สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพเนื้อของโคขุนที่ได้รับอ้อยหมักด้วยเชื้อแลคโตบาซิลลัสและยีสต์

กิจจา มุขทั่ง

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพเนื้อของโคขุนที่ได้รับอ้อยหมักด้วยเชื้อแลคโตบาซิลลัสและยีสต์

กิจจา มุขทั่ง

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยานิพนธ์ เรื่อง "สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพเนื้อของโคขุนที่ได้รับอ้อยหมักด้วยเชื้อแลคโตบาซิลลัสและยีสต์"

ของ กิจจา มุขทั่ง

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฬากร ปานะถึก)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร.วันดี ทาตระกูล)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรกมล เลาห์รอดพันธ์)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทศพร อินเจริญ)

อนุมัติ

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.กรองกาญจน์ ชูทิพย์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพเนื้อของโคขุนที่ได้รับอ้อยหมักด้วยเชื้อแลคโตบาซิลลัสและยีสต์

ผู้วิจัย กิจจา มุขทั่ง

ประธานที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.วันดี ทาตระกูล

กรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรกมล เลาห์รอดพันธ์

ประเภทสารนิพนธ์ วิทยานิพนธ์ วท.ม. สัตวศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2566

คำสำคัญ อ้อยหมัก, แลคโตบาซิลลัส, ยีสต์, คุณลักษณะซาก, โคขุน

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของการใช้ต้นอ้อยหมักหรืออ้อยหมักด้วยจุลินทรีย์เพื่อเป็นแหล่ง อาหารหยาบสำหรับโคขุน การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการหมักอ้อยด้วยจุลินทรีย์ต่อคุณค่าทางโภชนะโดยใช้สับปะรดหมัก (Pineapple silage; PS) อ้อยหมัก (Sugarcane silage; SS) และอ้อยหมักด้วยจุลินทรีย์ *Lactobacillus plantarum* (Sugarcane silage with *Lactobacillus plantarum*; SLP) ที่ระดับ $1X10^7$ cfu/g จุลินทรีย์ *Lactobacillus fermentum* (Sugarcane silage with *Lactobacillus fermentum;* SLF) ที่ระดับ $1X10^7$ cfu/g และจุลินทรีย์ *Saccharomyces cerevisiae* (Sugarcane silage with *saccharomyces cerevisiae;* SSC) ที่ระดับ $1X10^7$ cfu/g จากการศึกษาพบว่าที่อ้อยหมักด้วยจุลินทรีย์ทุกชนิดมีปริมาณโปรตีนมากกว่าอ้อยหมักแบบไม่เสริมเชื้อจุลินทรีย์ แต่ค่าโภชนะอื่น ๆ มีค่าใกล้เคียงกัน การทดลองที่ 2 ศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโต คุณลักษณะซาก และต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคขุน ที่ได้รับอาหารหยาบจากอ้อยหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ โดยใช้โคขุนลูกผสมชาร์โรเล่ส์ อายุประมาณ 4 ปี น้ำหนักเริ่มต้นประมาณ 587.51±110.06 กิโลกรัม จำนวน 30 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) แบ่งการทดลองออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ตัว ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ได้รับอาหารหยาบเป็นเปลือกสับปะรดหมัก (PS) กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารหยาบเป็นอ้อยหมักที่ไม่มีการเสริมด้วยจุลินทรีย์ (SS) กลุ่มที่ 3 4 และ5 ได้รับอาหารหยาบเป็นอ้อยหมักด้วยจุลินทรีย์ *Lactobacillus plantarum* (SLP), *Lactobacillus fermentum* (SLF) และ *Saccharomyces cerevisiae* (SSC) ที่ระดับ $1X10^7$ cfu/g ตามลำดับ โคทุกกลุ่มการทดลองได้รับอาหารข้นโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ ในปริมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว ร่วมกับอาหารหยาบแบบไม่จำกัดปริมาณ ใช้ระยะเวลาการทดลอง 425 วัน พบว่าน้ำหนักสุดท้าย อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (Average daily gain; ADG) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (Feed conversion ratio; FCR) ของแต่ละกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ด้านน้ำหนักซากอุ่น

น้ำหนักซากเย็น ร้อยละซากอุ่น ความหนาไขมันหุ้มซาก และไขมันแทรกของโคระหว่างกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน (P>0.05) นอกจากนี้พบว่าค่าอาหาร ค่าสายพันธุ์ ราคาซาก และกำไร ของโคแต่ละกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า อ้อยหมักหรืออ้อยหมักด้วยจุลินทรีย์มีศักยภาพสำหรับเป็นอาหารหยาบทางเลือก เพื่อการเลี้ยงโคขุนโดยไม่ส่งผลเสียต่อการประสิทธิภาพเจริญเติบโต และคุณภาพซาก

Title PRODUCTIVE PERFORMANCE AND MEAT QUALITY OF FATTENING BEEF CATTLE FED SUGARCANE SILAGE FERMENTED WITH LACTOBACILLUS AND YEAST.

Author Kitja Mukthang

Advisor Associate Professor Wandee Tartrakoon, Ph.D.

Co-Advisor Assistant Professor Narakamol Laorodphan, Ph.D.

Academic Paper M.S. Thesis in Animal Science - (Type A2), Naresuan University, 2023

Keywords Sugarcane Silage Lactobacillus Saccharomyces Cerevisiae Carcass Characteristics Fattening Beef Cattle

ABSTRACT

The purpose of this study is to evaluate the use of fermented sugarcane or sugarcane fermented with microorganism as a roughage source for fattening beef cattle. Experiment 1 studied the effects of fermenting pineapple silage (PS), sugarcane silage (SS), sugarcane with *Lactobacillus plantarum* (SLP) at a level of $1X10^7$ cfu/g, *Lactobacillus fermentum* (SLF) at a level of $1X10^7$ cfu/g, and *Saccharomyces cerevisiae* (SSC) at a level of $1X10^7$ cfu/g on the nutritional value of the fermented sugarcane. It was found that the protein and moisture content of the sugarcane fermented with all three types of bacteria and yeast were higher than those of non-inoculated fermented sugarcane, but other nutritional values were similar. Experiment 2 studied aimed to investigate effect of feedlot performances, carcass characteristics and production costs and profit of fattening beef cattle fed sugarcane silage fermented with microorganism. Thirty crossbred Charolais steers at an average age of 4 years and initial body weights of 605.90 kg were used in this study. The fattening beef cattle were randomly assigned to receive five dietary treatments (4 cattles/ treatment) in Completely Randomized Design (CRD). Five dietary treatments were 1) fed with pineapple silage as roughage source (PS) 2) sugarcane silage without *lactobacillus* (SS) 3) sugarcane silage supplemented with *Lactobacillus plantarum* $1X10^7$ cfu/g (SLP) 4) sugarcane silage supplemented with

Lactobacillus fermentum 1X10^7 cfu/g (SLF) and 5) sugarcane silage supplemented with *Saccharomyces cerevisiae* 1X10^7 cfu/g (SSC). Five groups were fed concentrate (16 percentage CP) at 1 % body weight. While roughage was fed *ad libitum*. The fattening period was lasted for 425 days. The results showed that final weight, average daily gain (ADG), weight gain, and feed conversion ratio (FCR) had no significant differences among treatments (P>0.05). Hot carcass weight, chill carcass weight, hot carcass percentage, fat thickness and marbling score were not significantly different (P>0.05). In terms of the economic return, feed cost, animal cost, carcass price and net income was no significant differences among treatments (P>0.05). According to the results of this research, it is suggested that sugarcane silage treated with or without microorganism would be used as roughage source for fattening beef cattle without any negative effect on growth performance and carcass characteristics.

ประกาศคุณูปการ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความกรุณาของ รองศาสตราจารย์ ดร.วันดี ทาตระกูล ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้อุตส่าห์สละเวลาอันมีค่ามาเป็นที่ปรึกษา พร้อมทั้งให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการวิทยานิพนธ์อันประกอบไปด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรกมล เลาห์รอดพันธ์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์และทรงคุณค่า

กราบขอบพระคุณ คุณพงษ์ชัย ภู่พิพัฒนา เจ้าของบริษัท นอร์ทเทิร์นฟาร์ม (1996) เป็นอย่างสูง ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ให้ใช้โคขุนในการทดลองนี้ ขอขอบคุณผู้จัดการฟาร์ม ที่คอยช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆ และ ขอขอบพระคุณคนงานที่ฟาร์มทุกคน ที่ใช้ให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคน ที่ค่อยให้กำลังใจ ค่อยช่วยเหลืองานมาตลอด

เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของผู้วิจัยที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา

คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงจะมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการเลี้ยงโคขุนและเกษตรกรผู้เลี้ยงโคขุน และผู้ที่สนใจบ้างไม่มากก็น้อย

กิจจา มุขทั่ง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... **ค**

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... **จ**

ประกาศคุณูปการ ..... **ช**

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1

1.2 จุดมุ่งหมายของการศึกษา 2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2

1.4 สมมติฐานของการวิจัย 2

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ความหมายของการเลี้ยงโคขุน 4

2.2 การคัดเลือกโคที่จะนำมาเข้าขุน 4

2.3 วิธีหรือรูปแบบการขุนโค 7

2.4 อาหารและการให้อาหารโคขุน 8

2.5 การย่อยและดูดซึมของคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน 13

2.6 การย่อยโปรตีนของในกระเพาะรูเมน 16

2.7 การย่อยและดูดซึมลิพิดในกระเพาะรูเมน 17
2.8 อ้อย 18
2.9 การนำอ้อยมาเป็นอาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง 20
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 23
การทดลองที่ 1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอ้อยหมักที่เสริมด้วยเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ 23
3.1 การเตรียมเชื้อจุลินทรีย์ 23
3.2 การเตรียมอ้อยหมักและอ้อยหมักด้วยจุลินทรีย์ 24
การทดลองที่2 การศึกษาประสิทธิภาพการผลิต คุณลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อของโคขุนที่ได้รับอ้อยหมักด้วยจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ 25
3.3 การเตรียมสัตว์ทดลอง 25
3.4 การประเมินประสิทธิภาพการเจริญเติบโต 26
3.5 ข้อมูลคุณลักษณะซาก 26
3.6 ข้อมูลคุณภาพเนื้อ 27
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล 28
3.8 สถานที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยและรวบรวมข้อมูล 29
บทที่ 4 ผลการวิจัย 30
การทดลองที่ 1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอ้อยหมักที่เสริมด้วยเชื้อจุลินทรีย์ต่างชนิด 30
การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอ้อยหมักที่เสริมด้วยเชื้อจุลินทรีย์ต่างชนิด 30
การทดลองที่2 การศึกษาประสิทธิภาพการผลิต คุณลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อของโคขุนที่ได้รับอ้อยหมักด้วยจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ 32

4.1 ประสิทธิภาพการผลิต 32
4.2 คุณลักษณะซากของโคขุน 35
4.3 คุณภาพเนื้อของโคขุน 37
4.4 ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ 38
บทที่ 5 บทสรุป 40
5.1 อภิปรายผลการวิจัย 40
การทดลองที่ 1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอ้อยหมักที่เสริมด้วยเชื้อจุลินทรีย์ต่างชนิด 40
การทดลองที่2 การศึกษาประสิทธิภาพการผลิต คุณลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อของโคขุนที่ได้รับอ้อยหมักด้วยจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ 41
5.1.1 ประสิทธิภาพการผลิต 41
5.1.2 คุณลักษณะซากของโคขุน 42
5.1.3 คุณภาพเนื้อของโคขุน 43
5.1.4 ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ 44
5.2 สรุปผลการวิจัย 44
ภาคผนวก 55
บรรณานุกรม 71
ประวัติผู้วิจัย 72

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ปริมาณการกินได้ของโคในแต่ละช่วงน้ำหนักของโค..... 9

ตารางที่ 2 Chemical composition of the experimental roughages and concentrate feed 31

ตารางที่ 3 Effects of dietary roughages source on growth performance of fattening beef cattle..... 34

ตารางที่ 4 Effects of dietary roughages source on carcass characteristics of fattening beef cattle..... 36

ตารางที่ 5 Effects of dietary roughages source on meat quality of fattening beef..... 38

ตารางที่ 6 Effects of dietary roughage source on economic net return of fattening... 39

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 โคพันธุ์ชาร์โรเล่ส์ (Charolais) 5
ภาพที่ 2 โคพันธุ์แองกัส (Angus) 6
ภาพที่ 3 กระบวนการ Gluconeogenesis 11
ภาพที่ 4 วิถี Pentose phosphate 14
ภาพที่ 5 วิถี Embden Meyerhof หรือ Glycolysis pathway 15
ภาพที่ 6 Important Steps During the Silage Fermentation Process 20
ภาพที่ 7 ระดับของไขมันแทรก 27
ภาพที่ 8 จุดตำแหน่งในการวัดค่าสีของเนื้อ 28
ภาพที่ 9 อุปกรณ์ และเครื่องวิเคราะห์ต่างๆ 61
ภาพที่ 10 เชื้อจุลินทรีย์แลคโตบาซิลลัสและยีสต์ 62
ภาพที่ 11 การขยายเชื้อจุลินทรีย์ 62
ภาพที่ 12 การชั่งน้ำหนักเริ่มต้นโคทดลอง 63
ภาพที่ 13 การขนย้ายอ้อยเข้าสู่โกดังผลิตอ้อยหมักในการทดลอง 63
ภาพที่ 14 การสับย่อยขนาดชิ้นส่วนของอ้อย 64
ภาพที่ 15 ขั้นตอนการหมักอ้อยทดลอง 64
ภาพที่ 16การขนส่งอ้อยไปยังฟาร์มทดลอง 65
ภาพที่ 17 อ้อยหมักร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์ 65
ภาพที่ 18 สถานที่ทำการทดลอง 66

ภาพที่ 19 การผสมอาหารด้วยมือ 66
ภาพที่ 20 ขั้นตอนการฆ่าโคตามมาตรฐานสากล 68
ภาพที่ 21 ขั้นตอนการฆ่าโคตามมาตรฐานสากล 69
ภาพที่ 22 การตัดแต่งซากและชิ้นเนื้อ 70
ภาพที่ 23 วิธีการวัดค่าสีของเนื้อ 70

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ปัจจุบันความต้องการบริโภคเนื้อภายในประเทศมีแนวโน้มสูงขึ้นตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น จึงได้มีการนำโคเนื้อที่มีอัตราการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงมาเลี้ยงเพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตที่เพียงพอกับความต้องการของผู้บริโภค และผู้บริโภคมีความต้องการเนื้อโคขุนคุณภาพหรือเนื้อที่มีไขมันแทรก (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และญาณิน โอภาสพัฒนกิจ, 2548) โดยการเลี้ยงโคขุนส่วนใหญ่จะใช้โคลูกผสมที่มีสายเลือดยุโรปไม่น้อยกว่า 50 ซึ่งสายพันธุ์ที่นิยมเลี้ยงขุนในประเทศไทยคือ โคลูกผสมชาร์โรเล่ส์ เนื่องจากโคสายพันธุ์ชาร์โรเล่ส์มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและไขมันแทรกสูง (ปิ่น จันจุฬา, 2550) การขุนโคต้องให้อาหารที่มีพลังงานสูง (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และคณะ, 2553) จากอาหารข้นเป็นหลักเพื่อให้เกิดการสะสมของไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ (Sami et al., 2004) และให้อาหารหยาบแบบเต็มที่ ซึ่งในการเลี้ยงโคขุนมักประสบปัญหาทางด้านอาหาร ที่มีความสำคัญมาก เพราะอาหารเป็นต้นทุนของการผลิตโคขุนถึงร้อยละ 60-70 (ฐิติพงษ์ นกแก้ว และคณะ, 2562) โดยเฉพาะอาหารหยาบที่มักมีราคาแพงในช่วงฤดูแล้ง (กรมปศุสัตว์, 2558) เนื่องจากในช่วงฤดูนี้มีพื้นที่มีปริมาณน้ำที่สามารถไปปลูกพืชไม่เพียงพอ ส่งผลทำให้พืชอาหารสัตว์ให้ผลผลิตลดลง จึงทำให้อาหารหยาบขาดแคลน และเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องมีความต้องการใช้พืชอาหารสัตว์เพิ่มขึ้น จึงส่งผลต่อราคาอาหารหยาบ โดยอาหารหยาบที่นิยมใช้ในการขุนโค คือ ฟางข้าว เปลือกสับปะรด หมัก และหญ้าเนเปียร์หมัก (ฉัตรชัย เชื้อผู้ดี, 2563) ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดใช้อ้อย (Sugarcane) อ้อยมีราคาต่อหน่วยต่ำ ให้ผลผลิตสูง ซึ่งอ้อยสามารถขึ้น และเจริญเติบโตได้ในช่วงฤดูแล้ง (ณัฐพงษ์ หม้อทอง และคณะ, 2555) อีกทั้งยังเป็นพืชที่ให้ความหวานและมีพลังงานสูง (Kawashima et al., 2002) โดยเฉพาะน้ำตาล และมีคุณค่าโภชนะ เช่น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย NEF (Nitrogen free extract) Hemicellulose Cellulose อยู่ที่ระดับ 4.15, 2.02, 19.13, 63.21, 19.70 และ 34.36 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ตามลำดับ (ฉัตรชัย เชื้อผู้ดี และคณะ, 2562) และหากนำอ้อยมาใช้เป็นอาหารหยาบที่มีการเสริมด้วยจุลินทรีย์ จะช่วยทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้น ได้อย่างรวดเร็ว และอาหารสัตว์หมักที่ได้มีคุณภาพการหมักที่ดี โดย *Lactobacillus plantarum* เป็น Facultative heterofermentative bacteria ที่สามารถผลิตกรดแลคติก หรือผลิตได้ทั้ง กรดแลคติกและกรดอินทรีย์อื่น ๆ (Arriola et

al., 2011) นอกจาก *Lactobacillus plantarum* ยังมี *Lactobacillus fermentum* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์อีกตัวหนึ่งที่น่าสนใจ เพราะแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก และยังสามารถผลิตกรดอื่น ๆ เช่น กรดอะซิติกได้ด้วย (Carvalho et al., 2014) ดังนั้นการเติม *Lactobacillus fermentum* ลงไปในกระบวนการหมักจะทำให้ pH ลดลงได้รวดเร็วกว่าการหมักแบบธรรมชาติ ยับยั้งการสูญเสียวัตถุแห้งและการเจริญเติบโตของยีสต์ทั้งในระหว่างการหมักและภายหลังจากการสัมผัสกับอากาศ (Kristensen et al., 2010) ซึ่งทำให้การเก็บรักษาอาหารหมักภายหลังจากการเปิดใช้ได้ดี รวมถึงการเพิ่มโปรตีนในอาหารหยาบด้วย *Saccharomyces cerevisiae* จะทำให้เป็นอาหารหยาบที่มีโปรตีนสูงขึ้น (นมัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี และคณะ, 2556) จาก Single cell protein ของตัวจุลินทรีย์ และช่วยรักษาสมดุลของจุลชีพในลำไส้และระบบทางเดินอาหาร ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์จากอ้อยเป็นแหล่งอาหารหยาบพลังงานสูง ต่อสมรรถภาพการผลิตของโคเนื้อตลอดจนคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ

1.2 จุดมุ่งหมายของการศึกษา

เพื่อประเมินผลของการปรับปรุงคุณภาพของอ้อยด้วยเชื้อแลคโตบาร์ซิลลัสและยีสต์ ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ลักษณะคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อและต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคขุนลูกผสมชาร์โรเล่ส์

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ปรับปรุงคุณภาพอ้อยหมักด้วยเชื้อแลคโตบาซิลลัสและยีสต์ ใช้โคขุนลูกผสมชาร์โรเล่ส์ทำการศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซาก คุณภาพเนื้อ และต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

1.4 สมมติฐานของการวิจัย

อ้อยถือเป็นพืชที่ให้ความหวานและมีพลังงานสูง แต่จุดด้อยสำคัญของอ้อยคือ มีเยื่อใยสูงและมีโปรตีนต่ำ จากงานวิจัยก่อนหน้านี้มีการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพ โดยการเชื้อจุลินทรีย์มาหมักร่วมกับอ้อยเพื่อช่วยลดปริมาณเยื่อใย และเพิ่มปริมาณโปรตีนให้สูงขึ้น ผู้วิจัยคาดหวังว่าการใช้

ประโยชน์จากอ้อยหมักที่เสริมเชื้อจุลินทรีย์เพื่อนำมาเป็นอาหารหยาบสำหรับการผลิตโคขุน และผลต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ลักษณะคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อของโคขุน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของการเลี้ยงโคขุน

การเลี้ยงโคขุน หมายถึง การเลี้ยงโคให้เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยได้รับอาหารโภชนะครบถ้วนอย่างเต็มที่ในระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งโคจะได้กินอาหารหยาบและอาหารข้น เพื่อให้โคเจริญเติบโตมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อที่ดี (กรมปศุสัตว์, 2546)

ปรารถนา พฤกษะศรี (2550) รายงานว่า การเลี้ยงโคขุน คือ การเลี้ยงโคให้เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยได้รับอาหารที่ค่อนข้างดีอย่างเต็มที่ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง (4 - 12 เดือน) คือ นอกจากจะให้โคกินอาหารหยาบ (หญ้าหรือฟาง) แล้วยังมีการให้อาหารข้น (อาหารผสม) เพิ่มเติมอีกด้วยทำให้โคเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โคจะถึงกำหนดเข้าโรงฆ่าสัตว์ในขณะที่อายุยังน้อย ทำให้ได้เนื้อที่มีคุณภาพดีและขายได้ราคาดีกว่าโคที่เลี้ยงโดยให้อาหารหยาบเพียงอย่างเดียว

การเลี้ยงขุนเพื่อผลิตเนื้อโคขุนในรูปแบบโคไขมันแทรก เริ่มต้นโคที่น้ำหนัก 500 กิโลกรัม และทำการเลี้ยงขุนจนกระทั่งน้ำหนัก 700-800 กิโลกรัม โดยจะให้อาหารข้นประมาณ 1.25-1.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวให้อาหารหยาบเป็นฟางข้าวหรือหญ้าหมักร่วมกับกากน้ำตาล (คณะทำงานโครงการการเพิ่มศักยภาพการผลิตโคเนื้อจากการจัดการองค์ความรู้และเทคโนโลยี, 2562)

2.2 การคัดเลือกโคที่จะนำมาเข้าขุน

ในการคัดเลือกโคเข้าขุน ผู้เลี้ยงควรพิจารณาจากปัจจัยที่สำคัญต่าง ๆ ได้แก่ สายพันธุ์ของโค เพศ อายุ และลักษณะภายนอกของโค (เมธา วรรณพัฒน์, 2552; วรินธร มณีรัตน์, 2559; สมิต ยิ้มมงคล, 2545)

2.2.1 สายพันธุ์โคเนื้อ

สายพันธุ์โคเนื้อที่เกษตรนิยมนำมาเลี้ยงภายในประเทศไทยและมีหลากหลายสายพันธุ์ ทั้งนี้อาจจะเป็นสายพันธุ์โคพื้นเมืองในประเทศไทยหรือสายพันธุ์โคเนื้อนำเข้าจากต่างประเทศ เพื่อนำมาการพัฒนาสายพันธุ์โคเนื้อลูกผสมภายในประเทศ สามารถพบเห็นได้ในประเทศไทย ดังนี้

1) โคพันธุ์พื้นเมือง

โคพื้นเมืองไทยเป็นโคเนื้อเมืองร้อนในตระกูลโคอินเดีย (*Bos indicus*) โคพื้นเมืองไทยมีลักษณะใกล้เคียงกับโคพื้นเมืองของประเทศเพื่อนบ้านในแถบเอเชีย ลักษณะรูปร่างกะทัดรัด

ลำตัวเล็ก ขาเรียวเล็กยาว เพศผู้มีหนอกขนาดเล็ก มีเหนียงคอ แต่ไม่หย่อนยานมาก หูเล็ก หนังใต้ท้องเรียบ มีสีไม่แน่นอน เช่น สีแดงอ่อนเหลืองอ่อน ดำ ขาวนวล น้ำตาลอ่อน และอาจมีสีประรวมอยู่ด้วย ข้อดีคือ เลี้ยงง่าย หากินเก่ง ไม่เลือกอาหาร เพราะผ่านการคัดเลือกแบบธรรมชาติในการเลี้ยง แบบไล่ต้อนโดยเกษตรกร และสามารถปรับตัวให้เข้ากับการเลี้ยงโดยใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดในพื้นที่ได้เป็นอย่างดี ให้ลูกดก ส่วนใหญ่ให้ปีละตัว ทนทานต่อโรคและแมลงและสภาพอากาศในบ้านเราได้ดี สามารถใช้แรงงานได้ดี แม่โคพื้นเมืองเหมาะที่จะนำมาผสมพันธุ์กับพ่อพันธุ์หรือผสมเทียมกับพันธุ์อื่น เช่น โคพันธุ์บราห์มัน โคพันธุ์ตาก โคกำแพงแสน หรือ โคกบินทร์บุรี มีเนื้อแน่น เหมาะกับการประกอบอาหารแบบไทย แต่ข้อเสีย ก็คือ เป็นโคขนาดเล็ก เพราะถูกคัดเลือกมาในสภาพการเลี้ยงที่มีอาหารจำกัด ไม่เหมาะที่จะนำมาเลี้ยงขุน เพราะมีขนาดเล็กไม่สามารถทำน้ำหนักซากได้ตามที่ตลาดโคขุนต้องการ (กรมปศุสัตว์, 2558)

2) โคลูกผสมสายเลือดยุโรป

โคชาร์โรเล่ส์ (Charolais) เป็นโคพันธุ์ตระกูลยุโรป (*Bos taurus*) มีอัตราการเจริญเติบโตเร็ว ซากมีขนาดใหญ่ เนื้อนุ่ม เนื้อสันมีไขมันแทรก (marbling) เป็นที่ต้องการของตลาดเนื้อโคคุณภาพสูง มีโครงร่างที่ใหญ่ มีประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนอาหาร (FCR) สูง แต่ข้อเสีย คือ ถ้าเลี้ยงเป็นพันธุ์แท้หรือมีสายเลือดสูงๆ จะไม่ทนต่อสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย เพศผู้เมื่อโตเต็มที่หนักประมาณ 1,100 กิโลกรัม เพศเมีย 700 – 800 กิโลกรัม (กรมปศุสัตว์, 2558)

ภาพที่ 1 โคพันธุ์ชาร์โรเล่ส์ (Charolais)

ที่มา: กรมปศุสัตว์ (2558)

โคพันธุ์แองกัส (Angus) เป็นโคพันธุ์ตระกูลยุโรป (*Bos taurus*) โคเพศผู้มีน้ำหนักประมาณ 900 กิโลกรัม โคเพศเมียมีน้ำหนักประมาณ 600 กิโลกรัม โคพันธุ์นี้อาจมีสีดำหรือสีแดงตลอดลำตัว ไม่มีเขา ถึงวัยเจริญพันธุ์เร็ว แม่โคเลี้ยงลูกเก่ง โคพันธุ์นี้มีไขมันแทรกในกล้ามเนื้อสูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ ทำให้เนื้อมีคุณภาพดีเยี่ยม แต่มีข้อเสียคือ เนื่องจากมีขนาดเล็กอัตราการเจริญเติบโตหลังหย่านมไม่ดีนัก พร้อมทั้งปรับตัวเข้ากับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ในสภาพร้อนชื้นได้ไม่ดี ไม่เหมาะที่จะนำพันธุ์แท้เข้ามาเลี้ยง (กรมปศุสัตว์, 2558)

ภาพที่ 2 โคพันธุ์แองกัส (Angus)

ที่มา: กรมปศุสัตว์ (2558)

2.2.2 อายุ

สำหรับกรณีอายุของโคหนุ่มเนื้อนุ่ม หรือการขุนโคที่มีอายุน้อยกว่า 2-2.5 ปี จากการรายงานของ นันทนา ช่วยชูวงศ์ และคณะ (2540); วิสูตร ไมตรีจิตต์ และคณะ (2556) ที่ทำการเลี้ยงขุนโคกำแพงแสนที่อายุที่อายุน้อยกว่า 2 ปี พบว่าเปอร์เซ็นต์ซากของโคกำแพงแสนอยู่ระหว่าง 59.42-61.01 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ ธนาพร บุญมี และคณะ (2560) ทำการเลี้ยงโคขุนลูกผสมพื้นเมืองชาร์โรเล่ส์ที่อายุ 2 ปี 6 เดือน ถึง 8 เดือน รายงานว่าเปอร์เซ็นต์ซากของโคลูกผสมพื้นเมืองชาร์โรเล่ส์อยู่ที่ 57.22 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นได้ว่าโคที่มีอายุน้อยกว่า 2-2.5 ปี เป็นระยะที่โคกำลัง

สะสมและสร้างกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็วเพื่อเข้าสู่การเจริญเติบโตเต็มวัย (maturity) และสะสมไขมันน้อย (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล, 2539; ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ และคณะ, 2550)

2.2.3 การคัดเลือกโคจากลักษณะภายนอก

เมื่อสามารถตัดสินใจได้แล้วว่าจะเลือกโคพันธุ์ เพศ วัย และสภาพอย่างไรมาเลี้ยงแล้วถ้ามี โอกาสคัดเลือกเพียงบางตัวมาจากกลุ่มโคประเภทเดียวกันมีหลักในการพิจารณาจากลักษณะภายนอก ได้ดังนี้ (ภัทรภร ทัศพงศ์, 2556)

1) เลือกโคที่มีกระดูกใหญ่ ซึ่งกระดูกที่สังเกตและเปรียบเทียบได้ง่ายที่สุด คือกระดูกแข็ง อันที่จริงกระดูกมีราคาต่ำกว่าเนื้อมาก แต่จากผลงานวิจัยยืนยันว่าโคที่มีกระดูกใหญ่จะมีอัตราการเจริญ เติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารดีกว่าโคที่มีกระดูกใหญ่จะมีอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิ ภาพการใช้อาหารดีกว่าโคกระดูกเล็ก เมื่อขุนจนอ้วนแล้วพบว่าขนาดของกระดูกมีความสัมพันธ์ทางบวก กับปริมาณเนื้อ คือ โคที่มีกระดูกใหญ่จะมีโครงร่างใหญ่และมีเนื้อมากด้วย เพราะกระดูกเป็นที่ยึดเกาะ ของกล้ามเนื้อ การเพิ่มน้ำหนักของกระดูกเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วจะน้อยมากเมื่อเทียบกับการเพิ่มน้ำหนักเนื้อของโคที่กระดูกใหญ่นั้น

2) ระยะห่างระหว่างกระดูกก้นกบ และระยะห่างระหว่างกระดูกเชิงกรานมาก ซึ่งแสดงว่าโคตัวนี้ จะมีสะโพกหนา

3) กระดูกก้นกบอยู่ห่างจากกระดูกเชิงกราน ซึ่งแสดงว่าโคตัวนี้มีส่วนของสะโพกยาว

จากข้อ 2) และ 3) ทำให้โคตัวนี้มีเนื้อส่วนท้ายมาก (ซึ่งมีราคาแพง)

4) ส่วนของลำตัวยาว แต่ไม่ต้องลึกมากนัก เพราะครึ่งล่างของลำตัวโคจะมีเนื้อน้อยและราคาต่ำ

2.3 วิธีหรือรูปแบบการขุนโค

วิธีขุนโค แบ่งออกเป็น 2 วิธี ตามการให้อาหาร คือ ขุนด้วยอาหารหยาบอย่างเดียว และขุนด้วย อาหารหยาบเสริมอาหารข้น (ภัทรภร ทัศพงศ์, 2556)

2.3.1 การขุนด้วยการให้อาหารหยาบเพียงอย่างเดียว

โดยจะต้องได้รับหญ้าสดที่มีคุณภาพดีอาจตัดให้กินหรือปล่อยเลี้ยงในทุ่งหญ้า การขุนวิธีนี้ไม่แตกต่างกับการเลี้ยงโคเนื้อทั่ว ๆ ไปมากนักจะต้อง ใช้ระยะเวลานานในการเพิ่มน้ำหนักตัวตามต้องการ อีกทั้งยังได้เนื้อที่ไม่ค่อยมีคุณภาพดีเท่าที่ควรแต่ก็อาจ เหมาะสมกับความต้องการของตลาดในท้องถิ่น ซึ่งไม่ต้องการบริโภคเนื้อที่มีคุณภาพสูงมากนัก และ ค่าใช้จ่ายในการขุนวิธีนี้ก็ยังต่ำอีกด้วย

2.3.2 การขุนด้วยอาหารหยาบ

เสริมด้วยอาหารข้นเป็นธุรกิจการขุนโคที่ต้องลงทุนสูง มุ่งให้ได้เนื้อโคขุนคุณภาพดีส่งขายให้กับตลาดเนื้อชั้นสูง แบ่งออกเป็น 4 รูปแบบ ตามอายุและคุณภาพเนื้อที่ได้ ดังนี้

1) การขุนลูกโคอ่อน เพื่อส่งโรงฆ่าเมื่ออายุน้อยส่วนใหญ่นิยมใช้ลูกโคนมเพศผู้ เริ่มขุนตั้งแต่ลูกโคอายุได้ 1 สัปดาห์ หรือหลังจากได้รับนมน้ำเหลืองตามกำหนดแล้ว อาหารที่ใช้ลงทุน จะใช้หางนมผงเป็นหลัก ใช้เวลาขุนจนลูกโคมีอายุประมาณ 6-8 เดือน โคจะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วได้เนื้อที่มีคุณภาพดีเมื่อส่งโรงฆ่า ส่งตลาดเฉพาะหรือตลาดบน

2) การขุนโคมัน ที่เริ่มขุนเมื่อโคมีอายุประมาณ 1 1/2 ปี หรือมีน้ำหนักประมาณ 200-250 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาขุนประมาณ 4-6 เดือน ให้ได้น้ำหนัก 400-450 กิโลกรัม แล้วส่งโรงฆ่า ซึ่งเป็นการขุนเพื่อเพิ่มการสร้างกล้ามเนื้อแต่จะยังไม่มีเกิดไขมันแทรกในกล้ามเนื้อจะมีไขมันพอกหรือไขมันหุ้มซาก เป็นรูปแบบการขุนที่นิยมกันแพร่หลายในปัจจุบันเพราะใช้เวลาไม่นานแต่ได้ราคาดี ส่วนใหญ่นิยมใช้โคเนื้อลูกผสมที่ทดสอบแล้วว่ามีการเจริญเติบโตดีคุณภาพเนื้อที่ได้จะดีกว่าการขุนในรูปแบบอื่นมากและเกษตรกรหันมายึดเป็นอาชีพกันมากขึ้นในปัจจุบันส่งตลาดกลางและตลาดทั่วไปและมีบ้างที่ส่งตลาดบน

3) การขุนโคที่มีอายุมาก หรือโคที่โตเต็มวัยแล้ว ส่วนใหญ่จะเป็นโคที่ปลดจากการใช้แรงงาน ซึ่งมี อายุมักจะไม่ต่ำกว่า 5 ปี เป็นการขุนเพื่อเพิ่มกล้ามเนื้อเพียงบางส่วน แต่ส่วนใหญ่จะเป็นการเพิ่มไขมันหุ้มซาก โดยไม่สนใจไขมันแทรกในเนื้อ จะใช้เวลาในการขุนประมาณ 3-4 เดือน โคที่ได้จากการขุนประเภทนี้ โดยทั่วไปนิยมเรียกกันว่าโคมัน ส่งตลาดทั่วไปหรือตลาดล่าง ตลาดลูกชิ้น

4) การขุนโคคุณภาพ เน้นคุณภาพเนื้อมีไขมันแทรก เริ่มขุนเมื่อโคมีอายุน้อยประมาณ 1 1/2 ปี หรือมีน้ำหนักประมาณ 200-250 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาขุนประมาณ 8-12 เดือน (เมื่อสิ้นสุดการขุนอายุโคไม่ควรเกิน 3 - 4 ปี) ให้ได้น้ำหนัก 700 กิโลกรัมขึ้นไป แล้วส่งโรงฆ่าที่ได้มาตรฐานและกระบวนการชำแหละที่ถูกต้องเพื่อคุณภาพของซาก ซึ่งเป็นการขุนเพื่อเพิ่มการสร้างกล้ามเนื้อมีเกิดไขมันแทรกในกล้ามเนื้อส่วนใหญ่นิยมใช้โคเนื้อลูกผสมพันธุ์ยุโรป ที่มีการเจริญเติบโตดี ลักษณะโครงสร้างดี มีการจัดการด้านอาหารดี ทำให้มีการลุงทุนค่อนข้างสูง แต่ราคาขายก็ได้ราคาดีมีตลาดแน่นอนเพราะเกษตรกรต้องเป็นสมาชิกสหกรณ์กลุ่มผลิตเนื้อโคขุน คุณภาพเนื้อที่ได้จะดีกว่าการขุนในรูปแบบอื่นมาก เรียกว่า Premium grade quality ส่งตลาดบน และมีบ้างที่ส่งตลาดกลาง

2.4 อาหารและการให้อาหารโคขุน

การขุนโคให้เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วต้องได้รับอาหารพลังงานสูงจากอาหารข้น และอาหารหยาบคุณภาพดี เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโต คุณภาพเนื้อ คุณภาพซาก และสะสมเป็นไขมันแทรกที่สูง

ตารางที่ 1 ปริมาณการกินได้ของโคในแต่ละช่วงน้ำหนักของโค

น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	ปริมาณการกินได้ (กิโลกรัม)	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว (เปอร์เซ็นต์)
136	4.0	2.94
182	4.8	2.64
227	5.7	2.51
273	6.6	2.41
318	7.5	2.35
364	8.2	2.25
409	9.1	2.22
455	10.0	2.19
500	10.5	2.10

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Ensminger and Perry (1997)

โดยการเลี้ยงโคขุนที่สำคัญคือมีปัจจัยด้านอาหารสัตว์แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือคุณภาพอาหารหยาบ และอาหารข้น โดยการเลี้ยงโคให้เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยได้รับคุณค่าทางอาหารที่ค่อนข้างดีอย่างเต็มที่ในระยะเวลาหนึ่ง คือ นอกจากจะให้โคกินอาหารหยาบแล้วยังมีการให้กินอาหารข้นเพิ่มเติมอีกด้วยทำให้โคเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและได้เนื้อมีคุณภาพดี ยอดชาย ทองไทยนันท์ (2547) และจากการศึกษาของ Gregory et al. (1994) พบว่าการเลี้ยงโคขุนคุณภาพเพื่อผลิตเนื้อที่มีไขมันแทรกต้องได้รับอาหารข้นพลังงานสูงเพื่อการเจริญเติบโตรวดเร็ว และการศึกษาของ Smith et al. (1994) อาหารพลังงานสูงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการสะสมของไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ นอกจากอาหารพลังงานจากอาหารข้นแล้ว ชนิดของอาหารหยาบก็เป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้การเจริญเติบโตของโคดีขึ้น

2.4.1 อาหารหยาบ (Roughages)

อาหารหยาบ หมายถึง วัตถุดิบที่มีโภชนะต่อหน่วยน้ำหนักต่ำ มีเยื่อใยสูงกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ แบ่งออกเป็น 3 พวก คือ

1) อาหารหยาบสด (Green roughages หรือ Green forages) หมายถึงอาหารหยาบที่อยู่ในสภาพสด มีความชื้นสูง 70 – 85 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ พืชที่ตัดสดมาให้โคกิน (Soilage) และพืชอาหารสัตว์ในทุ่งที่สัตว์เข้าไป แทะเล็ม (Pasture) อาหารหยาบสด ประกอบด้วย

พืชตระกูลหญ้า (Gramineae) ได้แก่ หญ้าขน (Para grass หรือ Mauritius grass) หญ้ากินนี (Guinea grass) หญ้าเนเบียร์ (Napier grass) หญ้ารูซี่ (Ruzi grass) เป็นต้น ส่วนพืชตระกูลหญ้าซึ่งเป็นพืชที่ให้ คาร์โบไฮเดรตเป็นหลัก (แป้งหรือเยื่อใย) บางทีเรียกว่า Carboneceous plants

พืชตระกูลถั่ว (Leguminosae) ได้แก่ ถั่วลายหรือถั่วเซนโตรซีมา (Centrosema) ถั่วชีราโตร (Siratro) ถั่วสไตโล (Stylo) ฯลฯ พืชตระกูลถั่วจะให้คุณค่าทางโภชนะ เช่น โปรตีน สูงกว่าพืชอื่น มักนิยมปลูกผสม กับหญ้าทำเป็นทุ่งหญ้าผสมเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้แก่สัตว์ บางทีเรียกว่า Proteineceous plants

พืชอาหารอื่น ๆ (Others) ได้แก่ ผักตบชวา (Water hyacinth) ต้นข้าวโพด (Corn stem) ต้นข้าวฟ่าง (Sorghum stem) และเศษเหลือจากอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ไหมข้าวโพด เปลือกข้าวโพด ฯลฯ

2) อาหารหยาบแห้ง (Dry roughages หรือ Dry forages) อยู่ในรูปที่มีความชื้นไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ เพื่อจุดประสงค์ในการเก็บรักษาไว้ใช้ในยามขาดแคลนอาหาร โดยนำเอาอาหารหยาบสดมาระเหยความชื้นออก ด้วยการตากแดด 2 – 3 แดด หรือการอบด้วยความร้อนให้เหลือความชื้นไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในสภาพที่ เชื้อราและราเมือกเจริญได้ยาก จึงสามารถเก็บได้นานขึ้น ตัวอย่างของอาหารหยาบแห้ง ได้แก่ หญ้าแห้ง (Hay) เป็นหญ้าที่เก็บเกี่ยวในระยะที่มีคุณค่าทางอาหารสูงแล้วนำมาระเหยความชื้นออกไป นอกจากนี้อาหารหยาบแห้ง ยังรวมถึงฟางข้าว (Rice Straws) อีกด้วย

3) อาหารหยาบหมัก (Ensile roughages หรือ Ensile forages) อยู่ในรูปที่มีความชื้น 70 – 75 เปอร์เซ็นต์ ระดับ pH ประมาณ 4.2 ในหลุมหมักที่มีสภาพไร้ออกซิเจนเพื่อจุดประสงค์ในการเก็บรักษาไว้ใช้ในยามขาดแคลนอาหาร และสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานนับสิบปีถ้าไม่เปิดหลุมหมักโดยการนำอาหารหยาบสดที่เก็บเกี่ยว ในระยะคุณค่าทางอาหารสูง และมีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตมากพอ มีความชื้น 70 – 75 เปอร์เซ็นต์ นำมาสับ เป็นท่อนเล็ก ๆ บรรจุอัดแน่นลงหลุมหมักหรือบ่อหมัก (Silo) ปิดปากหลุมหมักให้สนิทแน่นป้องกันไม่ให้อากาศเล็ดลอดเข้าไป ประมาณ 21 วัน กระบวนการหมักก็จะเสร็จสมบูรณ์ ตัวอย่างอาหารหยาบหมัก ได้แก่ พืชหมัก (Silage) แต่ถ้าใช้อาหารหยาบสดที่มีความชื้น 55 – 60 เปอร์เซ็นต์มาทำการหมัก เรียกว่า พืชหมักแห้ง (Haylages)

2.4.2 อาหารข้น (Concentrate)

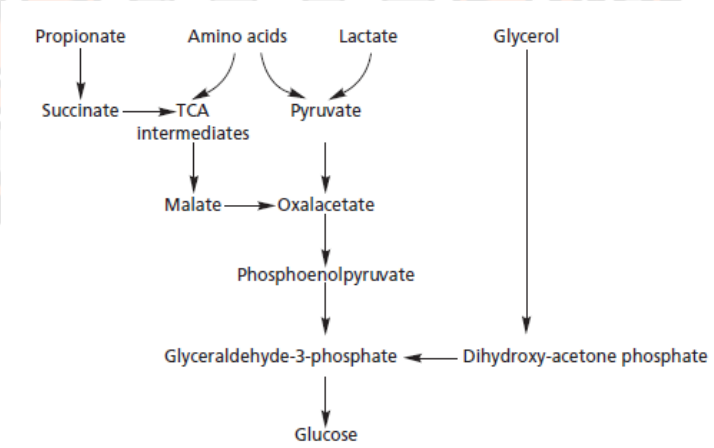
อาหารข้น หมายถึง วัตถุดิบที่มีความเข้มข้นของโภชนะต่อหน่วยน้ำหนักสูง มีเยื่อใยต่ำกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ แบ่งออกเป็น 2 พวก ได้แก่

1) อาหารหลักหรืออาหารพลังงาน (Basal feed หรือ Energy feed) คือ วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ให้พลังงานสูงหรือมีคาร์โบไฮเดรตมากมีโปรตีนต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ที่เรียกว่าอาหารหลัก เพราะเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในปริมาณมากถึง 50 – 80 เปอร์เซ็นต์ ในการประกอบสูตรอาหารสัตว์

2) อาหารเสริม (Supplements) คือ วัตถุดิบที่เสริมลงไปในอาหารหลัก ในการประกอบสูตรอาหารสัตว์ เพื่อให้มีโภชนะครบสมบูรณ์ตามความต้องการของสัตว์ ซึ่งโคความต้องการพลังงาน ไขมัน และโปรตีนแต่ละช่วงน้ำหนักของโค

2.4.3 สัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้น

สัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึง โดยทั่วไปปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ของโคเฉลี่ย 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว แต่ขึ้นอยู่กับระยะการเจริญเติบโต โคที่อายุน้อยน้ำหนักน้อยจะมีปริมาณการกินได้สูงกว่าโคที่อายุและน้ำหนักมากกว่า การให้อาหารข้นในอัตราส่วนที่สูงขึ้นจะทำให้สัตว์มีอัตราการเจริญเติบโตที่สูงขึ้น เนื่องจากอาหารข้นเป็นแหล่งของกรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acid; VFA) ที่สำคัญตัวหนึ่งคือกรด Propionic โดยกรด Propionic จะนำไปใช้ในการสังเคราะห์กลูโคส ผ่านขบวนการ Gluconeogenesis (ภาพที่ 8) เพื่อใช้ในการสังเคราะห์น้ำตาลกลูโคส และถ้าปริมาณกลูโคสในกระแสเลือดสูงขึ้นจะเกิดการหลั่งฮอร์โมนอินซูลินและยังยั้งฮอร์โมนกลูคากอนเพื่อทำให้เกิดการสะสมของไขมันต่อไป



ภาพที่ 3 กระบวนการ Gluconeogenesis

ที่มา: Mcdonald et al. (2010)

2.4.4 การสะสมไขมันในซากและกล้ามเนื้อ

ปริมาณไขมันที่สะสมในซาก (Carcass) และในกล้ามเนื้อชั้นใน (Intramuscular) เป็นผลมาจากปัจจัยภายนอก (Phenotypic) และพันธุกรรม (Genetic) (Smet, Raes and Demeyer, 2004) การ สะสมไขมันนั้นเป็นผลมาจากกระบวนการ De novo fatty acid synthesis และการดูดซึมจากกรด ไขมัน (Exogenous fatty acid) นอกจากนี้ปริมาณกรดไขมันที่สะสมในเนื้อยังขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และ เพศอีกด้วย (Nurnberg et al., 1998) ซึ่งโคในช่วงเจริญเติบโตและช่วงสะสมไขมันจะเพิ่มปริมาณการสะสมในอันดับแรกมี การสะสมที่ใต้ผิวหนัง (Subcutaneous) ถัดมาที่กล้ามเนื้อชั้นใน (Intramuscular)

2.4.5 ประโยชน์ของการสะสมไขมัน

การสะสมของไขมันในกล้ามเนื้อเกิดจากการพัฒนาของ Myofibers ซึ่งเป็นส่วนของ Perimysial connective tissues โดยการสะสมนั้นเกิดจากกระบวนการสังเคราะห์ Triacylglycerol ซึ่ง จะสังเคราะห์ Triacylglycerolpalmiticacid จะรวมตัวกับกรดไขมันอื่น ๆ สะสมอยู่ในรูป Triacylglycerol แต่อย่างไรก็ตามกระบวนการสะสมไขมันในใต้ผิวหนังเกิดขึ้นมากกว่าการสะสมในไขมันแทรก (Smith and Crouse, 1984) การสะสมไขมันในกล้ามเนื้อนั้นกลูโคสเป็นส่วนสำคัญในการสังเคราะห์กรดไขมันมากกว่ากว่าไขมันใต้ผิวหนังโดยการให้คาร์บอนอะตอมในการสังเคราะห์ กรดไขมันดังนั้นไขมันสองตำแหน่งนี้มีความแตกต่างกันทั้งในด้านการสังเคราะห์ Adipose tissue มีความเกี่ยวข้องกับระบบต่อมไร้ท่อคือจะทำการหลั่ง Leptin ซึ่งฮอร์โมน Leptin มีอิทธิพลต่อ การเจริญเติบโต กระบวนการเมแทบอลิซึมและพฤติกรรม เช่นในสัตว์ที่มีไขมัน ที่สูงจะมีการกินได้ที่ต่ำเนื่องจาก Leptin ส่งผลต่อความอยากอาหารของสัตว์ องค์ประกอบของ Adipose tissue มีความหลากหลายแต่องค์ประกอบหลัก ๆ คือ Triacylglycerol ที่สะสมเก็บเอาไว้ใช้ ในยามที่พลังงานขาดแคลน การเกิดไขมันแทรกในกล้ามเนื้อเกิดจากกระบวนการ Adipocyte Lipogenesis โดยกระบวนการของ Adipocyte Lipogenesis เกิดขึ้นโดย Triglycerides ใน Adipose tissue ถูก Hydrolyzed เกิด 3 Free fatty acid + Glycerol กระบวนการนี้เกิดจาก Enzyme hormone-sensitive lipase (HSL) ซึ่งควบคุมโดยฮอร์โมน Insulin และ Catecholamines โดย Catecholamines จะทำการกระตุ้น Belta-adrenergic receptors ของ Adipocytes ส่วน Insulin จะท าการไปยับยั้งกระบวนการ Lipolysis หรือกระบวนการสลายไขมัน (García-Escobar et al., 2008) จึงทำให้มีการสร้างเม็ดไขมันจากการเพิ่มจำนวน 6 เซลล์ (Hyperplasia) ของ Fibroblasts ให้เป็น Preadipocytes จากนั้น Preadipocytes จะขยายตัว (Hypertrophy) เป็นในรูปของเม็ดไขมันที่เราสามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าหรือที่เรียกกันว่า Mature adipocytes

2.5 การย่อยและดูดซึมของคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน

อาหารที่สัตว์เคี้ยวเอื้องกินส่วนมากเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตชนิดโครงสร้าง เช่น อาหารหยาบ และอาจมีบางส่วนเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดไม่ใช่โครงสร้างอันได้แก่ แป้ง และน้ำตาล ขึ้นอยู่กับวิธีการเลี้ยงแบบใด

การย่อยของคาร์โบไฮเดรตภายในกระเพาะรูเมนจะเป็นการย่อยโดยจุลินทรีย์ เนื่องจากภายในกระเพาะรูเมนไม่มีการผลิตน้ำย่อยจากตัวสัตว์ออกมา จึงมีเพียงการย่อยโดยเอนไซม์จากตัวจุลินทรีย์เอง โดยการย่อยของจุลินทรีย์มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

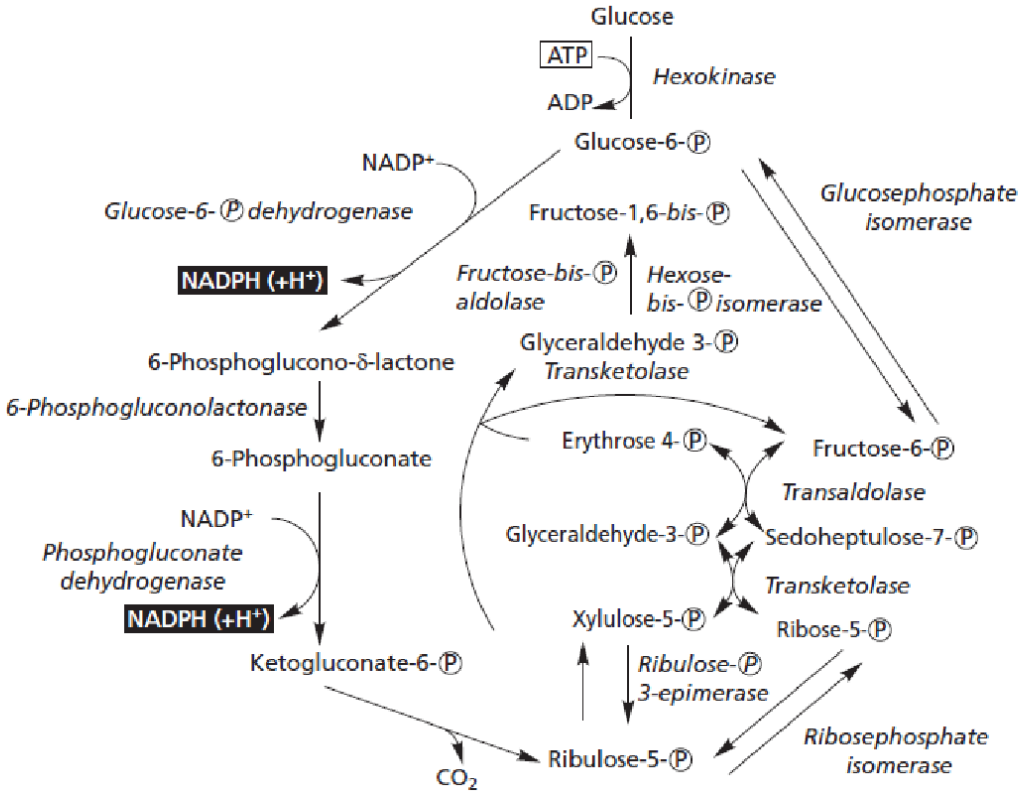
1. การย่อย Polysaccharide ให้เป็น Monosaccharide
2. การย่อย Monosaccharide ให้เป็น Pyruvate
3. การเปลี่ยน Pyruvate ให้เป็นกรดไขมันระเหยได้ (VFA)
4. การสังเคราะห์มีเธน

<u>การย่อยคาร์โบไฮเดรตหลายโมเลกุล (Polysaccharide) ให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว</u> จะถูกเอนไซม์จากจุลินทรีย์ย่อยพันธะ Glycosidic ระหว่างโมเลกุลของ Monosaccharide ให้หลุดออกเป็น Disaccharide และ Disaccharide ต้องผ่านกระบวนการ Phosphorylation ให้กลายเป็น Monosaccharide+Phosphate ในขั้นตอนนี้จะมีการใช้พลังงาน 1 ATP โดย Polysaccharide มีหลายชนิดและจะมีรายละเอียดแตกต่างกันไปดังนี้

- การย่อยแป้ง โดยจุลินทรีย์จะผลิตเอนไซม์ α-amylase ออกมาเพื่อย่อยรอยเชื่อมของแป้งที่ตำแหน่ง α-1,4 glycosidic linkage ทำให้แป้งกลายเป็น Maltose และ Oligosaccharides (<u>น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว</u> 3-10 โมเลกุลเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ <u>Glycosidic bond</u>) หลังจากนั้น Maltose จะถูกย่อยด้วยเอนไซม์ Maltase และ Maltose phosphorylase ได้เป็น Glucose และ Glucose-1-phosphate ต่อไป

- การย่อยเซลลูโลส จุลินทรีย์กลุ่ม Cellulolytic bacteria จะผลิตน้ำย่อยชนิด Extra cellular enzyme คือ β-1,4 glucosidase เพื่อไปย่อยพันธะ β-1,4 glycosidic linkage ของ Cellulose ได้เป็น Cellobiose และย่อยด้วยเอนไซม์ Cellobiose phosphorylase ได้เป็น Glucose และ Glucose-1-phosphate

- การย่อยเฮมิเซลลูโลส จุลินทรีย์จะเข้าย่อยพันธะ β-1,4 Xycosidic linkage ให้กลายเป็น Xylobiose และย่อยจนกลายเป็น Xylose แล้วจึงนำ Xylose เข้าสู่วิถี Pentose phosphate และ ได้เป็น Glucose และ Glucose-1-phosphate ในที่สุด

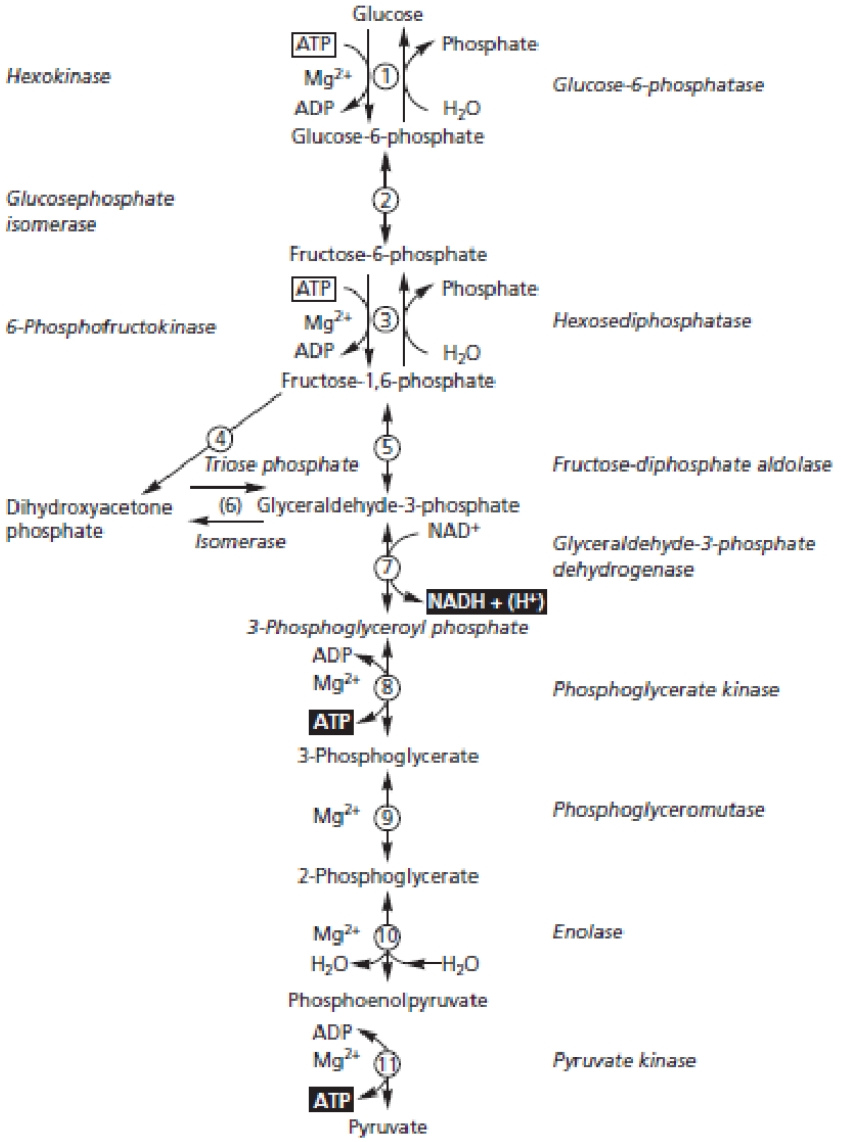


ภาพที่ 4 วิถี Pentose phosphate

ที่มา : Mcdonald *et al*. (2010)

การย่อยคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลเดี่ยว (Monosaccharide) ให้เป็น Pyruvate ในขั้นตอนนี้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้มักไม่พบคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลเดี่ยวในกระเพาะรูเมน เกิดจากการเปลี่ยนน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (น้ำตาล Hexose) ผ่านวิถี Embden Meyerhof จะได้เป็นพลังงานสุทธิ 2 โมเลกุล ATP ต่อน้ำตาล Hexose 1 โมเลกุล และถ้ามีเอนไซม์ Phosphorylase เข้ามาร่วมด้วยจะได้เป็น 2.5 โมเลกุล ATP

ส่วนน้ำตาล Pentose จะผ่านวิถี Pentose phosphate จะทำให้น้ำตาล Pentose 6 โมเลกุล เป็นพลังงาน 10 ATP



ภาพที่ 5 วิถี Embden Meyerhof หรือ Glycolysis pathway

ที่มา : Mcdonald et al. (2010)

<u>การเปลี่ยน Pyruvate ให้เป็นกรดไขมันระเหยได้</u> เมื่อ Pyruvate ที่ได้จากการเปลี่ยนน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดไขมันระเหยได้เป็น Acetic acid, Propionic acid และ Butyric acid และให้ผลผลิตนอกเหนือจาก VFA คือ CO_2 และมีเธน

<u>การสังเคราะห์มีเธน</u> เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์และกรดฟอร์มิก (Formic acid) ที่เหลือจะถูกนำไปสังเคราะห์เป็นก๊าซมีเธน

หลังจากนั้นกรดไขมันระเหยได้จะถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมนไปยัง Portal blood มาทาง Portal vein (เส้นเลือดดำ) เข้าสู่ตับ โดยกรด Propionic จะนำไปใช้ในการสังเคราะห์กลูโคส ผ่านขบวนการ Gluconeogenesis ขณะที่กรด Acetic จะนำไปใช้ในกระบวนการสร้างกรดไขมัน (*Denovo* synthesis) และกรด Butyric จะถูกนำไปเปลี่ยนเป็น Ketone body เพื่อเก็บไว้เป็นพลังงานยามฉุกเฉินในรูปของไขมัน

2.6 การย่อยโปรตีนของในกระเพาะรูเมน

โปรตีนจากอาหารรวมถึงสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนที่สัตว์ได้รับจะถูกจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนทำการย่อยสลาย ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้จะผลิตเอนไซม์ Protease เพื่อทำการย่อยสลายโปรตีน โดยทั่วไปมี 2 กระบวนการคือ

1. Proteolysis เป็นวิธีการย่อยสลาย Polypeptide โดยการ Hydrolysis บริเวณพันธะเปปไทด์ จึงทำให้ได้เปปไทด์และกรดอะมิโนบางส่วน

2. Deamination เป็นการสลายตัวของกรดอะมิโนและผลิตเป็นกรดอินทรีย์และแอมโมเนีย ซึ่งจะถูกนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

กระบวนการดังกล่าวจะเกิดได้ดีในสภาวะที่กระเพาะรูเมนมี pH 6-7 นอกเหนือจากกระบวนการดังกล่าวยังมีกระบวนการ Transamination และ Decarboxylation ซึ่งกระบวนการ Decarboxylation จะเกิดน้อยในสภาวะปกติ แต่ถ้ากระเพาะรูเมนมีความเป็นกรดสูงจะมีการเปลี่ยนกรดอะมิโนให้กลายเป็น Amine

การย่อยสลายโปรตีนของจุลินทรีย์แต่ละชนิดแตกต่างกันโดยที่แบคทีเรียจะทำการ Proteolysis พันธะเปปไทด์ภายนอกเซลล์แล้วผลผลิตที่ได้ (Peptide และกรดอะมิโน) จะถูกนำเข้าสู่เซลล์ของแบคทีเรีย และแบคทีเรียจะทำการ Hydrolysis ภายในตัวของจุลินทรีย์เพื่อให้เป็นกรดอะมิโนเพื่อรวมเป็นโปรตีนของตัวจุลินทรีย์เอง ผลผลิตที่เหลือคือ VFA, แอมโมเนีย มีเธน และคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกขับออกนอกร่างกายของแบคทีเรีย แต่โปรโตซัวจะใช้วิธีการกินอาหารแบบห่อหุ้มชิ้นอาหาร แล้วทำการ Proteolysis ภายในตัวของโปรโตซัวเอง

นอกจากการย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะรูเมนโดยจุลินทรีย์แล้ว ยังมีการสังเคราะห์โปรตีนโดยเป็นโปรตีนของตัวจุลินทรีย์เองอีกด้วย ดังที่ได้กล่าวมาในข้างต้น โปรตีนจากตัวจุลินทรีย์ (Microbial Protein) ก็เป็นโปรตีนที่สำคัญต่อตัวสัตว์อีกอย่างหนึ่ง กล่าวคือโปรตีนที่สัตว์จะได้รับมาจากแหล่งใหญ่ๆ 2 แหล่งคือจากอาหารที่หลุดรอดจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ และจากตัวของจุลินทรีย์เอง ซึ่งเมื่อจุลินทรีย์ได้รับแหล่งของไนโตรเจน อันได้แก่ แอมโมเนีย Peptide และกรดอะมิโน จุลินทรีย์จะนำสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนไปสังเคราะห์แต่จำเป็นต้องได้สารอาหารคือคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายง่ายจะเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดที่ไม่ใช่โครงสร้าง เนื่องจากจะสามารถ

ปลดปล่อยเป็นพลังงานได้รวดเร็วกว่าชนิดโครงสร้าง ดังนั้นในการให้แหล่งของพลังงานร่วมกับการใช้ไนโตรเจนจะทำให้การสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์มีประสิทธิภาพ และได้มีข้อเสนอแนะให้อาหารพลังงานดังกล่าวมีสัดส่วนของเยื่อใยต่อไนโตรเจนฟรีเอ็กแทรกซ์ (NFE) เป็น 1:3 (Tamminga, 1979)

2.7 การย่อยและดูดซึมลิพิดในกระเพาะรูเมน

การย่อยและเมทาบอลิซึมของไขมันในกระเพาะรูเมนโดยจุลินทรีย์มี 2 กระบวนการที่เกิดขึ้น คือ

1. กระบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) เป็นกระบวนการที่ทำให้ลิพิดแตกตัวออกมา โดยในอาหารที่มส่วนประกอบของลิพิด ได้แก่ Galactolipids, Triglycerides และ Phospholipids จะถูก Hydrolyze โดยเอนไซม์จากจุลินทรีย์กลุ่ม Lipolytic bacteria แล้วจึงได้เป็นผลผลิตคือ Galactose, Glyceral และกรดไขมัน ออกมา ซึ่ง Galactose และ Glyceral จะถูกหมักต่อทำให้กลายเป็นกรดไขมันระเหยได้ ซึ่งจะพบกรด Propionic เป็นส่วนมาก แต่การไฮโดรไลซิสของลิพิดมักไม่สมบูรณ์จึงมี Monoglyceral และ Diglyceral หลงเหลืออยู่เนื่องจากกระบวนการนี้เกิดขึ้นรวดเร็วและมีข้อจำกัดของตัวจุลินทรีย์เอง และที่สำคัญคือลิพิดที่มาจากแหล่งต่างๆย่อมถูก Hydrolyze ได้ต่างกันด้วย โดย

2. กระบวนการไฮโดรจีเนชั่น (Hydrogenation) เป็นกระบวนการที่ทำให้กรดไขมัน (ที่ถูก Hydrolyze แล้ว) ไขมันไม่อิ่มตัวกลายเป็นอิ่มตัวขึ้น โดยกระบวนการไฮโดรจีเนชั่นจะเป็นการเติมไฮโดรเจนลงที่พันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ทำให้เกิด Isomerization ของโครงสร้าง Geometrical isomer (Cis-trans) โดยจะเปลี่ยนจาก Cis ที่มีความคงตัวต่ำ มีจุดหลอมเหลวต่ำ ให้เป็น Trans ที่มีจุดหลอมเหลวและความคงตัวสูงขึ้น จึงเป็นผลทำให้เกิดกรดไขมันอิ่มตัวในไขมันโคซึ่งต่างจากสุกร โดยอาหารสัตว์มักมาจากพืชและโดยมากมีสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากกว่าไขมันอิ่มตัว ในสุกรที่ไม่มีกระบวนการนี้กรดไขมันจะอยู่ในรูปของ Cis ที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ เมื่อถูกดูดซึมเข้าไปในร่างกายจึงทำให้เกิดมันเหลวในสุกร ตรงกันข้ามกับโค กรดไขมันจะถูกดูดซึมในรูปแบบของ Trans มากกว่าจึงทำให้ไขมันโคแข็งตัวกว่า กรดไขมันจากพืชมักอยู่ในรูป Oleic acid (C18:1), Linoleic acid (C18:2) และ Linolenic acid (C18:3) เมื่อผ่านกระบวนการไฮโดรจีเนชั่นจะกลายเป็น Stearic acid (C18:0) เป็นส่วนมาก และกรดไขมันที่มีความยาวของกรดไขมันไม่เกิน 12 อะตอมคาร์บอน สามารถดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมนได้เลย (Annison et al.,1998;Church, 1973;Hungate, 1996;Mcdonald et al., 2010)

2.8 อ้อย

อ้อยมีวัตถุแห้งอยู่ในช่วง 24.03-37.49% โปรตีนหยาบ 3.68-4.08% ไขมันหยาบ 0.93-1.84% และมีเยื่อใยหยาบ 35.15% (Suksombat and Junpanichcharoen, 2005; Roman et al.,2011) เมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์ที่มีวัตถุแห้ง 18.7% มีโปรตีนหยาบ 1.9% และต้นข้าวโพดหวานอายุ 70 วัน ซึ่งมีวัตถุแห้ง 25.5% และมีโปรตีนหยาบ 2.2% (คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย, 2551) นับว่าเมื่อเปรียบเทียบทางด้านวัตถุแห้งใกล้เคียงกับต้นข้าวโพดหวานซึ่งเป็นที่นิยมใช้เลี้ยงโคนม ส่วนโปรตีนใกล้เคียงกันกับต้นข้าวโพดและหญ้าเนเปียร์ และหากพิจาณาถึงฟางข้าวซึ่งเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรที่นิยมใช้เลี้ยงโคขุนจะพบว่าต้นอ้อยมีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizable energy) มากกว่าฟางข้าวถึง 6.19 MJ/Kg (Agriculture, 1995) ซึ่งพลังงานในอาหารนับเป็นสิ่งที่สำคัญต่อกระบวนการสร้างน้ำนมในโครีดนมและการสร้างไขมันแทรกในโคขุน

2.8.1 การปรับปรุงคุณภาพอาหารหยาบด้วยจุลินทรีย์

เป็นการเพิ่มคุณภาพของอาหารหยาบด้วยการใช้จุลินทรีย์ ทั้งที่อยู่ในรูปของจุลินทรีย์ชนิดเดียว และจุลินทรีย์ผสมหลายชนิด การเลือกใช้จุลินทรีย์ที่มาปรับปรุงคุณภาพขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์เฉพาะ ได้แก่ เพื่อเร่งกระบวนการหมัก เพิ่มปริมาณโปรตีน และลดปริมาณเยื่อใย เพราะจุลินทรีย์แต่ละชนิดมีคุณสมบัติและต้องการสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ดังนั้นการนำจุลินทรีย์มาใช้ร่วมกันต้องคำนึงถึงชนิดของอาหารหยาบที่นำมาใช้ อาหารของจุลินทรีย์ สภาพแวดล้อมที่จุลินทรีย์ต้องการกระบวนการหมัก (ใช้อากาศหรือไร้อากาศ) รวมถึงการแก่งแย่งหรือส่งเสริมกันของจุลินทรีย์ ในกรณีของการใช้จุลินทรีย์เพื่อเร่งกระบวนการหมักพืชอาหารสัตว์ นิยมใช้แบคทีเรียประเภทผลิตกรดแล็กติก (Lactic acid bacteria; LAB) ซึ่งจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้จะใช้คาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ (Soluble carbohydrate) ที่มีอยู่ในอาหารหยาบเปลี่ยนให้กลายเป็นกรดแล็กติกภายใต้สภาวะไร้อากาศ สาเหตุหลักที่มีการใช้ LAB มาช่วยในการหมักเนื่องจากในกระบวนการหมักพืชอาหารสัตว์จำเป็นต้องเกิดกรดแล็กติกอย่างรวดเร็ว เพื่อลดการสูญเสียของโภชนะ โดยจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติบางชนิดได้แก่ Clostridia, Yeasts, Molds และ Fungi จะเจริญเติบโตและใช้ประโยชน์จากสารอาหารในพืชอาหารสัตว์ โดยจะทำให้เกิดการเน่าเสียของพืช รวมถึงจะทำการย่อยสลายโปรตีนที่อยู่ในพืชด้วยเช่นกัน การใช้ LAB จะทำให้เกิดกรด ซึ่งจะทำให้จุลินทรีย์อื่น ๆ ถูกยับยั้งการเจริญเติบโตหรือตาย ทำให้สารอาหารที่มีอยู่ในพืชยังคงสภาพเดิมไว้ อีกทั้งจุลินทรีย์กลุ่ม LAB จะช่วยเร่งหรือเพิ่มระยะเวลาในการหมักให้เร็วขึ้นและมีสภาพคงที่เร็วส่งผลให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาพืชหมักได้ยาวนานยาวนานขึ้น (Weinberg et al., 1993) โดยส่วนใหญ่มักมีการใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ในการเสริมในพืชหมัก มีการนำ LAB สายพันธุ์ *L. plantarum DSM 19457* มาใช้ในพืชอาหารสัตว์เพื่อช่วยในการรักษาสภาพของกระบวนการหมักของพืชอาหารสัตว์ทำให้มีสภาพการเป็นกรด เนื่องจากมีการผลิต

กรดบิวทิริกและกรดอะซิติกในปริมาณที่มาก (Aragon et al., 2012) นอกจากนี้ยังมีการนำ LAB สายพันธุ์ *Lactobacillus plantarum BCC 65951* มาหมักในพืชอาหารสัตว์ทำให้มีปริมาณวัตถุแห้งและโปรตีนในพืชอาหารสัตว์เพิ่มขึ้น เนื่องจาก *L. plantarum* ช่วยลดการสลายตัวของโปรตีนในกระบวนการหมัก (นริสรา คงสุข และคณะ, 2560)

2.8.2 กระบวนการหมักในอาหารหยาบหมัก

ระยะเวลาระหว่างกระบวนการหมักจะเกิดขึ้นช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับการทำงานของจุลินทรีย์ที่อยู่ที่เซลล์พืช และปริมาณอากาศที่หลงเหลือภายหลังการนำพืชหมักเข้าภาชนะหมัก โดยขั้นตอนระหว่างการหมักประกอบด้วย 2 กระบวนการ คือ กระบวนการที่ต้องใช้ออกซิเจน (Aerobic phase) และกระบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic phase) ซึ่ง (Seglar, 2003) แบ่งออกเป็น 5 ระยะ ดังแสดงในภาพที่ 9

ระยะที่ 1: ระยะที่มีออกซิเจน จะเริ่มตั้งแต่การตัดพืชและการบรรจุใส่ในภาชนะ ยังเป็นระยะที่จุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนสามารถเจริญเติบโตได้ จึงมีผลทำให้มีปริมาณของออกซิเจนในภาชนะ ลดลง ซึ่งระยะนี้มีคุณสมบัติที่เด่นชัด คือ การที่มีค่า pH ลดลงและอุณหภูมิของพืชหมักที่เพิ่มขึ้น เกิดจากการที่ยังมีการหายใจของเซลล์อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและความร้อน ระยะนี้มีความสำคัญมากหากมีการบรรจุที่ไม่สนิท จะทำให้คุณภาพของการหมักไม่ดี เพราะว่ามีการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตที่ใช้ออกซิเจนทำให้เกิดการเน่าเสียได้

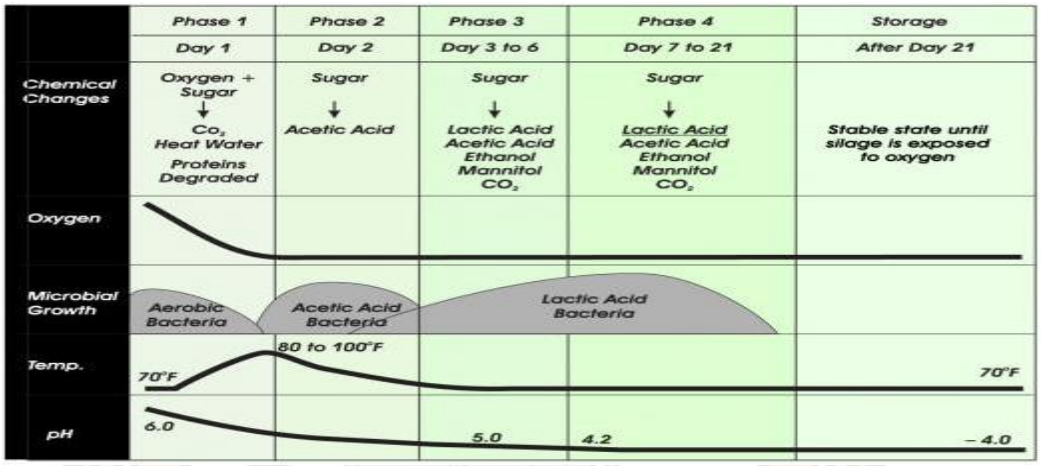
ระยะที่ 2: ระยะที่มีการผลิตกรดอะซิติก จะเกิดขึ้นเวลาไม่เกิน 24-72 ชั่วโมงหลังปิดภาชนะ โดยจะมีการใช้ออกซิเจนจนหมด มีแบคทีเรียกลุ่ม Enterobacteria เป็นแบคทีเรียกลุ่มหลัก ซึ่งสามารถทนต่อความร้อนและค่า pH ที่ลดลงจากกลุ่มที่ใช้ออกซิเจนได้ ขั้นตอนนี้จะได้ผลผลิต คือ กรดอะซิติคและกรดแลคติก โดยการเกิดจากกลุ่ม Heterofermenters จะทำให้เกิดการสูญเสียทางโภชนะมากกว่าจุลินทรีย์ในกลุ่ม Homofermenters อย่างไรก็ตามขึ้นอยู่กับการเก็บเกี่ยว ความชื้นและปริมาณของเชื้อแบคทีเรียด้วย

ระยะที่ 3: ระยะที่มีการผลิตกรดแลคติก โดยทั่วไปจะใช้เวลาเพียง 24 ชั่วโมง ระยะเวลานี้ Homofermenters จะมีประสิทธิภาพการทำงานมากกว่า Heterofermenters ทำให้อุณหภูมิลดลงและค่า pH ของอาหารหมักลดลงอย่างรวดเร็ว โดยจะเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำเป็นกรดแลคติก ทำให้มีปริมาณของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกเพิ่มมากขึ้นและจะเปลี่ยนไปยับยั้งจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ

ระยะที่ 4: ระยะที่ pH ลดลง ต่อเนื่องมาจากระยะที่ 3 อุณหภูมิของอาหารหมักจะเสถียรภาพ ค่า pH จะลดลงจนถึงจุดต่ำสุด ทำให้จุลินทรีย์ Homofermentative ยับยั้งจุลินทรีย์ทุกชนิดแม้กระทั่งตัวเอง ทำให้ปริมาณของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกลดลง โดยค่า pH ที่ลดลงนี้จะ

ช่วยการเก็บรักษาในการหมัก แต่ค่า pH ที่ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารสัตว์และปริมาณความชื้นของอาหารด้วยเช่นกัน

ระยะที่ 5: ระยะคงที่ของพืชหมัก กระบวนการหมักจะเสถียรภาพ เนื่องจาก pH ลดลงจนคงที่ ทำให้แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ และยับยั้งตัวมันเอง กระบวนการหมักจึงเข้าสู่การเสถียรภาพ



ภาพที่ 6 Important Steps During the Silage Fermentation Process

ที่มา: Seglar (2003)

แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกที่เกี่ยวข้องกับการหมัก ได้แก่ *Lactobacillus, Pediococcus, Leuconostoc, Enterococcus, Lactococcus* และ *Streptococcus* แบคทีเรียเหล่านี้สามารถเจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 5 ถึง 50 องศาเซลเซียส สามารถทำให้พืชหมักมีค่า pH เท่ากับ 3-5 ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและลักษณะของอาหารหยาบที่ใช้ด้วยเช่นกัน

2.9 การนำอ้อยมาเป็นอาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง

หากพิจารณาถึงศักยภาพการย่อยได้ทางโภชนะของต้นอ้อยหมักพบว่ามีนักวิจัยได้พบว่าการนำต้นอ้อยเป็นอาหารเพียงอย่างเดียวมีการย่อยได้ของวัตถุแห้งประมาณ 56.7% (Kawashima et al., 2002) ซึ่งใกล้เคียงกับการย่อยได้หญ้าเนเปียร์แคระอายุ 60 วัน ที่มีการย่อยได้ของวัตถุแห้ง

60.5% (แพรวพรรณ เครือมังกร และคณะ, 2556) และใกล้เคียงกับการย่อยของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 อายุ 60 ที่มีการย่อยได้ของวัตถุแห้ง 53.9% (ธิดารัตน์ กันฮะ และคณะ, 2558) แต่ในการใช้จริงจำเป็นต้องมีการเสริมแหล่งของโปรตีนและพลังงานอื่น ๆ เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการโภชนะของโค เพราะการนำอ้อยมาเป็นแหล่งอาหารเพียงอย่างเดียวทำให้โคได้รับพลังงานและโปรตีนไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายสัตว์ (Kawashima et al., 2002) นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการใช้ต้นอ้อยหมักกับต้นข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบในสูตรอาหารผสมครบส่วน (Total mixed ration; TMR) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในด้านน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของโคขุน (Roman et.al., 2011) เมื่อมีการหมักอ้อยด้วยจุลินทรีย์ *Lactobacillus buchneri* สายพันธุ์ 40788 ที่ความเข้มข้น 5×10^5 cfu/g 1×10^5 cfu/g หรือ 1×10^5 cfu/g ร่วมกับเอนไซม์ที่ย่อยเยื่อใยส่งผลทำให้โคขุนมีปริมาณการกินได้ที่วัตถุแห้ง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตต่อวันสูงกว่าการใช้อ้อยหมักเพียงอย่างเดียว หรือการใช้อ้อยหมักด้วย *Lactobacillus hilgardii* ที่ความเข้มข้น 5 log cfu/g ในโคนม มีผลทำให้มีแนวโน้มเพิ่มปริมาณน้ำนม รวมถึงช่วยเพิ่มปริมาณไขมันนม โปรตีนนม แล็กโตส และของแข็งในน้ำนมได้เมื่อเทียบกับอ้อยหมักเพียงอย่างเดียว แต่การเสริม *Lactobacillus hilgardii* ไม่ส่งผลเสียต่อการย่อยได้ของโภชนะ

การหมักพืชอาหารสัตว์โดยทั่วไปจะมีการใช้จุลินทรีย์ในธรรมชาติ ซึ่งประกอบด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก ซึ่งมีบทบาทในการหมัก โดยแบคทีเรียกรดแลคติกแบ่งออก 2 กลุ่ม คือโฮโมเฟอร์เมนเททีฟแลคติกแอซิดแบคทีเรีย (Homofermentative lactic acid bacteria) *Lactobacillus plantarum, Pediococcus* species, และ *Enterococcus faecium* แบคทีเรียกลุ่มนี้ จะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นกรดแลคติกเพียงอย่างเดียว กลุ่มที่ 2 คือ เฮทเทอโรเฟอร์เมนเททีฟแลคติกแอซิดแบคทีเรีย (Heterofermentative lactic acid bacteria) *ได้แก่ Lactobacillus buchneri.* ผลผลิตจากกระบวนการหมักจากการเปลี่ยนน้ำตาลในต้นพืชเป็น กรดอินทรีย์หลายชนิด ได้แก่ กรดแลคติก กดอะซิติก และคาร์บอนไดออกไซด์ กรดแลคติกมีความสำคัญในการลดลงของค่าความเป็นกรดด่าง แต่จำนวนแบคทีเรียบนพืชที่ผลิตกรดแลคติกมีน้อยอาจเป็นสาเหตุให้ไม่เพียงพอสำหรับกระบวนการหมัก การใช้จุลินทรีย์มีชีวิต (Microbial culture) ที่ผลิตกรดได้จึงเป็นประโยชน์ให้กระบวนการหมักพืชดีขึ้น ประโยชน์ของ แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกในกลุ่ม Lactobacilli ที่ใช้เป็นสารเสริมชีวนะ (Probiotics) สำหรับโค กระบือ ช่วยให้การเกาะติด (Adhesion) ของแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกกับทางเดินอาหารของสัตว์ และขัดขวางการเกาะติดของแบคทีเรียก่อโรค การเกิดลดความเป็นกรดด่างในระบบทางเดินอาหาร ทำให้ยับยั้งการเพิ่มจำนวนอย่างมากมายของแบคทีเรียที่ให้โทษกับสัตว์ และกระตุ้นการสังเคราะห์สารเฉพาะชนิดที่มีผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรค (Huber,1997) เชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus plantarum* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่อยู่ในกลุ่ม Homolactic bacteria มีคุณสมบัติผลิตกรดแลคติกเป็นหลักและ ผลิตกรดอะซิติกได้ดีเป็นกลุ่ม

จุลินทรีย์ที่สามารถผลิตสารประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่นและรสเป็นที่ต้องการของสัตว์ และทำให้สภาพของอาหารอยู่ในลักษณะที่ดี ป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่ท้าให้เกิดการเน่าเสียของอาหารหมักได้ และช่วยยับยั้งการสูญเสียในรูปวัตถุแห้ง (สุรีลักษณ์ รอดทอง, 2545 ; Arriola et al., 2011) การเติม *Lactobacillus plantarum* ในกระบวนการหมัก มีคุณสมบัติทำให้ระยะเวลาในการหมักหรือการเกิดกรดน้อยกว่าการหมักตามธรรมชาติ (Queiroz et al., 2012; Guo et al., 2013; Comino et al., 2014)

สำหรับการผลิตพืชหมักด้วยการใช้ยีสต์ นิยมใช้สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* สามารถปลดปล่อยโปรตีนออกมานอกเซลล์ในรูปของเอ็นไซม์หรือโปรตีนที่เกาะอยู่กับผนังเซลล์ นอกจากนี้ ยีสต์ *S.cerevisiae* สามารถสังเคราะห์ Mannoproteins จำนวนมาก เพื่อใช้เป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ระหว่างการเจริญเติบโต (สินีนาฏ พลโยราช และเมธา วรรณพัฒน์, 2558) การเสริมยีสต์ในอาหารสัตว์เพื่อเป็นสารเสริมชีวนะ สามารถช่วยปรับปรุงกระบวนการหมักภายในกระเพาะรูเมนได้ดียิ่งขึ้น สามารถยับยั้งการแพร่กระจายของ Clostridium ลดการสูญเสียวัตถุแห้งภายในกระเพาะรูเมนที่มีประชากรของแบคทีเรีย โปรโตซัว และเชื้อราอยู่อย่างหนาแน่น และทำหน้าที่ในการย่อยอาหารได้ถึงร้อยละ 60-70 ของการย่อยได้ทั้งหมด

ยังมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้อาหารหยาบหมักจุลินทรีย์ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตในโคเนื้อ โดย ฉัตรชัย เชื้อผู้ดี (2563) ทำการศึกษาผลของการใช้อ้อยหมักร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับโคขุนต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตพบว่า ใช้อ้อยหมักร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์ไม่ส่งผลเสียต่อการประสิทธิภาพเจริญเติบโต และลดต้นทุนการผลิตโคขุนลูกผสมชาร์โรเล่ส์ และ ฐิติพงษ์ หม้อทอง และคณะ (2562) ได้ศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของโคขุนที่ได้ รับอาหารผสมสำเร็จหมัก (Fermented total mixed ration, FTMR) ที่เสริมด้วยเชื้อแลคโตบาร์ซิลลัสและยีสต์ พบว่าอาหารผสมสำเร็จหมักที่เสริมด้วยเชื้อ *Lactobacillus plantarum* และ *Saccharomyces cerevisiae* ช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้อาหารของโคได้ดีขึ้นและทำให้ความหนาของไขมันสันหลังน้อยลง

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การทดลองที่ 1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอ้อยหมักที่เสริมด้วยเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ

3.1 การเตรียมเชื้อจุลินทรีย์

3.1.1 เชื้อจุลินทรีย์ Lacto*bacillus plantarum*

เตรียมเชื้อจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติกสายพันธุ์ *Lactobacillus plantarum* โดยได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) นำแบคทีเรียที่คัดเลือกได้มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS media แล้วบ่นที่อุณหภูมิ 37 ℃ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปั่นเหวี่ยงเพื่อเก็บเฉพาะเซลล์แบคทีเรีย จากนั้นทำการผสมต้นเชื้อกับน้ำเกลือความเข้มข้น 0.85 % ปรับความเข้มข้นให้ได้ 10^7 cfu/ml ทำการผสมต้นเชื้อปริมาณ 10 ลิตร ต่อน้ำเกลือเข้มข้น (NaCl) 0.85% ปริมาณ 10 ลิตร เขย่า ผสมให้เข้ากันดีจากนั้น นำสารละลายต้นเชื้อ LP ในน้ำเกลือ 10 ลิตรผสมกับ ต้นอ้อยสับ 1 ตัน (อัตราส่วนที่ใช้ 10 ml ต่อต้นอ้อยสับ 1 กิโลกรัม)

3.1.2 เชื้อจุลินทรีย์ *Lactobacillus fermentum*

เตรียมเชื้อจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติกสายพันธุ์ *Lactobacillus fermentum* โดยได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) นำแบคทีเรียที่คัดเลือกได้มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS media แล้วบ่นที่อุณหภูมิ 37 ℃ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปั่นเหวี่ยงเพื่อเก็บเฉพาะเซลล์แบคทีเรีย จากนั้นทำการผสมต้นเชื้อกับน้ำเกลือความเข้มข้น 0.85 % ปรับความเข้มข้นให้ได้ 107 cfu/ml ทำการผสมต้นเชื้อปริมาณ 10 ลิตร ต่อน้ำเกลือเข้มข้น (NaCl) 0.85% ปริมาณ 10 ลิตร เขย่า ผสมให้เข้ากันดีจากนั้น นำสารละลายต้นเชื้อ LP ในน้ำเกลือ 10 ลิตรผสมกับ ต้นอ้อยสับ 1 ตัน (อัตราส่วนที่ใช้ 10 ml ต่อต้นอ้อยสับ 1 กิโลกรัม)

3.1.3 เชื้อจุลินทรีย์ *Saccharomyces cerevisiae*

เตรียมหัวเชื้อยีสต์ผสมสำเร็จ ปริมาณ 0.15 กิโลกรัม ทำการผสมกากน้ำตาล ปริมาณ 5 กิโลกรัม ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-0-0 2.5 กิโลกรัม ต่อน้ำ ปริมาณ 50 ลิตร ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ประมาณ 1-2 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายต้นเชื้อ กับ ต้นอ้อยสับ 500 กิโลกรัม (อัตราส่วนที่ใช้ 10 ml ต่อต้นอ้อยสับ 1 กิโลกรัม)

3.2 การเตรียมอ้อยหมักและอ้อยหมักด้วยจุลินทรีย์

3.2.1. อ้อยหมักที่ไม่มีการเสริมด้วยจุลินทรีย์ (SS)

นำต้นอ้อย มาทำการสับด้วยเครื่องสับให้มีขนาด 2 – 3 เซนติเมตร จากนั้นนำไปหมักในถุงดำที่มีขนาดหนาพิเศษขนาด 28 x 36 เซนติเมตร บรรจุใส่จำนวน 25 กิโลกรัม อัดให้แน่นและใช้เครื่องดูดฝุ่น ดูดอากาศจากถุงออกมัดปากถุงให้สนิท เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาอย่าน้อย 14 วัน ก่อนนำไปเลี้ยงสัตว์

3.2.2. อ้อยหมักด้วยจุลินทรีย์ *Lactobacillus plantarum* (SLP) ที่ระดับ $1X10^7$ cfu/g

นำต้นอ้อย มาทำการสับด้วยเครื่องสับให้มีขนาด 2 – 3 เซนติเมตร เตรียมเชื้อจุลินทรีย์ *Lactobacillus plantarum* (LP) ที่คัดเลือกได้จากต้นเชื้อ นำแบคทีเรียที่คัดเลือกได้มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS media แล้วบ่นที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปั่นเหวี่ยงเพื่อเก็บเฉพาะเซลล์แบคทีเรีย จากนั้นทำการผสมต้นเชื้อกับน้ำเกลือความเข้มข้น 0.85 % ปรับความเข้มข้นให้ได้ 10^7 cfu/ml จากนั้นนำไปผสมกับอ้อยหมัก 100 มิลลิลิตร ต่อ อ้อยสด 1 กิโลกรัมนำไปหมักในถุงดำที่มีขนาดหนาพิเศษขนาด 28 x 36 เซนติเมตร บรรจุใส่จำนวน 25 กิโลกรัม อัดให้แน่นและใช้เครื่องดูดฝุ่น ดูดอากาศจากถุงออกมัดปากถุงให้สนิท เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาอย่าน้อย 14 วัน ก่อนนำไปเลี้ยงสัตว์

3.2.3 อ้อยหมักด้วยจุลินทรีย์ *Lactobacillus fermentum* (SLF) ที่ระดับ $1X10^7$ cfu/g

นำต้นอ้อย มาทำการสับด้วยเครื่องสับให้มีขนาด 2 – 3 เซนติเมตร เตรียมเชื้อจุลินทรีย์ *Lactobacillus fermentum* (LF) ที่คัดเลือกได้จากต้นเชื้อ นำแบคทีเรียที่คัดเลือกได้มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS media แล้วบ่นที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปั่นเหวี่ยงเพื่อเก็บเฉพาะเซลล์แบคทีเรีย จากนั้นทำการผสมต้นเชื้อกับน้ำเกลือความเข้มข้น 0.85 % ปรับความเข้มข้นให้ได้ 10^7 cfu/ml จากนั้นนำไปผสมกับอ้อยหมัก 100 มิลลิลิตร ต่อ อ้อยสด 1 กิโลกรัม นำไปหมักในถุงดำที่มีขนาดหนาพิเศษขนาด 28 x 36 เซนติเมตร บรรจุใส่จำนวน 25 กิโลกรัม อัดให้แน่นและใช้เครื่องดูดฝุ่น ดูดอากาศจากถุงออกมัดปากถุงให้สนิท เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาอย่าน้อย 14 วัน ก่อนนำไปเลี้ยงโค

3.2.4. อ้อยหมักด้วยจุลินทรีย์ *Saccharomyces cerevisiae* (SSC) ที่ระดับ $1X10^7$ cfu/g

การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์

1.) อ้อยสด

2.) หัวเชื้อยีสต์ผสมสำเร็จ

3.) กากน้ำตาล

4.) ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-0-0

5.) น้ำเปล่า

ผสมน้ำหมักโดยนำ หัวเชื้อยีสต์ผสมสำเร็จ กากน้ำตาล ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-0-0 และน้ำเปล่า ผสมให้เข้ากันโดยใช้เวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง ในการผสมให้วัตถุดิบทั้งหมดละลายเข้าด้วยกัน นำต้นอ้อยมาทำการสับด้วยเครื่องสับให้มีขนาด 2 – 3 เซนติเมตร เทน้ำหมักที่ผสมไว้แล้วลงในอ้อยสับที่เตรียมไว้โดยใช้อัตราส่วน ต้นอ้อยสับ 10 กิโลกรัมต่อน้ำหมัก 1 ลิตร นำไปหมักในถุงดำที่มีขนาดหนาพิเศษขนาด 28 x 36 เซนติเมตร บรรจุใส่จำนวน 25 กิโลกรัม อัดให้แน่นและใช้เครื่องดูดฝุ่น ดูดอากาศจากถุงออกมัดปากถุงให้สนิท เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาอย่าน้อย 14 วัน ก่อนนำไปเลี้ยงโค

การทดลองที่2 การศึกษาประสิทธิภาพการผลิต คุณลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อของโคขุนที่ได้รับอ้อยหมักด้วยจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ

3.3 การเตรียมสัตว์ทดลอง

ทำการทดลองที่ นอร์ทเทิร์นฟาร์ม (1996) จำกัด อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ ใช้โคขุนลูกผสมชาร์โรเล่ส์ที่มีระดับสายเลือดชาร์โรเล่ส์ 50% ขุนเป็นระยะเวลา 425 วัน อายุประมาณ 4 ปี น้ำหนักเริ่มต้นประมาณ 605.90 กิโลกรัม จำนวน 30 ตัว โดยการสุ่มโคขุนลูกผสมชาร์โรเล่ส์ จำนวน 30 ตัวแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ๆ ละ 6 ตัว โดยก่อนเริ่มทำการทดลอง ทำการบันทึกน้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง ขุนโคในคอกขังเดี่ยวโดยมีน้ำสะอาดให้กินตลอดเวลา ให้อาหารข้นและอาหารหยาบในอัตราส่วน ข้นโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ ที่ 1 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว (ณรกมล เลาห์รอดพันธ์ และโชค โสรัจกุล, 2559) โคทุกกลุ่มการทดลองได้รับอาหารข้นสำเร็จรูปทางการค้าเช่นเดียวกันทุกกลุ่มการทดลอง ได้ทำการผสมอาหารทดลองโดยใช้ อาหารข้น+อาหารหยาบ+รำละเอียด ในอัตราส่วน อาหารข้น 10 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน อาหารหยาบ 16.67 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน และรำละเอียด 1.5 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน โดยในฟาร์มทดลองใช้เปลือกสับปะรดหมักเป็นอาหารหยาบหลักใช้ในการขุนโค ทั้งนี้จึงเลือกเปลือกสับปะรดเป็นกลุ่มที่ 1 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) เปรียบเทียบอาหารหยาบที่ใช้เป็นอาหารโคขุนจำนวน 5 กลุ่ม กลุ่มละ 6 ตัว ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ได้รับอาหารข้น + เปลือกสับปะรดหมัก (PS)

กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารข้น + อ้อยหมักที่ไม่มีการเสริมด้วยจุลินทรีย์ (SS)

กลุ่มที่ 3 ได้รับอาหารข้น + ต้นอ้อยหมักที่มีการเสริมจุลินทรีย์ *Lactobacillus plantarum* ในระดับความเข้มข้น 10^7 CFU/g โดยเสริมเชื้อปริมาตร 10 มิลลิลิตร ต่อต้นอ้อย 1 กิโลกรัม (SLP)

กลุ่มที่ 4 ได้รับอาหารข้น + ต้นอ้อยหมักที่มีการเสริมจุลินทรีย์ *Lactobacillus Fermentum* ในระดับความเข้มข้น 10^7 CFU/g โดยเสริมเชื้อปริมาตร 10 มิลลิลิตร ต่อต้นอ้อย 1 กิโลกรัม (SLF)

กลุ่มที่ 5 ได้รับอาหารข้น + อ้อยหมักที่มีการเสริมจุลินทรีย์ *Saccharomyces cerevisiae* ในระดับความเข้มข้น 10^7 CFU/g โดยเสริมเชื้อปริมาตร 10 มิลลิลิตร ต่อต้นอ้อย 1 กิโลกรัม (SSC)

3.4 การประเมินประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

ศึกษาน้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักสิ้นสุดการขุน น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ปริมาณการกินได้ เพื่อมาคำนวณอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ประสิทธิภาพการใช้อาหาร

โดยคำนวณสมการ ดังนี้

น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (Body weight gain; BWG)

BWG = น้ำหนักสุดท้าย (กิโลกรัม) – น้ำหนักเริ่มต้น (กิโลกรัม)

อัตราการเจริญเติบโตต่อตัวต่อวัน (ADG)

$$ADG = \frac{\text{น้ำหนักสุดท้าย (กิโลกรัม)} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น (กิโลกรัม)}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง (วัน)}}$$

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)

$$FCR = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน (กิโลกรัม)}}{\text{น้ำหนักสัตว์ที่เพิ่มขึ้น (กิโลกรัม)}}$$

ต้นทุนค่าอาหารนการผลิตเนื้อ 1 กิโลกรัม (Feed cost per weight gain; FCG)

FCG = FCR * ราคาอาหารต่อกิโลกรัม (บาท)

3.5 ข้อมูลคุณลักษณะซาก

โดยคำนวณหาน้ำหนักของซากอุ่น (Hot carcass percentage) น้ำหนักของอวัยวะภายนอก (External organs percentage) น้ำหนักของอวัยวะภายใน (Visceral organs percentage) ร้อยละของชิ้นส่วนตัดแต่ง (Retail cuts percentage)

โดยสมการ ดังนี้

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

$$\text{เปอร์เซ็นต์อวัยวะภายนอก} = \frac{\text{น้ำหนักอวัยวะภายนอก}}{} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์อวัยวะภายใน} = \frac{\text{น้ำหนักอวัยวะภายใน}}{\text{น้ำหนักมีชีวิต}} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตัดแต่ง} = \frac{\text{น้ำหนักชิ้นส่วนตัดแต่ง}}{\text{น้ำหนักซากเย็น}} \times 100$$

3.5.1 น้ำหนักซากอุ่น และน้ำหนักซากเย็น

จะชั่งน้ำหนักซากอุ่นโคทันทีหลังตัดแต่งเอาเครื่องใน หัว หาง หนัง ข้อเท้าและส่วนที่ทิ้งออก และชั่งน้ำหนักซากเย็นหลังจากเก็บซากไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 ℃ โดยเป็นระยะเวลา 7 วัน และมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ซากอุ่น และเปอร์เซ็นต์ซากเย็น

3.5.2 น้ำหนักสูญเสีย

น้ำหนักสูญเสียคือ น้ำหนักที่หายไปของน้ำหนักซากอุ่นหลังผ่านการบ่มในห้องเย็น

โดยใช้สมการดังนี้

น้ำหนักสูญเสีย= น้ำหนักซากเย็น – น้ำหนักซากอุ่น

3.5.3 คะแนนไขมันแทรก

พิจารณาจากไขมันอยู่ภายในเนื้อตัดสันนอก (*Longissimusdorsi*) โดยวิธีการให้คะแนนไขมันแทรกตามมาตรฐาน มกอช. 6001 – 2547 ซึ่งมีคะแนนตั้งแต่ 1 2 3 4 และ 5 ตามลำดับ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2547)

ภาพที่ 7 ระดับของไขมันแทรก

ที่มา: สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2547)

3.6 ข้อมูลคุณภาพเนื้อ

ได้แก่ ค่าสีเนื้อ องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ ระดับคะแนนไขมันแทรก ดังนี้

3.6.1 การประเมินค่าสีเนื้อ ใช้ตัวอย่างจากเนื้อสันนอก (*Longgisimusdorsi*) โดยตัวอย่างเนื้อตัดจากซี่โครงที่ 12 ใส่ใน Vacuum package เก็บไวที่อุณหภูมิ 0 – 4 องศาเซลเซียส โดยจะวัดค่าสีของเนื้อที่ 14 วัน หลังฆ่า เมื่อครบเวลานำตัวอย่างออกจาก Vacuum package วางไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 60 นาที จากนั้น นำไปวัดค่าสีของเนื้อด้วยเครื่อง Minolta colorimeter (CR-300 MINOLTA, Japan) โดยวัดค่าสีของเนื้อตัวอย่าง 3 ตำแหน่ง บันทึกค่าเฉลี่ย L* , a*และ b* (ชยพล มีพร้อม, 2556)

3.6.2 องค์ประกอบทางเคมี (Chemical composition)

โดยสุ่มตัวอย่างเนื้อแล้ว อบแห้งที่ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 36 ชั่วโมง บดผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร วิเคราะห์ Proximate analysis (AOAC, 2000) วิเคราะห์หาวัตถุแห้ง (Dry matter; DM), อินทรียวัตถุ (Organic matter) โปรตีนหยาบ (Crude protein; CP), ไขมัน (Fat, Ether extract, EE)

ภาพที่ 8 จุดตำแหน่งในการวัดค่าสีของเนื้อ

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s new multiple range test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (2010) ตามวิธีการของ Steel and Torrie (1980) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.8 สถานที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยและรวบรวมข้อมูล

1. ฟาร์มโคขุน บริษัทนอร์ทเทิร์นฟาร์ม (1996) จำกัด อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่

2. ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ สาขาวิชาสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์ คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

3. ห้องปฏิบัติการ สาขาวิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

4. ฟาร์มสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอ้อยหมักที่เสริมด้วยเชื้อจุลินทรีย์ต่างชนิด

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอ้อยหมักที่เสริมด้วยเชื้อจุลินทรีย์ต่างชนิด

จากการศึกษาผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารสัตว์ที่ใช้ในการทดลอง (ตาราง 2) พบว่า เปลือกสับปะรดหมัก (Pineapple silage, PS) มีปริมาณวัตถุแห้ง (Dry matter) โปรตีนหยาบ (Crude protein) ไขมัน (Ether extract) เยื่อใยหยาบ (Crude fiber) เถ้า (Ash) เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber, ADF) เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber, NDF) และค่าพลังงานรวม (Gross energy) มีค่าเท่ากับ 37.88 %, 11.16 %, 3.68 %, 21.63 %, 9.87 %, 27.10 %, 42.50 % และ 3,722.09 Kcal/kg ตามลำดับ อ้อยหมัก (Sugarcane silage, SS) มีวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า ADF NDF และค่าพลังงานรวม มีค่าเท่ากับ 35.32 %, 3.71 %, 0.05 %, 39.36 %, 12.81 %, 42.83 %, 66.74 % และ 3,870.60 Kcal/kg ตามลำดับ ต้นอ้อยหมักที่มีการเสริมด้วยจุลินทรีย์ *Lactobacillus plantarum* (SLP) มีวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า ADF NDF และค่าพลังงานรวม มีค่าเท่ากับ 32.99 %, 5.60 %, 0.39 %, 38.93 %, 13.33 %, 46.04 %, 70.49 % และ 3,741.43 Kcal/kg ตามลำดับ ต้นอ้อยหมักที่มีการเสริมด้วยจุลินทรีย์ *Lactobacillus fermentum* (SLF) มีวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า ADF NDF และค่าพลังงานรวม มีค่าเท่ากับ 34.90 %, 5.42 %, 0.05 %, 41.84 %, 12.22 %, 49.26 %, 75.53 % และ 3,864.93 Kcal/kg ตามลำดับ ต้นอ้อยหมักที่มีการเสริมด้วยจุลินทรีย์ *Saccharomyces cerevisiae* (SSC) มีวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า ADF NDF และค่าพลังงานรวม มีค่าเท่ากับ 25.80 %, 9.37 %, 1.39 %, 35.66 %, 11.73 %, 40.38 %, 64.72 % และ 3,941.82 Kcal/kg ตามลำดับ อาหารข้นมีวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า ADF NDF และค่าพลังงานรวม มีค่าเท่ากับ 97.16 %, 19.86 %, 6.80 %, 11.92 %, 14.06 %, 21.60 %, 34.36 % และ 3,835.09 Kcal/kg ตามลำดับ และรำ มีวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และค่าพลังงานรวม มีค่าเท่ากับ 96.18 %, 8.37 %, 6.42 %, 14.96 %, 14.28 % และ 3,755.64 Kcal/kg ตามลำดับ

ตารางที่ 2 Chemical composition of the experimental roughages and concentrate feed

Item	PS	SS	SLP	SLF	SSC	Concentrate Feed	Rice Bran
Dry Matter (%)	37.88	35.32	32.99	34.90	25.80	97.16	96.18
Crude Protein	11.16	3.71	5.60	5.42	9.37	19.86	8.37
Ether Extract	3.68	0.05	0.39	0.05	1.39	6.80	6.42
Crude Fiber	21.63	39.36	38.93	41.84	35.66	11.92	14.96
ASH	9.87	12.81	13.33	12.22	11.73	14.06	14.28
Acid Detergent Fiber	27.10	42.83	46.04	49.26	40.38	21.60	NA
Neutral Detergent Fiber	42.50	66.74	70.49	75.53	64.72	34.36	NA
Gross Energy (Kcal/kg)	3,722.09	3,870.60	3,741.43	3,864.93	3,941.82	3,835.09	3,755.64

หมายเหตุ: PS: pineapple silage, SS: sugarcane silage, SLP: sugarcane silage with *Lactobacillus plantarum* $1X10^7$ cfu/g, SLF: sugarcane silage with *Lactobacillus fermentum* $1X10^7$ cfu/g and SSC: sugarcane silage with *Saccharomyces cerevisiae* $1X10^7$ cfu/g, NA : not applicable

การทดลองที่2 การศึกษาประสิทธิภาพการผลิต คุณลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อของโคขุนที่ได้รับอ้อยหมักด้วยจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ

4.1 ประสิทธิภาพการผลิต

จากการศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโต (ตาราง 3) พบว่าน้ำหนักเริ่มต้นของโคขุนที่ได้รับอาหารทดลองกลุ่ม PS กลุ่ม SS กลุ่ม SLP กลุ่ม SLF และ กลุ่ม SSC ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีค่าเท่ากับ 601.50, 603.75, 609.44, 609.92 และ 604.88 กิโลกรัม ตามลำดับ ตามลำดับ น้ำหนักสุดท้ายของโคขุนที่ได้รับอาหารทดลองกลุ่ม PS กลุ่ม SS กลุ่ม SLP กลุ่ม SLF และ กลุ่ม SSC ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีค่าเท่ากับ 696.00, 712.50, 714.50, 748.25 และ 693.75 กิโลกรัม ตามลำดับ อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) ของโคขุนที่ได้รับอาหารทดลองกลุ่ม PS กลุ่ม SS กลุ่ม SLP กลุ่ม SLF และ กลุ่ม SSC ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีค่าเท่ากับ 0.40, 0.41, 0.33, 0.44 และ 0.39 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของโคขุนที่ได้รับอาหารทดลองกลุ่ม PS กลุ่ม SS กลุ่ม SLP กลุ่ม SLF และ กลุ่ม SSC ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีค่าเท่ากับ 94.50, 105.06,108.75, 138.33 และ 88.88 กิโลกรัม ตามลำดับ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) ของโคขุนที่ได้รับอาหารทดลองกลุ่ม PS กลุ่ม SS กลุ่ม SLP กลุ่ม SLF และ กลุ่ม SSC ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีค่าเท่ากับ 27.67, 21.95, 26.28, 20.83 และ 30.91 ตามลำดับ ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตเนื้อ 1 กิโลกรัม (FCG) ของโคขุนที่ได้รับอาหารทดลองกลุ่ม PS กลุ่ม SS กลุ่ม SLP กลุ่ม SLF และ กลุ่ม SSC ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีค่าเท่ากับ 581.01, 384.03, 465.60, 369.06 และ 552.41 บาท ตามลำดับ ปริมาณการกินได้ของอาหารข้นของโคขุนที่ได้รับอาหารทดลองกลุ่ม PS กลุ่ม SS กลุ่ม SLP กลุ่ม SLF และ กลุ่ม SSC ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีค่าเท่ากับ 6.04, 6.00, 6.24, 6.08 และ 6.49 กิโลกรัมที่วัตถุแห้งต่อวัน ตามลำดับ ปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบของโคขุนที่ได้รับอาหารทดลองกลุ่ม PS กลุ่ม SS กลุ่ม SLP กลุ่ม SLF และ กลุ่ม SSC ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีค่าเท่ากับ 6.28, 6.67, 6.94, 6.75 และ 6.05 กิโลกรัมที่วัตถุแห้งต่อวัน ตามลำดับ ปริมาณการกินได้ของรำของโคขุนที่ได้รับอาหารทดลองกลุ่ม PS กลุ่ม SS กลุ่ม SLP กลุ่ม SLF และ กลุ่ม SSC ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีค่าเท่ากับ 0.53, 0.56, 0.59, 0.57 และ 0.52 กิโลกรัมที่วัตถุแห้งต่อวัน ตามลำดับ และปริมาณการกินได้ของรวมของโคขุนที่ได้รับอาหารทดลองกลุ่ม PS กลุ่ม SS กลุ่ม SLP กลุ่ม SLF และ กลุ่ม SSC ไม่แตกต่าง

กันทางสถิติ (P>0.05) มีค่าเท่ากับ 12.47, 13.23, 13.77, 13.39 และ 13.05 กิโลกรัมที่วัตถุแห้งต่อวัน ตามลำดับ

ตารางที่ 3 Effects of dietary roughages source on growth performance of fattening beef cattle

Item	PS	SS	SLP	SLF	SSC	SEM	P-Value
Initial weight (Kg)	601.50	603.75	609.44	609.92	604.88	20.16	1.00
Final weight (Kg)	696.00	712.50	714.50	748.25	693.75	19.05	0.92
Weight gain (Kg)	94.50	105.06	108.75	138.33	88.88	8.63	0.44
ADG (Kg/Day)	0.40	0.41	0.33	0.44	0.39	0.04	0.94
FCR	27.67	21.95	26.28	20.83	30.91	2.78	0.81
FCG (Bath)	5.85	6.16	7.37	5.75	6.90	0.52	0.87
Feed intake							
Concentrate feed (kgDM/d)	6.04	6.00	6.24	6.08	6.49	0.09	0.50
Roughage (kgDM/d)	6.28	6.67	6.94	6.75	6.05	0.16	0.43
Rice bran (kgDM/d)	0.53	0.56	0.59	0.57	0.52	0.01	0.43
Total feed intake (kgDM/d)	12.47	13.23	13.77	13.39	13.05	0.21	0.42

หมายเหตุ: PS: pineapple silage, SS: sugarcane silage, SLP: sugarcane silage with *Lactobacillus plantarum* $1X10^7$ cfu/g, SLF: sugarcane silage with *Lactobacillus fermentum* $1X10^7$ cfu/g and SSC: sugarcane silage with *Saccharomyces cerevisiae* $1X10^7$ cfu/g, ADG: Average Daily Gain, FCR: Feed Conversion Ratio, FCG: Feed Conversion per Gain

4.2 คุณลักษณะซากของโคขุน

จากการศึกษาคุณลักษณะซากของโคขุน (ตาราง 4) พบว่าน้ำหนักเข้าฆ่าของโคขุนที่ได้รับอาหารทดลองกลุ่ม PS กลุ่ม SS กลุ่ม SLP กลุ่ม SLF และ กลุ่ม SSC ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีค่าเท่ากับ 696, 712.50, 714.50, 748.25 และ 693.75 กิโลกรัม ตามลำดับ น้ำหนักซากอุ่นของโคขุนที่ได้รับอาหารทดลองกลุ่ม PS กลุ่ม SS กลุ่ม SLP กลุ่ม SLF และ กลุ่ม SSC ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีค่าเท่ากับ 374.25, 397.50, 403.50, 468.25 และ 378 กิโลกรัม ตามลำดับ น้ำหนักซากเย็นของโคขุนที่ได้รับอาหารทดลองกลุ่ม PS กลุ่ม SS กลุ่ม SLP กลุ่ม SLF และ กลุ่ม SSC ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีค่าเท่ากับ 357.75, 387.50, 392, 455.50 และ 365.25 กิโลกรัม ตามลำดับ ร้อยละซากอุ่นของโคขุนที่ได้รับอาหารทดลองกลุ่ม PS กลุ่ม SS กลุ่ม SLP กลุ่ม SLF และ กลุ่ม SSC ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีค่าเท่ากับ 57.07, 55.53, 57.53, 59.38 และ 56.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์สูญเสียของโคขุนที่ได้รับอาหารทดลองกลุ่ม PS กลุ่ม SS กลุ่ม SLP กลุ่ม SLF และ กลุ่ม SSC ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีค่าเท่ากับ 13.75, 11.25, 10.25, 12.75 และ12.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ความหนาไขมันหุ้มซากของโคขุนที่ได้รับอาหารทดลองกลุ่ม PS กลุ่ม SS กลุ่ม SLP กลุ่ม SLF และ กลุ่ม SSC ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีค่าเท่ากับ 1.88, 2, 1.88, 2 และ 2 เซนติเมตร ตามลำดับ ระดับคะแนนไขมันแทรกของโคขุนที่ได้รับอาหารทดลองกลุ่ม PS กลุ่ม SS กลุ่ม SLP กลุ่ม SLF และ กลุ่ม SSC ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีค่าเท่ากับ 2, 2.25, 2.13, 2.13 และ 1.63 ตามลำดับ

ตารางที่ 4 Effects of dietary roughages source on carcass characteristics of fattening beef cattle

Item	PS	SS	SLP	SLF	SSC	SEM	P-Value
Slaughter weight (kg)	696.00	712.50	714.50	748.25	693.75	19.05	0.92
Hot carcass weight (kg)	374.25	397.50	403.50	468.25	378.00	23.47	0.32
Chill carcass weight (kg)	357.75	387.50	392.00	455.50	365.25	15.35	0.29
loss (%)	13.75	11.25	10.25	12.75	12.75	0.64	0.47
Carcass (%)	57.07	55.53	57.53	59.38	56.74	0.68	0.54
Back fat thickness (cm)	1.88	2.00	1.88	2.00	2.00	0.06	0.93
Marbling score	2.00	2.25	2.13	2.13	1.63	0.12	0.59
Ribeye (kg)	8.03	8.85	8.98	10.38	7.67	NA	NA
Tenderloin (kg)	3.00	3.20	3.03	3.78	2.97	NA	NA
Sirloin (kg)	11.50	13.65	12.83	13.25	13.32	NA	NA

หมายเหตุ: PS: pineapple silage, SS: sugarcane silage, SLP: sugarcane silage with *Lactobacillus plantarum* $1X10^7$ cfu/g, SLF: sugarcane silage with *Lactobacillus fermentum* $1X10^7$ cfu/g and SSC: sugarcane silage with *Saccharomyces cerevisiae* $1X10^7$ cfu/g, NA: not applicable

4.3 คุณภาพเนื้อของโคขุน

จากการศึกษาคุณภาพเนื้อของโคขุนทดลอง (ตาราง 5) พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของโคขุนที่ได้รับอาหารทดลองกลุ่ม PS กลุ่ม SS กลุ่ม SLP กลุ่ม SLF และ กลุ่ม SSC ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีค่าเท่ากับ 33.26, 35.16, 32.34, 34.26 และ 36.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนของโคขุนที่ได้รับอาหารทดลองกลุ่ม PS กลุ่ม SS กลุ่ม SLP กลุ่ม SLF และ กลุ่ม SSC ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีค่าเท่ากับ 23.75, 23.28, 24.24, 23.94 และ 24.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันของโคขุนที่ได้รับอาหารทดลองกลุ่ม PS กลุ่ม SS กลุ่ม SLP กลุ่ม SLF และ กลุ่ม SSC ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีค่าเท่ากับ 6.04, 5.84, 5.56, 5.82 และ 5.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสีของเนื้อ พบว่า ค่าสี L* ของโคขุนที่ได้รับอาหารทดลองกลุ่ม PS กลุ่ม SS กลุ่ม SLP กลุ่ม SLF และ กลุ่ม SSC ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีค่าเท่ากับ 34.40, 35.87, 35.27, 36.40 และ 34.73 ตามลำดับ ค่าสี a* ของโคขุนที่ได้รับอาหารทดลองกลุ่ม PS กลุ่ม SS กลุ่ม SLP กลุ่ม SLF และ กลุ่ม SSC ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีค่าเท่ากับ 14.41, 13.75, 14.67, 14.73 และ 13.52 ตามลำดับ ค่าสี b* ของโคขุนที่ได้รับอาหารทดลองกลุ่ม PS กลุ่ม SS กลุ่ม SLP กลุ่ม SLF และ กลุ่ม SSC ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีค่าเท่ากับ 11.36, 10.86, 10.34, 11.41 และ 10.91 ตามลำดับ

ตารางที่ 5 Effects of dietary roughages source on meat quality of fattening beef Cattle

Items	PS	SS	SLP	SLF	SSC	SEM	P-Value
Chemical composition of meat							
%DM	33.26	35.16	32.34	34.26	36.20	0.77	0.59
%EE	6.04	5.84	5.56	5.82	5.46	0.10	0.44
%CP	23.75	23.28	24.24	23.94	24.44	0.50	0.97
Meat color							
L*	34.40	35.87	35.27	36.40	34.73	0.68	0.89
a*	14.41	13.75	14.67	14.73	13.52	0.47	0.89
b*	11.36	10.86	10.34	11.41	10.91	0.22	0.54

หมายเหตุ: PS: pineapple silage, SS: sugarcane silage, SLP: sugarcane silage with *Lactobacillus plantarum* $1X10^7$ cfu/g, SLF: sugarcane silage with *Lactobacillus fermentum* $1X10^7$ cfu/g and SSC: sugarcane silage with *Saccharomyces cerevisiae* $1X10^7$ cfu/g, DM: Dry Matter, EE: Ether Extract, CP: Crude Protein, L*: lightness, a*: redness, b*: yellow ness

4.4 ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

จากการศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (ตาราง 6) พบว่าค่าอาหารของโคขุนที่ได้รับอาหารทดลองกลุ่ม PS กลุ่ม SS กลุ่ม SLP กลุ่ม SLF และ กลุ่ม SSC มีค่าเท่ากับ 24,427.82, 21,426.14, 24,387.25, 24,040.88 และ 18,537.22 บาท ตามลำดับ ค่าสายพันธุ์โคขุนที่ได้รับอาหารทดลองกลุ่ม PS กลุ่ม SS กลุ่ม SLP กลุ่ม SLF และ กลุ่ม SSC มีค่าเท่ากับ 51,846.25, 57,356.25, 56,281.80, 59,929.33 และ 53,651.25 บาท ตามลำดับ ราคาซากของโคขุนที่ได้รับอาหารทดลองกลุ่ม PS กลุ่ม SS กลุ่ม SLP กลุ่ม SLF และ กลุ่ม SSC มีค่าเท่ากับ 92,542.50, 10,1985, 101,370, 117,372.50 และ 88,995 บาทตามลำดับ และกำไรของโคขุนที่ได้รับอาหารทดลองกลุ่ม PS กลุ่ม SS กลุ่ม SLP กลุ่ม SLF และ กลุ่ม SSC มีค่าเท่ากับ 18,373.43, 23,202.61, 20,700.95, 33,402.29 และ 18,726.54 บาท ตามลำดับ

โดยค่าอาหารข้นมีราคา 10 บาทต่อกิโลกรัม อาหารหยาบทดลองกลุ่ม PS กลุ่ม SS กลุ่ม SLP กลุ่ม SLF และ กลุ่ม SSC มีค่าเท่ากับ 5, 1.5, 3.5, 3.5 และ 1.65 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ รำมีราคา 6 บาทต่อกิโลกรัม ค่าสายพันธุ์ตอนรับซื้อมีราคา 95 บาทต่อกิโลกรัม และราคาซากต่อเกรดไขมันแทรก แบ่งเกรด 1, 2 และ 3 มีราคาเท่ากับ 230, 250 และ 270 บาท ตามลำดับ

ตารางที่ 6 Effects of dietary roughage source on economic net return of fattening beef cattle

Item	PS	SS	SLP	SLF	SSC
Concentrate (Baht/Kg)	10	10	10	10	10
Roughage (Baht/Kg)	5	1.5	3.5	3.5	1.65
Rice bran (Baht/Kg)	6	6	6	6	6
Feed cost (Baht)	24,427.82	21,426.14	24,387.25	24,040.88	18,537.22
Animal cost (Baht)	51,846.25	57,356.25	56,281.80	59,929.33	53,651.25
Carcass price (Baht)	92,542.50	10,1985.00	101,370.00	117,372.50	88,995.00
Net income (Baht)	18,373.43	23,202.61	20,700.95	33,402.29	18,726.54

หมายเหตุ: PS: pineapple silage, SS: sugarcane silage, SLP: sugarcane silage with *Lactobacillus plantarum* $1X10^7$ cfu/g, SLF: sugarcane silage with *Lactobacillus fermentum* $1X10^7$ cfu/g and SSC: sugarcane silage with *Saccharomyces cerevisiae* $1X10^7$ cfu/g

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 อภิปรายผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอ้อยหมักที่เสริมด้วยเชื้อจุลินทรีย์ต่างชนิด

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบหมักที่ใช้ในการทดลอง (ตาราง 2) พบว่าอ้อยหมักที่หมักด้วยเชื้อ *Lactobacillus plantarum* (SLP) อ้อยหมักด้วยเชื้อ *Lactobacillus fermentum* (SLF) และ อ้อยหมักด้วยเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* (SSC) มีปริมาณวัตถุแห้งเท่ากับ 37.81, 32.76, 34.98 และ 25.01 ตามลำดับ มีปริมาณโปรตีนหยาบเท่ากับ 3.71, 5.60, 5.42 และ 9.37 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ากลุ่มอ้อยหมักด้วยเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* (SSC) มีปริมาณโปรตีนหยาบเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่ม SS, SLP และ SLF อาจเนื่องจากกลุ่ม SSC ได้เสริม *Saccharomyces cerevisiae* ร่วมกับกากน้ำตาลและยูเรีย จึงทำให้อาหารหยาบมีปริมาณโปรตีนที่มากขึ้น ซึ่งอ้อยหมักมีโปรตีนหยาบ 3.71 % มีค่าต่ำกว่า รายงานของณัฐพงษ์ หม้อทอง และคณะ (2555) ที่รายงานว่าอ้อยอาหารสัตว์อายุการหมัก 105 วัน มีปริมาณโปรตีนหยาบเท่ากับ 6.3 % และยังมีค่าต่ำกว่า Tomoyuki *et.al*. (2014) ที่รายงานว่าอ้อยหมักที่อายุการตัด 4 เดือน มีโปรตีนหยาบ 14.2 % อาจเป็นผลมาจากอายุการตัดของอ้อย อ้อยที่อายุน้อยมีปริมาณโปรตีนมากกว่าอ้อยที่อายุการตัดมากกว่า นอกจากนี้ วิโรจน์ ภัทรจินดา และคณะ (2552) พบว่าการตัดอ้อยในช่วงอายุ 120 – 165 วันเพื่อเป็นอาหารสัตว์ทำให้มีการย่อยได้อยู่ในระดับที่พอเหมาะ (52%) โปรตีนหยาบ 5.2 % NDF (Neutral detergent fiber) เท่ากับ 73.1% และ ADF (Acid detergent fiber) เท่ากับ 39.7 % ซึ่งเหมาะสมกับการนำไปใช้ในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง แต่มีค่าใกล้เคียงกับการทดลองของ ฉัตรชัย เชื้อผู้ดี และคณะ (2562) ที่รายงานว่าอ้อยหมักมีปริมาณโปรตีนหยาบ 4.15 ซึ่งเป็นผลมาจากอ้อยที่ใช้ในการทดลองมีอายุการตัดที่ 12 เดือน เท่ากันกับการทดลองของ ฉัตรชัย เชื้อผู้ดี และคณะ (2562) ที่ใช้อ้อยอายุ 12 เดือนในการทดลอง ในอ้อยที่ผ่านกระบวนการหมักยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ วารินทร์ พิมมา และคณะ (2555) ที่รายงานว่าการหมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ทำให้มีคุณค่าทางโภชนะดีขึ้นเพราะมีปริมาณโปรตีนหยาบเพิ่มขึ้น (Sadiq *et al*., 2014) โดยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* เป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่มีปริมาณโปรตีนภายในเซลล์สูงโดยเฉลี่ยมีประมาณ 47-50% ของน้ำหนักแห้งจึงส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณโปรตีนในการหมักด้วย ในขณะที่มีปริมาณเยื่อใยหยาบลดลง ทั้งนี้ แต่ในด้านปริมาณน้ำตาล

ในอ้อยอาจจะลดลงในทุกกลุ่มการทดลอง เนื่องจากในกระบวนการหมักย่อยของจุลินทรีย์จะมีการใช้น้ำตาลจากพืชเพื่อใช้ในการผลิตกรดแล็กติก จึงทำให้ระดับพลังงานในอ้อยหมักลดลง

การทดลองที่2 การศึกษาประสิทธิภาพการผลิต คุณลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อของโคขุนที่ได้รับอ้อยหมักด้วยจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ

5.1.1 ประสิทธิภาพการผลิต

จากการศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโต (ตาราง 3) พบว่าน้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักสุดท้าย อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ของแต่ละกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ซึ่งอัตราการเจริญเติบโตต่อวันของโคทดลอง อยู่ในช่วง 0.33-0.44กิโลกรัมต่อวัน ใกล้เคียงกับ ฉัตรชัย เชื้อผู้ดี และคณะ (2562) และ ณรกมล เลาห์รอดพันธ์ และโชค โสรัจกุล (2559) รายงานว่าโคลูกผสมชาร์โรเล่ส์มีอัตราการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 0.39-0.64 กิโลกรัม/วัน แต่ต่ำกว่า ฐิติพงษ์ นกแก้ว และคณะ (2562) ที่รายงานว่าโคเนื้อลูกผสม (50 % บราห์มัน X 50 % ชาร์โรล์เลส์) อายุประมาณ 18 เดือน มีอัตราการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 0.91-1.14 กิโลกรัม/วัน เนื่องด้วยโคขุนในงานทดลองนี้ มีอายุประมาณ 3 ปี ซึ่งเป็นโคทดลองเป็นโคที่เลี้ยงเพื่อผลิตไขมันแทรกจึงจำเป็นต้องทำการตอนเพื่อระงับการสร้างฮอร์โมนเพศจากอัณฑะเพื่อยับยั้งการสร้างเนื้อแดง และกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน จึงทำให้โคมีการเจริญเติบโตต่ำ (สุริยะ สะวานนท์ และคณะ, 2554)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ของแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งมีค่า 27.67, 21.95, 26.28, 20.83 และ 30.91 ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับ ณรกมล เลาห์รอดพันธ์ และโชค โสรัจกุล (2559) ที่ได้รายงานว่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวอยู่ในช่วง 16.35-24.42 แต่ยังสูงกว่าฐิติพงษ์ นกแก้ว และคณะ (2562) ที่ได้รายงานว่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวอยู่ในช่วง 5.45-6.44 อาจเนื่องมาจากในการทดลองนี้ใช้โคที่มีน้ำหนักมากและมีระยะเวลาขุนที่นานกว่าทำให้โคมีการกินได้รวมที่สูง ซึ่ง วรรณา อ่างทอง และคณะ (2559) รายงานว่าโคมีอายุที่มากกว่าทำให้น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่ำ จึงส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่สูงขึ้น

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของกลุ่ม อ้อยหมักด้วยจุลินทรีย์ *Lactobacillus fermentum* มากกว่ากลุ่มที่ อ้อยหมักด้วยจุลินทรีย์ *Saccharomyces cerevisiae* แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P> 0.05) ที่ระดับ 138.33 และ 88.88 กิโลกรัม ตามลำดับ อาจเนื่องมาจากในการทดลองนี้มีปริมาณการกินได้ต่อวันของโคทดลองกลุ่ม อ้อยหมักด้วยจุลินทรีย์ *Lactobacillus fermentum* มากกว่ากลุ่ม อ้อยหมักด้วยจุลินทรีย์ *Saccharomyces cerevisiae* (8.57 เปรียบเทียบกับ 8.11 กิโลกรัมต่อวัน

ตามลำดับ) โดยที่ในอ้อยมีปริมาณเยื่อใยสูง อาจจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อการย่อยได้ของสัตว์ และยังส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (Humphrey, 1991) ทั้งนี้ยังมีการรายงานของ ปริชาติ และคณะ (2562) ทำการศึกษาผลของ *Lactobacillus fermentum* ต่อคุณภาพการหมักและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมครบส่วนหมักที่ระยะการหมักต่างกัน พบว่าการเติม LF ในอาหารผสมครบส่วนหมักมีผลทำให้ปริมาณเยื่อใยที่เป็นผนังเซลล์ ลดลงได้ จึงอาจส่งผลทำให้โคมีย่อยได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มสูงขึ้นไปด้วย และนอกจากนี้การนำเชื้อ *Lactobacillus plantarum* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่อยู่ในกลุ่ม heterolactic bacteria มีคุณสมบัติสามารถช่วยผลิตกรดแลคติก และกรดอะซิติกมาใช้ประโยชน์ในการหมัก (Arriola et al., 2011) และยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ซึ่งนอกจากเป็นแหล่งของโปรตีนจุลินทรีย์ให้กับสัตว์เคี้ยวเอื้องแล้ว ยังช่วยปรับปรุงกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (สินีนาฏ พลโยราช และเมธา วรรณพัฒน์, 2558)

5.1.2 คุณลักษณะซากของโคขุน

จากการศึกษาคุณลักษณะซากของโคขุน (ตาราง 4) พบว่าน้ำหนักซากอุ่น น้ำหนักซากเย็น ร้อยละซากอุ่น ความหนาไขมันหุ้มซาก และไขมันแทรกของโคแต่ละกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยน้ำหนักซากอุ่น น้ำหนักซากเย็น และเปอร์เซ็นต์ซาก ของโคขุนแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) น้ำหนักซากอุ่นของโค กลุ่ม SS, SLP, SLF และ SSC ซึ่งมีค่า 397.50, 403.50, 468.25 และ 378 กิโลกรัมตามลำดับ ใกล้เคียงกับการรายงานของ ฉัตรชัย เชื้อผู้ดี (2563) ที่รายงานว่าน้ำหนักซากอุ่นของโคทดลองกลุ่มที่ได้รับเปลือกและซังข้าวโพด อ้อยหมักและอ้อยหมักร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์มีค่าเท่ากับ 405.83, 398.17 และ 387.33 กิโลกรัม ตามลำดับ แต่มากกว่า ธนาพร บุญมี และคณะ (2560) ที่รายงานว่าโคลูกผสมพื้นเมืองและบราห์มัน 50% มีน้ำหนักซากอุ่น และน้ำหนักซากเย็น โดยน้ำหนักซากอุ่นมีค่าเฉลี่ย 298.65 กิโลกรัม และ น้ำหนักซากเย็น มีค่าเฉลี่ย 289.06 กิโลกรัม เนื่องจากในการทดลองนี้ใช้โคขุนลูกผสมชาร์โรเล่ส์ซึ่งเป็นโคเมืองหนาว เนื่องจากมีอัตราการเจริญเติบโตที่สูง เนื้อคุณภาพดี และมีไขมันแทรกมากกว่าโคลูกผสมพื้นเมือง สอดคล้องกับ Waritthitham et al. (2010a, 2010b) ที่ทำการศึกษาคุณภาพซากและเนื้อของโคลูกผสม โดยพบว่าโคลูกผสมชาร์โรเล่ส์ ให้คุณภาพซากที่ดีกว่าทั้งในด้านเปอร์เซ็นต์ซากและน้ำหนักซากที่มากกว่า โคลูกผสมบราห์มัน ในส่วนของเปอร์เซ็นต์ซากของแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน ซึ่งใกล้เคียงกับ Laorophan et al. (2012) และฉัตรชัย เชื้อผู้ดี และคณะ (2563) พบว่าเปอร์เซ็นต์ซากของโคลูกผสมชาร์โรเล่ส์เฉลี่ยอยู่ที่ 55.06-56.65 เปอร์เซ็นต์

ความหนาของไขมันสันหลังของกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ที่ระดับเฉลี่ย 1.95 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่ารายงานของณรกมล เลาห์รอดพันธ์ และโชค โสรัจกุล (2559) ที่รายงานว่าความหนาของไขมันสันหลังของโคที่ระดับเฉลี่ย 0.97 เซนติเมตร เนื่องด้วยการทดลองนี้ใช้ระยะทดลองที่นานกว่าจึงทำให้ความหนาของไขมันสันหลังหนากว่า โดยความหนาไขมันสันหลังอยู่ระหว่าง 1.88-2 เซนติเมตร สอดคล้องกับการรายงานของ Duckett et al. (1993) ที่รายงานว่ายิ่งใช้ระยะเวลาเลี้ยงโคนานจะส่งผลให้ความหนาของไขมันสันหลังหนาขึ้น

คะแนนไขมันแทรกของโคระหว่างกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ที่ระดับเฉลี่ย 2.03 ต่ำกว่าการรายของวิสูตร ไมตรีจิตต์ และคณะ (2556) ที่ศึกษาอิทธิพลของอายุแปรสภาพต่อลักษณะซากและคุณภาพเนื้อของโคขุนกำแพงแสน พบว่ามีระดับคะแนนไขมันแทรกเฉลี่ยอยู่ที่ 2.28 ซึ่งในการทดลองของ วิสูตร ไมตรีจิตต์ และคณะ (2556) ใช้โคขุนอายุไม่เกิน 3 ปี และระยะเวลาการขุนสั้นเพียง 120 วัน แต่ไม่สอดคล้องกับการรายงานของ Dikeman et al. (1986) ที่รายงานว่าลักษณะซากไขมันแทรกและความหนาไขมันหุ้ม จะเพิ่มขึ้นตามอายุ สอดคล้องกับการศึกษาของ Smith et al. (1994) อาหารพลังงานสูงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการสะสมของไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ นอกจากอาหารพลังงานจากอาหารข้นแล้ว ชนิดของอาหารหยาบก็เป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้การเจริญเติบโตของโคดีขึ้น

5.1.3 คุณภาพเนื้อของโคขุน

จากการศึกษาคุณภาพเนื้อของโคขุนทดลอง (ตาราง 5) พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง เปอร์เซ็นต์โปรตีน เปอร์เซ็นต์ไขมัน และสีของเนื้อโคขุนของกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ค่าโปรตีน และไขมันในเนื้อโคของกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน (P>0.05) สอดคล้องกับรายงานของรักเกียรติ หน่อแก้ว และคณะ (2551) ที่พบว่าชนิดของอาหารหยาบไม่มีผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อโค

ค่าสีของเนื้อโคโดยจำแนกสีเป็นค่า L* (lightness) a* (redness) และ b* (yellow ness) ของโคแต่ละกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน (P>0.05) และมีค่าต่ำกว่าการรายงานของญาณิน โอภาสพัฒนกิจ และคณะ (2547) ที่รายงานว่า ค่า L* และค่า b* ของโคลูกผสมเลือดชาร์โรเล่ส์ อยู่ที่ระดับ 38.25 และ 17.40 ไขมันแทรกที่ระดับ 3-3.5 ทั้งนี้เนื่องมาจากเปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อโคที่มีระดับคะแนนไขมันแทรกสูง จะส่งผลทำให้ค่า L* และค่า b* สูงขึ้น และสอดคล้องกับ Fiems et al. (2000) พบว่าเมื่อปริมาณไขมันแทรกในเนื้อโคมากขึ้น ค่า L* (lightness) (P<0.01) จะเพิ่มขึ้น โดยค่าสีเหลืองมีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ (Sethaku et al., 2007) ทั้งนี้จากการรายงานของ Keane and Allen (1998) ที่รายงานสีเนื้อของโคที่เลี้ยงด้วยระบบการเลี้ยงโค

แบบขังคอกพร้อมกับมีการให้อาหารที่มีพลังงานสูงค่าสีแดงของเนื้อ (a*) จะมากขึ้นเนื่องจากพบว่าปริมาณของ heme pigment มากขึ้น

5.1.4 ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

จากการศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (ตาราง 6) จากการเลี้ยงโคขุนด้วยอาหารหยาบจาก อ้อยหมัก อ้อยหมักที่ไม่มีการเสริมด้วยจุลินทรีย์ (SS) อ้อยหมักที่มีการเสริมด้วยจุลินทรีย์ *Lactobacillus plantarum* (SLP) อ้อยหมักที่มีการเสริมด้วยจุลินทรีย์ *Lactobacillus fermentum* (SLF) อ้อยหมักที่มีการเสริมด้วยจุลินทรีย์ *Saccharomyces cerevisiae* (SSC) พบว่าค่าอาหาร ค่าสายพันธุ์ ราคาซาก และกำไร ของโคแต่ละกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ซึ่งค่าอาหารของโคแต่ละกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ต่ำกว่าการรายงานของฉัตรชัย เชื้อผู้ดี และคณะ (2562) ทำการเลี้ยงโคขุนด้วยอาหารข้น 1.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เฉลี่ยอยู่ที่ 27,548.80 บาทต่อกิโลกรัม ต่างจากการทดลองนี้ที่ให้อาหารข้น 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เฉลี่ยอยู่ที่ 22,563.86 บาทต่อกิโลกรัม อาจเนื่องมากจากปริมาณอาหารข้นต่างกันจึงทำให้ค่าอาหารของการทดลองนี้ต่ำกว่า ซึ่งค่าสายพันธุ์และค่าซากของโคแต่ละกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน (P>0.05) โดยทางบริษัท นอร์ทเทิร์นฟาร์ม (1996) จำกัด รับซื้อโคมาเลี้ยง กิโลกรัมละ 95 บาท และส่วนของค่าซาก ได้กำหนดราคาของโคที่ผ่านการตรวจไขมันแทรกไว้ ดังนี้ ระดับ 1, 2 และ 3 ประมาณ 230, 240 และ 250 บาทต่อกิโลของน้ำหนักมีชีวิต ซึ่งสูงกว่าการรายของณรกมล เลาห์รอดพันธ์ และโชค โสรัจกุล (2559) ที่พบว่าราคาซากเฉลี่ยอยู่ที่ 86,049 บาท เนื่องมาจากการกำหนดราคาของโคที่ผ่านการตรวจไขมันแทรกไว้ ดังนี้ 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0 และ 4.5 คือ 115, 120, 125, 130, 135 และ 140 บาทต่อกิโลของน้ำหนักมีชีวิต ซึ่งราคาตามเกรดไขมันแทรกต่ำกว่าในปัจจุบัน ทำให้มีราคาขายซากที่ต่ำกว่า ส่วนของกำไรของกลุ่ม SLF มีกำไรมากกว่ากลุ่ม SSC แต่ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) อาจเนื่องมากจากต้นทุนของอาหารหยาบของกลุ่ม SLF ต่ำกว่ากลุ่ม SSC (1.72 บาท เปรียบเทียบกับ 1.87 บาท) ส่งผลให้กลุ่ม SLF เมื่อหลักลบค่าอาหารทำให้มีกำไรมากกว่า

5.2 สรุปผลการวิจัย

1) อ้อยหมักด้วยจุลินทรีย์ทุกชนิดมีปริมาณโปรตีนและความชื้นมากกว่า อ้อยหมักแบบไม่เสริมเชื้อจุลินทรีย์ แต่ค่าโภชนะอื่น ๆ มีค่าใกล้เคียงกัน

2) ประสิทธิภาพของการใช้อ้อยหมักและอ้อยหมักที่เสริมด้วยจุลินทรีย์ในการเลี้ยงโคขุน พบว่า น้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักสุดท้าย อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ของแต่ละกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน และด้านคุณภาพซาก น้ำหนักซากอุ่น น้ำหนัก

ซากเย็น ร้อยละซากอุ่น ความหนาไขมันหุ้มซาก และไขมันแทรกของโคแต่ละกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน

3) ด้านของคุณภาพเนื้อ พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง เปอร์เซ็นต์โปรตีน เปอร์เซ็นต์ไขมัน และสีของเนื้อโคขุนของกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน

4) และต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ จากการเลี้ยงโคขุนด้วยอาหารหยาบจาก อ้อยหมัก อ้อยหมักที่ไม่มีการเสริมด้วยจุลินทรีย์ (SS) อ้อยหมักที่มีการเสริมด้วยจุลินทรีย์ *Lactobacillus plantarum* (SLP) อ้อยหมักที่มีการเสริมด้วยจุลินทรีย์ *Lactobacillus fermentum* (SLF) อ้อยหมักที่มีการเสริมด้วยจุลินทรีย์ *Saccharomyces cerevisiae* (SSC) พบว่าค่าอาหาร ค่าสายพันธุ์ ราคาซาก และกำไร ของโคแต่ละกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน

ทั้งนี้การใช้อ้อยหมักหรืออ้อยหมักด้วยจุลินทรีย์มีศักยภาพสำหรับเป็นอาหารหยาบทางเลือก เพื่อการเลี้ยงโคขุนโดยไม่ส่งผลเสียต่อการประสิทธิภาพเจริญเติบโต คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ

บรรณานุกรม

กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2546). *การเลี้ยงโคขุน* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2558). *การเลี้ยงโคขุน*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2558). *คู่มือการเลี้ยงโคเนื้อสำหรับเกษตรกร.* สุรินทร์: โรงพิมพ์รุ่งธนเกียรติ.

คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย. (2551*). ความต้องการโภชนะของโคเนื้อในประเทศไทย*. ขอนแก่น: โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา. 193 หน้า.

คณะทำงานโครงการการเพิ่มศักยภาพการผลิตโคเนื้อจากการจัดการองค์ความรู้และเทคโนโลยี. (2562). *คู่มือ: การเพิ่มศักยภาพการผลิตโคเนื้อจากการจัดการองค์ความรู้และเทคโนโลยี* (พิมพ์ครั้งที่ 2). เชียงใหม่: สมศักดิ์การพิมพ์.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. (2539). *เอกสารประกอบการสอนวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ขั้นสูง*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ ปียชนิต อินทรพรอุดม และปิยะดา ทวิชศรี. (2553). คุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองและโคลูกผสมพันธุ์ต่าง ๆ ภายใต้ระบบการผลิตเนื้อโคและระยะเวลาการบ่มที่แตกต่างกัน. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*, *28*(2), 17-250.

ฉัตรชัย เชื้อผู้ดี วันดี ทาตระกูล ประวิทย์ ห่านใต้ ทศพร อินเจริญ และ ณรกมล เลาห์รอดพันธ์. (2562). ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของโคลูกผสมชาร์โรเล่ส์ที่ได้รับอาหารหยาบจากเปลือกและซังข้าวโพด และอ้อยหมัก. *แก่นเกษตร. 47*(1): 147-152.

ฉัตรชัย เชื้อผู้ดี. (2563). *การใช้อ้อยหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบทางเลือกสำหรับการผลิตโคขุน* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ชยพล มีพร้อม. (2556). *ผลของการเสริมน้ำมันที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันโอลิอิค (Oleic acid) อยู่สูงต่อผลผลิตโคเนื้อ คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของโคเนื้อลูกผสมบราห์มัน.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ จุฑารัตน์ เศรษฐกุล กันยา ตันติวิสุทธิกุล และมาลัย จงเจริญ. (2547). การผลิตเนื้อโคคุณภาพสูงจากโคลูกผสมเลือดชาร์โรเล่ส์ คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ. (น. 298-306). ใน: *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42* สาขาสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ จุฑารัตน์ เศรษฐกุล กันยา ตันติวิสุทธิกุล และวิชิต พรหมอินทร์. (2550). ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพซากของโคขุนภายใต้ระบบการผลิตของสหกรณ์โคเนื้อกำแพงแสน. ใน *รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45 (สาขาสัตว์และสัตวแพทยศาสตร์)* (น. 171-178). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ฐิติพงษ์ นกแก้ว นันทนา ช่วยชูวงศ์ และราชศักดิ์ ช่วยชูวงศ์. (2562). สมรรถภาพการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของโคขุนที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จหมักที่เสริมด้วยเชื้อแลคโตบาร์ซิลลัสและยีสต์. *แก่นเกษตร. 47*(2): 195-200.

ณรกมล เลาห์รอดพันธ์ และโชค โสรัจกุล. (2559). ผลของระยะเวลาการเลี้ยงขุนต่อการเจริญเติบโต คุณภาพซาก และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคขุนลูกผสมชาร์โรเล่ส์. *แก่นเกษตร. 44*: 619-626.

ณัฐพงษ์ หม้อทอง วิโรจน์ ภัทรจินดา พรชัย ล้อวิลัย และศิวัช สังข์ศรีทวงษ์. (2556). การใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ปรับปรุงคุณภาพชานอ้อยเพื่อเป็นอาหารในโคนมรุ่น. *แก่นเกษตร. 41*(1): 92-95.

ณัฐพงษ์ หม้อทอง วิโรจน์ ภัทรจินดา และศิวัช สังข์ศรีทวงษ์. (2555). “ผลของอ้อยอาหารสัตว์หมักที่มีอายุการตัดต่างกันเพื่อทดแทน ข้าวโพดหมักต่อการให้ผลผลิตของโคนม”. *แก่นเกษตร. 40*(2): 133-136.

นริสรา คงสุข เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจ, และศิวัช สังข์ศรีทวงษ์. (2560). การย่อยสลายของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมักเสริม *Lactobacillus plantarum BCC 65951* ที่อายุการหมักต่างๆ ในกระเพาะรูเมนของโคเนื้อพื้นเมือง. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 48*(2), 108-117.

นันทนา ช่วยชูวงศ์ ชัยณรงค์ คันธพนิต และปรารถนา พฤกษะศรี. (2540). การเปรียบเทียบสมรรถภาพการขุน ปริมาณและคุณภาพผลผลิต และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคเนื้อ 5 พันธุ์ที่มีอยู่ในประเทศไทย. ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 35: สาขาสัตว์ สัตวแพทยศาสตร์* (น. 288-297). นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตร

ศาสตร์.

ธนาพร บุญมี นิราภร ชัยวง ณัฐพันธ์ กันธิยะ และสัญชัย จตุรสิทธา. (2560). การเปรียบเทียบสมรรถภาพการขุน คุณภาพซาก และเนื้อของโคขุนลูกผสมระหว่างพันธุ์พื้นเมืองกับ ชาร์โรเลส์ แบล็คแองกัส และบราห์มัน. *วารสารเกษตร. 33*(3): 451-462.

ธิดารัตน์ กันฮะ อิทธิพล เผ่าไพศาล และ กฤตพล สมมาตย์. (2558). อิทธิพลของอายุตัดเก็บเกี่ยวหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ต่อองค์ประกอบทาง เคมีความสามารถในการย่อยได้พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้และการปลดปล่อยแก๊สมีเทนจากกระเพาะหมักของโคเนื้อ. *แก่นเกษตร, 43(3),* 565-572.

นันทนา ช่วยชูวงศ์ ชัยณรงค์ คันธพนิต และปรารถนา พฤรถนา พฤกษะศรี. (2540). การเปรียบเทียบสมรรถการขุน ปริมาณและคุณภาพผลผลิต และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคเนื้อ 5 พันธุ์ที่มีอยู่ในประเทศ น. 288-297. ใน*การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 35*:สาขาสัตว์ สัตวแพทยศาสตร์ 3-5 กุมภาพันธ์ 2540.

ปิ่น จันจุฬา. (2550). การใช้เยื่อในลำต้นสาคูในอาหารโคเนื้อที่ได้รับอาหารหยาบคุณภาพต่ำ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.

ปรารถนา พฤกษะศรี.(2550). *การเลี้ยงโคขุนเป็นอาชีพเสริม* ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน. กรุงเทพฯ.

ปริชาติ ช่างสัก เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจ และศิวัช สังข์ศรีทวงษ์. (2562). ผลของ *Lactobacillus fermentum* ต่อคุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมครบส่วนหมักที่ระยะการหมักต่างกัน. *แก่นเกษตร. 47*(2): 289-294.

แพรวพรรณ เครือมังกร วรรณา อ่างทอง รำไพร นามสีลี และ จันทกานต์ อรณนันท์. (2556). *การประเมินค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของหญ้าเนเปียร์แคระในโคเนื้อ* (รายงานผลงานวิจัย). กรุงเทพฯ. สำนักพัฒนาอาหารสัตว์. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 51-63.

ภัทรภร ทัศพงศ์. (2556). *โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง*. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://www.agi.nu.ac.th/science/121113/บทที่%204%20โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง.pdf. สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 63.

มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี, พรพรรณ แสนภูมิ, วรางคณา กิจพิพิธ, และกฤติยา เลิศชุณหะเกียรติ. (2556). การศึกษาการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากเปลือกสับปะรดโดยใช้ยีสต์ และบาซิลัสซับติลิสเพื่อพัฒนาเป็นอาหารสัตว์. *แก่นเกษตร*, *41*, 80-86.

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

เมธา วรรณพัฒน์. (2552). *การผลิตโคเนื้อและกระบือในเขตร้อน*. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ยอดชาย ทองไทยนันท์. (2547). *การเลี้ยงโคเนื้อ*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

รักเกียรติ หน่อแก้ว ธำรงศักดิ์ พลบำรุง จีรวัส เข็มสวัสดิ์ เทอดชัย เวียรศิลป์ มิชาเอล วิคเค และสัญชัย จตุรสิทธา. (2551). คุณภาพเนื้อและองค์ประกอบกรดไขมันในกล้ามเนื้อสันนอกของโคพื้นเมืองไทยที่เลี้ยงปล่อยพืชอาหารหยาบต่างกัน. น. 3-10. ใน: *งานประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46.* สาขาสัตว์ และสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วรินธร มณีรัตน์. (2559). *การจัดการการผลิตโคเนื้อ*. ใน เอกสารการสอนชุดวิชา 93463 การจัดการการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

วิโรจน์ ภัทรจินดา ศิวัช สังข์ศรีวงษ์ ประเสริฐ ฉัตรวชิระวงษ์ สมฤทัย สัพโพ และอานนท์ปะเสระกัง. (2552). *การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของโคนมสาวเมื่อได้รับอ้อยอาหารสัตว์ข้าวโพดหมักและฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ*. โครงการร่วมระหว่างมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

วิสูตร ไมตรีจิตต์ ทวีพร เรืองพริ้ม สุธิษา มาเจริญ สมพร ปุ่นโก๋ วรเทพ ชมพูนิตย์ และริเชษฐ์ พึ่งชัย. (2556). อิทธิพลของอายุต่อลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อของโคขุนกำแพงแสน. น. 3189-3189. ใน: *การประชุมวิชาการแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 10.* มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

วารินทร์ พิมพา จักกฤษณ์ พิมพา และเพ็ญศิริ นภีรงค์. (2555). *การพัฒนากระบวนการหมักชานอ้อยด้วยจุลินทรีย์ผสมเพื่อใช้เสริมในอาหารไก่*. มหาวิทยาลัยนเรศวร:พิษณุโลก.

วรรณา อ่างทอง ทวีศักดิ์ ชื่นปรีชา อภินันท์ จินดานิรดุล และโสภณ ชินเวโรจน์. (2559). สมรรถนะการเจริญเติบโต และลักษณะซากโคนมเพศผู้ที่เลี้ยงเสริมโดยใช้กากมันสำปะหลังหมักเติมยีสต์และไม่เติมยีสต์. *ใน รายงานผลงานวิจัยสำนักพัฒนาอาหารสัตว์ ประจำปี พ.ศ. 2559*. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สมิต ยิ้มมงคล. (2545). *การจัดการการผลิตโคเนื้อ*. ใน เอกสารการสอนชุดวิชา 93463 การจัดการการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. (2553). *คู่มือการเลี้ยงโคเนื้อทาจิมะภูพาน*. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. (2547). *มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกอช.* 6001-2547. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สิริพร อ่ำสุข เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจ และศิวัช สังข์ศรีทวงษ์. (2562). ผลของการเติม *Lactobacillus plantarum BCC 65951* ต่อคุณค่าทางโภชนะของเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมัก. *แก่นเกษตร. 47*(2): 759-764.

สินีนาฏ พลโยราช และเมธา วรรณพัฒน์. (2558). ศักยภาพในการใช้ยีสต์เป็นแหล่งโปรไบโอติก. *แก่นเกษตร. 43*: 191-206.

สุริยะ สะวานนท์ และพีรชิต ไชยหาญ. (2554). ผลของรูปร่างลักษณะภายนอก ระดับไขมันในสูตรอาหารและระยะเวลาในการขุนต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของโคเนื้อลูกผสมเพศผู้ตอน. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 42*(1): 87-97.

สุริยะ สะวานนท์ คงปฐม กาญจนเสริม ริเชษฐ์, พึ่งชัย พีระพงษ์ เหมือนตา และปัฐวนันท์ พันธุมาตร. (2554). ผลของการเสริมกระถินหมักและระยะเวลาในการตอนต่อสมรรถภาพการผลิตคุณลักษณะซาก และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการขุนโคเนื้อลูกผสมเพศผู้. *วิทยาสารกำแพงแสน. 9*: 29-40.

สุรีลักษณ์ รอดทอง หนึ่ง เตียอำรุง และพงษ์ฤทธิ์ ครบปรัชญา. (2545). *ความหลากหลายของสายพันธุ์แลคโตแบซิลลัสในหญ้าหมักของไทย* (รายงานการวิจัย), นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat. (1995). *Standard Tables of Feed composition in Japan*. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries.

A.O.A.C. (2000). *Office Methods of Analysis. Association of official analytical chemists. Washington*, DC.: n.p.

Annison E. F. and W. L. Brydon. 1998. Perspectives of ruminant nutrition and metabolism. Metabolism in the rumen. *Nutrition Research Reviews, 11*: 173–98.

Arriola, K.G., S.C. Kim & A.T. Adesogan. (2011). Effect of applying inoculants with heterolactic or homolactic and heterolactic bacteria on the fermentation and quality of corn silage. *Journal of Dairy Science. 94*(3): 1511-1516.

Carvalhoa, B. F., C. L. S. Ávila, J. C. Pinto, J. Neri & R. F. Schwana. (2014). Microbiological and chemical profile of sugar cane silage fermentation inoculated with wild strains of lactic acid bacteria. *Journal of Animal and Feed Sciences. 195*: 1-13.

Church, D. C. 1973. *Digestive physiology and nutrition of ruminants*. Vol. 1. Digestive physiology. O. S. U. Book store, Inc. Oregon. USA. 316 pp.

Comino, L., E. Tabacco, F. Righi, A. Revello-Chion, A. Quarantelli & G. Borreani. (2014). Effects of an inoculant containing a Lactobacillus buchneri that produces ferulate-esterase on fermentation products, aerobic stability, and fibre digestibility of maize silage harvested at different stages of maturity. *Animal Feed Science and Technology, 198*, 94–106.

Duckett, S. K., Wagner, D. G., Yates, L. D., Dolezal, H. G. & S. G. May. (1993). Effects of time on feed on beef nutrient composition. *Journal of Animal Science. 71*: 2079-2088.

Dikeman, M.E., G.B. Reddy, V.H. Arthaud, H.J. Tuma, R.M. Koch, R.W. Mandigo & J.B. Axe. (1986). Longissimus muscle quality, palatability and connective tissue histological characteristics of bulls and steers fed different energy levels and slaughtered at four ages. *Journal of Animal Science. 63*: 92-101.

Ensminger, M. E. & R. C. Perry. (1997). *Beef Cattle Science*. 7th edn. Interstate Publishers, Inc. 785 pp.

Fiems, L.O., S. De Campeneere, S. De Smet, G. Van de Voorde, J.M. Vanacker & Ch. V. Boucque. (2000). Relationship between fat depots in carcasses of beef bulls and effect on meat colour and tenderness. *Meat Science. 56*: 41-47.

García-Escobar Eva, Federico Soriguer, Sara García-Serrano, Juan M. Gómez-Zumaquero, Sonsoles Morcillo, Juan Haro, Gemma Rojo-Martínez. (2008). Dietary oleic acid and adipocyte lipolytic activity in culture. *The Journal of Nutritional Biochemistry, 19*:27–731

Gregory, K. E., L. V. Cundiff, R. M. Koch, M. E. Dikeman & M. Koohmaraie. (1994). Breed effects, retained heterosis, and estimates of genetic and phenotypic

parameters for carcass and meat traits of beef cattle. *Journal of Animal Science, 72,* 1174-1183.

Guo, X. S., D. J. Undersander & D. K. Combs. (2013). Effect of lactobacillus inoculants and forage dry matter on the fermentation and aerobic stability of ensiled mixed-crop tall fescue and meadow fescue. *Journal of Dairy Science, 96*, 1735-1744.

Laorodphan, N. (2012). *Using of dried cassava pulp from ethanol process for beef cattle production* (Doctoral dissertation). Chiang Mai: Chiang Mai University.

Mcdonald, P., R. A. Edwards, J. F. D. Greenhalgh, C. A. Morgan, L. A. Sinclair & R. G. Wilkinson. (2010). *Animal Nutrition* (7th Ed.). N.P.: Prentice Hall.

Nurnberg K., J. Wegner, and K. Ender, (1998). Factors influencing fat composition in muscle and adipose tissue of farm animals. *Livestock Production Science*, *56*: 145 – 156.

Queiroz, O. C. M., S. C. Kim & A. T. Adesogan. (2012). Effect of treatment with a mixture of bacteria and fibrolytic enzyme on the quality and safety of corn silage infested with different levels of rust. *Journal of Dairy Science, 95*, 5285-5291.

Huber, J.T. (1997). Probiotics in cattle. *In R. Fuller. Probioticins of Lactic Acid Bacteria. Califonia*: (pp 162-186). London: Chapman & Hall.

Humphrey, L. R. (1991). *Tropical Pasture Utilization.* Cambridge University Press, Cambridge.

Hungate, R. R. 1966. *The rumen and its microbes. Academic Press*, Newyork. USA. 533 pp.

Kawashima, T., W. Sumamal, P. Pholsen, R. Chaithiang, M. Kurihara & M. Shibata. 2002. Feeding value of sugarcane stalk for cattle. In *Animal Production and Grassland Division, Japan International Research Center for Agriculral Sciences 1-2*, Owashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8686. Japan: Japan International Research Center for Agriculral Sciences.

Kristensen, N. B., K. H. Sloth, O. Hojberg, N. H. spliid, C. Jensen & R. Thogersen. (2010). Effects of microbial inoculants on corn silage fermentation, microbial contents, aerobic stability, and milk production under field conditions. *Journal of Dairy Science*. *93*: 3764-3774.

Keane, M. G. and P. Allen. (1998). Effects of production system intensity on performance, carcass composition and meat quality of beef cattle. *Livestock Production Science. 56:* 203-214.

Roman, J., C. C. Jobim., F. D. de Resende, G. R. Siqueira, M. H. de Faria & R. A. de Oliveira Neto. (2011). Performance of finishing beef cattle fed different diets containing whole-crop maize silage or sugarcane silage. *Revista Brasileira de Zootecnia, 40*(3), 682-689.

Sami, A.S., C. Augustini & F.J. Schwarz. (2004). Effects of feeding intensity and time on feed on performance, carcass characteristics and meat quality of Simmental bulls. *Meat Science. 67*: 195-201.

Seglar, B. (2003). *Fermentation Analysis and Silage Quality Testing*. 2 nd Ave. Global Agronomy and Nutritional Sciences Pioneer Hi-Bred International, USA.

Sethakul, J., Y. Opatpatanakit, K. Tunvisoottikul & W. Prom-in. (2007). *Retail cuts percentage and meat quality of feedlot steers under production system of Kamphaengsaen beef cooperative*: Beef production. Proceedings of the Animals Science Research. Bangkok, Thailand, Jan. 30 -Feb. 2. 2007. pp. 179-186

Smith, C.L., H. Giordano & R. DeLotto. (1994). Mutational analysis of the Drosophila snake protease: an essential role for domains within the proenzyme polypeptide chain. *Genetics. 136*(4): 1355-1365.

Smith, S. B., and J. D. Crouse. (1984). Relative contributions of acetate, lactate and glucose to lipogenesis in bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissue. *The Journal of Nutrition, 114*:792–800.

Suksombat, M. & P. Junpanichcharoen. (2005). Feeding of Sugar Cane Silage to Dairy Cattle during the Dry Season. Asian-Aust. *Journal of Animal Science, 18*(8), 1125-1129.

SPSS. (2010). Statistical Package for Social Sciences. SPSS Inc., Chicago, IL., USA.

Steel, R. G. D. & J. H. Torrie. (1980). *Principles and Procedures of Statistics: a biometric approach.* 2nd edition. McGraw-hill. New York.

Suzuki, T., T. Sakaigaichi, M. Kamiya, Y. Kamiya, I. Hattori, K. Sato, T. Terauchi Tomoyuki M. Tanaka. (2014). Feeding of Fodder-Sugarcane Silage to Holstein Cows. *Japan Agricultural Research Quarterly. 48*(2), 183-193.

Van Soest, P. J., J. B. Robertson & B. A. Lewism. (1991). Methods for dietary fiber neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. *74*: 3583-3597.

Waritthitham, A., C. Lambertz, H.J. Langholz, M. Wicke & M. Gauly. (2010a). Assessment of beef production from Brahman × Thai native and Charolais × Thai native crossbred bulls slaughtered at different weights. I: Growth performance and carcass quality. *Meat Science 85:* 191-195.

Waritthitham, A., C. Lambertz, H. J. Langholz, M. Wicke & M. Gauly. (2010b). Assessment of beef production from Brahman × Thai native and Charolais × Thai native crossbred bulls slaughtered at different weights. II: Meat quality. *Meat Science. 85:* 196-200.

Weinberg, Z.G., G. Ashbell, Y. Hen & A. Azrieli. (1993). The effect of applying lactic acid bacteria at ensiling on the aerobic stability of silages. *Journal of Applied Bacteriology, 75*(6), 512–518.

ภาคผนวก

ก การเตรียมสาร

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องกลั่นโปรตีน และ Cooling bath circulator
2. เครื่องวิเคราะห์เยื่อใย (refluxing apparatus)
3. เครื่องสกัดไขมัน
4. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
5. เตาเผาเถ้า (Muffle furnace)
6. ถ้วยหาความชื้น
7. คีมคีบ (Tong)
8. โถดูดความชื้น
9. ถ้วยเผา (Crucible)
10. คีมคีบ (tong)
11. เตาไฟฟ้า (Hot plate)
12. เตาย่อยตัวอย่างพร้อมเครื่องดูดไอกรด
13. กระบอกตวงขนาด 25 และ 50 มิลลิลิตร
14. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
15. บีกเกอร์ขนาด 100 และ 250 มิลลิลิตร
16. หลอดย่อยสำหรับเตาย่อย
17. บิวเรต พร้อม Stand
18. ช้อนตักสาร
19. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง
20. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
21. กระดาษกรองน้ำตาล
22. คีมคีบ (Sintered glass crucible)
23. ถ้วยกรองเยื้อใย (filter or sintered glass crucble)
24. ดินสอดำ และปากกาเคมี

สารเคมีและสารละลาย

การเตรียมสารละลาย (รายละเอียดการเตรียมสารแสดงในภาคผนวก)

1. Catalyst mixure (โปตัสเซียมซัลเฟต 100 กรัม+คอปเปอร์ซัลเฟต 7 กรัม)
2. กรดซัลฟูริคเข้มข้น
3. สารละลาย NaOH 40%
4. สารละลาย NaOH 20%
5. สารละลายมาตรฐาน H_2SO_4 0.1 N
6. สารละลายกรดบอริค 4%
7. Mix indicator
8. Soxhlet tube
9. Extraction flask
10. ปิโตรเลียมอีเทอร์
11. สารละลายกรดซัลฟูริคความเข้มข้น 1.25%
12. สารละลายโปแตตกเซียมไฮดรอกไซด์ (potassium hydroxide)
13. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) ความเข้มข้น 1.25%
14. เอ็น-ออกทานอล (N-octanol) ใช้เป็นสารลดการเกิดฟอง (antifoam)
15. อะซิโตน (acetone)
16. ซีไลส์ (celited) ใช้เป็นสารช่วยในการกรอง
17. Acid detergent solution

การเตรียมสารละลายที่ใช้ในการวิเคราะห์ Proximate analysis

1. สารละลายวิเคราะห์โปรตีนรวม (crude protein)

สารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐาน 0.1 N

กรดซัลฟูริกเข้มข้น (95-97% คือ กรดซัลฟูริก 100 g มีกรดอยู่ 96 g) จำนวน 2.8 มิลลิลิตร เติมลงในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1000 มิลลิลิตร (1 ลิตร) สารละลายที่เตรียมได้มีความเข้มข้นประมาณ 0.1 N จากนั้นนำสารละลายที่เตรียมได้ไปปรับมาตรฐาน (standardize) ด้วยโซเดียมคารีบอเนต (Na_2CO_3) ตามวิธีดังต่อไปนี้

นำ Na_2CO_3 ที่มีน้ำหนักประมาณ 2 g (ใส่ขวด หรือกระจกนาฬิกา) นำไปอบในตู้ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้น แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น

ชั่ง Na_2CO_3 ที่อบแล้วให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 0.2 g ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่นที่ต้มที่ไล่แกสคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แล้วจำนวน 50-75 มิลลิลิตร และหยดเมทธิลเรด (methyl red) ลงไป 2-3 หยด

นำไปไตเตรดกับสารละลายกรดซัลฟูเริคมาตรฐานที่เตรียมไว้จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีชมพุอ่อนๆ บันทึกปริมาตรของสารละลายกรดซัลฟูริคที่ใช้โดยคำนวณดังนี้

$$\text{การคำนวณ normality} = \frac{\text{น้ำหนักของ } Na_2CO_2 \times 1{,}000}{\text{ปริมาณของสารละลายกรดซัลฟูริค} \times 53 \text{ (น้ำหนักสมมูลของ } Na_2CO_2)}$$

สำหรับสารละลายเมทธิลเรดที่ใช้เป็นอินเคเตอร์ใช้สารละลายเมทธิลเรด 0.2% (วิธีการเตรียมเหมือนการเตรียมสารละลายมิกซ์อินดิเคเตอร์)

ชั่งเมทธิลเรด 0.2 g ใส่ในบิกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมแอลกอฮอล์ 95-96% ประมาณ 70-80 มิลลิลิตร คนให้ละลายและถ่ายใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยแอลกอฮอล์ให้ได้ 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

2. มิกซ์ อินดิเคเตอร์ (mix indicator)

สารละลาย A: เตรียมสารละลายเมทธิเรด 0.2% ในแอลกอฮอล์ 96% จำนวน 100 มิลลิลิตร โดย

ชั่งเมทธิเรด 0.2 g ละลายให้หมดในแอลกอฮอล์ 96% แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร

สารละลาย B: เตรียมสารละลายโบรโมครีซอลกรีน (bromocresol green) 0.2% ในแอลกอฮอล์ 96% จำนวน 100 มิลลิลิตร โดยชั่ง bromocresol green 0.2 g ละลายให้หมดแอลกอฮอล์ 96% แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร

ผสมสารละลาย A 50 มิลลิลิตร กับสารละลาย B 250 มิลลิลิตร จะได้สารละลายสีแดงส้ม และเมื่อหยดใส่สารละลายกรดบอริค 4% จะได้สารสีเหลืองส้ม หรือสีชมพูส้มออกแดง และ ที่จะเปลี่ยนเป็นสีฟ้า-เขียว ในสภาพที่เป็นด่าง (หยดสารละลายด่างทดสอบ) เมื่อไตเตรทด้วยสารละลายกรดมาตรฐานจะได้สีชมพูส้มกลับคืน

เพื่อป้องกันการเสื่อมของสารละลายที่เก็บนานเกินไปให้ใช้ปริมาณน้อยลง โดยเตรียมสารละลายให้น้อยลงดังนี้ สารละลาย A 250 มิลลิลิตร (ใช้ methyl red 0.05 g) และสารละลาย B 125 มิลลิลิตร (ใช้ bromocresol green 0.25 g)

3. สารละลายกรดบอริค (boric acid) 4%

การเตรียมสารละลายกรดบอริค (boric acid) 4% จำนวน 1 ลิตร ทำโดยต้มน้ำกลั่นประมาณ 500 มิลลิลิตรให้ร้อนแล้วชั่งผง boric acid 40 g ใส่ลงไปคนจนสารละลายหมดทิ้งไว้จนสารละลายเย็นลงแล้วเติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ครบ 1000 มิลลิลิตร

4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 40%

การเตรียม 1 ลิตร: ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 400 g ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1000 มิลลิลิตร ข้อควรระวังในการเตรียมสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 400 g คือใช้ผ้าปิดจมูกและใส่ถุงมือขณะปฏิบัติงาน ขณะคนให้สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ละลายหมก ควรแช่ภาชนะไว้ในน้ำเพื่อลดอุณหภูมิ

5. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 20%

การเตรียม 1 ลิตร: ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 200 g ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1000 มิลลิลิตร ข้อควรระวังทำเช่นเดียวกับการเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40%

สารละลายสำหรับวิเคราะห์เยื่อใย

การวิเคราะห์เยื่อใยแบบที่ต้องสกัดไขมันออกก่อน จะใช้สารละลายดังนี้

1. กรดซัลฟูริค (H_2SO_4) 1.25% กรณีจำนวน 1 ลิตร เตรียมดังนี้ ปิเปตกรด H_2SO_4 เข้มข้นจำนวน 7.1 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 1 ลิตร ซึ่งมีน้ำกลั่นอยู่ประมาณครึ่งขวดเขย่าเบาๆ ให้เข้ากันแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1 ลิตร แล้วเขย่าอีกครั้ง

2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) หรือ โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 1.25% เตรียม 1 ลิตร ชั่ง NaOH หรือ KOH 1.25 g ใส่ในบีกเกอร์แล้วเติมน้ำกลั่นเล็กน้อยคนให้ละลายหมดแล้วรินใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 1 ลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1 ลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน

สารละลายสำหรับวิเคราะห์ neutral detergent fiber (NDF) **และ** acid detergent fiber (ADF)

สารละลายสำหรับวิเคราะห์ NDF

1. Sodium lauryl sulfate 30 g

2. Disodium ethylene diamine-tetraacetate (EDTA) dehydrate crystal, reagentgrade 18.61 g

3. Sodium borate decahydrate, reagent grade ($Na_2B_4O_7*10H_2O$) 6.81 g

4. Disodium hydrogen phosphate, anhydrous, reagent grade (c) 4.56 g

5. 2-ethoxyethanol (ethylene glycol monoethyl ether) purified grade 10 มิลลิลิตร

การเตรียมสาร

1. สารละลาย A: ชั่ง EDTA และ $Na_2B_4O_7*10H_2O$ ลงในบีกเกอร์ เติมน้ำกลั่นลงไปพอสมควร นำไปต้มจนกระทั่งละลายหมด

2. สารละลาย B: ละลาย sodium lauryl sulfate ด้วยน้ำกลั่นแล้วเติม 2-ethoxyethanol

3. ผสมสารละลาย A ลงไปในสารละลาย B

4. ละลาย $NaHPO_4$ ด้วยน้ำกลั่นต้มจนละลายหมดแล้วเทผสมในสารละลาย A และ B ปรับปริมาตรของสารละลายที่ผสมนี้ให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

5. สารละลายที่เตรียมได้จะมีค่า pH 6.9-7.1 ถ้าไม่ได้ให้ปรับความเป็นกรด-ด่าง ด้วย H_2SO_4 หรือ NaOH ถ้าเป็นด่างให้ใส่ H2SO4 50% ถ้าเป็นกรดให้ใส่ NaOH ประมาณ 4-5 เม็ด ทำให้เป็นสารละลายโดยวิธีการหยดที่ละ 2-3 หยดก่อน ถ้ายังไม่ได้ pH ตามที่ต้องการก็หยดไปอีก

สารละลายสำหรับวิเคราะห์ ADF

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4) 28 มิลลิลิตร

2. Cetyl trimethyl ammonium bromide (CTAB) 20 g

3. การเตรียมสาร

4. โดยการใส่กรดซัลฟูริกเข้มข้น 28 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตรที่มีน้ำกลั่นประมาณ 500 มิลลิลิตรเขย่าเบา ๆ ให้เข้ากันแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากัน สารละลายที่เตรียมได้ควรมีความเข้มข้น 1 N

5. เติม CTAB 20 g ลงไปในสารละลายกรดซัลฟูริกที่เตรียมไว้ผสมให้เข้ากัน

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธีการ Proximate Analysis

นำตัวอย่างไปอบแห้งโดยอบที่อุณหภูมิ 60 ºC เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จนกระทั่งมีน้ำหนักคงที่ แล้วนำตัวอย่างมาบด หลังจากนั้นแบ่งวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี (AOAC, 2000)

1. การวิเคราะห์ปริมาณวัตถุแห้งและเถ้า

นำตัวอย่างอาหารประมาณ 3 กรัม ใส่ถ้วยนำไปอบที่อุณหภูมิ 103 ºC อบประมาณ 4 ชั่วโมง นำออกใส่ในโถดูดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็น เป็นเวลาอย่างน้อย 45 นาทีหรือจนกว่าจะเย็น ชั่งน้ำหนักอีกครั้งน้ำหนักที่ได้ คือน้ำหนักของของวัตถุแห้ง (DM) แล้วนำตัวอย่างอาหารไปเผาไล่ควันจนควันหมด แล้วจึงเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 ºC เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นนำออกมาใส่ไว้ในโถดูดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนักอีกครั้งจะได้น้ำหนักเถ้า (Ash)

2. การวิเคราะห์โปรตีนหยาบ

ทำการวิเคราะห์โดยวิธี Kjeldahl method โดยชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง ใส่ Bumping glass 2 เม็ด ใส่ catalase 10 กรัม จากนั้นใส่กรด Sulfuric 20 มิลลิลิตร นำไปต้มบนเครื่องย่อย 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเติมน้ำลงไปชะกรด จากนั้นทำการกลั่น ที่ปลาย Condenser จุ่มบีคเกอร์ที่มีกรด Boric 4% และ Indicator 2 หยด เมื่อครบ 200 มิลลิลิตร นำไปไตเตรทด้วยกรด HCl จนเริ่มเปลี่ยนสีเป็นสีชมพู แล้วสังเกตแผงสเกล ก็จะทราบถึงจำนวนกรดที่ทำปฏิกิริยา ก็จะสามารถคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนได้เมื่อคูณด้วยแฟคเตอร์ 6.25 ก็จะได้ค่าโปรตีนหยาบ

3. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

ชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 3 กรัม ห่อใส่กระดาษกรองน้ำตาลแล้วใส่ลงใน Extraction thimble ต่ออุปกรณ์สกัดไขมัน เติม Dichloromethane 170 มิลลิลิตร ลงในขวดก้นกลมที่มีเม็ดกันเดือดอยู่ 3 เม็ด ใช้เวลากลั่นประมาณ 16 ชั่วโมงหรือจนกว่าไขมันถูกชะจาก Thimble ลงขวดก้นกลมหมดแล้ว เอา Thimble ออกกลั่นจนกว่า Dichloromethane อยู่บนหลอดจนเกือบหมด เทไว้ใช้ครั้งใหม่ ส่วนที่เหลือในขวดก้นกลมเป็นไขมันที่สกัดได้ แล้วเอาไปอบ 100 ºC เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นหลังกลั่นคือ ปริมาณไขมัน

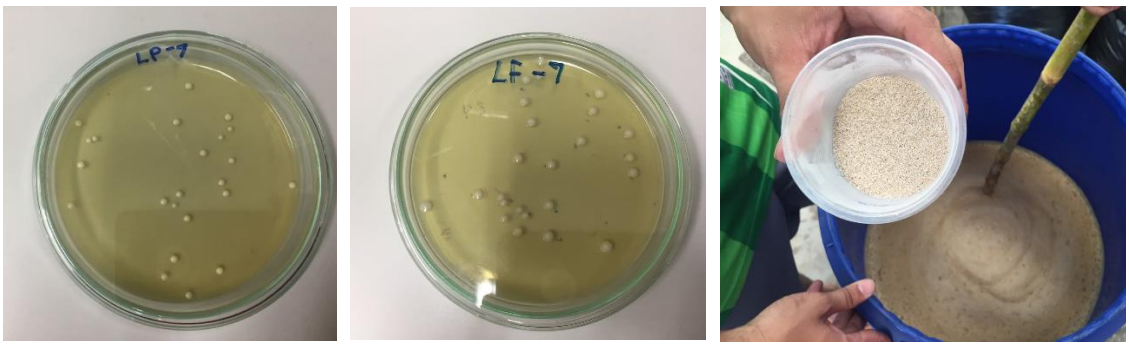
4. การวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใยหยาบ

นำตัวอย่างประมาณ 3 กรัม ใส่บีคเกอร์ เติม H2SO4 3.125% 200 มิลลิลิตร นำไปต้มจนเดือดเป็นเวลา 10 นาที แล้วเอามากรองล้างตะกอนให้หมด จากบีคเกอร์ด้วยน้ำร้อน 200 มิลลิลิตร เมื่อตะกอนแห้ง เทตะกอนทั้งหมดลงในบีคเกอร์เดิมเติม NaOH 3.125% 200 มิลลิลิตร นำไปต้มต่อจนเดือดเป็นเวลา 10 นาที แล้วเอามากรองเหมือนเดิม ชะด้วยน้ำร้อน 200 มิลลิลิตร จากนั้นล้างด้วย Acetone อีกเล็กน้อย เทตัวอย่างลงในถ้วยกระเบื้อง อบที่ 103 °C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักแล้วเอาไปเผาที่อุณหภูมิ 550 °C 5 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง

5. การคำนวณหาปริมาณ Nitrogen Free Extract (NFE)

NFE (% of DM) = 100 - % Crude Protein (DM) - % Fat (DM) - % Crude Fiber (DM) - % Ash (DM)

ภาพที่ 9 อุปกรณ์ และเครื่องวิเคราะห์ต่างๆ



Lactobacillus plantarum *Lactobacillus fermentum* *Saccharomyces cerevisiae*

ภาพที่ 10 เชื้อจุลินทรีย์แลคโตบาซิลลัสและยีสต์

ภาพที่ 11 การขยายเชื้อจุลินทรีย์

ข การเตรียมสัตว์ทดลอง

การชั่งน้ำหนักโคทดลอง

ภาพที่ 12 การชั่งน้ำหนักเริ่มต้นโคทดลอง

ภาพที่ 13 การขนย้ายอ้อยเข้าสู่โกดังผลิตอ้อยหมักในการทดลอง

ภาพที่ 14 การสับย่อยขนาดชิ้นส่วนของอ้อย

ภาพที่ 15 ขั้นตอนการหมักอ้อยทดลอง

ภาพที่ 16การขนส่งอ้อยไปยังฟาร์มทดลอง

ภาพที่ 17 อ้อยหมักร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์

ภาพที่ 18 สถานที่ทำการทดลอง

ภาพที่ 19 การผสมอาหารด้วยมือ

ขั้นตอนการฆ่าโคตามมาตรฐานสากล

1. การอดอาหาร (fasting) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยให้แต่เพียงน้ำสะอาดกินเท่านั้น การอดอาหารเพื่อให้มีเศษอาหารคงค้างในระบบทางเดินอาหาร

2. การทำให้สลบ (stunning) เป็นวิธีการฆ่าที่จะไม่ทรมานสัตว์ โดยใช้ปืนยิงเข้าบริเวณจุดเส้นทแยงมุมระหว่างเขากับตาตัดกันจะทำให้โคสลบแต่ยังไม่ตาย

3. การเอาเลือดออก (bleeding) โดยเมื่อโคสลบแล้ว ใช้โซ่คล้องขา ใช้รอกไฟฟ้ายกตัวให้ลอยกลางอากาศ แล้วใช้มีดยาว 6 นิ้ว ผ่าหนังบริเวณใต้เสือร้องไห้ แล้วจึงเสือกมีดเข้าอกให้ตัดเส้นเลือดแดงใหญ่ (carotid artery) และเส้นเลือดดำใหญ่ (jugular vein) เลือดก็จะพุ่งออกมา

4. การเลาะหนัง (skinning) หมายถึง การเลาะหนังออกจากตัวสัตว์ใช้มีดเริ่มเลาะหนังจากแข้งหน้าเลาะเรื่อยไปโดยเลาะเข้าหาอก จากนั้นเปิดหนังแนวกลางท้องไปจรดขาหลังทั้ง 2 ที่เลาะผ่านบริเวณทวารหนัก เลาะไปจนหมดทั้งตัว คล้าย ๆ กับการถอดเสื้อ

5. การตัดแข้ง (shanking) โดยใช้มีดเซาะรอยต่อกระดูกขาหน้าบริเวณเข่า ซึ่งเป็นกระดูกข้อต่อบริเวณเข่า (break joint) ก่อนที่จะหักออกมา ส่วนแข้งหลังทั้ง 2 ก็ทำเช่นกัน

6. การตัดหัว (heading) หลังจากเลาะหนังหมดทั้งตัวแล้วจึงใช้มีดปาดกล้ามเนื้อบริเวณศีรษะให้รอบ แล้วใช้มีดเซาะรอยต่อกระดูกคอข้อแรก (atlas joint) แล้วใช้มือบิดก็จะได้หัวหลุดออกจากลำตัว

7. การผ่ากระดูกอก (breast bone) โดยใช้เลื่อยบริเวณกระดูก sternum ที่บริเวณอก

8. การผ่ากระดูกเชิงกราน (aitch bone) ใช้เลื่อยตัดกระดูกเชิงกรานตัดตามแนวกระดูกอ่อนของ pubis symphysis

9. การเอาอวัยวะภายในออก (evisceration) ใช้มีดกรีดกลางท้องแนวใต้กระดูกเชิงกรานถึงอก แล้วดึงเอาอวัยวะภายในออก คงเหลือไตและมันหุ้มไตติดกับตัวซาก และล้างให้สะอาด

10. การผ่าเป็น 2 ซีก (splitting) เลื่อยแนวกระดูกสันหลังกลางลำตัว ให้ซากแบ่งออกจากกันเป็น 2 ซีกเท่า ๆ กัน แล้วฉีดน้ำทำความสะอาด ขูดเอาไขกระดูกสันหลังออก และตัดแต่งเศษเนื้อและเศษจุดเลือดให้เรียบร้อย

11. การแช่เย็น (chilling) นำซากที่ห่อหุ้มผ้าขาวเอาแช่ห้องเย็นที่อุณหภูมิ 3°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนจะได้ทำการตัดแต่งซากต่อไป (คณะทำงานโครงการการเพิ่มศักยภาพการผลิตโคเนื้อจากการจัดการองค์ความรู้และเทคโนโลยี, 2562)

ภาพที่ 20 ขั้นตอนการฆ่าโคตามมาตรฐานสากล

ภาพที่ 21 ขั้นตอนการฆ่าโคตามมาตรฐานสากล

ภาพที่ 22 การตัดแต่งซากและชิ้นเนื้อ

ภาพที่ 23 วิธีการวัดค่าสีของเนื้อ

บรรณานุกรม

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล	กิจจา มุขทั่ง
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 6 เดือนตุลาคม พ.ศ.2539
ที่อยู่ปัจจุบัน	19 หมู่ 2 ตำบลดงประคำ อำเภอพรหมพิราม จังหวัดพิษณุโลก 65180
ที่ทำงานปัจจุบัน	-
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	-
ประสบการณ์การทำงาน	-
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ปีการศึกษา 2562