride; CE = cholesterol ester

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.8.1 ส่วนประกอบของไลโปโปรตีน

โดย TG และ CE ถูกล้อมรอบด้วยไขมันชนิดที่สามารถละลายน้ำได้บางส่วน (Amphipatic Lipid) เช่น Phospholipid และ Cholesterol และมีโปรตีนบางชนิดที่เรียกว่า อะโปโปรตีน (apoprotein) แทรกอยู่ในชั้นของไขมันเหล่านี้โดยทำหน้าที่เป็นตัวรับ-ส่งสัญญาณ ซึ่ง lipoprotein แบ่งเป็นกลุ่มต่างๆตามระดับชั้นเมื่อนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงกำลังสูง ได้เป็น 4 กลุ่มดังนี้

2.8.1.1 ไคโลไมครอน (Chylomicrons) ในลูกโคและในสัตว์เคี้ยวเอื้องชนิดอื่น ๆ ไคโลไมครอนจะถูกสังเคราะห์หลังจากได้รับไขมันและ PUFA (Ferreri and Elbein, 1982)ทำหน้าที่หลักในการขนส่ง triglyceride-rich lipoproteins ไปยังเนื้อเยื่อเป้าหมายเพื่อเก็บเป็นแหล่งพลังงานและเพื่อการสร้างไขมัน Harrison et al. (1974)รายงานว่า ในแกะที่ได้รับอาหารปกติที่มีระดับไขมันต่ำกว่า 10 กรัมต่อวัน ของ TG พบว่า 72.6 เปอร์เซ็นต์ไขมัน เป็นสัดส่วนใน very low density lipoprotein (VLDL) และ 27.4 เปอร์เซ็นต์ไขมัน เป็นสัดส่วนใน chylomicrons หลังจาก 24 ชั่วโมง ทำการฉีด (infusion) ด้วยน้ำมันข้าวโพด (maize oil) (52.6 เปอร์เซ็นต์ linoleic acid; 48 g/d of TG) ผ่านท่อสอดที่ดูโอดินั่ม (duodenal cannula) พบว่า 38.5 เปอร์เซ็นต์ไขมัน เป็นสัดส่วนใน VLDL และ 61.5 เปอร์เซ็นต์ไขมัน เป็นสัดส่วนในไคโลไมครอน จากผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่า หากสัตว์ได้รับไขมันสูง ไขมันจะรวมตัวให้อยู่ในรูปไคโลไมครอน เพื่อส่งไปยังอวัยวะเป้าหมาย แต่หากสัตว์

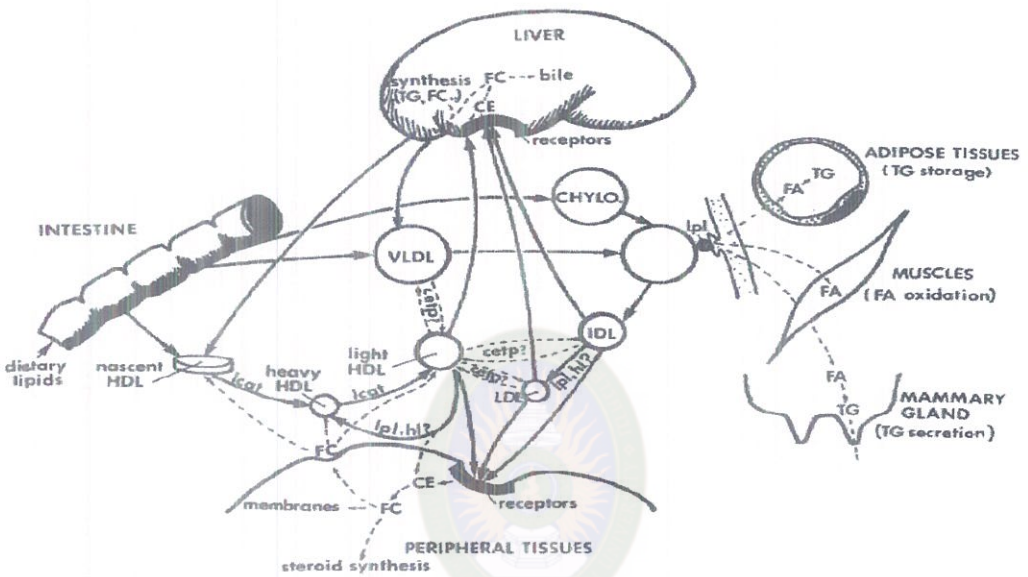
ได้รับไขมันต่ำ ไขมันที่พบจะอยู่ใน VLDL สูงกว่าไคโลไมครอน ซึ่ง VLDL สังเคราะห์ที่ตับ ซึ่งจะทำหน้าที่ขนส่งไขมันไปยังอวัยวะเป้าหมายเช่นกัน กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของ VLDL และ CE จะมีความแปรปรวนมากในช่วงการเจริญเติบโตของลูกโค (Jenkins et al., 1988) อีกทั้งยังมีปริมาณกรดไขมันที่จำเป็น (C18:2n-6) ต่ำในลูกโคและลูกแกะแรกเกิด เพราะการขนส่งกรดไขมันที่จำเป็นจากรกไปในกระแสเลือดแม่ต่ำมาก เนื่องจากรกของสัตว์เคี้ยวเอื้องจะไม่ยอมให้ไขมันชนิดต่าง ๆ ผ่านออกไปได้ ดังนั้นจึงสังเคราะห์ CE ผ่านทางลำไส้ (Intestinal) และ ตับ (Hepatic) โดยเอนไซม์ Acyl Cholesterol Acyltransferase (ACAT) (Noble et al., 1975)ซึ่งในลูกโครยะเจริญเติบโตจะมีการดูดซึมกรดไขมันที่จำเป็น (C18:2n-6) เข้าไปในพลาสมา (Plasma) ที่ตำแหน่ง β และจะมีการขนส่ง CE ในพลาสมา โดยเอนไซม์ Lecithin Cholesterol Acyltransferases (LCAT)

2.8.1.2 Very Low Density Lipoprotein (VLDL) ทำหน้าที่ขนส่งไตรกลีเซอร์ไรด์และกรดไขมันสายยาวจากตับไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆ (Drackley, 2000) ในลูกโคกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบใน VLDL, TG และ ไคโลไมครอน โดยพบว่าปริมาณ TG จะมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงหลังจากได้รับอาหารไขมัน เกิด Hydrolysis ของ TG โดย LPL ส่งผลให้มีปริมาณ Saturated TG เหลือมาก ซึ่งชี้ให้เห็นว่ามีการใช้ประโยชน์จากกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยเนื้อเยื่ออื่น ๆ (Extrahepatic Tissues) (Bauchart, 1993)

2.8.1.3 Low Density Lipoprotein (LDL) ประกอบด้วย Cholesterol เป็นองค์ประกอบหลักซึ่งจะขนส่ง cholesterol เหล่านี้ไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆ ในโคนั้น LDL เป็นผลผลิตสุดท้ายที่ได้จากการสลาย VLDL ผ่านทาง IDL ใน intravascular ซึ่งสัตว์เคี้ยวเอื้องมีความเข้มข้นของ LDL ในระดับต่ำสัมพันธ์กับการขนส่ง CE และเกี่ยวข้องกับการทำงานของ hepatic lipase ที่ต่ำ อีกด้วย LDL ในโคประกอบด้วย CE (48 เปอร์เซ็นต์), Phospholipid (PL) (27 เปอร์เซ็นต์), Free Cholesterol (10 เปอร์เซ็นต์) และ TG (15 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งไขมันดังกล่าวจะกระจายอยู่ระหว่าง พลาสมา และน้ำเหลือง โดย LDL ในพลาสมา พบ PL ในรูป Phosphatidylcholine (PC) 60 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในรูป Phosphatidylethanolamine 21 เปอร์เซ็นต์ และอยู่ในรูป Sphingomyelin 18 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นในลูกโคแรกเกิดจะพบ Phosphatidylethanolamine 58 เปอร์เซ็นต์ กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบใน LDL จะมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงหลังคลอดมากกว่าช่วงโตเต็มวัย นอกจากนี้ความเข้มข้นของ C18:2n-6 ใน PC 1-13 เปอร์เซ็นต์ และอยู่ใน CE 10-35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะมีปริมาณเพิ่มในลูกโคอายุ 3 วัน-12 สัปดาห์ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณ CE C18:2n-6 ใน LDL มีค่าอยู่ระหว่าง 35-39 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่าใน HDL ที่มีค่าระหว่าง 46-64 เปอร์เซ็นต์ (Jenkins et al., 1993) ดังนั้นสรุปได้ว่า CE ใน LDL จะมีการสังเคราะห์ C18:2n-6 ที่ ผ่านทางลำไส้ (Intestinal) และตับ (Hepatic) ได้น้อย (Noble et al., 1975)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.8.1.4 High Density Lipoprotein (HDL) ประกอบด้วย Phospholipid มากที่สุด และมี Cholesterol รองลงมา จะทำหน้าที่ในการขนส่งไขมันเหล่านี้จากเนื้อเยื่อต่างๆ ไปกำจัดที่ตับ ปริมาณ HDL มีมากที่สุดใน Plasma Lipoproteins (มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ของไลโพโปรตีนทั้งหมด) ในระบบทางเดินอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องในช่วงลูกโค (Preruminant) และในช่วงระบบทางเดินอาหารในโคโตเต็มที่ (Ruminant) ดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 กระบวนการขนส่ง lipoproteins ในกระแสเลือดไปยังอวัยวะเป้าหมายในสัตว์เคี้ยวเอื้อง HDL = High density lipoproteins, LDL = low density lipoproteins, TG = triglyceride, CE = cholesterol ester, cetp = CE transfer protein, lcat = 1ecithin:cholesterol acyltransferase. CHYLO = chylomicron, VLDL = very low density lipoproteins, lpl = lipoprotein lipase, hl = hepatic lipase, FA = fatty acid, FC = free cholesterol. ปรับปรุงจาก *Lipid in absorption and transport ruminants,* โดย Bauchart, D. 1993, *journal of* J. Dairy Sci, 76, p. 3864-3881.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Abdullah and Hutagalung (1988) โดยทำการศึกษาการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 89 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารในโคพันธุ์ Draughtmaster ในเพศผู้และเพศเมียมีประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในเพศผู้ดีกว่าเพศเมีย โดยมีปริมาณการกินได้และอัตราการเจริญเติบโตมากกว่าเพศเมีย แต่เปอร์เซ็นต์ซากของทั้งสองเพศพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน

ปิ่น จันจุฬา (2553) รายงานว่าระดับที่เหมาะสมในการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารแพะควรอยู่ระหว่าง 15-35 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลต่อสัมประสิทธิ์การย่อยได้ การย่อยได้ ปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้และกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก

วุฒิกร สระแก้ว และคณะ (2552) ได้ทำการศึกษาผลของสูตรอาหารผสมเสร็จหมักรวมกันกับการเสริมเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (Effective Microorganism: EM) ในโคนมพันธุ์ลูกผสมโฮสไตน์ฟรีเซี่ยน โดยการให้อาหารผสมครบส่วนที่มีอัตราส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้น 40 ต่อ 60 เปอร์เซ็นต์ พบว่า การหมักอาหารผสมครบส่วนและทำการเสริมเชื้อจุลินทรีย์ EM ร่วมด้วยการทำให้โปรตีนในน้ำนมสูงขึ้น

Huerta-Leidenz, et al. (1993) รายงานว่า โคในกลุ่ม *Bos indicus* มีปริมาณกรดของไขมัน Unsaturated Fatty Acid (UFA), Monounsaturated Fatty Acid (MUFA) and PUFA สะสมในเนื้อเยื่อไขมันสูงกว่าโคในกลุ่ม *Bos taurus* อีกทั้งยังมีปริมาณการสะสม SFA ต่ำกว่าในกลุ่ม *Bos taurus* ด้วย ส่วนความนุ่มของเนื้อนั้นพบว่า โคในกลุ่ม *Bos taurus* มีความนุ่มมากกว่าโคในกลุ่ม *Bos indicus* (Wheeler et al., 1994) เนื่องมาจากอิทธิพลของไขมันที่สะสม การทำงานของเอนไซม์หลังจากฆ่า และปริมาณของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน นอกจากนี้แม้แต่ในโคลูกผสมเองก็ยังมีปริมาณการสะสมไขมันแตกต่างจากโคพันธุ์แท้ (Scislowski et al., 2005)

Noci, et al. (2007) ทำการเปรียบเทียบแหล่งของอาหารต่อปริมาณการสะสม PUFA ของโคสาวพันธุ์ผสมชาร์โลเล่ย์ (Charolais Crossbred Heifers) โดยให้สัตว์ได้รับหญ้าในแปลงหญ้า (Pasture) อย่างเดียว เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำมันทานตะวัน (Sunflower Oil) และน้ำมันลินซีด (Linseed Oil) ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 สัดส่วนของกรดไขมัน ใน Longissimus dorsi ของโคสาวพันธุ์ลูกผสมชาโรเลย์ และโคเพศผู้ตอนลูกผสม เมื่อได้รับอาหารที่แตกต่างกัน

Fatty acids, g/100	Animal	c9,t11CLA	C18:2n-6 (γC18:2)		C18:3n- 3 (αC18:3)		C20:5n-3 (EPA)	C22:5n-3 (DHA)	n-6/n-3 PUFA	Ref.
GO	Charolais	0.73^{x}	0.18^{y}		1.37^{y}		0.30	0.51^{y}	1.46^{x}	Noci et al., l
SO	crossbred	1.78^{z}	0.10^{x}		0.87^{x}		0.26	0.42^{x}	2.24^{z}	(2007)
LO	heifers	1.26^{y}	0.11^{x}		1.35^{y}		0.28	0.41^{x}	1.72^{y}	-
P-value	-	***	*		**		NS	*	***	-
SC	crossbred	0.47^{yz}	2.60	C18:2	0.71^{z}	C18:3	0.20	-	3.61^{w}	French et al., (2000)
CO	steers	0.37^{z}	2.96		0.72^{z}		0.12	-	4.15^{w}	-
CG	-	0.54^{xy}	2.60		0.87^{y}		0.27	-	2.86^{x}	-
GC	-	0.66^{x}	2.32		1.01^{x}		0.24	-	2.47^{x}	
--GO	-	1.08^{w}	2.11		1.13^{w}		0.23	-	2.33^{x}	-
P-value	-	***	NS		***		NS	-	**	-

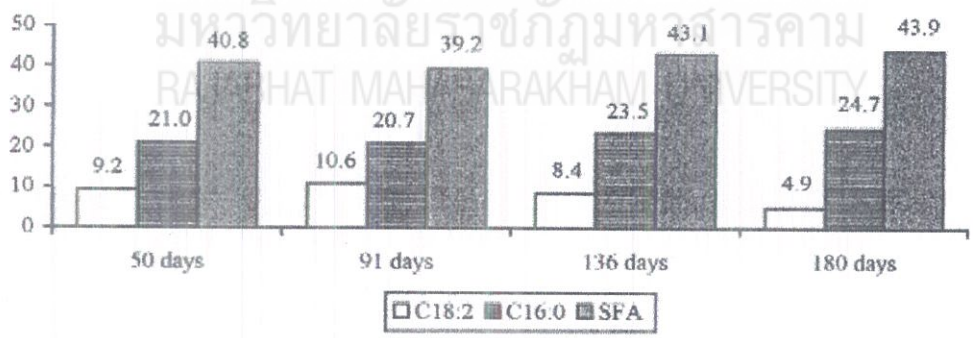
หมายเหตุ. NS = not significant. Pasture; GO, sunflower oil; SO และ linseed oil ; LO ,SC =The treatments were grass silage for ad-libitum intake plus 4 kg of concentrate; CO = 8 kg of concentrate plus 1 kg of hay ; CG =6 kg grass of dry matter plus 5 kg of concentrate; GC =12 kg of grass DM plus 2.5 kg of concentrate; GO = 22 kg of grass DM. ปรับปรุงจาก "The fatty acid composition of muscle fat and subcutaneous adipose tissue of grazing heifers supplemented with plant oil-enriched concentrates" และ "Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets," โดย French, P., C. Stanton, F. Lawless, E. G. O'Riordan, F.J. Monahan, P.J. Caffrey, and A.P. Moloney, 2000, และ Noci, F., P. French, F. J. Monahan and A. P. Moloney, 2007.

*P < 0.05; **P < 0.01; ***P < 0.001

RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

Noci et al. (2007) พบว่า อาหารทั้ง 3 ชนิดไม่มีผลต่อการสะสมกรดไขมัน C18:0 แต่การสะสมของกรดไขมัน DHA ใน *Longissimus dorsi* สูงที่สุดเมื่อใช้แปลงหญ้า (pasture) อย่างเดียว เนื่องมาจาก หญ้ามีองค์ประกอบของกรดไขมัน C18:3 อยู่สูงซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ DHA สอดคล้องกับ French et al. (2000) รายงานว่า สัดส่วน C18:3 ในกล้ามเนื้อจะสูงขึ้นเมื่อเพิ่มระดับการปล่อยแทะเล็มแปลงหญ้า (grazed grass)

Nurnberg et al. (1998) ศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันในกล้ามเนื้อชั้นในของโค 3 สายพันธุ์ (German Holstein, Galloway and Belgian Blue) ในช่วงแรกเกิดถึง 24 เดือน พบว่าปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นในกล้ามเนื้อชั้นในและสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวจะเพิ่มขึ้นตามการเจริญเติบโต ในโคพันธุ์เบลเยี่ยมบลู (Belgian Blue) ช่วงอายุ 18 เดือนจะมีปริมาณของไขมันที่สะสมในชั้นไขมันใต้ผิวหนัง และ กล้ามเนื้อชั้นในต่ำที่สุด ส่วนในโคพันธุ์กัลลาเวย์ (Galloway calves) จะมีปริมาณของ n-3 fatty acid ในกล้ามเนื้อชั้นในสูงที่สุด ดังนั้นเห็นได้ว่าในช่วงต้นของการเจริญเติบโต (4-6 เดือน) ปริมาณของ n-3 fatty acid ในกล้ามเนื้อชั้นในจะเพิ่มขึ้นทั้ง 3 สายพันธุ์ จากนั้นจะลดลงเมื่ออายุมากขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Nurnberg et al. (1996) การสะสมของกรดไขมันอิ่มตัวในเนื้อเยื่อไขมันจะเพิ่มขึ้นตามอายุและการเจริญเติบโตของสัตว์ในลูกแกะเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันอิ่มตัวในกล้ามเนื้อจะเพิ่มมากขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้นส่วน PUFA ลดลง ดังรูปที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 อิทธิพลของอายุต่อองค์ประกอบของกรดไขมัน (เปอร์เซ็นต์ of total fatty acids) ใน longissimus muscle ของลูกแกะ ปรับปรุงจาก "Fatty acid composition of lamb meat," โดย Nurnberg, K., S. Grumbach, H. J. Papstein, H. D. Matthes, K. Ender, and G. Nurnberg, 1996.

Mir et al. (2002) ทำหารเสริมน้ำมันทานตะวันในโคทั้ง 3 สายพันธุ์ที่ระดับ 6 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการสะสมของ CLA จะเพิ่มสูงขึ้นและแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 2.5 องค์ประกอบของกรดไขมันใน longissimus muscle ของ โคเนื้อ 3 สายพันธุ์ (Wagyu, Wagyu × Limousin และ Limousin) เมื่อได้รับอาหารที่ปราศจากไขมัน (Control) และ 6 เปอร์เซ็นต์ sunflower oil

Fatty acids (weight เปอร์เซ็นต์)	Wagyu		Wagyu × Limousin		Limousin		SEM
	Control	Oil	Control	Oil	Control	Oil	
C18:0	9.91^{a}	12.22^{b}	10.19^{c}	12.84^{b}	11.92^{b}	14.08^{a}	0.40
C18:2	1.18^{bc}	1.91^{ab}	1.52^{bc}	1.95^{ab}	1.66^{bc}	2.23^{a}	0.21
C18:3	0.11^{b}	0.05^{c}	0.17^{a}	0.08^{bc}	0.21^{a}	0.17^{a}	0.04
CLA	0.27^{b}	1.29^{a}	0.28^{b}	1.19^{a}	0.29^{b}	1.22^{a}	0.13

หมายเหตุ. ^{a,b,c}Within a row means without a common superscript letter differ ($P < 0.05$). ปรับปรุงจาก "Effect of dietary supplementation with either conjugated linoleic acid (CLA) or linoleic acid rich oil on the CLA content of lamb tissues," โดย Mir, Z., Rushfeldt, M.L., Mir, P.S., Paterson, L.J., & Weselake, R.J., 2000.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สัตว์ทดลอง

ใช้โคเนื้อลูกผสมพื้นเมืองไทย x อเมริกันบราห์มัน เพศผู้ จำนวน 4 ตัว ที่มีอายุเฉลี่ย 9-12 เดือน น้ำหนัก 110-130 กิโลกรัม ซึ่งโคทุกตัวจะทำการถ่ายพยาธิภายนอกและภายในและฉีดวิตามิน AD_3E ก่อนเข้าการทดลอง จากนั้นจัดโคเข้าคอกขังเดี่ยว โดยมีน้ำสะอาดและแร่ธาตุก้อนให้กินตลอดเวลา

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 เครื่องบดย่อยซากพืช
3.2.2 พลั่วตักอาหาร
3.2.3 เครื่องผสมอาหาร
3.2.4 กระสอบใส่อาหาร
3.2.5 เครื่องชั่งอาหาร
3.2.6 กะละมัง
3.2.7 ไม้กวาดทางมะพร้าว
3.2.8 เข็มฉีดยา สำลี และหลอดเก็บเลือด
3.2.9 เครื่องปั่นเหวี่ยง
3.2.10 ถุงพลาสติก
3.2.11 ยาถ่ายพยาธิภายนอกและภายใน
3.2.12 แร่ธาตุและวิตามินผสม
3.2.13 น้ำมันทานตะวัน น้ำมันปาล์ม
3.2.14 วัตถุดิบอาหารสัตว์
3.2.15 กล้องถ่ายรูป
3.2.16 สมุดบันทึก/ปากกา

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.3 แผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบ 2x2 factorial in 4x4 latin square design โดยปัจจัยที่หนึ่ง คือ แหล่งอาหารหยาบที่แตกต่างกันในสูตรอาหาร ได้แก่ ชานอ้อยและฟางข้าว ปัจจัยที่สองแหล่งของไขมันที่แตกต่างกันในสูตรอาหาร ได้แก่ น้ำมันปาล์มและน้ำมันทานตะวัน โดยมีปัจจัยการทดลองดังต่อไปนี้

3.3.1 ปัจจัย A ได้แก่ a1 (ชานอ้อย) และ a2 (ฟางข้าว)

3.3.2 ปัจจัย B ได้แก่ b1 (น้ำมันปาล์ม) และ b2 (น้ำมันทานตะวัน) โดยอาหารทุกสูตรจะมีไขมันที่ระดับเท่ากันคือ 3 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3.1 การจัด Combination ของ 2 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ

ปัจจัย B	ปัจจัย A	
-	a1 (ชานอ้อย)	a2 (ฟางข้าว)
b1 (น้ำมันปาล์ม)	a1b1	a2b1
b2 (น้ำมันทานตะวัน)	a1b2	a2b2

จัด Combination ได้ดังนี้

Combination ที่ 1 (T1) ชานอ้อยในสูตรอาหารที่มีน้ำมันปาล์ม

Combination ที่ 2 (T2) ชานอ้อยในสูตรอาหารที่มีน้ำมันทานตะวัน

Combination ที่ 3 (T3) ฟางข้าวในสูตรอาหารที่มีน้ำมันปาล์ม

Combination ที่ 4 (T4) ฟางข้าวในสูตรอาหารที่มีน้ำมันทานตะวัน

ตารางที่ 3.2 แผนผังการทดลองแบบ 2x2 factorial in 4x4 Latin square

ช่วงเวลาทดลอง	สัตว์ทดลอง			
	ตัวที่ 1	ตัวที่ 2	ตัวที่ 3	ตัวที่ 4
Period 1	T1	T4	T3	T2
Period 2	T2	T1	T4	T3
Period 3	T3	T2	T1	T4
Period 4	T4	T3	T2	T1

3.4 อาหารทดลอง

ให้อาหารผสมสำเร็จ โดยใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ โดยให้กินแบบเต็มที่ (*ad libitum*) ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 สูตรอาหารที่ใช้ในการทดลอง

Ingredients(kg)	ซานอ้อย		ฟางข้าว	
	น้ำมันปาล์ม	น้ำมันทานตะวัน	น้ำมันปาล์ม	น้ำมันทานตะวัน
Ingredients (based on 100 เปอร์เซ็นต์ DM)				
Bagasse	40.00	40.00	-	-
Rice straw	-	-	40.00	40.00
Palm kernel cake	10.00	-	17.00	-
Sunflower meal	-	11.00	-	12.00
Soy bean meal 44 เปอร์เซ็นต์ CP	7.00	7.00	7.00	6.50
Cassava chip	35.50	35.50	29.50	35.00
Palm oil	1.50	-	1.00	-
Sunflower oil	-	1.00	-	1.00
Urea	3.50	3.00	3.00	3.00
Dicalcium phosphate	1.00	1.00	1.00	1.00
Limestone	1.00	1.00	1.00	1.00
Premix	0.30	0.30	0.30	0.30
Salt	0.20	0.20	0.20	0.20
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
TDN	59.40	59.00	61.60	61.10
Price/kg	8.60	8.80	9.00	9.50

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.5 วิธีการดำเนินการทดลอง

3.5.1 สัตว์ทดลองทุกตัวขังอยู่ในคอกเดี่ยว โดยมีระยะปรับสัตว์ก่อนเข้าทดลองเป็นเวลา 14 วัน เพื่อเป็นการปรับสัตว์ให้คุ้นเคยกับอาหารและคอกทดลอง การให้อาหารทดลองแก่โคเนื้อทำการให้อาหาร TMR โดยแบ่งให้อาหาร 2 เวลา คือ ในตอนเช้าเวลา 07.00 น. และตอนบ่ายเวลา 15.00 น. และมีน้ำสะอาดให้กินอย่างเพียงพอตลอดเวลาโดยแต่ละช่วงระยะเวลาทดลองมีระยะเวลา 21 วัน

3.5.2 ชั่งน้ำหนักอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือเพื่อวัดปริมาณอาหารที่กินต่อวัน (average daily feed intake: ADFI)

ปริมาณอาหารที่โคกินต่อวัน = น้ำหนักอาหารที่ให้ (กิโลกรัม) - น้ำหนักอาหารที่เหลือ (กิโลกรัม)

3.5.3 ชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลองช่วงก่อนได้รับปัจจัยการทดลองในแต่ละ period โดยทำการชั่งน้ำหนักก่อนที่จะมีการให้อาหารในช่วงเช้า เพื่อนำค่าน้ำหนักตัวที่ได้มาคำนวณหาปริมาณการกินได้ในหน่วย กิโลกรัม (ต่อวัน) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว (เปอร์เซ็นต์ BW)

3.5.4 เก็บตัวอย่างอาหารและตัวอย่างมูลนำมาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ dry matter (DM), ash, crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) (AOAC, 1984; Goering and Van Soest, 1970)

3.5.5 เก็บตัวอย่างเลือดในวันที่ 21 ของแต่ละช่วงการทดลอง (period) โดยเจาะที่เส้นเลือดดำบริเวณลำคอ (jugular vein) ในชั่วโมงที่ 0 ก่อนที่จะให้อาหารในช่วงเช้า โดยเก็บเลือดในหลอดที่มีเฮพพารีน (heparin) เพื่อป้องกันการแข็งตัวของเลือดและนำมาเหวี่ยงใส (centrifuge) ที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที แยกเก็บเฉพาะส่วนที่เป็นพลาสมา (plasma) เพื่อวิเคราะห์หาน้ำตาลในเลือด (plasma glucose), ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน ค่ายูเรียไนโตรเจน BUN (Blood Urea Nitrogen), Triglyceride และ Cholesterol

$$\text{Apparent digestibility (\%)} = \frac{\text{100XDM/nutrient intake-DM intake/nutrient in feces}}{\text{DMI or nutrient intake}}$$

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดจากการทดลองมาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางสถิติตามแผน การทดลองแบบ 2x2 factorial in 4x4 latin square design วิเคราะห์หาความแปรปรวนทางสถิติแบบ Analysis of variance โดยใช้ Proc GLM (SAS, 1998) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) (Steel and Torrie, 1980)

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

จากการทดลองนี้ใช้อาหารผสมครบส่วนที่มีสัดส่วนอาหารข้น : อาหารหยาบ 40 : 60 โดยโปรตีนหยาบในสูตรอาหารที่ใช้ชานอ้อยร่วมกับน้ำมันปาล์ม 14.35 เปอร์เซ็นต์ ชานอ้อยร่วมกับน้ำมันทานตะวัน 14.40 เปอร์เซ็นต์ ฟางข้าวร่วมกับน้ำมันปาล์ม 13.92 เปอร์เซ็นต์ และฟางข้าวร่วมกับน้ำมันทานตะวัน 13.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และไขมันรวมคือ 4.50, 5.11, 5.20 และ 4.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมครบส่วน (DM basis)

องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซนต์)	ชานอ้อย		ฟางข้าว	
	น้ำมันปาล์ม	น้ำมันทานตะวัน	น้ำมันปาล์ม	น้ำมันทานตะวัน
DM	91.20	92.55	89.94	90.67
OM	89.83	90.78	88.36	89.65
EE	4.50	5.11	5.20	4.95
CP	14.35	14.40	13.92	13.81
NDF	51.33	53.50	54.78	56.86
ADF	25.96	28.77	21.89	20.45
Crude ash	10.17	9.22	11.64	10.35

PO= palm oil; SO= Sunflower oil; DM= Dry matter; OM = Organic matter;
EE= Ether extract; CP= Crude protein; NDF = Neutral detergent fiber;
ADF= Acid detergent fiber

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

4.2 ปริมาณการกินได้อย่างอิสระ (Voluntary Feed Intake) และโภชนะที่กินได้ (Nutrient Intake) (กิโลกรัม/ตัว/วัน)

จากการศึกษาพบว่า การใช้แหล่งอาหารหยาบที่แตกต่างกัน 2 แหล่ง คือ ชานอ้อยและฟางข้าว ในอาหารผสมครบส่วน (TMR) และใช้น้ำมันพืช 2 ชนิด คือ น้ำมันปาล์มและน้ำมันทานตะวัน ของโคเนื้อลูกผสมพื้นเมืองไทย x บราห์มัน พบว่า ชนิดของอาหารหยาบและชนิดของน้ำมันไม่มีผลต่อไม่มีปริมาณการกินได้อย่างอิสระ ($P>0.05$) โดยเมื่อใช้ชานอ้อยร่วมกับน้ำมันทานตะวันมีแนวโน้มปริมาณการกินได้อย่างอิสระมากที่สุด (ตารางที่ 4.2) แหล่งอาหารหยาบที่และชนิดของน้ำมันพืชที่ในอาหาร TMR ทั้ง 4 สูตร ไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ในหน่วย กรัมต่อกิโลกรัมเมธาโบลิก (g/kgBW0.75) และในหน่วยเปอร์เซ็นต์ BW (ตารางที่ 4.2)

ปริมาณการกินได้ของโภชนะพบว่า ปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุ (OM) ปริมาณการกินได้ของโปรตีน (CP) ปริมาณการกินได้ของไขมัน (EE) และปริมาณการกินได้ของเยื่อใยซึ่งไม่สามารถละลายในสารละลายที่เป็นกลาง ประกอบด้วยพวกเยื่อใยทั้งหมด คือ เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส ลิกนิน (NDF) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อใช้ชานอ้อยและฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบและใช้น้ำมันปาล์มและน้ำมันทานตะวันในอาหารผสมครบส่วน (TMR) โดยปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุ (OM) ในสูตรอาหารที่ใช้ชานอ้อยร่วมกับน้ำมันทานตะวันเท่ากับ 4.55 กิโลกรัม/ตัว/วัน ฟางข้าวร่วมกับน้ำมันทานตะวันเท่ากับ 4.25 กิโลกรัม/ตัว/วัน ชานอ้อยร่วมกับน้ำมันปาล์มเท่ากับ 4.20 กิโลกรัม/ตัว/วัน และฟางข้าวร่วมกับน้ำมันปาล์มเท่ากับ 4.19 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ อย่างไรก็ตามจากการทดลองพบว่าปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุ ปริมาณการกินได้ของโปรตีน และปริมาณการกินได้ของไขมัน เมื่อใช้ชานอ้อยร่วมกับน้ำมันทานตะวันมีแนวโน้มการกินได้มากที่สุดในโคเนื้อ คือ 4.55 0.71 และ 0.25 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ยกเว้นปริมาณการกินได้ของเยื่อใยทั้งหมด มีแนวโน้มสูงที่สุดเมื่อโคเนื้อได้รับฟางข้าวร่วมกับน้ำมันทานตะวัน (2.67 กิโลกรัม/ตัว/วัน) (ตารางที่ 4.2)

นอกจากนี้แหล่งอาหารหยาบยังมีผลต่อปริมาณการกินได้ของเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด ได้แก่ ลิกนินและเซลลูโลส (ADF) โดยเมื่อโคเนื้อได้รับชานอ้อยมีปริมาณการกินได้ของ ADF มากกว่าโคเนื้อได้รับฟางข้าว ($P<0.01$) แต่แหล่งของน้ำมันพืชไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ของ ADF ($P>0.05$) โดยปริมาณการกินได้ของ ADF สูงสุดเมื่อโคเนื้อได้รับชานอ้อยร่วมกับน้ำมันทานตะวันเท่ากับ 1.42 กิโลกรัม/ตัว/วัน แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ปริมาณการกินได้ (Daily dry matter intake; กิโลกรัม/ตัว/วัน) และปริมาณการกินได้ของโภชนะ (nutrient intake; กิโลกรัม/ตัว/วัน) เมื่อโคเนื้อได้รับสูตรอาหารที่แตกต่างกัน

รายการ	อาหาร				SEM	P-value		
	ชานอ้อย		ฟางข้าว			แหล่งอาหารหยาบ (a)	แหล่งน้ำมัน (b)	a*b
	น้ำมันปาล์ม	น้ำมันทานตะวัน	น้ำมันปาล์ม	น้ำมันทานตะวัน				
Total DM intake								
กิโลกรัม/ตัว/วัน	4.60	4.91	4.66	4.69	0.22	ns	ns	ns
g/kgBW$^{0.75}$	54.11	55.37	54.40	53.27	1.94	ns	ns	ns
เปอร์เซ็นต์ BW	2.24	2.33	2.26	2.34	0.04	ns	ns	ns
Nutrient intake (กิโลกรัม/ตัว/วัน)								
OM	4.20	4.55	4.19	4.25	0.20	ns	ns	ns
CP	0.66	0.71	0.65	0.65	0.03	ns	ns	ns
EE	0.21	0.25	0.24	0.23	0.01	ns	ns	ns
NDF	2.36	2.63	2.55	2.67	0.12	ns	ns	ns
ADF	1.19	1.42	1.02	0.96	0.05	**	ns	ns

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

PO= palm oil; SO= Sunflower oil; OM= Organic matter; CP= Crude protein; EE= Ether extract; NDF = Neutral detergent fiber; ADF= Acid detergent fiber

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ย

ns = not significant.**P<0.01

4.3 ความสามารถในย่อยได้ของโภชนะ (Digestibility) (เปอร์เซ็นต์)

จากการทดลองครั้งนี้พบว่า เมื่อโคเนื้อที่ได้รับชานอ้อยและฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบร่วมกับน้ำมันปาล์มและน้ำมันทานตะวัน ไม่มีผล (P>0.05) ต่อความสามารถในการย่อยได้ของสิ่งแห้ง (DM) โปรตีน (CP) ไขมัน (EE) เยื่อใยทั้งหมด (NDF) และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (ADF) โดยความสามารถในการย่อยได้ของสิ่งแห้งเมื่อโคเนื้อได้รับสูตรฟางข้าวร่วมกับน้ำมันปาล์ม คือ 69.00 เปอร์เซ็นต์ ชานอ้อยร่วมกับน้ำมันปาล์ม คือ 67.74 เปอร์เซ็นต์ ชานอ้อยร่วมกับน้ำมันทานตะวัน คือ 65.77 เปอร์เซ็นต์ และฟางข้าวร่วมกับน้ำมันทานตะวัน คือ 64.37 เปอร์เซ็นต์ อย่างไร

ก็ตามเมื่อสัตว์ได้รับสูตรอาหารที่ประกอบไปด้วยฟางข้าวร่วมกับน้ำมันปาล์มมีแนวโน้มความสามารถในการย่อยได้ของสิ่งแห้ง (69.00 เปอร์เซ็นต์) โปรตีน (65.13 เปอร์เซ็นต์) เยื่อใยทั้งหมด (66.16 เปอร์เซ็นต์) และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (58.09 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าอาหารสูตรอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ความสามารถในย่อยได้ของโภชนะ (เปอร์เซ็นต์)

รายการ	อาหาร				SEM	P-value		
	ชานอ้อย		ฟางข้าว			แหล่งอาหารหยาบ (a)	แหล่งน้ำมัน (b)	a*b
	น้ำมันปาล์ม	น้ำมันทานตะวัน	น้ำมันปาล์ม	น้ำมันทานตะวัน				
DM	67.74	65.77	69.00	64.37	1.67	ns	ns	ns
CP	62.09	62.58	65.13	61.54	1.14	ns	ns	ns
EE	83.32	87.63	87.17	87.33	1.25	ns	ns	ns
NDF	64.52	53.52	66.16	60.84	1.73	ns	ns	ns
ADF	53.57	56.23	58.09	54.37	1.70	ns	ns	ns

DM= Dry matter; CP= Crude protein; EE= Ether extract; NDF = Neutral detergent fiber; ADF= Acid detergent fiber

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ย

ns = not significant

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

4.4 กลูโคส ยูเรียไนโตรเจน คลอเรสเตอรอล และไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือด

เมื่อโคเนื้อได้รับอาหารผสมครบส่วน TMR ที่ใช้ชานอ้อยและฟางข้าวร่วมกับน้ำมันปาล์มและน้ำมันทานตะวันเป็นแหล่งไขมัน พบว่า ความเข้มข้นของกลูโคสในเลือด (Blood glucose) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าอยู่ระหว่าง 85.50-92.00 mg/dl (ตารางที่ 4.4)

ความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในเลือด (Blood Urea Nitrogen; BUN) เมื่อโคเนื้อลูกผสมพื้นเมืองไทย x บราห์มัน ได้รับสูตรอาหารที่ใช้ฟางข้าวร่วมกับน้ำมันทานตะวัน มีค่า 15.85 mg/dl สูตรอาหารที่ใช้ฟางข้าวร่วมกับน้ำมันปาล์ม มีค่า 17.63 mg/dl สูตรอาหารที่ใช้ชานอ้อยร่วมกับน้ำมันทานตะวัน มีค่า 18.28 mg/dl และสูตรอาหารที่ใช้ชานอ้อยร่วมกับน้ำมันปาล์ม มีค่า 19.63 mg/dl ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 4.4)

ความเข้มข้นของคลอเลสเตอรอลในเลือด (Cholesterol) เมื่อโคเนื้อลูกผสมพื้นเมืองไทย x บราห์มัน ได้รับสูตรอาหารที่ใช้ฟางข้าวร่วมกับน้ำมันทานตะวัน มีค่า 88.00 mg/dl สูตรอาหารที่ใช้ฟางข้าวร่วมกับน้ำมันปาล์ม มีค่า 104.75 mg/dl สูตรอาหารที่ใช้ชานอ้อยร่วมกับน้ำมันปาล์ม มีค่า 111.75 mg/dl และสูตรอาหารที่ใช้ชานอ้อยร่วมกับน้ำมันทานตะวัน มีค่า 134.75 mg/dl ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 4.4)

ปริมาณความเข้มข้นของไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือด (Triglyceride) พบว่าเมื่อโคเนื้อลูกผสมพื้นเมืองไทย x บราห์มัน ได้รับสูตรอาหารที่ใช้ฟางข้าวร่วมกับน้ำมันปาล์ม มีค่า 19.25 mg/dl สูตรอาหารที่ใช้ฟางข้าวร่วมกับน้ำมันทานตะวัน มีค่า 28.00 mg/dl สูตรอาหารที่ใช้ชานอ้อยร่วมกับน้ำมันปาล์ม มีค่า 28.00 mg/dl และสูตรอาหารที่ใช้ชานอ้อยร่วมกับน้ำมันทานตะวัน มีค่า 37.00 mg/dl ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 4.4)

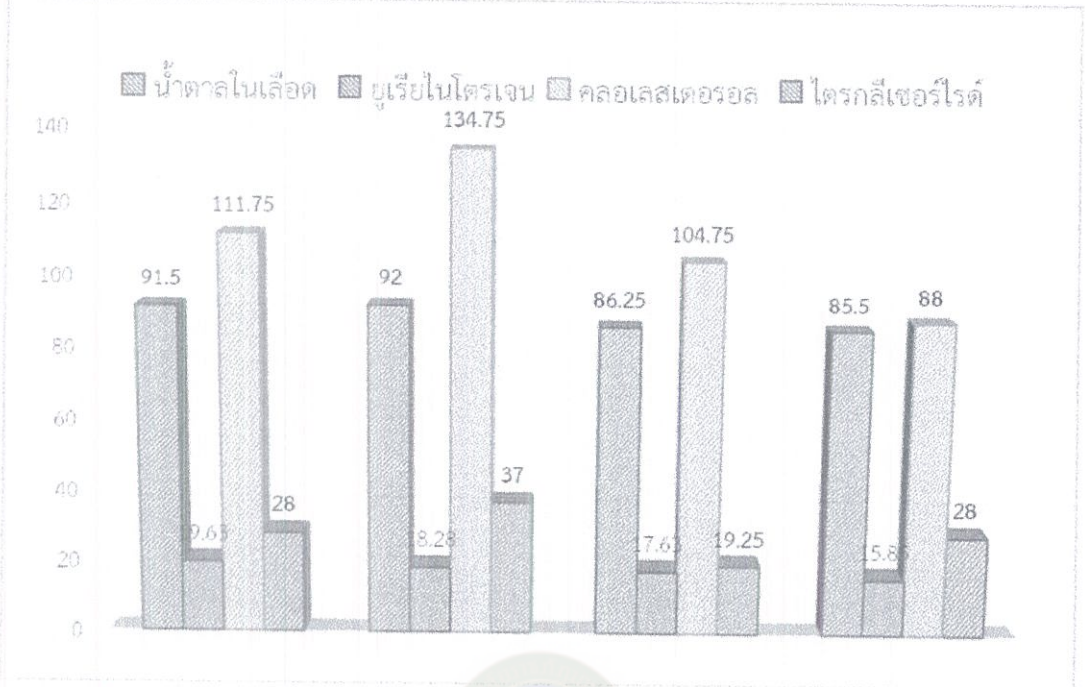
ตารางที่ 4.4 เมธาโบไลท์ในเลือดโค (mg/dl)

รายการ (mg/dl)	อาหาร				SEM	P-value		
	ชานอ้อย		ฟางข้าว			แหล่งอาหารหยาบ (a)	แหล่งน้ำมัน (b)	a*b
	น้ำมันปาล์ม	น้ำมันทานตะวัน	น้ำมันปาล์ม	น้ำมันทานตะวัน				
Plasma glucose	91.50	92.00	86.25	85.50	5.24	ns	Ns	ns
BUN	19.63	18.28	17.63	15.85	3.55	ns	Ns	ns
Cholesterol	111.75	134.75	104.75	88.00	13.71	ns	Ns	ns
Triglycerides	28.00	37.00	19.25	28.00	6.62	ns	Ns	ns

BUN= Blood urea nitrogen; SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ย

ns = not significant

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพที่ 4.1 ความเข้มข้นของน้ำตาลในเลือด ยูเรียไนโตรเจน คลอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอร์ไรด์ (mg/dl)

4.5 ต้นทุนค่าอาหาร (Feed cost)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ต้นทุนค่าอาหารเมื่อใช้ชานอ้อยและฟางข้าวร่วมกับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มและน้ำมันทานตะวันในอาหารผสมครบส่วน ในโคเนื้อลูกผสมพื้นเมืองไทย x บราห์มัน มีราคาต้นทุนดังนี้

4.5.1 สูตรอาหารที่ใช้ชานอ้อยร่วมกับน้ำมันปาล์ม ราคาอาหาร 8.6 บาทต่อกิโลกรัม

4.5.2 สูตรอาหารที่ใช้ชานอ้อยร่วมกับน้ำมันทานตะวัน ราคาอาหาร 8.8 บาทต่อกิโลกรัม

4.5.3 สูตรอาหารที่ใช้ฟางข้าวร่วมกับน้ำมันปาล์ม ราคาอาหาร 9.0 บาทต่อกิโลกรัม

4.5.4 สูตรอาหารที่ใช้ฟางข้าวร่วมกับน้ำมันทานตะวัน ราคาอาหาร 9.5 บาทต่อกิโลกรัม

จากการทดลองครั้งนี้พบว่าสูตรอาหารที่ใช้ชานอ้อยร่วมกับน้ำมันปาล์มมีราคาอาหารต่ำที่สุด (8.6 บาทต่อกิโลกรัม) ส่วนสูตรอาหารที่ใช้ฟางข้าวร่วมกับน้ำมันทานตะวันมีราคาสูงที่สุด (9.5 บาทต่อกิโลกรัม)

ตารางที่ 4.5 ต้นทุนค่าอาหารสูตรอาหารที่ใช้ชานอ้อยร่วมกับน้ำมันปาล์ม

วัตถุดิบส่วนผสม	จำนวน (กิโลกรัม)	ราคา (บาท/กิโลกรัม)
ชานอ้อย	40	1
น้ำมันปาล์ม	1.5	48
กากถั่วเหลือง	7	15
กากปาล์ม	10	10
มันเส้น	35.5	7
ยูเรีย	3.5	14
ไดแคลเซียมฟอสเฟต	1	18
ปูนขาว	1	5
พรีมิกซ์	0.30	65
เกลือ	0.20	4
รวม	100	8.60

ตารางที่ 4.6 ต้นทุนค่าอาหารสูตรอาหารที่ใช้ชานอ้อยร่วมกับน้ำมันปาล์ม

วัตถุดิบส่วนผสม	จำนวน (กิโลกรัม)	ราคา (บาท/กิโลกรัม)
ชานอ้อย	40	1
กากทานตะวัน	11	10
กากถั่วเหลือง	7	15
มันเส้น	35.5	7
น้ำมันทานตะวัน	1	82
ยูเรีย	3	14
ไดแคลเซียมฟอสเฟต	1	18
ปูนขาว	1	5
พรีมิกซ์	0.3	65
เกลือ	0.2	4
รวม	100	8.80

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 4.7 ต้นทุนค่าอาหารสูตรอาหารที่ใช้ฟางข้าวร่วมกับน้ำมันปาล์ม

วัตถุดิบส่วนผสม	จำนวน (กิโลกรัม)	ราคา (บาท/กิโลกรัม)
ฟางข้าว	40	2
กากปาล์มน้ำมัน	17	10
กากถั่วเหลือง	7	15
มันเส้น	29.5	7
น้ำมันปาล์ม	1	48
ยูเรีย	3	14
ไดแคลเซียมฟอสเฟต	1	18
ปูนขาว	1	5
พรีมิกซ์	0.3	65
เกลือ	0.2	4
รวม	100	9

ตารางที่ 4.8 ต้นทุนค่าอาหารสูตรอาหารที่ใช้ฟางข้าวร่วมกับน้ำมันทานตะวัน

วัตถุดิบส่วนผสม	จำนวน (กิโลกรัม)	ราคา (บาท/กิโลกรัม)
ฟางข้าว	40	1
กากทานตะวัน	12	10
กากถั่วเหลือง	6.5	15
มันเส้น	35	7
น้ำมันทานตะวัน	1	82
ยูเรีย	3	14
ไดแคลเซียมฟอสเฟต	1	18
ปูนขาว	1	5
พรีมิกซ์	0.3	65
เกลือ	0.2	4
รวม	100	9.50

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากการทดลองการใช้ชานอ้อยและฟางข้าวร่วมกับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มและน้ำมันทานตะวันในอาหารผสมครบส่วน ต่อปริมาณการกินได้อย่างอิสระ ปริมาณการกินได้ของโภชนะ ความสามารถในการย่อยได้ และค่าเมธาโบไลท์ในเลือดของโคเนื้อลูกผสมพื้นเมืองไทย x บราห์มัน สามารถอภิปรายผลการทดลองได้ดังนี้

5.1 ปริมาณการกินได้อย่างอิสระ

จากการทดลองพบว่าปริมาณการกินของน้ำหนักแห้งได้เมื่อโคเนื้อได้รับอาหารผสมครบส่วนที่ใช้ชานอ้อยและฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบและใช้น้ำมันปาล์มและน้ำมันทานตะวันเป็นแหล่งพลังงาน พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับรายงานของ Kholif et al. (2016) ที่ได้ทำการเสริม Crushed Flaxseed และ Flaxseed Oil ในอาหารแพะพบว่าไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ โดยทั่วไปแล้วหากเสริมไขมันในปริมาณที่สูงในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง จะมีผลยับยั้งปริมาณการกินได้และการเคลื่อนไหวของกระเพาะหมัก (Chilliard, 1993) ส่วนไขมันรวมในสูตรอาหารทั้ง 4 สูตร อยู่ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ ซึ่ง Jenkins (1993) แนะนำว่า ไขมันรวมในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องไม่ควรเกิน 6-7 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับที่เหมาะสมไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ และไม่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการย่อยได้ของเยื่อใย อย่างไรก็ตามหากใช้ไขมันสูงเกินไปในสูตรอาหารจะรบกวนการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักและไปเคลือบอาหารส่งผลให้จุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใย (Cellulotytic Bacteria) ไม่สามารถทำงานได้ส่งผลต่อความสามารถในการย่อยได้ของเยื่อใย

ปริมาณการกินได้อย่างอิสระในหน่วยเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว (เปอร์เซ็นต์ BW) จากการทดลองครั้งนี้มีค่าระหว่าง 2.24-2.34 เปอร์เซ็นต์ BW อยู่ในระดับดี (ฉลอง วชิราภากร, 2541) และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับ Otaru et al. (2011) เมื่อเสริมน้ำมันปาล์มที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารแพะไม่ส่งผลกระทบน้ำหนักตัว แต่อย่างไรก็ตามการทดลองครั้งนี้มีค่าปริมาณการกินได้อย่างอิสระในหน่วยเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวที่น้อยกว่าการใช้ Ground Corn Cobs ต่อฟางข้าวสัดส่วน 50:50 ในอาหารผสมครบส่วน ที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ในโครีดนม พบว่า มีปริมาณการกินได้อย่างอิสระมีค่า 3.2 เปอร์เซ็นต์ BW (Wachirapakorn et al., 2016) เนื่องจาก Ground Corn Cobs มีคุณภาพดีกว่าฟางข้าวส่งผลให้สัตว์มีปริมาณการกินได้ที่เพิ่มขึ้น (Calabro et al., 2014)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ปริมาณการกินได้ของ DM, OM, CP, EE และ NDF ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) สอดคล้องกับรายงานของ Markus et al. (1996) ได้แนะนำว่าเมื่อเสริมเมล็ดทานตะวันพบว่าปริมาณการกินได้ของ NDF ไม่มีความแตกต่างกันแต่ปริมาณการกินได้ของ ADF เมื่อโคเนื้อได้รับชานอ้อย สูงกว่า (P<0.01) ฟางข้าว เนื่องจากในชานอ้อยมีปริมาณ ADF สูงกว่าในฟางข้าวจึงส่งผลให้มีปริมาณการกินได้ของ ADF สูง

5.2 ความสามารถในการย่อยได้

จากการทดลองครั้งนี้พบว่าความสามารถในการย่อยได้ของ DM, CP, EE, NDF และ ADF ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในโคเนื้อที่ได้รับชานอ้อยและฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบร่วมกับน้ำมันปาล์มและน้ำมันทานตะวันสอดคล้องกับ Huyen et al. (2012) ได้ทำการเสริมใบ Mulberry ในรูปอัดเม็ด 400 กรัมต่อวัน ร่วมกับฟางข้าวในโคเนื้อลูกผสมบราห์มันและพื้นเมืองไทย พบว่าความสามารถในการย่อยได้ของ DM มีค่า 69.00 เปอร์เซ็นต์ และความสามารถในการย่อยได้ของ CP มีค่า 68.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ Wachirapakorn et al. (2016) รายงานว่าเมื่อเสริม Ground Corn Cobs (33 เปอร์เซ็นต์) ร่วมกับฟางข้าว (7 เปอร์เซ็นต์) ในอาหารผสมครบส่วนสำหรับโคนมพบว่า ความสามารถในการย่อยได้ของ NDF มีค่า 63.40 เปอร์เซ็นต์ และความสามารถในการย่อยได้ของ NDF มีค่า 52.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามความสามารถในการย่อยได้ของ EE ในการทดลองครั้งนี้มีค่า 86.36 เปอร์เซ็นต์ น้อยกว่าจากการรายงานของ Polviset et al. (2015) มีค่าความสามารถในการย่อยได้ของ EE เป็น 97.50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเสริมเมล็ดทานตะวันในโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองไทยเนื่องจาการใช้เมล็ดพืชน้ำมันเสริมจะไม่ส่งผลต่อกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก (Felton and Kerley, 2004)

5.3 กลูโคส ยูเรียไนโตรเจน คลอเรสเตอรอล และไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือด

จากการทดลองพบว่าความเข้มข้นของกลูโคส ยูเรียไนโตรเจน คลอเรสเตอรอล และไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดโคเนื้อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดมีค่าอยู่ระหว่าง 85.50-92.00 mg/dl นอกจากนี้การเสริมไขมันในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องช่วยเพิ่มการดูดซึมกรดไขมันสายยาวในลำไส้เล็กและเพิ่มความเข้มข้นของไขมันในเลือด (Nestel et al., 1978; Beynen et al., 2000) จากการทดลองครั้งนี้เมื่อโคเนื้อได้รับฟางข้าวร่วมกับน้ำมันทานตะวันในอาหารผสมครบส่วนมีความเข้มข้นของคลอเลสเตอรอลในเลือดมีค่า 88 mg/dl สอดคล้องกับการทดลอง

ของ Tudisco et al. (2019) ได้ทำการเสริม hydrogenated palm oil ในอาหารผสมครบส่วนของแพะนมพบว่ามีความเข้มข้นของคลอเลสเตอรอลในเลือดมีค่า 70.16 mg/dl

ความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนจากการทดลองครั้งนี้พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 15.85-19.63 mg/dl มีค่าอยู่ในช่วงปกติ โดยเมธา (2533) รายงานว่าระดับความเข้มข้นยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดของโคเนื้อและโคนมปกติจะอยู่ในช่วง 6.3-25.5 mg/dl

ความเข้มข้นของไตรกลีเซอไรด์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 19.25-37.00 mg/dl ซึ่งหากทำการเสริมไขมันในระดับที่แตกต่างกันในอาหารแกะพบว่าความเข้มข้นของไตรกลีเซอไรด์ในเลือดเพิ่มสูงขึ้นตามระดับไขมันที่เพิ่มเข้าไปในอาหาร (Ghoreishi et al., 2007) จากผลการทดลองครั้งนี้เมื่อให้ฟางข้าวร่วมกับน้ำมันปาล์มในอาหารผสมครบส่วนในโคเนื้อมีความเข้มข้นของไตรกลีเซอไรด์ในเลือด 19.25 mg/dl สอดคล้องกับรายงานของ Tudisco et al. (2019) ได้เสริม hydrogenated palm oil ในอาหารผสมครบส่วนในแพะนมมีความเข้มข้นของไตรกลีเซอไรด์ในเลือดมีค่า 20.12 mg/dl

เป็นที่ทราบกันดีว่าไขมันในผลิตภัณฑ์สัตว์มีความสำคัญกับสุขภาพของผู้บริโภค โดยเฉพาะอย่างยิ่งสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัว (SFA) ต่อกรดไขมันไม่อิ่มตัว (PUFA) จากรายงานวิจัยทางการแพทย์ชี้ให้เห็นว่าหากบริโภค SFA ในปริมาณมากจะส่งผลต่อความเสี่ยงในการเกิดโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือดหัวใจ (Atherosclerosis) อีกทั้งส่งผลต่อระดับคลอเรสเตอรอลเพิ่มสูงขึ้นอีกด้วย (Monteiro, et al., 2006) เมื่อเสริมพืชน้ำมันในสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถช่วยเพิ่มปริมาณ PUFA, C18:1 และ C18:2 ในเนื้อได้ (Mir et al., 2000) อย่างไรก็ตามกรดไขมันไม่อิ่มตัวในเลือดโคพบได้สูงเมื่อมีการไขมันไม่อิ่มตัวสูงในอาหาร เช่น เสริมไขมันจากทานตะวัน เป็นต้น เมื่อสัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับกรดไขมันไม่อิ่มตัวผ่านลงไปกระเพาะหมักจะเกิด 2 กระบวนการกับกรดไขมันไม่อิ่มตัวดังกล่าว กระบวนการแรกจะถูกไฮโดจิเนชั่นโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบคทีเรีย และอีกกระบวนการคือกรดไขมันจะไหลผ่านและถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็ก หลังจากนั้นกรดไขมันดังกล่าวจะไหลเวียนในกระแสเลือดในรูปของฟอสโฟไลปิด (Phospholipid) และคลอเรสเตอรอลเอสเทอร์ (Cholesteryl Ester) (Christie, 1979) นอกจากนี้องค์ประกอบหลักของไขมันที่พบได้ในกระแสเลือด ได้แก่ Phospholipids และ Cholesteryl Esters มีปริมาณรวมกันสูงถึง 95 เปอร์เซ็นต์ ของไขมันทั้งหมดในเลือด ส่วนไตรกลีเซอร์ไรด์ (Triglycerides) และกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acids) พบ 5 เปอร์เซ็นต์ และ 1 เปอร์เซ็นต์ (Abu Ghazaleh et al., 2003) โดย phospholipids และ cholesteryl esters เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ ในขณะที่ triglycerides และ free fatty acids เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและเป็นแหล่งของกรดไขมันที่จะถูกนำไปใช้และสะสมในเนื้อเยื่อไขมันต่อไป (AbuGhazaleh et al., 2003)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

5.4 ต้นทุนค่าอาหาร (Feed Cost)

ต้นทุนค่าอาหารเมื่อใช้ชานอ้อยและฟางข้าวร่วมกับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มและน้ำมันทานตะวันในอาหารผสมครบส่วน มีราคาต้นทุนค่าอาหารอยู่ระหว่าง 8.6-9.5 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งมีราคาต่ำกว่าจากการรายงานของ กรมปศุสัตว์ (2557) ว่าต้นทุนค่าอาหาร TMR ที่มีโปรตีน 15 เปอร์เซ็นต์ ที่ใช้หญ้ารูซี่แห้งและใบกระถินเป็นแหล่งอาหารหยาบ มีราคาอยู่ที่ 14.25 บาท/กิโลกรัม ซึ่งในการขุนโคนั้นหากใช้หญ้าหรือเศษเหลือทางการเกษตรเป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้นเป็นวิธีที่ลดต้นทุนการผลิตและทำให้มีกำไรมากที่สุด นอกจากนั้นยังลดอัตราการเสี่ยงจากภาวะราคาของวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วย (กองอาหารสัตว์, 2538) กรณีที่ผลิตพืชอาหารสัตว์ใช้เอง ซึ่งชานอ้อยและฟางข้าว ก็เป็นเศษเหลือทางการเกษตรที่สามารถนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้เป็นอย่างดี ซึ่งสามารถใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในรูปของอาหารผสมเสร็จหรือใช้แยกเป็นแหล่งอาหารหยาบที่เสริมกับอาหารข้นร่วมก็ได้

5.5 สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า สามารถใช้ชานอ้อยและฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนมีความเหมาะสมในการนำมาใช้เลี้ยงโคเนื้อลูกผสม เนื่องจากทำให้โคเนื้อมีปริมาณการกินได้สูง แต่เมื่อพิจารณาถึงราคาค่าอาหารต่อกิโลกรัมพบว่าเมื่อใช้ชานอ้อยจะมีราคาถูกกว่าการใช้ฟางข้าวโดยเฉพาะใช้ชานอ้อยร่วมกับน้ำมันปาล์มในอาหารโคเนื้อ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

5.6 ข้อเสนอแนะ

5.6.1 ควรมีการศึกษาชนิดของกรดไขมันที่สะสมในผลิตภัณฑ์ของสัตว์เคี้ยวเอื้องแต่ละชนิด เช่น โคเนื้อ และแพะ เพื่อได้ทราบถึงกรดไขมันชนิดที่เป็นองค์ประกอบในเนื้อสัตว์ชนิดต่าง ๆ

5.6.2 ควรมีการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระดับเซลล์ เช่นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์กรดไขมันสายยาว ซึ่งจะทำให้สามารถปรับสูตรอาหารเพื่อเพิ่มระดับกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บรรณานุกรม

กรมปศุสัตว์. (2555). *ยุทธศาสตร์โคเนื้อ พ.ศ. 2555-2559*. กรุงเทพฯ: สำนักส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์กรมปศุสัตว์กระทรวงเกษตรและสหกร.

กรมปศุสัตว์. (2557). *การใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการเลี้ยงโค–กระบือ*. สืบค้นจาก http://nutrition.dld.go.th/Nutrition_Knowlage/ARTICLE/Pro33.htm

ฉลอง วชิราภากร. (2541). *โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น*. ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ปนัดดา โรจน์พิบูลย์สถิตย์. (2546). *ชีวเคมีทางการแพทย์*. กรุงเทพฯ: บุ๊คเน็ทจำกัด.

ปิ่น จันจุฬา. (2553). *การใช้ประโยชน์จากกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารแพะ* (รายงานผลการวิจัย). สงขลา: คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.

เมธา วรรณพัฒน์. (2533). *โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง*. กรุงเทพฯ: ฟันนี่พับบลิชชิ่ง.

วุฒิกร สระแก้ว, ฉลอง วชิราภากร, เฉลิมพล เยื้องกลาง, นิโรจน์ ศรสูงเนิน และสุภาพร แซ่เตียว. (2552). ผลของการใช้สูตรอาหารผสมสำเร็จหมักร่วมกับจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพต่อสมรรถนะ การให้ผลผลิตของนม. ใน *การสัมมนาวิชาการเกษตร ประจำปี 2552*. ขอนแก่น: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์. (2560). *จำนวนเกษตรกรและโคเนื้อรายจังหวัด ปี 2560*. สืบค้นจาก http://ict.dld.go.th/webnew/images/stories/stat_web/monthly/2560/T2-1.pdf

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์. (2561). *ข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์และโคเนื้อ รายจังหวัด ปีงบประมาณ พ.ศ. 2561*. สืบค้นจาก http://ict.dld.go.th/webnew/images/stories/stat_web/yearly/2561/land/T2-1.pdf

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์. (2562). *ข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์และโคเนื้อรายจังหวัด ปีงบประมาณ พ.ศ. 2562*. สืบค้นจาก http://ict.dld.go.th/webnew/images/stories/stat_web/yearly/2562/country/2---cattle.pdf

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์. (2563). *ข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์และปศุสัตว์รายเดือน ปี 2563*. สืบค้นจาก http://ict.dld.go.th/webnew/index.php/th/service-ict/report/340-report-thailand-livestock/reportservey2563/1460-2563-month

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์. (ม.ป.ป.). *โคพื้นเมือง.* สืบค้นจาก http://breeding.dld.go.th/biodiversity/new%20elearning/animal%20natovos.html

สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์. (ม.ป.ป.). *โคพันธุ์บราห์มัน.* สืบค้นจาก http://breeding.dld.go.th/th/index.php/2015-07-04-09-39-04/2015-07-04-09-45-02/2015-07-04-09-46-26/2015-07-04-10-36-54/83-brahman

เอกชัย บุญจันทร์. (2554). การจัดการฟาร์มโคเนื้อ. สืบค้นจาก http://www.goodonefeed.com/14508376/

Abdullah, N., & Hutagalung, R. I. (1988). Rumen fermentation, urease activity and performance of cattle given palm kernel cake based diet. *Animal Feed Science and Technology*, 20(1), 79-86.

AbuGhazaleh, A.A., Schingoethe, D.J., Hippen, A.R., & Kalscheur, K.F. (2003). Conjugated linoleic acid and vaccenic acid in rumen, plasma, and milk of cows fed fish oil and fats differing in saturation of 18 carbon fatty acids. *Dairy Science*, 86(11), 3648-3660.

AOAC. (1984). *Official methods of analysis.* (14th ed.). Washington, D.C.: The Association of Official Analytical Chemists.

Baiti, L.Z., Nuswantara, L.K., Pangestu, E., Wahyono, F. & Achmadi, J. (2013). Effect of bagasse portion in diet on body composition of goat. *J. Indonesian Trop.Anim.Agric*, 38, 199-204.

Bauchart, D. (1993). Lipid absorption and transport in ruminants. *J. Dairy Sci*, 76, 3864-3881.

Bauman, D.E., Perfield, J.W., De Veth, M.J. & Lock, A.L. (2003). New perspectives on lipid digestion and metabolism in ruminants. *Proc. Cornell Nutr. Conf*, 175-189.

Beynen, A.C., Schonewille, J.T. & Terpstra, A.H.M. (2000). Influence of amount and type of dietary fat on plasma cholesterol concentrations in goats. *Small Rumin Res*, 35, 141-147.

Calabro, S., Cutrignelli, M.I., Gonzalez, O.J., Chiofalo, B., Grossi, M., Tudisco, R., & Chilliard, Y. (1993). Dietary fat and adipose tissue metabolism in ruminants, pigs, and rodents: a review. *J. Dairy Sci*, 76, 3897-3931.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Christie, W.W. (1979). The effects of diet and other factors on the lipid composition of ruminant tissues and milk. *Progress in Lipid Research*, 17(3), 245-277.

Dhiman, T.R., Satter, L.D., Pariza, M.W., Galli, M.P., Albright, K., & Tolosa, M.X. (2000). Conjugated linoleic acid (CLA) content of milk from cows offered diets rich in linoleic and linolenic acid. *Dairy Science*, 83(5), 1016-1027.

Doreau, M., & Ferlay, A. (1994). Digestion and utilisation of fatty acids by ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 45(3-4), 379–396.

Drackley, J.K. (2000). Lipid metabolism. In *Farm Animal Metabolism and Nutrition, (D'Mello, J.P.F, Ed.) CAB International*. London: n.p.

Enser, M., Hallett, K., Hewitt, B., Fursey, G.A.J., & Wood, J.D. (1996). Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail. *Meat Science*, 42, 443–456.

Faruque, A.J.M.O., Jarvis, B.D.W., & Hawke, J.C. (1974). Studies on rumen metabolism. IX. Contribution of plant lipases to the release of free fatty acids in the rumen. *the Science of Food and Agriculture*, 25(10), 1313-1328.

Felton, E.E.D., & Kerley, M.S. (2004). Performance and carcass quality of steers fed different sources of dietary fat. *Animal Science*, 82(6), 725-732.

Ferreri, L.F., & Elbein, R.C. (1982). Fractionation of plasma triglyceride-rich lipoproteins of the dairy cow: evidence of chylomicron-size particles. *J. Dairy Sci,* 65, 1912-1920.

French, P., Stanton, C., Lawless, F., O'Riordan, E.G., Monahan, F.J., Caffrey, P.J., & Moloney, A.P. (2000). Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *J. Anim. Sci,* 78, 2849-2855.

Ghoreishi, S.M., Zamiri, M.J., & Rowghani, E. (2007). Effect of a calcium soap of fatty -acids on reproductive characteristics and lactation performance of fat-tailed sheep. *Pakistan J Biol Sci*, 10, 2389-2395.

Goering, H.K., & Van Soeast, P.J. (1970). *Forage Fiber Analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications)*. Washington, D.C.: n.p.

Harrison, F.A., Leat, W.M.S., & Foster, A. (1974). Absorption of maize oil infused into the duodenum of the sheep. *Proc. Nutr. SOC*, 33, 103.

Hespell, R.B., & O'Bryan-Shah, P.J. (1988). Esterase activities in Butyrivibrio fibrisolvens strains. *Applied and Environment Microbiology*, 54(8), 1917-1922.

Hortonz, G.M.I., Pate, F. M., & Pitman, W.D. (1991). The effects of steam-pressure treatment, pelleting and ammoniation on the feeding value of sugarcane bagasse for cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, 71, 79-86.

Huerta-Leidenz, N.O., Cross, H.R., Savell, J.W., Lunt, D.K., Baker, J.F., Pelton, L.S.,& Smith, S.B. (1993). Comparison of the fatty acid composition of subcutaneous adipose tissue from mature Brahman and Hereford Cows. *Animal Science*, 71(3), 625-630.

Huyen, N.T., Wanapat, M., & Navanukraw, C. (2012). Effect of Mulberry leaf pellet (MUP) supplementation on rumen fermentation and nutrient digestibility in beef cattle fed on rice straw-based diets. *Anim. Feed Sci.Technol*, 175, 8-15.

Jenkins, T.C. (1993). Lipid metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci*, 76, 3851-3863.

Jenkins, T.C. (1993). Symposium: Advances in ruminant lipid metabolism lipid metabolism in the rumen. *Dairy Science*, 76(12), 3851-3863.

Jenkins, K.J., Grifith, G., & Kramer, J.K.G. (1988). Plasma lipoproteins in neonatal, preruminant, and weaned calf. *J. Dairy Sci*, 71, 3003-3012.

Jenkins, T.C., Wallace, R.J., Moate, P.J., & Mosley, E.E. (2008). Board-Invited review: Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. *Animal Science*, 86(2), 397-412.

Kholif, A.E., Morsy, T.A., Abd El Tawab, A.M., Anele, U.Y., & Galyean, M.L. (2016). Effect of supplementing diets of lactating anglo-nubian goats with soybean and flaxseed oils on lactational performance. *J. Agric. Food Chem*, 64, 6163-6170.

Lee, W.S., Lee, B.S., Lee, S.C., Lee, S.S., Lee, S.Y., Lee, D.Y., & Ha, J.K. (2004). Effects of rice straw and rice hull supplement on rumination and chewing behavior in Hanwoo steers Korean. *J. Anim. Sci*, 46, 49-54.

Liavonchanka, A., Hornung, E., Feussner, I., & Rudolph, M.G. (2006). Structure and mechanism of the Propionibacterium acnes polyunsaturated fatty acid isomerase PNAS. 103, 2576-2581.

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Mapiye, C., Aalhus, J.L., Turner, T.D., Rolland, D.C., Basara, J.A., Baron, V.S., Dugan, M.E. (2013). Effects of feeding flaxseed or sunflower-seed in high-forage diets on beef production, quality and fatty acid composition. *Meat Science*, 95(1), 98-109.

Markus, S.B., Wittenberg, K.M., Ingalls, R., & Undi, M. (1996). Production responses by early lactation cows to sunflower seed or tallow supplementation of a diet based on barley. *J. Dairy Sci*, 79, 1817-1825.

Mele, M., Buccioni, A., Serra, A., Antongiovanni, M., & Secchiari, P. (2008). *Lipids of goat's milk: origin, composition and main sources of variation. In: Dairy goats feeding and nutrition: feeding and nutrition,* Helena, A., & G. Pulina, (Eds.) Copyright Agent of barnesandnoble.com. New York: n.p.

Mir, Z., Rushfeldt, M.L., Mir, P.S., Paterson, L.J., & Weselake, R.J. (2000). Effect of dietary supplementation with either conjugated linoleic acid (CLA) or linoleic acid rich oil on the CLA content of lamb tissues. *Small Ruminant Research*, 36(1), 25-31.

Monteiro, A.C.G., Santos-Silva, J., Bessa, R.J.B., Navas, D.R. & Lemos, J.P.C. (2006). Fatty acid composition of intramuscular fat of bulls and steers. *Livestock Science*, 99(1), 13-19.

Nagalakshmi, D., Reddy, D.N., & Prasad, M.R. (2006). Evaluation of expander-extruder processed complete diet containing sunflower heads in lactating cross breed cows: An on farm trial. *Indian J. Dairy Sci*, 59, 233-238.

Nestel, P.J., Poyser, A., & Hood, R.L. (1978). The effect of dietary fat supplements on cholesterol metabolism in ruminants. *J Lipid Res*, 19, 899-909.

Nguyen, V.H., Sander, B.O., Quilty, J., Balingbing, C., Castalone, A.G., Romasanta, R., Gummert, M. (2019). An assessment of irrigated rice production energy efficiency and environmental footprint with in-field and of-field rice straw management practices . *Sci. Rep*, 9, 1-12.

Noble, R.C., Crouchman,M.L., & Moore, J.H. (1975). Synthesis of cholesterol ester in the plasma and liver of sheep. *Lipids*, 10, 790-799.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Noci, F., French, P., Monahan, F.J., & Moloney, A.P. (2007). The fatty acid composition of muscle fat and subcutaneous adipose tissue of grazing heifers supplemented with plant oil-enriched concentrates. *J. Anim. Sci*, 85, 1062-1073.

Nurnberg K., Wegner, J., & Ender, K. (1998). Factors influencing fat composition in muscle and adipose tissue of farm animals, Livest. *Prod. Sci*, 56, 145–156.

Nurnberg, K., Grumbach, S., Papstein, H.J., Matthes, H.D., Ender, K., & Nurnberg, G. (1996). Fatty acid composition of lamb meat. Fett / Lipid, 9, 77–80.

NRC. (2001). *Nutrient requirements of Dairy Cattle*. 7 th rev. th rev. ed. Washington, D.C.: Natl. Acad. Sci, Washington, DC.

Otaru, S.M., Adamu, A.M., Ehoche, O.W., & Makun. H.J. (2011). Effects of varying the level of palm oil on feed intake, milk yield and composition and postpartum weight changes of Red Sokoto goats. *Small Rumin. Res,* 96, 25–35.

Panettab, C., & Infascellia, F. (2014). Meat quality of buffalo young bulls fed faba bean as protein source. *Meat Science*, 96(1), 591-596.

Polviset, W., Schonewille, J.T., Everts, H., Wachirapakorn, C., Yuangklang, C., Claeys, E., & De Smet, S. (2015). Effect of whole cottonseed v. sunflower seed on the fatty acid profile of subcutaneous fat, longissimus dorsi and blood of Thai Native and Holstein bulls. *Animal,* 9(12), 2072–2080.

Preston, T.R., & Leng, R.A. (1987). *Matching ruminant production systems with available resources in the tropics and sub-tropics*. Armidale: Penambul Books.

Protech Inc. (2007). *Lipoproteins and Apoproteins*. Cytokines for the Americas Princeton Business Park.Rocky Hill. Retrieved from http// www.pepprotech.com/content/focusarticles.htm (8 Febuary 2009)

SAS. (2000). User's guide: statistics. Version 7. SAS Institute. Cary. New York

Seshaiah, C.V.,Y. R. Reddy, S.J. Rao and M. Srivani. 2014. Prediction of optimum roughage to concentrate ratio in sweet sorghum (Sorghum bicolor L. Moench) bagasse based total mixed ration for buffaloes using in vitro gas technique. *J. Adv. Vet. Anim. Res*, 1, 224-227.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Scislowski, V., Bauchart, D., Gruffat, D., Laplaud, P.M., & Durand, D. (2005). Effects of dietary n-6 or n-3 polyunsaturated fatty acids protected or not against ruminal hydrogenation on plasma lipids and their susceptibility to peroxidation in fattening steers. *J. Anim. Sci,* 83, 2162–2174.

Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. (1980). *Principles and Procedures of Statistics*. New York: McGraw-Hill Book Co. Inc.

Sterk, A., Vlaeminck, B., Vuuren, A.M.V., Hendriks, W.H., & Dijkstra, J. (2012). Effects of feeding different linseed sources on omasal fatty acid flows and fatty acid profiles of plasma and milk fat in lactating dairy cows. *Dairy Science,* 95(6), 3149-3165.

Tudisco, R., Musco, N., Pero, M.E., Morittu, V.M., Grossi, M., Mastellone, V., Lombardi, P. (2019). Influence of dietary hydrogenated palm oil supplementation on serum biochemistry and progesterone levels in dairy goats. *Anim. Nutr*, 5, 286-289.

Van Soest, P.J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*. (2nd ed.). New York: Cornell University Press Ithaca.

Wachirapakorn, C., Pilachai, K., Wanapat, M., Pakdee, P., & Cherdthong, A. (2016). Effect of ground corn cobs as a fiber source in total mixed ration on feed intake, milk yield and milk composition in tropical lactating crossbred Holstein cows. *Animal Nutrition*, 2(4), 334-338.

Wheeler, T.L., Cundiff, L.V., & Koch, R.M., (1994). Effect of marbling degree on beef palatability in Bos taurus and Bos indicus cattle. *J. Anim. Sci*, 72, 3145-3151.

RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

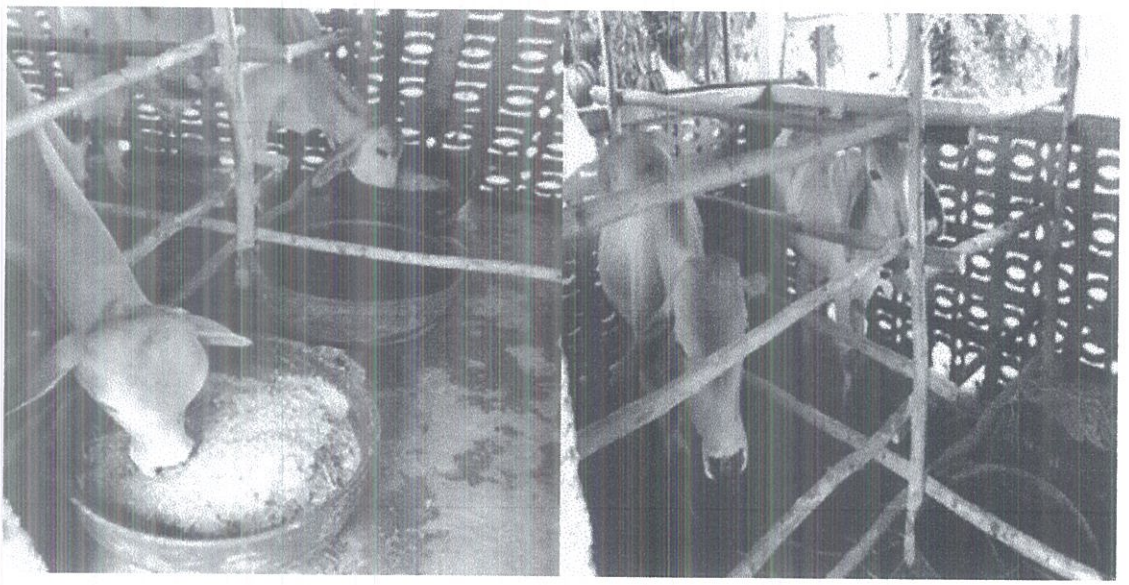
ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

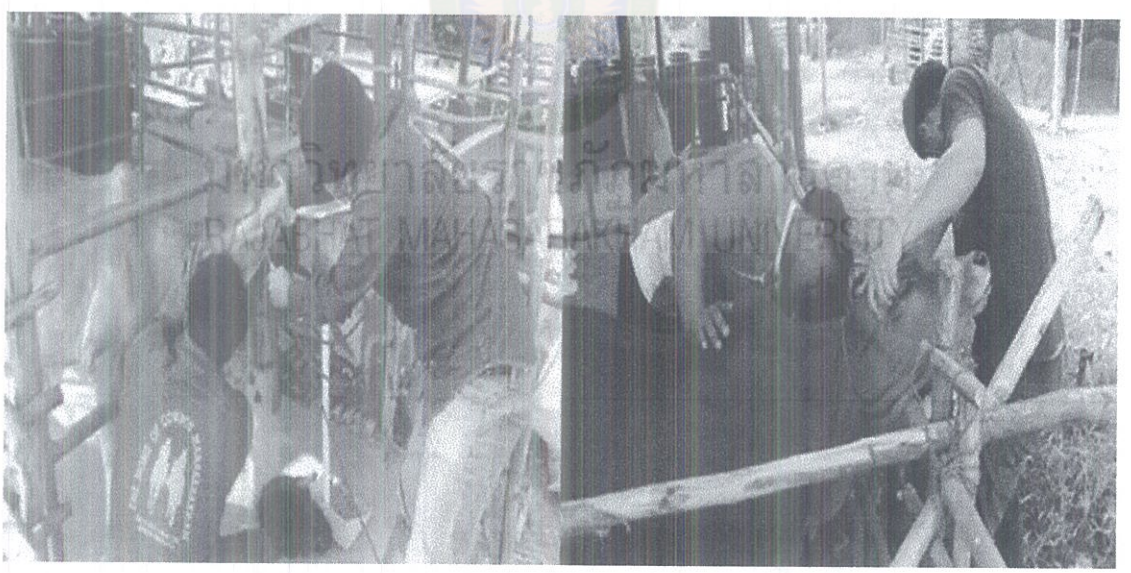
ภาคผนวก ก

สัตว์ทดลองและการเก็บตัวอย่าง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพที่ ก.1 โคเนื้อทดลองที่ได้รับอาหารแบบผสมสำเร็จ



ภาพที่ ก.2 การเก็บตัวอย่างเลือด

ภาพที่ ก.3 การเก็บตัวอย่างมูลโค

ภาพที่ ก.4 การเตรียมตัวอย่างเลือดเพื่อวิเคราะห์หากรดไขมัน

ภาพที่ ก.5 การเตรียมตัวอย่างพลาสม่า

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก ข

อาหารสัตว์ทดลอง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ ข.1 การเตรียมอาหารผสมสำเร็จ

ภาพที่ ข.2 การชั่งวัตถุดิบอาหารสัตว์

การเผยแพร่ผลงานวิจัย

I. Amartsana, N. Prakobsaeng and W. Polviset. (2020). Influence of bagasse versus rice straw with oil sources in a total mixed ration on feed intake, digestibility and blood chemistry of crossbred Thai Native x American Brahman cattle. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture,* 45(3), 206-213.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายอิสระ อามาตย์เสนา
วันเกิด	21 พฤษภาคม 2534
ภูมิลำเนา	793/2 หมู่ 1 ตำบลปะหลาน อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม
ที่อยู่ปัจจุบัน	134 หมู่ 2 ตำบลหนองไฮ อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ
โทรศัพท์	091-3644310
E-mail	isara_bang@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2546	ประถมศึกษา โรงเรียนอนุบาลพยัคฆภูมิพิสัย
พ.ศ. 2552	มัธยมศึกษา โรงเรียนพยัคฆภูมิวิทยาคาร
พ.ศ. 2557	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
พ.ศ. 2564	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY