ผลของหญ้าหวานอิสราเอล เนเปียร์ปากช่อง และเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมักต่อกระบวนการต่อต้านอนุมูลอิสระในเลือด ผลผลิต และองค์ประกอบน้ำนม ในแพะรีดนม

นางสาววีรดา มีทิพย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2565

THE EFFECT OF SWEET, PAKCHONG-1 AND PURPLE NAPIER SILAGE ON BLOOD ANTIOXIDANT ACTIVITY, MILK YIELD AND MILK COMPOSITION IN LACTATING GOATS

WEERADA MEETHIP

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Science in Animal Production Technology
Suranaree University of Technology
Academic Year 2022

ผลของหญ้าหวานอิสราเอล เนเปียร์ปากช่อง และเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมัก ต่อกระบวนการต่อต้านอนุมูลอิสระในเลือด ผลผลิต และองค์ประกอบน้ำนม ในแพะรีดนม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผศ. ดร. เฉลิมพล เยื้องกลาง)
ประธานกรรมการ

(รศ. ดร. ปราโมทย์ แพงคำ)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษา)

(ผศ. น.สพ. ดร. ภคนิจ คุปพิทยานันท์)
กรรมการ

(รศ. ดร. อมรรัตน์ โมฬี)
กรรมการ

(ผศ. ดร. พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์)
กรรมการ

(อ. ดร. ศิวพร แพงคำ)
กรรมการ

(รศ. ดร. ฉัตรชัย โชติษฐยางกูร)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและประกันคุณภาพ

(ศ. ดร. หนึ่ง เตียอำรุง)
คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วีรดา มีทิพย์ : ผลของหญ้าหวานอิสราเอล เนเปียร์ปากช่อง และเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมักต่อกระบวนการต่อต้านอนุมูลอิสระในเลือด ผลผลิต และองค์ประกอบน้ำนมในแพะรีดนม (The effect of Sweet, Pakchong-1 and Purple Napier silage on blood antioxidant activity, milk yield and milk composition in lactating goats) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ แพงคำ, 84 หน้า.

คำสำคัญ: หญ้าหวานอิสราเอล/หญ้าเนเปียร์ปากช่อง1/หญ้าเนเปียร์สีม่วง/หญ้าหมัก/กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน/การต้านอนุมูลอิสระในเลือด/ผลผลิตน้ำนม/องค์ประกอบน้ำนม/แพะรีดนม

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลของหญ้าหวานอิสราเอล เนเปียร์ปากช่อง และเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมักต่อกระบวนการต่อต้านอนุมูลอิสระในเลือด ผลผลิต และองค์ประกอบน้ำนมในแพะรีดนม การศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย 2 การทดลอง

การทดลองที่ 1 เป็นการศึกษาการใช้หญ้าหวานอิสราเอล เนเปียร์ปากช่อง และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อนิเวศวิทยาในรูเมน ประชากรจุลินทรีย์ในรูเมน ประสิทธิภาพการย่อยได้ในแพะนม และศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าหวานอิสราเอล เนเปียร์ปากช่อง และเนเปียร์สีม่วงหมัก โดยโดยใช้แพะพันธุ์ลูกผสมซาแนนจำนวน 3 ตัว อายุ 2-3 ปี น้ำหนักประมาณ 43.25±2.35 กก. วางแผนการทดลองแบบ 3x3 Latin squares แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ระยะ ๆ ละ 21 วัน คือระยะปรับตัว 14 วัน และระยะ เก็บตัวอย่าง 7 วัน รวมเวลาทดลอง 63 วัน แพะทดลองได้รับอาหารหมักต่างกัน 3 ชนิด คือ หญ้าหวานอิสราเอล เนเปียร์ปากช่อง และเนเปียร์สีม่วง ผลการทดลองพบว่าแพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์สีม่วงหมักมีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง (1805.97 กรัมต่อตัวต่อวัน) สูงกว่าแพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง และหญ้าหวานอิสราเอล (1312.76 และ 1443.43 กรัมต่อตัวต่อวัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาค่าการย่อยได้ของโภชนะ แพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์สีม่วงมีค่าการย่อยได้โภชนะของโปรตีนสูงที่สุด (79.85) สูงกว่าแพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง และหญ้าหวานอิสราเอลหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และพบว่าค่าความเป็นกรดด่าง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) และความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในกระเพาะรูเมน ค่าความเข้มข้นของยูเรีย–ไนโตรเจนในเลือด(BUN) พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในชั่วโมงที่ 2 และ 4 หลังจากกินอาหาร ทั้งนี้แพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์สีม่วงสามารถเพิ่มกรดบิวทีริกที่ชั่วโมงที่ 2 และ 4 หลังการให้อาหารได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และยังสามารถเพิ่มจำนวนประชากรจุลินทรีย์ในกลุ่ม *Butyrivibrio fibrisolven*, *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefacises*, *Streptococcus bovis* อีกทั้งยังสามารถลดจำนวนของประชากรจุลินทรีย์ในกลุ่ม Protozoa และ Methanogen ในแพะนมได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การศึกษาในครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าการใช้หญ้าเนเปียร์สีม่วง สามารถใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบหมักที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงแพะนม

การทดลองที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลผลิตของหญ้าหวานอิสราเอล เนเปียร์ปากช่อง และเนเปียร์สีม่วง หมักต่อการต่อต้านอนุมูลอิสระในเลือด และองค์ประกอบน้ำนม ในแพะรีดนม โดยใช้แพะสายพันธุ์ลูกผสมซาเนนเพศเมียจำนวน 18 ตัว น้ำหนักตัวโดยประมาณ 43.25±2.35 กก. วางแผนการทดลองแบบ RCBD ทำการศึกษาเป็นระยะเวลา 60 วัน บันทึกข้อมูลปริมาณน้ำนมทุกวัน การทดลองมี 3 ทรีทเมนต์ ได้แก่ กลุ่มควบคุม T1 = หญ้าเนเปียร์ปากช่องแบบหมัก T2 = หญ้าหวานอิสราเอลแบบหมัก T3 = หญ้าเนเปียร์สีม่วงแบบหมัก ผลการทดลองพบว่าผลผลิตน้ำนมในแพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์สีม่วงหมัก สูงกว่าการใช้หญ้าเนเปียร์ปากช่อง และหญ้าหวานอิสราเอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และช่วยเพิ่มองค์ประกอบของน้ำนมได้แก่ เปอร์เซ็นต์โปรตีน ไขมัน น้ำตาลแลกโตส ของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน (Solid not fat) เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด (Total solids) และลดค่าโซมาติกเซลล์(Somatic cell count) อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความสามารถโดยรวมในการต่อต้านอนุมูลอิสระ (Total antioxidant capacity) เอนไซม์ Superoxide dismutase และเอนไซม์ Glutathione peroxidase และลดปริมาณ Malondialdehyde ในพลาสมาหลังจากการให้อาหารในชั่วโมงที่ 2 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) การศึกษาในครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าการใช้หญ้าเนเปียร์สีม่วงหมักมีศักยภาพที่จะนำมาใช้ในการผลิตสัตว์และเป็นแหล่งอาหารหยาบทดแทนในช่วงฤดูแล้งที่ขาดแคลนอาหารสัตว์ได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสัตว์ ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2565 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____

WEERADA MEETHIP : THE EFFECT OF SWEET, PAKCHONG-1 AND PURPLE NAPIER SILAGE ON BLOOD ANTIOXIDANT ACTIVITY, MILK YIELD AND MILK COMPOSITION IN LACTATING GOATS. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. PRAMOTE PAENGKOUM, Ph.D., 84 PP.

Keyword: SWEETGRASS/NAPIER PAKCHONG-1/PURPLE NAPIER/SILAGE/RUMEN FERMENTATION/MILK YIELD/MILK COMPOSITION/BLOOD ANTIOXIDANT ACTIVITY/LACTATING GOATS

The objectives of this thesis was to investigate the effects of Sweet, Pakchong-1 and Purple Napier silage on blood antioxidant activity, milk yield and milk composition in lactating goats. This report was divided into 2 experiments.

Experiment 1 investigated the effects of Sweet, Pakchong-1 and Purple Napier silage on rumen fermentation, microbial population, nutrient digestibility and study chemical composition of Sweet, Pakchong-1 and Purple Napier silage. Three crossbred female Saanen lactating goats approximately 43.25±2.35 kg in body weight. There were three treatments: (1) Control = Napier Pakchong silage, (2) = Sweet grass silage, (3) = Purple Napier silage. The experiment was arranged in a 3x3 Latin square design and divided into 3 periods of 21 d in each period, 14 d for adaptation period, followed by 7 d for measurement period. The results showed that the goats fed with Purple Napier silage had dry matter intake (1805.97 g/day) was higher than another treatment (1312.76 and 1443.43 g/day) with statistical significance ($P<0.05$). The goats fed Purple Napier silage had the highest protein digestibility (79.85) was higher than those fed Napier Pakchong and Sweet grass silage with statistical significance ($P<0.05$). There was no statistical difference ($P>0.05$) and ammonia-nitrogen concentration in the rumen blood urea-nitrogen (BUN) concentrations were significantly different ($P<0.05$) at 2 and 4 hours after feeding. However, Purple Napier silage could significantly increase butyric acid at the 2 and 4 hours after feeding ($P<0.05$) and also increase the number of microorganisms in the group *Butyrivibrio fibrisolven, Fibrobacter succinogenes, Ruminococcus albus,*

Ruminococcus flavefacises, Streptococcus bovis and also significantly reduced the protozoa and methanogen populations in dairy goats (P<0.05). Therefore, Purple Napier silage can be used as a suitable silage feed source for dairy goats.

Experiment 2 investigated the effects of Sweet, Pakchong-1 and Purple Napier silage on blood antioxidant activity, milk yield and milk compositions in lactating goats. Eighteen female crossbred Saanen lactating goats approximately 43.25±2.35 kg in body weight; mean±standard deviation (SD). Dairy goats were split into three blocks on the basis of lactation period during the prior lactation. For each block, six animals were randomly allocated treatment according to a randomized completed block design (RCBD) There were three treatments: (1) Control = Napier Pakchong silage (2) = Sweet grass silage (3) = Purple Napier silage. The results showed that Purple Napier silage (T3) enhanced milk composition, higher level of Total antioxidant (TAC), Superoxide dismutase (SOD), Glutathione (GTH) in plasma and reduced protozoa methanogen. while the level of malondialdehyde (MDA) in plasma decreased. The present study clearly indicates that can be used of Purple napier silage has the potential to be used in animal production and as a substitute for roughage during the dry season when there is a shortage of animal.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Animal Technology and Innovation
Academic Year 2023

Student's Signature Weerada Meethip
Advisor's Signature
Co-Advisor's Signature Siwaporn Paengkoum

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ แพงคำ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความกรุณาแนะนำ ช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งในด้านงานวิชาการและด้านการดำเนินการวิจัย ตลอดจนคำแนะนำในการเขียน การตรวจแก้วิทยานิพนธ์ และสนับสนุนค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ในการวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ศิวพร แพงคำ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำ ตรวจแก้วิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ โมฬี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.ภคนิจ คุปพิทยานันท์ ที่ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือต่าง ๆ ในการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้การสนับสนุนในการวิจัย

ขอขอบคุณพี่ ๆ บุคลากรประจำอาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 10 และ 11 ที่ให้ความช่วยเหลือในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ในการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ สุขใจ ฟาร์มแพะนม ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทำงานทดลองในครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณณราวิชญ์ อ่อนใจเอื้อ คุณสรศักดิ์ ทองแพะ คุณนิตยา แท้ไธสง และเพื่อนๆพี่ๆ น้อง ๆ ที่ร่วมเรียนระดับบัณฑิตศึกษารวมถึงบุคคลอันเป็นที่รัก ที่คอยให้กำลังใจและเป็นแรงบันดาลใจในการศึกษาและการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา รวมถึงบุคคลในครอบครัวที่ให้การเลี้ยงดูอบรมดูแลและส่งเสริมการศึกษาเป็นอย่างดีมาโดยตลอด และเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้าเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

วีรดา มีทิพย์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฎ
สารบัญภาพ ..... ฐ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ฑ

บทที่

1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3
1.3 สมมติฐานของงานวิจัย 4
1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย 4
1.5 ขอบเขตของงานวิจัย 4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (Pak Chong 1, *Pennisetum purpureum x Pennisetum Americanum*) 5
2.2 หญ้าหวานอิสราเอล (*Pennisetum purpureum cv. Mahasarakham*) 8
2.3 หญ้าเนเปียร์สีม่วง (*Pennisetum purpureum 'Prince'*) 9
2.4 พืชอาหารสัตว์ในรูปแบบหมัก (Silage) 12
2.5 จุลินทรีย์ของพืชอาหารหมัก (Silage microbiology) 12
2.6 กระบวนการหมักของพืชอาหารสัตว์หมัก 13
2.6.1 การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในระยะการหมัก 14
2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของพืชหมัก 15
2.7.1 ชนิดของพืชอาหารสัตว์ 15

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.7.2 อายุการตัดพืชอาหารสัตว์ 16
2.7.3 ขนาดของชิ้นพืชอาหารสัตว์ที่นำมาหมัก 16
2.7.4 อุณหภูมิระหว่างกระบวนการหมัก 17
2.7.5 ผลของระยะเวลาการหมักต่อคุณภาพหญ้าหมัก 17
2.8 การย่อยและเมทาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต 20
2.8.1 ผลของอาหารหยาบต่อผลผลิต และองค์ประกอบในน้ำนม 22
2.9 การดูดซึมไขมันในสัตว์เคี้ยวเอื้อง 24
2.10 ความเครียดออกซิเดชัน (Oxidative stress) 25
2.10.1 กระบวนการต้านอนุมูลอิสระในเลือด 26
2.11 บทบาทของแอนโทไซยานิน (anthocyanins) 27
2.11.1 คุณสมบัติของแอนโทไซยานิน 28
2.11.2 ผลของแหล่งแอนโทไซยานิน ต่อกระบวนการต่อต้านอนุมูลอิสระในเลือด 32
3 วิธีดำเนินการวิจัย 34
3.1 การทดลองที่ 1: การศึกษาการใช้หญ้าหวานอิสราเอล เนเปียร์ปากช่อง และเนเปียร์สีม่วง หมักต่อนิเวศวิทยาในรูเมน และประสิทธิภาพการย่อยได้ในแพะนม 34
3.1.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าหวานอิสราเอล และหญ้าเนเปียร์สีม่วงในรูปแบบสดและหมัก 34
3.1.2 การจัดกลุ่มทดลอง 34
3.1.3 สัตว์ที่ใช้ในการทดลอง 35
3.1.4 การจัดการให้อาหารสัตว์ทดลอง 35
3.1.5 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ 35
3.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล 38
3.1.7 สถานที่ทำการวิจัย 38
3.1.8 ระยะเวลาทำการทดลอง 38

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 การทดลองที่ 2: การศึกษาผลผลิตของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าหวานอิสราเอล และหญ้าเนเปียร์สีม่วงในรูปแบบหมัก ต่อการต้านอนุมูลอิสระในเลือด และองค์ประกอบน้ำนม ในแพะรีดนม 39

3.2.1 แผนการทดลอง 39

3.2.2 สัตว์ที่ใช้ในการทดลอง 39

3.2.3 การจัดการให้อาหารสัตว์ทดลอง 39

3.2.4 วิธีการทดลองและการเก็บข้อมูล 39

3.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 40

3.2.6 สถานที่ทำการทดลอง 40

3.2.7 ระยะเวลาในการทดลอง 40

4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 41

4.1 การศึกษาการใช้หญ้าหวานอิสราเอล เนเปียร์ปากช่อง และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อนิเวศวิทยาในรูเมน ประสิทธิภาพการย่อยได้ และประชากรจุลินทรีย์ในแพะรีดนม 41

4.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบหมัก 41

4.1.2 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอลและหญ้าเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมักต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และการกินได้สิ่งแห้งของแพะนม 41

4.1.3 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอลและหญ้าเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมักต่อการย่อยได้ของโภชนะในแพะนม 42

4.1.4 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าหวานอิสราเอลและหญ้าเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมักต่อสมดุลไนโตรเจนในแพะนม 43

4.1.5 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอลและเนเปียร์สีม่วงหมักต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน 45

4.1.6 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อกรดไขมันระเหยง่าย 45

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.7 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน....48

4.2 วิจารณ์ผลการทดลอง....50

4.2.1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบ....50

4.2.2 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอลและหญ้าเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมักต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และการกินได้สิ่งแห้งของแพะนม....52

4.2.3 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอลและหญ้าเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมักต่อการย่อยได้ของโภชนะในแพะนม....53

4.2.4 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าหวานอิสราเอลและหญ้าเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมักต่อสมดุลไนโตรเจนในแพะนม....54

4.2.5 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอลและเนเปียร์สีม่วงหมักต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน....55

4.2.6 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อกรดไขมันระเหยง่าย....57

4.2.7 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน....59

4.3 การศึกษาผลผลิตของหญ้าหวานอิสราเอล เนเปียร์ปากช่อง และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อการต่อต้านอนุมูลอิสระในเลือด และองค์ประกอบน้ำนมในแพะรีดนม....60

4.3.1 ผลการศึกษาผลผลิตของหญ้าหวานอิสราเอล เนเปียร์ปากช่องและเนเปียร์สีม่วง หมักต่อการต่อต้านอนุมูลอิสระในเลือดและองค์ประกอบน้ำนม ในแพะรีดนม....60

4.3.2 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อกระบวนการต้านอนุมูลอิสระในเลือดในแพะนม....61

4.4 วิจารณ์ผลการทดลอง....63

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4.1 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีในน้ำนมแพะ.....63
4.4.2 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อกระบวนการต้านอนุมูลอิสระในเลือดในแพะนม.....64
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....66
5.1 บทสรุป.....66
5.2 ข้อเสนอแนะ.....67
รายการอ้างอิง.....68
ภาคผนวก.....77
ภาคผนวก ก วิธีการดำเนินงานในห้องปฏิบัติการ.....78
ภาคผนวก ข ภาพประกอบในระหว่างการดำเนินงานวิจัย.....81
ประวัติผู้เขียน.....84

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1 องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 กับหญ้าสายพันธุ์อื่น ๆ 7
2 อิทธิพลของสายพันธุ์หญ้าและระยะเวลาการเก็บเกี่ยวต่อคุณค่าทางโภชนะของหญ้าหวาน อิสราเอล เนเปียร์ปากช่อง 1 และเนเปียร์สีม่วงในรูปแบบสด 9
3 อิทธิพลของสายพันธุ์หญ้าและระยะเวลาการเก็บเกี่ยวต่อคุณค่าทางโภชนะของหญ้าหวาน อิสราเอล เนเปียร์ปากช่อง 1 และเนเปียร์สีม่วงในรูปแบบหมัก 10
4 แสดงคุณสมบัติของพืชที่เหมาะสม และไม่เหมาะสมในการทำเป็นพืชอาหารหมัก 16
5 แสดงคุณค่าทางโภชนะองค์ประกอบทางเคมีของพืชอาหารหมักที่อายุการเก็บรักษาต่างกัน 19
6 ผลของระยะเวลาในการหมักต่อคุณลักษณะของพืชอาหารสัตว์หมัก 20
7 ผลของอาหารหยาบต่อผลผลิต และองค์ประกอบในน้ำนม 23
8 ผลของสารประกอบแอนโทไซยานินต่อผลผลิต และองค์ประกอบในน้ำนมในโคนม 31
9 ผลของแอนโทไซยานินต่อการต้านอนุมูลอิสระในเลือด 33
3.1 แสดงสูตรอาหารและองค์ประกอบทางเคมีในอาหาร 36
3.2 Primer sequences ใช้สำหรับวิเคราะห์ Real time PCR 38
4.1 อิทธิพลของสายพันธุ์หญ้าและระยะเวลาการเก็บเกี่ยวต่อคุณค่าทางโภชนะของเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงในรูปแบบหมัก 42
4.2 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอลและหญ้าเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมักต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และการกินได้สิ่งแห้งของแพะนม 43
4.3 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอลและหญ้าเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมักต่อการย่อยได้ของโภชนะในแพะนม 44
4.4 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าหวานอิสราเอลและหญ้าเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมักต่อสมดุลไนโตรเจนในแพะนม 45
4.5 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอลและเนเปียร์สีม่วงหมักต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน 46
4.6 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อกรดไขมันระเหยง่าย 47

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.7 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน 48
4.8 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อปริมาณน้ำนม และองค์ประกอบทางเคมีในน้ำนมแพะ 61
4.9 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อกระบวนการต้านอนุมูลอิสระในเลือดในแพะนม 62

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1 ลักษณะโครงสร้างหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 7
2 ลักษณะโครงสร้างหญ้าหวานอิสราเอล.....8
3 ลักษณะโครงสร้างหญ้าเนเปียร์สีม่วง..... 10
4 แสดงกระบวนการการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในระยะการหมัก..... 15
5 Overview of carbohydrate metabolism..... 21
6 โครงสร้างของเซลลูโลส..... 22
7 แสดงการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของไขมันนม ที่มา : ศจีรา. (2547)..... 25
8 แสดงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเซรั่มในแพะระหว่างตั้งครรภ์ การคลอด และหลังคลอด ค่าจะแสดงมีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05)..... 27
9 โครงสร้างโมเลกุลของ anthocyanidin..... 28
10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารแอนโทไซยานินต่อระยะเวลาการหมักานตลอดช่วง..... 30

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

AA	=	Acetic acid
ADF	=	Acid detergent fiber
ADFI	=	Average daily feed intake
AOAC	=	Association of official Analytical Chemists
ANOVA	=	Analysis of Variance
BA	=	Butyric acid
BUN	=	Blood urea nitrogen
BW	=	Body weight
C2	=	Acetic acid
C3	=	Propionic acid
C4	=	Butyric acid
CF	=	Crude fiber
CP	=	Crude protein
DM	=	Dry matter
DMI	=	Dry matter intake
EE	=	Ether extract
FEM	=	Fat-corrected milk
GSH	=	Glutathione peroxidase
MDA	=	Malondialdehyde
NDF	=	Neutral detergent fiber
NH_3-N	=	Ammonia nitrogen
NP-1	=	Napier Pakchong-1 grass
NRC	=	National Research Council
OM	=	Organic matter
OMD	=	Organic matter digestibility
PA	=	Propionic acid
PN	=	Purple Napier grass
Real-time PCR	=	Real-time polymerase chain reaction

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

SCC	=	Somatic cell count
SD	=	Standard deviation
SEM	=	Standard error of the mean
SNF	=	Solid not fat
SOD	=	Superoxide dismutase
TAC	=	Total antioxidant capacity
TMR	=	Total mixed ration
TS	=	Total solids
TVFA	=	Total volatile fatty acid
VFA	=	Volatile fatty acid

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเลี้ยงแพะเป็นอาชีพที่กำลังได้รับความนิยมจากเกษตรกร มีการขยายตัวมากขึ้น เป็นสัตว์ที่เลี้ยงง่ายและตลาดแพะเป็นตลาดใหม่ที่มีความน่าสนใจเป็นอย่างมาก ซึ่งแพะยังจัดเป็นสัตว์เศรษฐกิจทางเลือกและเกษตรกรสามารถเลี้ยงเป็นอาชีพหลักได้ สถานการณ์และปริมาณการเลี้ยงแพะนมในประเทศไทยมีจำนวนทั้งหมด 652,964 ตัว และเกษตรกร 51,851 ราย โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีจำนวนการเลี้ยงแพะนม 46,478 ตัว และเกษตรกร 1,751 ราย ซึ่งพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ปศุสัตว์, 2560) และปัจจุบันในปี 2565 พบว่าจังหวัดนครราชสีมามีปริมาณการเลี้ยงแพะนมสูงสุดเป็นอันดับแรกเมื่อเปรียบเทียบจากปีพ.ศ.2560 โดยมีจำนวน 3,896 ตัว คิดเป็นร้อยละ 10.43 (กรมปศุสัตว์,2565) ส่งผลให้มีการเลี้ยงแพะนมเชิงธุรกิจและขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ยังพบว่าน้ำนมแพะมีคุณประโยชน์ต่อร่างกาย กล่าวคือสามารถย่อยได้ง่าย เนื่องจากมีเม็ดไขมันขนาดเล็กและเป็นไขมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันสายสั้น (short chain fatty acid) จำนวนมาก ทำให้ไขมันกระจายตัวได้ดี ร่างกายสามารถดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายขึ้น (สมชัย, 2550) และน้ำนมแพะยังมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำนมของมนุษย์ อีกทั้งยังสามารถช่วยป้องกันการเกิดโรคภูมิแพ้ได้ (ฟิรดาว, 2560) น้ำนมแพะมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีขนาดเม็ดไขมันที่เล็กจึงย่อยง่าย หลังจากดื่มนมแพะเพียงประมาณ 20 นาที ร่างกายของเราก็สามารถย่อย และดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที การที่สารอาหารในนมแพะถูกย่อย และดูดซึมได้ง่ายนี้ร่างกายจึงนำไปใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ นมแพะยังมีกรดไขมันชนิดพิเศษชื่อคาโพรอิก (Caproic) คาพรีลิก (Caprylic) และคาพริก (Capric) ที่วงการแพทย์กำลังให้ความสนใจ เพราะกรดไขมันเหล่านี้ช่วยรักษาโรคที่เกี่ยวกับการดูดซึมอาหาร เช่น โรคภาวะดูดซึมสารอาหาร บกพร่อง หรือลำไส้เล็กทำงานผิดปกติ เป็นต้น การดื่มนมแพะจึงเป็นทางเลือกหนึ่งของผู้ป่วยที่มีปัญหาเกี่ยวกับระบบการดูดซึมอาหาร รวมทั้งผู้ที่มีปัญหากับการดื่มนมชนิดอื่น ๆ ที่สำคัญยังเหมาะกับผู้ป่วยโรคกระเพาะอาหาร เพราะช่วยลดอาการอักเสบอันเกิดจากแผลในกระเพาะอาหารได้ ทั้งนี้เนื่องมาจากนมแพะมีค่า pH อยู่ในระดับ 6.4-6.76.4-6.7 ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่เหมาะสมในการปรับสภาพกระเพาะอาหาร ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้ที่ดื่มนมแล้วเกิดอาการท้องเสีย (วินัย, 2538)

การเลี้ยงแพะเพื่อให้ได้ผลดีหรือประสบความสำเร็จนั้นนอกจากต้องมีพันธุ์สัตว์ และสุขภาพสัตว์ที่ดีแล้ว อาหารที่ใช้เลี้ยงนับได้ว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญ การจัดการอาหารที่ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอส่งผลกระทบต่อการเลี้ยงสัตว์เป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากต้นทุนส่วนใหญ่มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์เป็นค่าอาหารสัตว์ (กรมปศุสัตว์, 2544) สภาพอากาศของประเทศไทยเป็นภูมิภาคแบบเขตร้อนชื้น

ส่งผลให้พืชอาหารสัตว์โดยเฉพาะหญ้า ซึ่งเป็นแหล่งอาหารหยาบที่สำคัญในการเลี้ยงแพะเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล โดยเฉพาะช่วงฤดูแล้งส่งผลให้หญ้ามีการเจริญเติบโตช้าและคุณค่าทางโภชนะต่ำ ความน่ากินต่ำเกินกว่าที่จะนำไปใช้เป็นอาหารในการเลี้ยงแพะ เมื่อแพะนมได้รับพืชอาหารสัตว์ที่มีคุณค่าทางโภชนะต่ำ จะส่งผลกระทบเชิงลบต่อประสิทธิภาพการให้ผลผลิต ในด้านปริมาณและคุณภาพของน้ำนม โดยทั่วไปแล้วเกษตรกรส่วนใหญ่มักจะขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ในช่วงฤดูแล้ง ดังนั้นการที่จะทำให้มีอาหารสำหรับไว้ใช้เลี้ยงสัตว์ได้ตลอดทั้งปี ทางเลือกหนึ่งของเกษตรกรที่สามารถทำได้คือการเก็บถนอมพืชอาหารสัตว์ไว้ในรูปหญ้าหมัก

การวิจัยโดยใช้พืชอาหารสัตว์รูปแบบหมักสำหรับเลี้ยงแพะนั้น นักวิจัยให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก Nielsen et al. (2008) รายงานว่าการใช้ข้าวโพดหมักส่งผลให้ปริมาณของไขมันในน้ำนมสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้หญ้าสด พิเศษ และประมร (2561) ศึกษาผลของการใช้ข้าวโพดหมักและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ต่อปริมาณและคุณภาพน้ำนมในกระบือนมพันธุ์เมซานา พบว่า กลุ่มกระบือที่ได้รับหญ้าเนเปียร์ปากช่องหมักให้เปอร์เซ็นต์ไขมันนม (%Milk fat) โปรตีน (%Protein) และของแข็งทั้งหมดในนม (% Total solid) สูงกว่าและแตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับหญ้าเนเปียร์สด และข้าวโพดหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) Tian et al. (2018) กล่าวว่าการให้อาหารหยาบในกลุ่มฟางข้าวและข้าวโพดสีม่วงหมักซึ่งเป็นแหล่งของสารแอนโทไซยานิน สามารถเพิ่มปริมาณของกรดบิวทิริกซึ่งมีผลต่อปริมาณไขมันในน้ำนมเช่นกัน เช่นเดียวกับงานทดลองของ Narawich et al. (2020) ได้ศึกษาผลของแอนโทไซยานินจากหญ้าเนเปียร์สีม่วงหมักต่อผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบของน้ำนม และสารต้านอนุมูลอิสระในเลือดของแพะรีดนม พบว่าแพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์สีม่วงแบบหมักช่วยเพิ่มองค์ประกอบของน้ำนม ความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน (DPPH) ความสามารถโดยรวมในการต่อต้านอนุมูลอิสระ (TAC) เอนไซม์ SOD และเอนไซม์ GST ในเลือดและน้ำนม และยังพบว่าระดับสาร MDA ในเลือดและน้ำนมลดลง นอกจากนี้ยังรายงานว่ามีองค์ประกอบของสารแอนโทไซยานินสูงสุดในน้ำนมของแพะนมที่ได้รับหญ้าเนเปียร์สีม่วงแบบหมัก ซึ่งในพืชหลายชนิดจะมีสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด เช่น วิตามินซี สารประกอบฟีโนลิค เช่น flavonoids, flavones, gallic acid, ellagic acid,carotenoids, cinnamic และ anthocyanin สารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้ทำให้พืชมีภูมิคุ้มกันจากการติดเชื้อต่าง ๆ และทนทานต่อปฏิกิริยา photooxidation ในการสร้างอาหารได้ (แฉล้ม มาศวรรณ และคณะ, 2545) จากการศึกษาของ ปราโมทย์ และคณะ (2562) ใช้อาหาร 3 สูตร ได้แก่ หญ้าเนเปียร์หมัก (T1) หญ้าเนเปียร์หมักที่มีสารแอนโทไซยานินโดยไม่มีสารเสริม (T2) และเสริมกากน้ำตาล 4%+FeSO4 0.03% (T3) ใช้แพะนมลูกผสมพันธุ์พื้นเมืองและแองโกลนูเบียน ผลการทดลองพบว่าแพะที่ได้รับอาหารในทรีตเมนต์ที่ 3 พบว่าลดกิจกรรมการทำงานของ non-enzymatic (Total Antioxidant Capacity, TAC) เอนไซม์ Superoxide Dismutase (SOD) และการเกิด lipid peroxidation ในพลาสมาของแพะระยะกำลังเจริญเติบโต และแพะที่ติดพยาธิ *H. contortus* ตามธรรมชาติ แต่สามารถส่งเสริมกิจกรรมการทำงานของแคตตาเลส (CAT) กลูตาไธโอน (Glutathione,

GSH) และกลูตาไธโอนเอสทรานเฟอเรส (Glutathione -S- transferase, GST) นอกจากนี้ยังพบว่ามีค่าเม็ดเลือดแดง และค่าฮีมา-โตคริท (Hematocrit) สูง และมีค่าเม็ดเลือดขาวต่ำ จำนวนไข่พยาธิลดลงในแพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์หมักที่มีสารแอนโทไซยานินกับการเติมกากน้ำตาล และ FeSO4 ร่วมด้วย ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้หญ้าเนเปียร์หมักที่มีส่วนผสมของแอนโทไซยานินร่วมกับสารเติมเสริมในอาหาร สามารถปรับปรุงสมรรถภาพการผลิตและลดความเครียดของแพะได้ แต่การศึกษาในสัตว์เคี้ยวเอื้องเกี่ยวกับแอนโทไซยานินมีค่อนข้างน้อย ทั้งนี้อาจจะเนื่องจากสัตว์ต้องกินในปริมาณที่สูงจึงจะเห็นผลชัดเจน อย่างไรก็ตาม การศึกษาพบว่าพืชที่มีแอนโทไซยานินสูง เช่นในการศึกษาในห้องปฏิบัติการ คือฟางข้าวสีม่วง พบว่ามีผลทำให้การผลิตแก๊สมีเทนลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับฟางข้าวปกติ (Wadhwa and Baksri, 2013) ซึ่งอาจจะมีผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในรูเมน นอกจากนี้ยังมีการศึกษาความคงตัวของแอนโทไซยานิน เมื่อผ่านการบวนการหมัก เช่น ข้าวโพดหมัก พบว่าไม่มีผลด้านลบต่ออาหารหมัก แต่จะมีปริมาณลดลงจากกระบวนการหมัก ดังนั้นจึงต้องศึกษา กระบวนการหมักเพื่อให้ปริมาณแอนโทไซยานินลดลงน้อยที่สุด และที่สำคัญคือในระหว่างการหมักในรูเมน มีการสูญเสียมากน้อยเพียงใด ซึ่งหากเป็นด้านดีต่อจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ก็เป็นสิ่งที่ดีต่อตัวสัตว์ หรือมีบางส่วนสามารถเข้าไปถึงระบบร่างกายของสัตว์ก็ยิ่งทำให้สัตว์มีสุขภาพดี สามารถลดความเครียดเนื่องจากความร้อนได้ (Hosoda et al., 2012)

อย่างไรก็ตามหญ้าอาหารสัตว์ที่นำมาใช้ในการทดลองนี้เป็นหญ้าที่ได้รับความนิยมปลูกจากเกษตรกรได้แก่ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าเนเปียร์สีม่วง และหญ้าหวานอิสราเอล โดยหญ้าทั้ง 3 สายพันธุ์นี้ เป็นหญ้าที่มีคุณสมบัติเด่นคือ ผลผลิตต่อไร่สูง สัดส่วนปริมาณของใบมากกว่าลำต้น คุณค่าทางโภชนะสูง ทนแล้ง มีสารต่อต้านอนุมูลอิสระ และสามารถให้ผลผลิตตลอดทั้งปี อย่างไรก็ตามจากงานวิจัยหญ้าอาหารสัตว์ดังกล่าวยังมีการศึกษาไม่แพร่หลาย และขาดองค์ความรู้บางประการ เช่น ผลของหญ้าหวานอิสราเอล หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และหญ้าเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมักต่อกระบวนการต่อต้านอนุมูลอิสระในเลือด ประสิทธิภาพการให้ผลผลิต และองค์ประกอบในน้ำนมแตกต่างกันหรือไม่ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของหญ้าหวานอิสราเอล หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และหญ้าเนเปียร์สีม่วงหมักต่อคุณค่าทางโภชนะ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน การย่อยได้ ประชากรจุลินทรีย์ การต่อต้านอนุมูลอิสระในเลือด ผลผลิต และองค์ประกอบน้ำนมในแพะรีดนม

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของหญ้า 3 สายพันธุ์ ได้แก่ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าหวานอิสราเอล และหญ้าเนเปียร์สีม่วงในรูปแบบหมักต่อคุณค่าทางโภชนะ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน การย่อยได้ และประชากรจุลินทรีย์ในแพะรีดนม

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของหญ้า 3 สายพันธุ์ ได้แก่ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าหวานอิสราเอล และหญ้าเนเปียร์สีม่วงในรูปแบบหมักต่อการต้านอนุมูลอิสระในเลือด ผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบน้ำนมในแพะรีดนม

1.3 สมมติฐานของงานวิจัย

1.3.1 การใช้หญ้าหวานอิสราเอล และหญ้าเนเปียร์สีม่วงในรูปแบบหมักสามารถช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมัก

1.3.2 การใช้หญ้าหวานอิสราเอล และหญ้าเนเปียร์สีม่วงในรูปแบบหมักเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในเลือด ผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบน้ำนมในแพะที่อยู่ในช่วงรีดนมได้เมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมัก

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

Sweet grass, Napier Pakchong 1, Purple Napier, grass silage, milk yield, milk compositions, blood antioxidant activity, lactating dairy goats

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ใช้หญ้า 3 สายพันธุ์ คือ หญ้าหวานอิสราเอล เนเปียร์ปากช่อง 1 และเนเปียร์สีม่วง ปลูกบริเวณพื้นที่ในฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ทำการตัดที่อายุ 60 วัน โดยนำมาผ่านกระบวนการหมักประมาณ 21 วัน และนำมาใช้ในการเลี้ยงแพะนมพันธุ์ลูกผสมซาเนนที่อยู่ในระยะให้น้ำนม จำนวน 18 ตัว น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 40±3 กิโลกรัม สถานที่ทดลอง ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และฟาร์มเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะนมในจังหวัดนครราชสีมา ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน ประสิทธิภาพการย่อยได้ ประชากรจุลินทรีย์ การต่อต้านอนุมูลอิสระในเลือด ผลผลิต และองค์ประกอบของน้ำนมในแพะรีดนม

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้ทราบผลผลิต คุณค่าทางโภชนะ ในหญ้า 3 สายพันธุ์ ได้แก่ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าหวานอิสราเอล และหญ้าเนเปียร์สีม่วงในรูปแบบหมัก

1.6.2 ได้ทราบผลของชนิดหญ้าหมักที่เหมาะสมในการนำมาเลี้ยงแพะนมต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน ประสิทธิภาพการย่อยได้ การต่อต้านอนุมูลอิสระในเลือด ผลผลิต และองค์ประกอบน้ำนมในแพะรีดนม

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประเทศไทยมีสภาพอากาศที่ค่อนข้างแปรปรวน แต่พบว่ามีพืชอาหารสัตว์หลากหลายชนิดที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะแห้งแล้ง และยังพบว่าสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารพืชอาหารสัตว์ให้กับสัตว์เคี้ยวเอื้องได้อีกด้วย ซึ่งถือเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะสามารถช่วยลดต้นทุนในการเลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะต้นทุนค่าอาหาร ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการเลี้ยงสัตว์และยังเป็นการนำพืชหรือวัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุด พืชอาหารสัตว์ที่นำมาใช้ในการทดลองนี้เป็นหญ้าที่ได้รับความนิยมปลูกจากเกษตรกรได้แก่ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าเนเปียร์สีม่วง และหญ้าหวานอิสราเอล โดยหญ้าทั้ง 3 สายพันธุ์นี้ เป็นหญ้าที่มีคุณสมบัติเด่นคือ ผลผลิตต่อไร่สูง สัดส่วนปริมาณของใบมากกว่าลำต้น คุณค่าทางโภชนะสูง ทนแล้ง มีสารต่อต้านอนุมูลอิสระ และสามารถให้ผลผลิตตลอดทั้งปี เหมาะสมต่อการนำมาเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง และยังเป็นพืชที่สามารถทำการถนอมไว้ใช้ยามขาดแคลนหรือในช่วงฤดูแล้งได้ เช่นการทำหญ้าหมัก ซึ่งการทำหญ้าหมักเพื่อถนอมไว้ใช้ในยามขาดแคลนซึ่งเป็นแหล่งอาหารหยาบคุณภาพดีที่เกษตรกรสามารถปลูกหญ้าและทำหญ้าหมักเองได้ เพื่อช่วยลดต้นทุนค่าอาหารลงได้ และยังพบว่าเมื่อพืชอาหารสัตว์สด ๆ เหล่านี้ได้เปลี่ยนสภาพเป็นหญ้าหมักแล้วจะสามารถอยู่ได้เป็นเวลานานโดยคุณค่าทางอาหารไม่เปลี่ยนแปลงหรืออาจเปลี่ยนแปลงไปอย่างน้อยที่สุด

2.1 หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (Pak Chong 1, Pennisetum purpureum x Pennisetum Americanum)

เป็นหญ้าลูกผสม ซึ่งเกิดจากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างหญ้าเนเปียร์ยักษ์กับหญ้าไข่มุก ซึ่งเป็นพืชอาหารสัตว์ที่มีศักยภาพสูงทั้งในแง่การให้ผลผลิตและมีคุณค่าทางอาหารสัตว์ดีตามที่ต้องการ เหมาะสำหรับใช้เลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โคนม โคเนื้อ กระบือ แพะ และแกะ เป็นต้น ปัจจุบันกรมปศุสัตว์ให้สนับสนุนส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกกันอย่างแพร่หลายทั่วประเทศไทย หญ้าเนเปียร์สายพันธุ์นี้เป็นหญ้าที่มีอายุข้ามปี ลำต้นมีลักษณะสูง 2.5-3.5 เมตร ให้ผลผลิตน้ำหนักสด 8-10 ตัน ต่อรอบการตัดทุก 60 วัน (ผลผลิตน้ำหนักแห้ง 2-2.5 ตัน ต่อรอบการตัด) ลักษณะเด่น 1. เจริญเติบโตเร็ว ให้ผลผลิตประมาณ 70-80 ตันต่อไร่ต่อปี 2. โปรตีนสูง 8-10% มีความน่ากินสูง สัตว์ชอบกิน 3. แตกกอดี โดยในฤดูหนาวยังเจริญเติบโตได้ดี ไม่พักตัว 4. ใบและลำต้นอ่อนนุ่ม ขอบใบไม่คม

มีขนน้อย 5. ตอบสนองต่อการให้น้าและปุ๋ยดี ให้ผลผลิตได้ตลอดทั้งปี โดยเก็บเกี่ยวได้ปีละ 5-6 ครั้ง ช่วงเวลาในการปลูก โดยทั่วไปพื้นที่อาศัยน้ำฝน หรือแหล่งน้ำจากธรรมชาติ ควรปลูกต้นฤดูฝน ส่วนการปลูกในพื้นที่ชลประทานสามารถปลูกได้ตลอดปี การเตรียมดิน ควรไถพรวน 2-3 ครั้ง ไถครั้งแรกขณะที่ดินมีความชื้นเหมาะสม เพื่อเปิดหน้าดินและทำลายวัชพืชที่ปกคลุมดินอยู่ และไถพรวนอีก 1-2 ครั้ง เพื่อกำจัดวัชพืชที่งอกขึ้นมาใหม่ พร้อมทั้งย่อยดินให้มีขนาดเล็กลงและร่วนซุย การเตรียมท่อนพันธุ์และการปลูก ใช้ต้นพันธุ์อายุประมาณ 90 วัน นำต้นพันธุ์มาตัดเป็นท่อนๆ ให้มีข้อติดอยู่ ระยะปลูกระหว่างแถว 1.2 เมตร ระยะระหว่างต้น 1 เมตร ใช้ท่อนพันธุ์ประมาณ 400 กก. ต่อไร่ การใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นปุ๋ยรองพื้น และควรใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยอินทรีย์ร่วมด้วย เพื่อเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ หลังการตัดหญ้าแต่ละครั้ง การเก็บเกี่ยวและการใช้ประโยชน์ ต้องตัดให้ชิดดินโดยใช้มีดหรือเครื่องตัดหญ้า เช่น เครื่องตัดหญ้าแบบสะพายไหล่ เครื่องตัดหญ้าแบบ Double Chop เป็นต้น เพื่อให้แตกหน่อจากใต้ดิน จะตั้งตัวได้เร็วมีลาต้นที่สมบูรณ์ ควรตัดหญ้าครั้งแรกหลังจากปลูกประมาณ 75 วัน หลังจากนั้นตัดได้ทุก 45-60 วัน ซึ่งพื้นที่ 1 ไร่ (กลุ่มพัฒนาเทคโนโลยีการปศุสัตว์ สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดราชบุรี) และยังพบว่าสามารถเจริญเติบโตได้ดี ให้ผลผลิตสูง สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพของ ดินและสภาพภูมิอากาศในจังหวัดนครราชสีมาจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของศูนย์วิจัยและพัฒนา อาหารสัตว์นครราชสีมา พบว่าหญ้าสายพันธุ์นี้ที่อายุการตัด 45 วัน มีโปรตีนสูงถึง 18 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์สายพันธุ์อื่น ๆ แล้วหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีคุณสมบัติที่ตรงกับความต้องการของเกษตรกรมากที่สุด ทั้งในแง่ของคุณค่าทางโภชนะ และความสะดวกในการตัดมาใช้ประโยชน์ หญ้าเนเปียร์เป็นพืชอาหารสัตว์ชนิดหนึ่งที่เกษตรกรนิยมใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีผลผลิตและคุณค่าทางโภชนะอยู่ในระดับสูงแม้จะปลูกในสภาพแวดล้อมที่ไม่ดี

จากผลการศึกษาของ นรวร และคณะ (2562) รายงานว่าหญ้าเนเปียร์ยักษ์ เนเปียร์สีม่วง และเนเปียร์ปากช่อง 1 ที่อายุการตัด 80 วัน โดยปลูกในดินลูกรังมีผลผลิตน้ำหนักแห้งเท่ากับ 1,391 1,255 และ 1,380 กก./ไร่ตามลำดับ และมีค่าโปรตีนหยาบเท่ากับ 9.48 8.93 และ 11.25% ตามลำดับ เนื่องจากหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีลักษณะเฉพาะอีกอย่าง คือ มีขนที่บริเวณขอบใบน้อยมากมีลำต้น และใบที่อ่อนนุ่ม ทำให้เกษตรกรพึงพอใจเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์สายพันธุ์อื่นซึ่งเห็นได้อย่าง ชัดเจน และในแง่ของความน่ากิน พบว่าโคนมชอบกินมาก จึงถือได้ว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 นับว่าเป็นอาหารหยาบคุณภาพดี พืชอาหารสัตว์นับเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรซึ่งที่ผ่านมานั้นได้มีการคิดค้นวิจัยพัฒนาสายพันธุ์พืชอาหารสัตว์ใหม่ๆที่ให้ผลผลิตสูงออกมาเผยแพร่สู่เกษตรกรอย่างต่อเนื่อง (นิรนาม, 2558)

ไกรลาศ (2554) กล่าวว่า คุณค่าทางโภชนะของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 นั้นเมื่อเทียบกับหญ้าสายพันธุ์อื่นๆนั้นจะมีปริมาณโปรตีน และเถ้าที่สูงกว่าหญ้าสายพันธุ์อื่น นอกจากนี้หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ยังมีเยื่อใยสูงกว่าหญ้าอื่น ๆ ดังในตารางที่ 1

ภาพที่ 1 ลักษณะโครงสร้างหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1
ที่มา: ปราโมทย์ และคณะ (2565)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 กับหญ้าสายพันธุ์อื่น ๆ

พันธุ์หญ้า	%วัตถุแห้ง	%โปรตีน	%ไขมัน	%เยื่อใยรวม	%เถ้า	คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้
หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1						
ตัดอายุ 45 วัน	14.9	15.9	1.3	35.8	14.5	36.5
ตัดอายุ 60 วัน	18.3	12.6	1.2	42.6	12.3	33.3
หญ้ารูซี่						
ตัดอายุ 45 วัน	21.2	8.6	1.8	30.8	8.8	50.8
ตัดอายุ 60 วัน	25.6	6.6	1.4	31.9	9.0	51.1
หญ้ากินนีสีม่วง						
ตัดอายุ 45 วัน	22.6	7.9	1.2	35.5	10.7	44.7
ตัดอายุ 60 วัน	24.6	7.1	1.2	33.4	10.0	48.3
หญ้าแพงโกล่าตัด						
อายุ 45 วัน	25.2	7.8	1.6	32.2	8.1	50.2
ตัดอายุ 60 วัน	27.9	7.5	1.6	35.1	8.8	47.0

ที่มา : ไกรลาศ (2554)

2.2 หญ้าหวานอิสราเอล (*Pennisetum purpureum* cv. Mahasarakham)

หญ้าหวานอิสราเอลจัดเป็นหญ้าอาหารสัตว์ที่นิยมปลูกมากเนื่องจากลำต้นและใบมีขนาดใหญ่ และมีคุณค่าทางอาหารสัตว์สูง กำลังได้รับความนิยมปลูก เพราะให้ผลผลิตได้หลายปี โตเร็ว ผลผลิตสูง มีความน่ากิน มีโปรตีนและคุณค่าทางอาหารสูง จึงมักถูกนำมาใช้เพื่อเป็นอาหารสัตว์ (Mapato and Wanapat, 2018) ได้ระบุชื่อสามัญ หญ้าหวานอิสราเอล มีชื่อว่า Sweet grass และมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Pennisetum purpureum* cv. Mahasarakham บางพื้นที่เรียก หญ้าม้า เนื่องจากมีลักษณะคล้ายหางม้า สันนิษฐานว่ามีแหล่งกำเนิดจากประเทศปากีสถานและอิสราเอล ซึ่งหญ้าหวานอิสราเอลสามารถปลูกเป็นพืชอาหารสัตว์ได้เป็นอย่างดี แต่ยังขาดข้อมูลทางด้านการเจริญเติบโต การให้ผลผลิต และคุณค่าทางโภชนะเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ ในส่วนของลักษณะการเจริญของกอ ลำต้น ข้อปล้อง และใบนั้นมีความคล้ายกับหญ้าในตระกูลเนเปียร์ ซึ่งหญ้าหวานอิสราเอลมีใบกว้าง 2.37 ถึง 3.14 เซนติเมตร และยาว 61.44 ถึง 71.51 เซนติเมตร ลักษณะของลำต้นไม่สูงมากนักมีขนาดความสูงกอด้านบนอยู่ที่ 84.25 ถึง 132.22 เซนติเมตร (จักรพงษ์ และคณะ, 2561)

ภาพที่ 2 ลักษณะโครงสร้างหญ้าหวานอิสราเอล
ที่มา : ปราโมทย์ และคณะ (2565)

นรวร และคณะ (2562) รายงานว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนะของพืชอาหารสัตว์ได้แก่ ฤดูปลูกและระยะการเก็บเกี่ยว สายพันธุ์ของหญ้า และความอุดมสมบูรณ์ของดิน Mertens (1994) รายงานว่า NDF เป็นตัวจำกัดการกินได้ของสัตว์โดยมีผลต่อความจุของ กระเพาะสัตว์เคี้ยวเอื้อง ในขณะที่ ADF ประกอบด้วย cellulose, lignin, cutin, silica และ lignified nitrogen ซึ่งเป็นตัวชี้วัดการย่อยได้ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Van Soest, 1994).

ตารางที่ 2 อิทธิพลของสายพันธุ์หญ้าและระยะเวลาการเก็บเกี่ยวต่อคุณค่าทางโภชนะของหญ้าหวานอิสราเอล เนเปียร์ปากช่อง 1 และเนเปียร์สีม่วงในรูปแบบสด

Cultivars	Day	Chemical compositions (% Dry matter)						
		DM	Ash	CP	EE	CF	NDF	ADF
Napier Pakchong1	45	18.313	10.544	12.665	2.173	26.550	59.837	35.271
	60	21.318	13.165	11.268	1.820	33.039	66.222	42.007
	75	22.062	16.818	10.436	1.662	35.771	74.021	47.977
Sweet grass	45	17.863	9.345	13.018	2.426	23.918	58.272	34.072
	60	21.049	11.714	11.567	1.940	32.109	65.072	41.140
	75	21.725	14.567	10.684	1.682	35.329	70.643	47.133
Purple Napier	45	20.714	11.075	11.823	1.988	30.350	62.390	40.694
	60	21.555	14.267	11.038	1.775	34.953	66.804	42.799
	75	23.556	19.685	9.364	1.480	40.650	75.851	50.151

หมายเหตุ: %DM: วัตถุแห้ง, %OM: อินทรียวัตถุ, %CP: โปรตีนหยาบ, %EE: ไขมัน, %CF: เยื่อใย, %NDF: เยื่อใยที่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง, %ADF: เยื่อใยที่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด

ที่มา : ปราโมทย์ และคณะ (2564)

2.3 หญ้าเนเปียร์สีม่วง (*Pennisetum purpureum 'Prince'*)

เป็นหญ้าเนเปียร์สายพันธุ์ลูกผสมชนิดหนึ่งที่ใบมีสีม่วง และลำต้นมีลักษณะกึ่งแคระ (semi-dwarf) ปลูกโดยใช้ท่อนพันธุ์สามารถเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณพื้นที่ USDA hardiness zones ระดับ 8-10 ซึ่งเป็นระดับอุณหภูมิเฉลี่ยเทียบเท่ากับสภาพอากาศของประเทศไทย ภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันนั้น หญ้าเนเปียร์สีม่วงมีความสูงอยู่ระหว่าง 0.97-2 เมตร และมีความสูงเฉลี่ย 1.59 เมตร ต้องการแสงแดดเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ในเขตชลประทาน หรือเขตที่มีการจัดการน้ำอย่างดีสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี ส่วนการปลูกในเขตอาศัยน้ำฝนควรปลูกต้นฤดูฝน ซึ่งมีความแตกต่างจากหญ้าเนเปียร์สายพันธุ์อื่นคือ ลักษณะใบและลำต้นมีสีม่วง และลำต้นมีลักษณะกึ่งแคระ (semi-dwarf) หญ้าเนเปียร์สีม่วงมีสารสีม่วงเป็นองค์ประกอบภายในลำต้นและใบคือ สารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) เป็นสารสี (pigment) ที่สามารถพบในดอกและผลของพืชทั่วไป จัดอยู่ในกลุ่ม flavonoids แอนโทไซยานินสามารถให้สีแตกต่างกันตามค่า pH เช่น แดง น้ำเงิน ม่วง เป็นต้น สามารถละลายได้ดีในน้ำและไขมัน ปัจจุบันแอนโทไซยานินจัดเป็นสารสีที่ได้รับความสนใจจากนักวิจัยเป็นอันมาก เนื่องจากมีคุณสมบัติเด่นคือเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) และจากการที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระทำให้แอนโทไซยานินมี บทบาทต่อการป้องการการเกิดโรคเรื้อรังต่าง ๆ เช่น โรคเกี่ยวกับหลอดเลือดหัวใจ (Cardiovascular disease) โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน เป็นต้น

ภาพที่ 3 ลักษณะโครงสร้างหญ้าเนเปียร์สีม่วง
ที่มา: ปราโมทย์ และคณะ (2565)

ตารางที่ 3 อิทธิพลของสายพันธุ์หญ้าและระยะเวลาการเก็บเกี่ยวต่อคุณค่าทางโภชนะของหญ้าหวานอิสราเอล เนเปียร์ปากช่อง 1 และเนเปียร์สีม่วงในรูปแบบหมัก

Cultivars	Day	Chemical compositions (% Dry matter)						
		DM	Ash	CP	EE	CF	NDF	ADF
Napier Pakchong1	45	21.70	11.82	11.46	3.22	28.10	65.62	38.18
	60	22.75	11.93	10.59	3.92	39.24	72.16	40.45
	75	23.90	13.06	10.28	2.12	29.44	82.78	41.68
Sweet grass	45	23.29	8.74	12.58	4.42	26.53	58.25	40.33
	60	24.72	9.25	11.82	3.46	29.40	59.08	40.57
	75	26.69	11.18	10.53	2.87	32.20	60.30	46.39
Purple Napier	45	21.59	9.56	11.87	3.27	30.66	63.68	44.34
	60	22.85	9.87	10.58	3.12	31.18	64.96	45.39
	75	23.31	10.70	10.13	2.95	32.95	66.30	46.71

หมายเหตุ: %DM: วัตถุแห้ง, %OM: อินทรียวัตถุ, %CP: โปรตีนหยาบ, %EE: ไขมัน, %CF: เยื่อใย, %NDF: เยื่อใยที่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง, %ADF: เยื่อใยที่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด

ที่มา : ปราโมทย์ และคณะ (2564)

การศึกษาของ เชาวฤทธิ์ มาปะโท และเมธา วรรณพัฒน์ กล่าวว่าหญ้าหวานมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ปรับตัวได้ง่ายกับสภาพแวดล้อมในประเทศไทย และง่ายต่อการจัดการและเก็บเกี่ยว ด้วยศักยภาพการผลิตสูงและมีสายพันธุ์ที่ดีสำหรับนำมาใช้ในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง และเมื่อนำมาผ่านกระบวนการหมักพบว่าองค์ประกอบของ CP NDF และ ADF เท่ากับ 15.7 58.1 และ 32.7% ตามลำดับ มีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าแห้ง ในการศึกษานี้หญ้าหวานหมักได้ผลดี โดยมีค่า pH อยู่ที่ 3.5–4.5 ความชื้นและคุณสมบัติทางกายภาพเหมาะสม กล่าวได้ว่าพืชอาหารสัตว์ที่เก็บเกี่ยวเวลาเดียวกัน และเก็บรักษาเป็นหญ้าแห้งหรือหญ้าหมัก จะมีความแตกต่างกันในด้านขององค์ประกอบทางเคมี และคุณค่าทางโภชนาการ

Lee et al. 1991 ชี้ให้เห็นว่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและองค์ประกอบของวัตถุแห้งและค่าพลังงานของหญ้าแพงโกล่าและหญ้าเนเปียร์จะสูงกว่าในหญ้าที่กำลังเจริญเติบโตและลดลงเมื่อหญ้าเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว Mertens (1994) รายงานว่า NDF เป็นตัวจำกัดการกินได้ของสัตว์โดยมีผลต่อความจุของกระเพาะสัตว์เคี้ยวเอื้อง ในขณะที่ ADF ประกอบด้วย cellulose, lignin, cutin, silica และ lignified nitrogen ซึ่งเป็นตัวชี้วัดการย่อยได้ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Van Soest, 1994)

Ramin and Huhtanen (2013) ซึ่งรายงานว่าอาหารหยาบที่มีองค์ประกอบของ ADF ต่ำ ซึ่งมีปริมาณเซลลูโลส และ ลิกนินต่ำเช่นกัน ส่งผลให้การย่อยได้สูงขึ้น และ Ozelcam et al. (2015) ได้ศึกษาทำการเปรียบเทียบหญ้าหมักและหญ้าแห้ง พบว่าปริมาณของ NDF และ ADF ของหญ้าหมักมีค่าต่ำกว่าหญ้าแห้ง ซึ่งสรุปได้ว่าที่ปริมาณเยื่อใยของหญ้าหมักลดลง อาจเป็นผลมาจากการทำงานของเอนไซม์ของกลุ่มจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการหมัก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ridh and Uchida (1994) ที่พบปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญและส่วนประกอบของเยื่อใยในฟางข้าวบาร์เลย์ที่ผ่านกระบวนการหมักมีปริมาณลดลง

Boonkoed et al. (2018) พบว่าการทำหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมักร่วมกับการใส่ถั่วเขียวป่นสามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของหญ้าหมัก ได้แก่ DM, CP, EE และ GE แต่ส่งผลให้องค์ประกอบของเถ้า NDF และ ADF ลดลงนอกจากนี้ การทำหญ้าหมักจากหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 โดยถั่วเขียวป่น 10-20% สามารถใช้ถนอมอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ ซึ่งในหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีโปรตีนประมาณ 12.6-15.9% และคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ประมาณ 33.3-36.5% จันปรีชา (2559) และยังพบว่าการที่วัตถุแห้งของหญ้าเนเปียร์หมักมีค่าต่ำ เนื่องจากหญ้าเนเปียร์ที่ตัดเมื่ออายุ 45 วัน ลำต้นยังอ่อนอยู่ มีความอวบน้ำ อย่างไรก็ตาม การตัดหญ้าเนเปียร์ที่มีอายุมากกว่า 45 วันไปหมัก แม้จะส่งผลให้วัตถุแห้งของหญ้าเนเปียร์สูงขึ้น แต่อาจทำให้คุณค่าทางอาหาร เช่น ปริมาณการกินได้ การย่อยได้ ระดับของโปรตีนรวม และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของหญ้าเนเปียร์หมักลดลง

สายัณย์ (2522) ได้กล่าวถึงขบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายหลังการปิดหลุมหมักว่า อาจแบ่งได้เป็น 2 ขบวนการใหญ่คือ ขบวนการที่ต้องใช้ออกซิเจน (aerobic) และขบวนการที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจน (anaerobic) ขบวนการดังกล่าวนี้จะมากน้อยเพียงใดจะขึ้นอยู่กับ การทำงานของ

เชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ปริมาณอากาศที่ยังหลงเหลือภายหลังการนำพืชเข้าหลุมหมักแล้ว และองค์ประกอบต่างๆภายในพืชที่นำมาทำหญ้าหมัก เช่น ปริมาณน้ำตาล ความชื้น และแร่ธาตุอาหาร

อนุสรณ์ และคณะ (2558) ศึกษาการเสริมกระถินหมักและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมักในโคเนื้อเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้แหล่งอาหารสัตว์ในท้องถิ่นและลดต้นทุนด้านอาหารข้นได้ จากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่าการเสริมแหล่งอาหารหมักทั้งสองแหล่งในโคเนื้อ ไม่มีผลกระทบด้านลบต่อการกินได้ และกระบวนการ หมักในรูเมน

2.4 พืชอาหารสัตว์ในรูปแบบหมัก (Silage)

พืชอาหารหมัก หมายถึง พืชอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่เก็บเกี่ยวในขณะที่มีความชื้นพอเหมาะสำหรับนำมาหมักในสภาพไร้อากาศโดยคุณค่าทางอาหารไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งพืชอาหารสัตว์ทุกชนิด รวมทั้งวัชพืชสามารถนำมาทำเป็นพืชอาหารหมักได้ทั้งสิ้น การที่พืชอาหารสัตว์ในรูปแบบสดถูกนำมาเปลี่ยนสภาพเป็นพืชอาหารหมักต้องอาศัยจุลินทรีย์ (สายัณห์, 2546) โดยจุลินทรีย์เหล่านี้มีอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติและติดมากับพืชอาหารสัตว์ ซึ่งมีทั้งกลุ่มที่ต้องใช้ออกซิเจน (aerobic) และไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic) โดยจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในระหว่างกระบวนการหมักจนเกิดสภาพที่เหมาะสมทำให้รักษาสภาพพืชอาหารหมักไว้ได้นานถ้ายังคงสภาพไร้อากาศ สำหรับพันธุ์พืชอาหารสัตว์ที่เหมาะสมในการทำเป็นพืชหมักนั้น ควรเป็นพืชที่ปลูกและมีการจัดการง่าย ให้ผลผลิตสูง มีปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่ละลายน้ำได้ (watersoluble carbohydrate; WSC) ไม่น้อยกว่า 6% ของน้ำหนักแห้ง (Skerman and Riveros, 1990) เช่น ข้าวโพด (Zea mays) ซึ่งให้ผลผลิตต่อไร่สูง มีปริมาณ WSC สูง ทำให้ได้พืชหมักคุณภาพดีมีสัดส่วนของธัญพืชสูง ทำให้มีความน่ากินสูงและมีค่าโภชนะที่ย่อยได้สูง (67–70%) แต่มีจุดด้อยคือ ตัดได้เพียงครั้งเดียว ต้องปลูกใหม่ทุกครั้ง ขณะที่ พืชอาหารสัตว์ เช่น หญ้าเนเปียร์ยักษ์ (*Pennisetumpurpurem* x P. *glaucum*) เป็นพืชหลายปี จึงตัดได้หลายครั้ง ให้ผลผลิตต่อไร่สูง และมีความน่ากิน (กรมปศุสัตว์, 2551) แต่พืชตระกูลหญ้าจะมีค่า WSC เฉลี่ยอยู่ในช่วง 3-5% โดยเฉพาะในหญ้าขนพบว่ามีค่าต่ำสุด คือ 2-4% เมื่อเทียบกับหญ้าชนิดอื่น เช่น หญ้าเนเปียร์ หญ้ากินนี เป็นต้น (ศศิพรและคณะ, 2547) ดังนั้นในการทำหญ้าหมักจึงมักแนะนำให้เติมสารเสริมที่เป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติก เช่น กากน้ำตาล จะทำให้ขบวนการหมักเกิดได้อย่างสมบูรณ์

2.5 จุลินทรีย์ของพืชอาหารหมัก (Silage microbiology)

แบคทีเรียและเชื้อราพวกใช้ออกซิเจนมีติดอยู่ตามอาหารสดเป็นส่วนใหญ่ แต่ในสภาวะไร้ออกซิเจนในไซโลจุลินทรีย์พวกอื่นจะเจริญเติบโตมาแทน คือ *Escherichia, Klebsiella, Bacillus, Clostridium, Streptococcus, Lerconostoc, Lactobacillus และ Pesiococcus* นอกจากนั้นมี

ยีสต์พวกที่สามารถอยู่ได้ทั้งสองสภาพ (Facultative anaerobes) แบคทีเรียพวกผลิตกรดแลกติค (Lactic acid bacteria) เป็นพวก Facultative ซึ่งติดอยู่ผิวนอกของพืชอาหารสดในปริมาณมาก แบคทีเรียพวกนี้แบ่งออกเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ พวก Homofermentative เป็นพวกที่ผลิตกรดแลกติค คาร์บอนไดออกไซด์ และเอทานอลชนิดต่าง ๆ ของแบคทีเรีย หลังจากเริ่มมีการหมักแล้วแบคทีเรียกลุ่มนี้จะมีการแบ่งตัวอย่างรวดเร็ว และจะหมักสลายพวกแป้งที่ละลายน้ำได้(Water soluble carbohydrate; WSC) ส่วนใหญ่จะได้กรดอินทรีย์ คือ กรดแลกติค ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของพืชอาหารหมักจะลดลงทันที pH นับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญมากในระดับความชื้นที่ไม่เหมาะสม ค่าpH 3.8-4.0 กิจกรรมของจุลินทรีย์จะหยุดทั้งหมด ทำให้ได้พืชอาหารหมักที่มีสภาพดีและลักษณะเหมาะสม ซึ่งสามารถเก็บไว้ได้นานถ้ายังคงสภาพปราศจากออกซิเจน ถ้าpH ไม่คงที่แบคทีเรียพวก *Saccharolytic clostridia* ซึ่งติดมากับอาหารในรูปของสปอร์ตั้งแต่แรกจะทำการแบ่งตัว และใช้ประโยชน์จากกรดแลกติคและแป้ง ทำให้ pH สูงขึ้น นอกจากนั้นแบคทีเรียพวก *Less-acid-tolerant proteolytic clostridia* จะเริ่มมีสมรรถภาพ พวก *clostridia* นี้จะมีสมรรถภาพสูงในสภาวะที่มีความชื้นสูง ซึ่งชนิดของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติคที่พบในอาหารหมัก (Woolford,1984)

2.6 กระบวนการหมักของพืชอาหารสัตว์หมัก

มาตรฐานของคุณภาพของหญ้าหมักอาศัยมาตรฐานจากยุโรป หญ้าหมักที่มีคุณภาพดีจะประกอบด้วย pH 4.2 กรดแลกติค (Lactic acid) 1.5-2.5% กรดบิวทีริค (Butyric acid) น้อยกว่า 0.1% และแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) อยู่ระหว่าง 5-8% ของไนโตรเจนทั้งหมด กระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายหลังการปิดหลุมหมัก แบ่งได้ 2 กระบวนการใหญ่ คือกระบวนการที่ต้องใช้ออกซิเจน (Aerobic) และกระบวนการที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจน (Anaerobic) กระบวนการดังกล่าวนี้จะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ปริมาณอากาศที่ยังหลงเหลือภายหลังการนำพืชเข้าหลุมหมักแล้ว และองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในพืชที่นำมาทำหญ้าหมัก เช่น ปริมาณน้ำตาล ความชื้น และแร่ธาตุอาหาร (สายัณห์ ทัดศรี, 2552)

เมื่อนำพืชที่ยังมีความสดเข้าไปหมักในหลุมหมัก หลังจากอัดพืชให้แน่นดีแล้วปิดหลุมหมัก แต่อากาศบางส่วนยังหลงเหลืออยู่แต่ในปริมาณจำกัด และเคลื่อนไหวได้น้อย ซึ่งเซลล์ของพืชที่มีชีวิตอยู่และแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนภายในนั้นใช้ในกระบวนการหายใจอยู่ระยะหนึ่งจนกว่าอากาศจะหมดไป ซึ่งการหายใจของเซลล์พืชจะใช้คาร์โบไฮเดรตและถ่ายเทคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และความร้อนออกมาในต้นพืช เชื้อแบคทีเรียมีอยู่หลายชนิดและแต่ละชนิดจะมีบทบาทต่าง ๆ กัน เพราะฉะนั้นในขณะที่มีอากาศอยู่นั้นพวก Aerobic bacteria จะเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตเป็นกรดต่างๆ เช่น Acetic, Propionic และLactic acid เป็นต้น แต่พวกเอนไซม์ต่าง ๆ ก็ยังทำงานปกติ และจะเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแอลกอฮอล์ และสิ่งเน่าเปื่อยผุพัง เพราะฉะนั้นการทำหญ้าหมักจึงต้องพยายามจำกัดจำนวนยีสต์และราไม่ให้มีมากเกินไป หรือสามารถเพิ่มจำนวนให้เพิ่มขึ้นได้ พวก Ethyl alcohol ซึ่งได้จากการ

ทำงานของยีสต์ก็จะเปลี่ยนเป็น Acetic acid ในสภาวะไร้ออกซิเจนต่อไป การอัดแน่นที่ไม่ดีพอจะมีอากาศหลงเหลืออยู่มาก ทำให้มีการสูญเสียคาร์โบไฮเดรตโดยผ่านกระบวนการหายใจและอุณหภูมิสูงเกินไป ซึ่งทำให้คุณภาพของหญ้าหมักลดลงด้วย และยังสูญเสียวัตถุแห้ง ลดปริมาณโปรตีนที่สัตว์สามารถย่อยได้ แต่ในทางตรงกันข้ามการอัดแน่นมากเกินไปในขณะที่พืชมีความชื้นสูงจะทำให้อุณหภูมิภายในหลุกหมักต่ำ ส่งผลให้หญ้าหมักมีกลิ่นเหม็น มีรายงานว่าอุณหภูมิในหลุมหมักควรอยู่ในช่วง 10-38°C (สายัณห์ ทัดศรี, 2540)

เมื่อออกซิเจนถูกใช้หมดไปกระบวนการ Anaerobic ก็จะเกิดขึ้น โดยการทำงานของ *Anaerobic bacteria* เช่น Lactobacilli และ Streptococci ซึ่งการทำงานของพวกนี้มีความสำคัญต่อการทำหญ้าหมักอย่างมาก และผลที่ได้คือกรดแลกติค (Lactic acid) ซึ่งจะมีประมาณ 1-1.5% ของน้ำหนักหญ้าหมัก และมี pH ประมาณ 4.2 หรือน้อยกว่า การทำงานของแบคทีเรียพวกนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาล ถ้ามีปริมาณน้ำตาลมากและอยู่ในสภาพ Anaerobic จำส่งผลให้เกิดกรดแลกติคเร็วขึ้น ดังสมการ

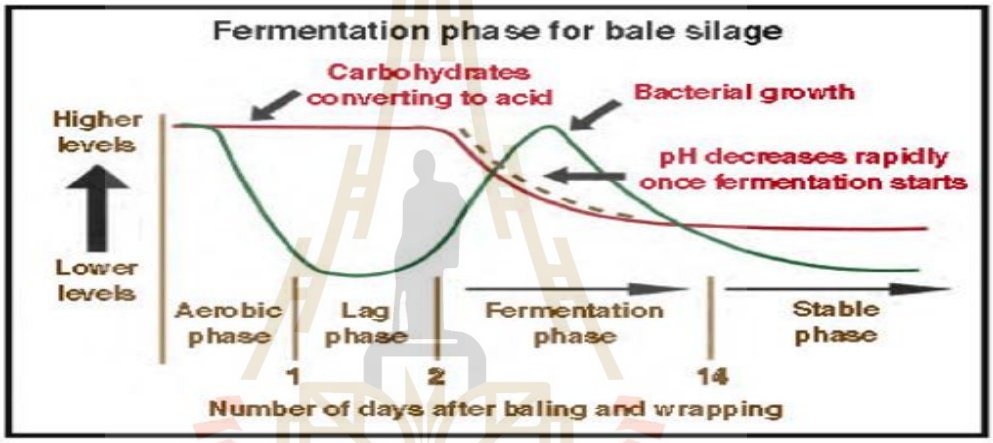
$$C_6H_{12}O_6 \text{ (Glucose)} \longrightarrow 2\,(C_3H_6O_3) \text{ (lactic acid)}$$

นอกจากนั้นยังมีแบคทีเรียพวกหนึ่ง ได้แก่ Proteolytic bacteria ซึ่งพวกนี้จะเปลี่ยนโปรตีนไปเป็นแอมโมเนีย กรดอะมิโน Amines และ Amides ซึ่งสิ่งเหล่านี้เราไม่ต้องการ เพราะฉะนั้นเพื่อป้องกันมิให้มีกระบวนการเหล่านี้เกิดขึ้นจึงต้องเพิ่มคาร์โบไฮเดรตให้มากขึ้น เพื่อระงับการใช้โปรตีนเป็นแหล่งพลังงานทำให้หญ้าหมักที่ได้ยังมีโปรตีนเหลือที่จะเป็นประโยชน์ต่อสัตว์ได้ ซึ่งนอกจากการเพิ่มคาร์โบไฮเดรตแล้วการควบคุมการเป็นกรดของหญ้าหมัก โดยการเสริมกรดบางชนิดลงไป เพื่อทำให้แบคทีเรียกลุ่ม Proteolytic และเอนไซม์ของมันไม่สามารถทำงานได้ อย่างไรก็ตามการเพิ่มพวกคาร์โบไฮเดรตนอกจากจะช่วยเป็นแหล่งพลังงานสำหรับแบคทีเรียแล้ว ยังควบคุมการเกิดกรดแลกติคเกิดขึ้นมาก

2.6.1 การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในระยะการหมัก

ในส่วนของแป้ง น้ำย่อยในเซลล์พืชที่เกี่ยวข้องกับการหายใจจะยังทำงานไปเรื่อย ๆ ตราบที่สภาวะยังมีออกซิเจนและpH ยังมีค่าสูงอยู่ แป้งในพืชจะถูกออกซิไดซ์ให้ได้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ซึ่งในช่วงนี้ความร้อนจะสูงขึ้นทำให้อุณหภูมิของอาหารหมักสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนในที่สุดจะทำให้ได้อาหารหมักลักษณะเกรียมสีน้ำตาลเข้ม (Overheated silage) เป็นอาหารหมักคุณภาพเลวภายใต้สภาวะปกติซึ่งปราศจากออกซิเจน แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติคจะหมักสลายแป้งให้ได้เป็นกลูโคส และฟรุกโทสให้ได้กรดแลกติคและกรดตัวอื่น ๆ แบคทีเรียพวก Homofermentive มีบทบาทมากในการหมักสลายน้ำตาลพวกเฮกโซส (Hexose) และการไฮโดรไลซิสของพวกเฮมิเซลลูโลสให้ได้น้ำตาลพวกเพนโตส ซึ่งจะถูกหมักต่อไปไดเกรดแลกติคในที่สุด (เมธา วรรณพัฒน์, 2533)

ในส่วนของโปรตีนประมาณ 75-90% ของไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในรูปของโปรตีนในพืชที่กำลังเจริญเติบโต หลังจากที่พืชถูกเก็บเกี่ยวแล้วน้ำย่อยโปรตีเอสในพืชจะถูกย่อยโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโน ภายในระยะเวลา 12-24 ชั่วโมง ประมาณ 20-25% ของไนโตรเจนทั้งหมด จะถูกเปลี่ยนให้เป็นไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนแท้ (Non-protein nitrogen, NPN) ซึ่งส่วนใหญ่คือ กรดอะมิโน แบคทีเรียที่ผลิตกระแลกติคสามารถย่อยสลายกรดอะมิโนบางตัวได้ เช่น ย่อย Serine ได้ Acetoin และย่อย Arginine ได้ Ornithine แต้ถ้ามีพวก *Clostridia* มาก จะมีการเมตาโบไลซ์กรดอะมิโนในอัตราที่สูง ทั้งนี้โดยอาศัยกระบวนการ 3 แบบคือ Deamination, decarboxylation และ Coupled oxidation/reduction ซึ่งจะทำให้เกิดพวก Amines, NH_3, CO_2,keto acid และ Fatty acid (เมธา วรรณพัฒน์, 2533)



ภาพที่ 4 แสดงกระบวนการการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในระยะการหมัก
ที่มา : Naina Lopes and Phil Cardoso (2014)

2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของพืชหมัก

2.7.1 ชนิดของพืชอาหารสัตว์

พืชอาหารหมักสามารถทำได้จากพืชตระกูลหญ้า พืชตระกูลถั่วและผลพลอยได้ทางการเกษตร เป็นต้น ซึ่งลักษณะของพืชอาหารสัตว์ที่นำมาทำเป็นพืชอาหารหมักควรมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (WSC) ในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมัก มีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดด่างต่ำ (BC) สามารถอัดแน่นได้อย่างรวดเร็ว ดังแสดงในตารางที่ 2 (พรชัย, 2548; Jones, 1978; McDonald, 1981 และ Alberta Ag-lndusties, 1986)

ตารางที่ 4 แสดงคุณสมบัติของพืชที่เหมาะสม และไม่เหมาะสมในการทำเป็นพืชอาหารหมัก

คุณสมบัติของพืชอาหารสัตว์	เหมาะสม	ไม่เหมาะสม
ปริมาณของน้ำตาล	สูง	ต่ำ
น้ำหนักแห้ง	สูง(30-40%)	ต่ำ
โปรตีนหยาบ	ปานกลาง	สูง-สูงมาก
โภชนะที่ย่อยได้	สูง	ต่ำ(พืชแก่)
เยื่อใย	ต่ำ-ปานกลาง	สูง(พืชแก่)
ฤดุการที่ตัดพืช	อากาศเย็น	อากาศร้อน
การปนเปื้อน	น้อย	มาก
ขนาดชิ้นที่ตัด	สับให้ขนาดชิ้นเล็ก	ไม่สับ

ที่มา : Alberta Ag-lndusties (1986)

2.7.2 อายุการตัดพืชอาหารสัตว์ คือ ระยะที่พืชให้ผลผลิตสูงและมีคุณค่าทางโภชนะอยู่ในเกณฑ์ดีซึ่งอายุของพืชอาหารสัตว์ที่จะตัดเพื่อนำมาทำเป็นพืชอาหารหมักนั้นมีความสำคัญ เพราะสามารถบ่งบอกถึงคุณภาพและปริมาณของพืชอาหารหมักได้

จากการศึกษาของ วิรัช และคณะ (2542) ได้ศึกษาผลของระยะตัดที่มีต่อผลผลิตน้ำหนักแห้ง ผลผลิต โปรตีนหยาบ และส่วนประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์พบว่าเมื่อตัดหญ้าอายุที่ 40 วันผลผลิตน้ำหนักแห้งจะเพิ่มขึ้น แต่เมื่ออายุพืชมากขึ้นที่ 50 วันผลผลิตน้ำหนักแห้งจะลดลง สำหรับส่วนประกอบทางเคมี พบว่าเมื่อพืชมีอายุมากขึ้นจะทำให้ปริมาณน้ำหนักแห้งและเยื่อใย (Neutral Detergent Fiber,NDF, Acid Detergent Fiber, ADF และ Acid Detergent Lignin, ADL) เพิ่มสูงขึ้นแต่มีปริมาณโปรตีนหยาบลดลง อย่างไรก็ตามอายุที่เหมาะสมนี้จะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืชและสภาพภูมิอากาศ โดยปกติพืชอาหารสัตว์ที่แก่จะมีปริมาณของน้ำหนักแห้งและพลังงานสูงแต่มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบและการย่อยได้ต่ำ

2.7.3 ขนาดของชิ้นพืชอาหารสัตว์ที่นำมาหมัก การสับพืชอาหารสัตว์ก่อนนำมาหมักมีความสำคัญต่อกระบวนการหมัก เนื่องจากการสับพืชทำให้คาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่ายในพืชอาหารสัตว์ถูกปล่อยออกมาอย่างเร็ว ซึ่งจะช่วยทำให้เกิดกรดแลคติคได้เร็วขึ้นอีกทั้งการสับพืชอาหารสัตว์ก่อนนำมาหมักให้มีขนาดเล็กนั้นเป็นการช่วยทำให้พืชสามารถอัดได้แน่นและยังสามารถผสมคลุกเคล้ากันได้ทั่วถึงอีกด้วย อย่างไรก็ตามการสับพืชอาจจะมีข้อจำกัดอยู่บ้าง เช่น ถ้าสับพืชให้มีขนาดเล็กเกินไปจะทำให้เกิดปัญหาเรื่องการสูญเสียความสามารถในการกระตุ้นกระเพาะรูเมนให้บีบตัวเพื่อให้ขยอกอาหารออกมาเคี้ยวเอื้องและทไให้มีการขับน้ำลายออกมาได้น้อยส่งผลให้ในรูเมนมีสภาพเป็นกรดรุนแรง ทำให้อาหารไม่ย่อย สัตว์จะเบื่ออาหารและมีไขมันในน้ำนมลดลง แต่ถ้ามีการสับพืชให้มีขนาดใหญ่เกินจะทำให้การอัดแน่นทำได้ยาก มีออกซิเจนภายในหลุมหมักมากทำให้เกิด

ความร้อนสูง นอกจากโปรตีนจะถูกทำลายแล้วยังทำให้จุลินทรีย์พวกที่ทนความร้อน เช่น ราและแบคทีเรียบางชนิดเจริญได้ดีทำให้พืชอาหารหมักมีคุณภาพลดลง

2.7.4 อุณหภูมิระหว่างกระบวนการหมัก เนื่องจากความสำเร็จของการทำหญ้าหมักมีความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมในระหว่างกระบวนการ ดังนั้นมันเป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดว่าอุณหภูมิที่จะควบคุมคุณภาพของหญ้าหมักที่ผลิตได้ จากผลการวิจัย อุณหภูมิมีผลต่อประสิทธิภาพของสารเติมแต่งทางจุลชีววิทยาที่ใช้ เช่น Lactic Acid ในกระบวนการกักเก็บ โดยปราศจากสารเติมแต่งใด ๆ ก็ได้ หญ้าหมักที่ 40°C เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ลดลงเนื่องจากไม่เป็นผลดีต่ออาหารหมัก

2.7.5 ผลของระยะเวลาการหมักต่อคุณภาพหญ้าหมัก หญ้าหมักที่มีคุณภาพจะเกิดขึ้นได้เมื่อกระบวนการหมักเสร็จสิ้นไปด้วยดี เกิดขึ้นเมื่อกรดแลคติกเป็นกรดหลักที่ผลิตขึ้น ซึ่งจะทำให้ pH ของหญ้าหมักลดลงอย่างรวดเร็ว ในงานวิจัยพบว่าส่วนใหญ่จะใช้ระยะเวลาการหมักพืชที่อายุ 60 วัน ซึ่งเวลาวิกฤตระหว่างกระบวนการหมักและต้องใช้เวลากี่วันเพื่อให้สมบูรณ์ขึ้นอยู่กับชนิดของหญ้าหมักและสารเติมแต่งที่ใช้ โดยปกติระยะเวลาการหมัก 60 วันจะทำให้ปลอดภัย แต่จะต้องพิจารณาถึงผลของการหมักที่นานขึ้นหรือสั้นลงด้วยเพื่อประหยัดเวลา ต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพปริมาณสารอาหารในหญ้าหมัก

Mohd-Setapar (2012) กล่าวว่าขนาดของพืชอาหารสัตว์ที่สับจะมีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพของการหมักนอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารสัตว์ที่นำมาเป็นวัตถุดิบด้วย และยังพบว่าหญ้าหมักที่ยังไม่ได้สับเมื่อนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ จะเพิ่มปริมาณของเส้นใยและลดการบริโภคอาหารและประสิทธิภาพการกินได้ของโค

บุญส่ง และคณะ (2555)การศึกษาคุณภาพของพืชหมักในถุงพลาสติกดำ ที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ เพื่อประเมินศักยภาพอายุการเก็บรักษาของพืชหมัก 3 ชนิด ได้แก่ (1) หญ้ากินนีสีม่วงหมักร่วมกับกากน้ำตาล 6 เปอร์เซนต์ (2) หญ้าเนเปียร์ยักษ์หมักร่วมกับกากน้ำตาล 6 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และ (3) ต้นข้าวโพด อายุการเก็บรักษา 4 อายุ ได้แก่ 1 3 6 และ 12 ผลการทดลองพบว่าหญ้าเนเปียร์ยักษ์หมักร่วมกับกากน้ำตาล 6 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บได้นาน 6 เดือน โดยคุณค่าทางโภชนะและการใช้ประโยชน์ได้ไม่เปลี่ยนแปลง หญ้ากินนีสีม่วงหมักร่วมกับกากน้ำตาล 6 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บได้นาน 3 เดือน มีคุณค่าทางโภชนะและการใช้ประโยชน์ได้ไม่ต่ำกว่าก่อนหมัก แต่ถ้าเก็บไว้นาน 6-12 เดือน ลักษณะทางกายภาพจะมีการเปลี่ยนแปลงชัดเจน ไม่เหมาะที่จะนำไปเลี้ยงสัตว์ ส่วนต้นข้าวโพดหมักมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีปานกลาง สามารถเก็บได้นาน 6 เดือน โดยคุณค่าทางโภชนะเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

วารุณี และคณะ (2556) ได้ทำการทดลองนำหญ้าแพงโกล่าอายุ 45 วันมาทำการสับและไม่สับ มาทำการหมัก พบว่าการสับพืชให้มีขนาดเล็กช่วยให้พืชสามารถอัดได้แน่นและสามารถไล่อากาศออกได้เกือบหมด ทำให้พืชอาหารหมักมีคุณภาพดีได้ แต่ถ้าไม่มีการสับพืชจะทำให้การอัดแน่น

ทำได้ยากอีกทั้งอากาศที่หลงเหลืออยู่ในภาชนะส่งผลทำให้มีการสูญเสียน้ำหนักแห้ง โปรตีนหยาบ และมีค่า pH สูงกว่าการพืชอาหารหมักที่มีการสับตลอดจนปริมาณของกรดแลคติคต่ำกว่าพืชอาหารหมักที่มีการสับอีกด้วย ดังนั้นในการทำพืชอาหารหมักควรมีการสับพืชก่อนนำมาหมักเพื่อให้พืชอาหารหมักนั้นคงคุณภาพไว้ และยังพบว่าปริมาณเยื่อใยในวัตถุดิบอาหารสัตว์จะมีความจำเป็นในการช่วยปรับสภาพความสมดุลในกระเพาะหมัก จำนวนอาหารเยื่อใยที่เพียงพอจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของตัวสัตว์ เยื่อใยในอาหารประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต และส่วนที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต เช่น ลิกนิน ซิลิกา คิวติน เป็นต้น (พันทิพา, 2550) คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง จะเป็นส่วนที่ประกอบภายในเซลล์ ซึ่งจะเป็นสัดส่วนที่ผกผันกับระดับผนังเซลล์

จากการทดลองวัดระดับค่า pH ของหญ้าหวานอิสราเอล เนเปียร์ปากช่อง และเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมัก ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าค่า pH อยู่ในระดับที่เหมาะสมในการนำมาเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวในรูปแบบหมัก ดังตารางที่ 5 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ เชาวฤทธิ์ มาปะโท และ เมธา วรรณพัฒน์ (2560) ที่ศึกษาในหญ้าหวานหมัก พบว่ามีค่า pH อยู่ที่ 3.9 และคุณสมบัติทางกายภาพ (สีเขียวแกมเหลือง) ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ดีของหญ้าหมัก ตามที่ได้ระบุไว้ว่าค่า pH ที่เหมาะสมในการทำหญ้าหมักอยู่ที่ pH 3.5–4.5

ผลของระยะเวลาในการหมักต่อคุณลักษณะของพืชอาหารสัตว์หมักที่ดีดังแสดงในตารางที่ 6 การศึกษาของArthit et al. (2014) พบว่าระยะเวลาการหมักในข้าวโพดหวานมีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อคุณลักษณะของพืชหมักอย่างเห็นได้ชัด โดยในส่วนของระดับ pH พบว่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสม 3.5-4.5 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของBetul et al. (2016) และ Chaowarit and Metha. (2018) ที่ให้ผลไปในทิศทางเดียวกัน แต่พบว่าปริมาณของกรดบิวทิวริกเกิดขึ้นสูงโดยเฉพาะในช่วง 90 วัน อาจเนื่องมาจากในข้าวโพดหวานมีส่วนประกอบของน้ำตาลที่สูง ส่งผลให้เกิดการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่ม Clostridium เปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นกรดบิวทิริค ในส่วนของปริมาณกรดแลกติกพบว่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสม 3-13% แต่ในส่วนของการศึกษาของ Rahman et al. (2021) ได้ทำการศึกษาในหญ้าเนเปียร์แคระพบว่าในระยะการหมักที่ 30 วันระดับค่า pH เกิดขึ้นสูงอาจเนื่องมาจากการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระกว่างกระบวนการหมัก รวมไปถึงองค์ประกอบภายในพืช โดยทั่วไปแล้วกลุ่มแบคทีเรียจะเปลี่ยนกรดแลกติกไปเป็นกรดบิวทิริคจะหยุดการเจริญเติบโตเมื่อ pH ประมาณ 4.2 เพราะฉะนั้นการทำให้เกิดกรดแลกติกเร็วที่สุด จะช่วยชะรอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่ม Clostridium และทำให้หญ้าหมักคงสภาพที่สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้

ตารางที่ 5 แสดงคุณค่าทางโภชนะองค์ประกอบทางเคมีของพืชอาหารหมักที่อายุการเก็บรักษาต่างกัน

Reference	Treatment	Chemical composition (%)				
		DM	CP	NDF	ADF	Moisture
Withaya et al.(2011)	Napier grass silage					
	30 day	23.24^{ab}	11.50^{d}	61.16^{a}	34.74^{b}	-
	90 day	24.07^{a}	14.56^{a}	61.40^{a}	34.14^{b}	-
	180 day	22.98^{b}	13.86^{b}	59.08^{b}	37.10^{a}	-
	360 day	21.53^{c}	12.26^{c}	61.77^{a}	35.24^{b}	-
	Purple guinea grass					
	30 day	25.40^{a}	9.64^{b}	62.70^{b}	39.84^{c}	-
	90 day	26.60^{ab}	11.02^{a}	62.56^{b}	43.22^{b}	-
	180 day	23.19^{bc}	10.52^{a}	66.10^{a}	45.56^{a}	-
	360 day	22.24^{c}	9.88^{b}	66.20^{a}	40.94^{c}	-
Boonsong et al. (2012)	Sweet corn silage					
	30 day	22.99^{a}	10.08^{c}	60.84^{bc}	33.76	-
	90 day	22.88^{a}	11.62^{b}	63.86^{a}	35.72	-
	180 day	23.35^{a}	12.78^{a}	58.52^{c}	34.20	-
	360 day	20.93^{b}	12.87^{a}	62.57^{ab}	36.24	-
Arthit et al. (2015)	Sweet corn silage					
	0 day	19.66^{a}	7.02^{b}	69.64^{b}	34.81^{d}	80.34^{b}
	30 day	18.18^{b}	7.32^{b}	73.46^{a}	38.95^{c}	81.82^{a}
	60 day	17.51^{b}	7.10^{b}	73.50^{a}	43.53^{b}	82.49^{a}
	90 day	18.02^{b}	8.19^{a}	72.87^{a}	44.51^{a}	81.98^{a}
Betul et al. (2016)	Corn silage					
	90 day	28.02	8.95	-	-	-
	180 day	25.41	6.73	-	-	-
Mapato and Wanapat. (2018)	Sweet grass silage					
	21 day	33.2	15.7	58.1	32.7	-

^{a,b,c,d} Different letters within a colomn are significantly different (P<0.05).DM: Dry Matter; CP: Crude Protein; ADF: Acid Detergent Fiber; NDF:Neutral Detergent Fiber.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 6 ผลของระยะเวลาในการหมักต่อคุณลักษณะของพืชอาหารสัตว์หมัก

Reference	Treatment	Parameters			
		pH	Acetic acid	Lactic acid	Butyric acid
Arthit et al. (2014)	Sweet corn silage				
	30 day	3.91[a]	8.67[c]	5.06[a]	1.44[c]
	60 day	3.81[b]	10.99[a]	4.83[b]	1.77[b]
	90 day	3.72[c]	10.37[b]	3.10[c]	2.12[a]
Betul et al. (2016)	Corn silage				
	90 day	3.94	2.09	2.38	-
	118 day	3.97	3.28	4.21	-
Mapato and Wanapat. (2018)	Sweet grass silage 21 day	3.9	-	-	-
Rahman et al. (2021)	dwaff Napier grass silage				
	30 day	4.72	-	10.02[c]	-
	60 day	4.55	-	4.67[b]	-
	90 day	4.36	-	3.47[a]	-

[a,b,c] Different letters within a colomn are significantly different (P<0.05).

2.8 การย่อยและเมทาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต

สัตว์เคี้ยวเอื้องเป็นสัตว์ที่กินพืชเป็นหลัก ซึ่งในพืชจะมีส่วนของเยื่อใยอยู่ในปริมาณสูงโดยองค์ประกอบหลักของพืชประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต สามารถจำแนกตามลักษณะของโครงสร้างออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง (non-structural carbohydrate) ได้แก่ แป้ง, น้ำตาล และคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้าง (structural carbohydrate) ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และเพคติน ซึ่งพบว่าในหญ้าแก่จะมีส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้างในปริมาณสูงกว่าหญ้าอ่อน คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญและเป็นสารตั้งต้น สำหรับการสังเคราะห์ไขมันและน้ำตาลแลคโตสสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Wattiaux and Armentano, 2006) ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งในการสร้างคาร์โบไฮเดรตในน้ำนม คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในน้ำนมและเป็นสารตั้งต้นของการสร้างไขมันและน้ำตาลนม (แล็กโทส) จุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในกระเพาะจะหมักคาร์โบไฮเดรตที่มีลักษณะเป็นเส้นใย ได้แก่ เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสซึ่ง

เกาะอยู่กับลิกนินในผนังเซลล์พืชอย่างช้า ๆ เซลล์พืชที่มีอายุมากขึ้นจะมีลิกนินในปริมาณมากขึ้น ทำให้การหมักของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสลดลง เส้นใยที่มีลักษณะยาวจะช่วยกระตุ้นการหดรัดตัวของกระเพาะหมักและช่วยกระตุ้นให้น้ำลายไหลลงสู่กระเพาะเพิ่มขึ้นในน้ำลายสัตว์เคี้ยวเอื้องประกอบด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตและเกลือฟอสเฟตซึ่งช่วยรักษาค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะให้มีสภาพเป็นกลาง ดังนั้นหากสัตว์ได้รับเส้นใยไม่เพียงพอจะมีผลให้น้ำนมมีปริมาณไขมันต่ำและทำให้ระบบการย่อยไม่ดี

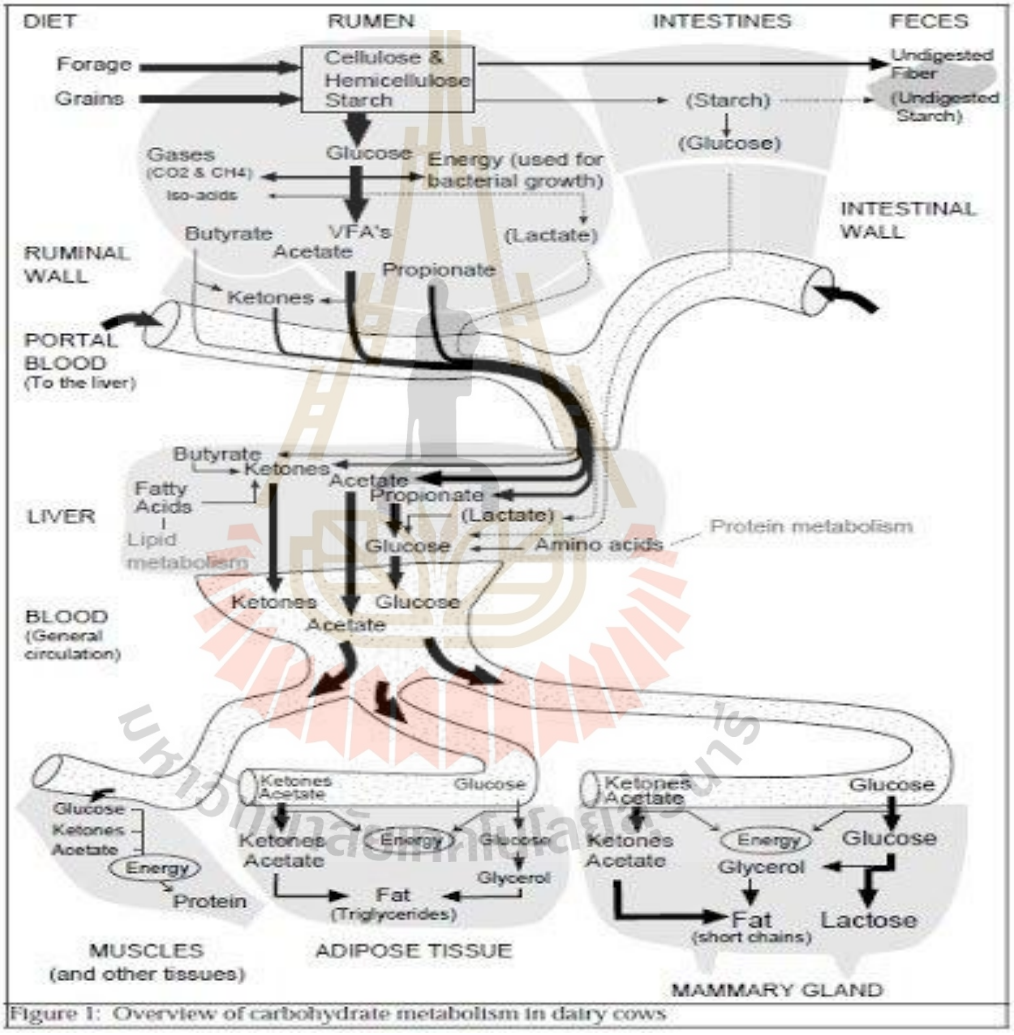


Figure 1: Overview of carbohydrate metabolism in dairy cows

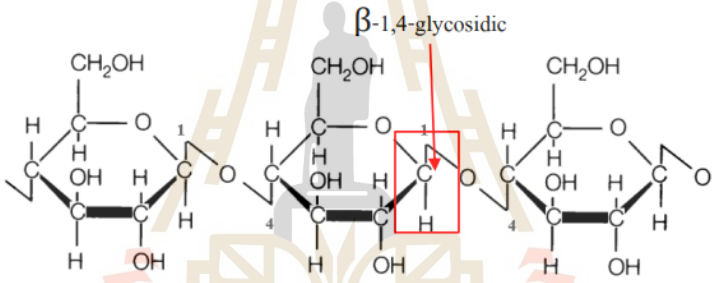
ภาพที่ 5 Overview of carbohydrate metabolism

ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Wattiaux (2015)

เซลลูโลส (cellulose) จัดได้ว่าเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีมากที่สุด เป็นส่วนประกอบของพืชชั้นสูงประมาณ20-40%ของปริมาณวัตถุแห้งทั้งหมด และเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์

พืช และเยื่อใยในพืชทั่วไป ที่ประกอบไปด้วยน้ำตาลกลูโคส (D-glucose) ซึ่งเป็นน้ำตาลหลักที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตใบเอทานอล (Mood et al., 2013) เชื่อมต่อกันเป็นสายยาว ด้วยพันธะ β-1,4-glycosidic และมีการเชื่อมต่อระหว่างสายของเซลลูโลสด้วยพันธะไฮโดรเจนเกิดเป็นเส้นใย พบได้ผนังเซลล์พืช รวมอยู่กับเฮมิเซลลูโลสและเพกติน ช่วยให้เกิดความแข็งแรง ซึ่งเซลลูโลสละลายน้ำได้น้อย การย่อยสลายเส้นใยเซลลูโลสสามารถใช้วิธีทางเคมีโดยการใช้กรดในการตัดพันธะ หรือการใช้ตัวเร่งทางชีวภาพ (enzyme) อย่างเซลลูเลส (cellulase) ในการตัดพันธะ (Food network solution, 2015) การย่อยเซลลูโลสในกระเพาะรูเมน ส่วนใหญ่เกิดจากการทำงานของแบคทีเรียในกลุ่มที่ย่อยเซลลูโลส (cellulolytic bacteria) เป็นหลัก โดยแบคทีเรียจะหลั่งเอนไซม์เซลลูเลส ออกมาย่อยโดยตรง

Hemicellulose ประกอบด้วย xylose (น้ำตาลที่มีคาร์บอน 5 อะตอม) เป็นส่วนใหญ่ แต่อาจมีน้ำตาลกลูโคสหรือแมนโนสอยู่ด้วย



ภาพที่ 6 โครงสร้างของเซลลูโลส

ที่มา: https://www.csdlabservices.com/

2.8.1 ผลของอาหารหยาบต่อผลผลิต และองค์ประกอบในน้ำนม

การศึกษาของ ภัทรภร ทัศพงษ์ (2561) รายงานว่าปริมาณน้ำนมในแพะที่เลี้ยงด้วยถั่วลิสงแห้งจะให้ผลผลิตน้ำนมสูงสุด ส่วนองค์ประกอบทางเคมี ไขมัน โปรตีน น้ำตาลในนม พบว่าแหล่งอาหารหยาบทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าขน หญ้าแพงโกล่าแห้ง และฟางถั่วลิสง ไม่มีอิทธิพลต่อไขมัน โปรตีน และน้ำตาลในน้ำนม ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Torii et al. (2004) ที่รายงานว่าแหล่งอาหารหยาบ 3 ชนิด คือ อัลฟาฟ่าแห้ง ข้าวโอ๊ตแห้ง และข้าวโพดหมัก พบว่าไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของน้ำนมแพะ แต่มีผลต่อองค์ประกอบของไขมันนม ทั้งนี้เพราะระดับเยื่อใยในอาหารจะมีผลต่อปริมาณไขมันในน้ำนม

จากการศึกษาของ Gwayumba et al. (2008) พบว่าผลของอาหารหยาบในกลุ่ม French Cameroon สามารถเพิ่มไขมันในน้ำนม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Thongruang et al.

(2019) พบว่าอาหารหยาบในกลุ่ม Cut-carry, Grazing (หญ้าเนเปียร์ปากช่อง) สามารถเพิ่มผลผลิตน้ำนม และ การศึกษาของ Mohammed et al. (2009) ก็พบว่าอาหารในกลุ่มหญ้าหมักก็สามารถเพิ่มไขมันในนมได้

ตารางที่ 7 ผลของอาหารหยาบต่อผลผลิต และองค์ประกอบในน้ำนม

Reference	Treatments	Milk yield(kg/d)	Milk compositions (%)					Species
			Fat	Protein	Lactose	TS	SNF	
Mustafa et al.(2007)	Alfalfa silage	37.5	3.58	3.18	4.69	12.61	-	Cows
Gebrehawa et al.(2010)	Maize silage	11.2	4.9	3.3	4.2	13.2	8.3	Cows
Hidayati et al.(2014)	Napier grass silage	1.64	5.92^{bc}	3.29	4.83^{a}	15.0^{b}	-	Goats
	Napier grass silage + gliricidia 15%	1.75	6.18^{d}	3.24	4.70^{ab}	15.4^{b}	-	
	Napier grass silage + gliricidia 30%	1.51	5.38^{ab}	3.23	4.58^{b}	14.6^{ab}	-	
Tatsapong et al.(2018)	Fresh Napier pakchong 1	1.66	3.93	3.69	4.50	12.97	8.91	Goats
Thongruang et al.(2019)	Cut-carry Napier pakchong 1	1.49	3.49	3.42	4.33	12.04	8.55	Goats

^{a,b} Different letters within a column are significantly different (P<0.05). ,CSSS=Sticky corn stover silage, TPSS=Purple corn stover silage, TS=Total Solid, SNF=Solid not fat

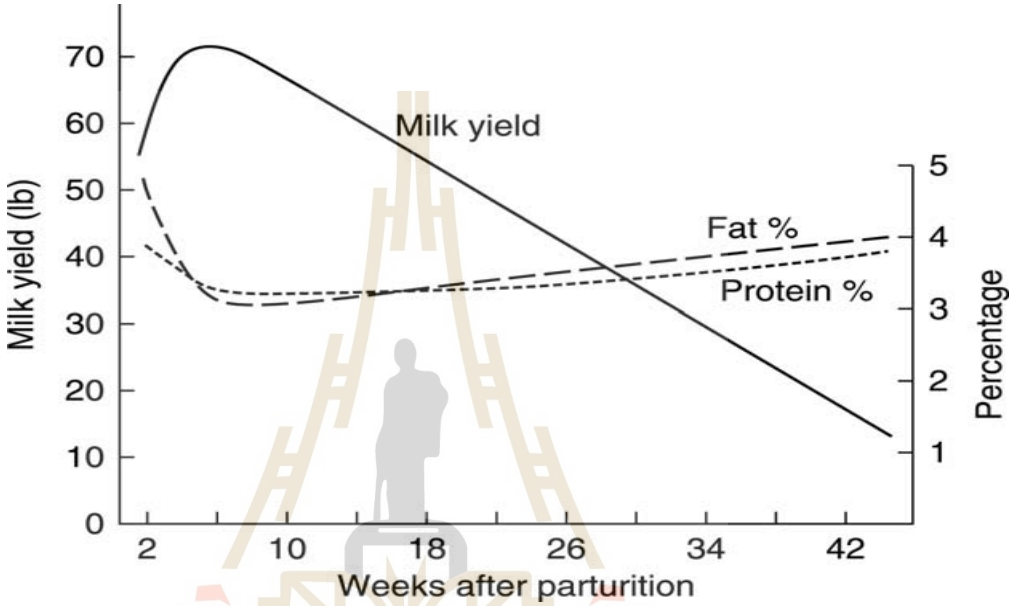
จากการศึกษาของ Mustafa et al. (2007) รายงานว่าปริมาณไขมันนมและค่าความเข้มข้นของยูเรีย (MUN) ในน้ำนมที่เลี้ยงด้วยถั่วเหลืองหมักมีค่าสูงกว่าในนมของแม่โคที่เลี้ยงด้วยอัลฟาฟ่าหมัก ซึ่งค่ายูเรียบ่งชี้ถึงสมดุลของระบบต่าง ๆ ในกระเพาะหมัก ระดับที่มากเกินไป (มากกว่า 18 มก./ดล.) บ่งบอกถึงความไม่สมดุลของโปรตีน, คาร์โบไฮเดรทที่มีน้อยเกินไป หรือมีจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักน้อยเกินไป ระดับของ MUN ที่สูงบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพในการผลิตน้ำนมที่ลดลง อย่างไรก็ตามโปรตีนนมและความเข้มข้นของแลคโตสไม่ได้รับผลกระทบจากชนิดของหญ้าหมัก Gebrehawa et al. (2010) พบว่าการเลี้ยงแม่โคด้วยข้าวโพดหมักไม่มีผลกระทบเชิงลบต่อผลผลิต

และองค์ประกอบในน้ำนม จากรายงานสามารถอธิบายได้ว่า ปริมาณโปรตีนนมที่เพิ่มขึ้นอันเป็นผลมาจากความเข้มข้นของโปรตีนที่เพิ่มขึ้นในอาหาร ส่วน Hidayati et al. (2014) พบว่าแหล่งของอาหารหยาบในกลุ่มหญ้าเนเปียร์หมัก ไม่ส่งผลกระทบในทางลบต่อผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนมในสัตว์เคี้ยวเอื้องซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tian et al. (2018) พบว่าให้ผลไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งแหล่งของอาหารหยาบสามารถเพิ่มไขมันในนมได้เนื่องจากอาหารหยาบมีสัดส่วนของเซลลูโลสที่สูง สามารถช่วยเพิ่มความเข้มข้นของกรดอะซิติกในรูเมนซึ่งจะส่งผลต่อกระบวนการสังเคราะห์ไขมันในน้ำนมได้ (Sanh et al., 2002)

2.9 การดูดซึมไขมันในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ไขมันธรรมชาติ หรือไตรกลีเซอไรด์ ประกอบด้วยกลีเซอรอล 1 โมเลกุล และกรดไขมัน 3 โมเลกุล และกรดไขมันก็แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ กรดไขมันอิ่มตัวซึ่งไม่มีพันธะคู่ในโมเลกุล และไม่อิ่มตัวซึ่งมี พันธะคู่ในโมเลกุล กรดไขมันชนิดอิ่มตัวประกอบด้วยกรด acetic (C_2), propionic (C_3), butyric (C_4), palmitic (C_{16}), stearic (C_{18}) เป็นต้น ส่วนกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวได้แก่กรด palmitoleic(C16:1) , oleic (C18:1), linoleic (C18:2), linolenic (C18:3), arachidonic (C20 : 4) และ timnodonic (C22:4) เป็นต้น ไขมันที่พบในธรรมชาติส่วนใหญ่จะเป็นคาร์บอนอะตอมคู่ และไขมันเป็นส่วนประกอบในอาหารสัตว์ทั้งในอาหารหยาบและอาหารข้นในพืชอาหารสัตว์จะมีไขมันประมาณ 0.82-4 % ส่วนในอาหารข้นมีไขมันประมาณ 4-5% ไขมันที่อยู่ในรูปของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) จะถูก hydrogenate ในรูเมนให้เป็น stearic acid ซึ่งอยู่ในรูปอิสระและรูปที่จับกับสารอื่นได้ ถ้าสัตว์ได้รับอาหารหยาบในระดับสูงจะมี stearic acid 40% ของ rumen digesta และ 80% ถ้าสัตว์ได้รับอาหารเมล็ดธัญพืชในระดับสูง ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าในอาหารหยาบ (พืชอาหารสัตว์) จะประกอบด้วย กรดปาล์มมิติก (C_{16}) 1/3 ของ ไขมันทั้งหมด และ 2/3 เป็นสเตียริก (C_{18}) ส่วนในเมล็ดธัญพืชประกอบด้วย unsaturated fatty acid (C_{18}) ถึง 90% ส่วนที่เหลือเป็นปาล์มมิติกน้อยกว่า 10% ส่วนใหญ่อาหารไขมันของสัตว์เคี้ยวเอื้องมักจะ ประกอบไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นปริมาณมาก เพราะกินพืชอาหารสัตว์เป็นหลักและกรดไขมันอิ่มตัว ในเมล็ดธัญพืชบ้าง ลิพิดที่พบในกระเพาะหมักกลับแตกต่างจากอาหาร อันเนื่องจากจุลินทรีย์ในรูเมนจะย่อยสลายไตรกลีเซอไรด์ ได้กรดไขมันอิสระ และยังมีกระบวนการหมักกลีเซอรอลให้กลายเป็นกรดไขมันที่ระเหยได้ และเนื่องจากสภาพแวดล้อมภายในรูเมนเหมาะสมอย่างยิ่ง ในการรีดิวซ์กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวให้เป็นกรดไขมันที่อิ่มตัวโดยการเติมไฮโดรเจนเข้าไปอย่างรวดเร็ว (hydrogenation) กรดไขมันอิ่มตัวที่ได้ ส่วนใหญ่ คือ กรด สเตียริก นอกจากนั้นจุลินทรีย์ยังสามารถสังเคราะห์กรดไขมันที่จำนวนคาร์บอนเป็นเลขคี่ได้จากกรดโพรพิโอนิค (C_3) ศจีรา คุปพิทยานันท์ (2547) รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของไขมันนม ไขมันนมจะลดลง หากโคนมได้รับอาหารที่มีพลังงานไม่เพียงพอ โดยเฉพาะในช่วงแรกของการให้นม ในช่วงดังกล่าว แม่โคที่อ้วนจะให้นมที่มีเปอร์เซนต์ไขมันนมสูงกว่าแม่โคผอม

อย่างไรก็ตามแม่โคที่ให้ ผลผลิตสูงมักจะน้ำหนักตัวลดลงในช่วงแรกของการให้นม จึงไม่ควรให้แม่โคเกิดภาวะขาดอาหาร ซึ่งทำได้โดยให้อาหารที่มีพลังงานสูงแก่แม่โค หากมีการสูญเสียไขมันในร่างกายมากเกินไปจะเสี่ยงต่อการเกิดคีโตซีส แม่โคที่เลี้ยงด้วยอาหารข้นในช่วงหยุดพักการให้นมจะผลิตน้ำนมที่มีไขมันและของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันในปริมาณสูง ในช่วง 2-3 เดือนแรกหลังคลอดในรอบการให้นมครั้งถัดไป อย่างไรก็ตามทฤษฎีดังกล่าวจะทำให้สิ้นเปลืองมากในทางปฏิบัติ



ภาพที่ 7 แสดงการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของไขมันนม
ที่มา : ศจีรา (2547)

2.10 ความเครียดออกซิเดชัน (Oxidative stress)

อนุมูลอิสระ (Free radicals, FR) คือสารประกอบที่พร้อมทำปฏิกิริยา ที่ถูกสร้างขึ้นมาในร่างกายมนุษย์ตามธรรมชาติ FR คือโมเลกุลหรือเศษส่วนย่อยของโมเลกุล ประกอบด้วยอิเล็คตรอนคู่เดี่ยวหนึ่งหรือมากกว่าในบริเวณชั้นนอกสุดของเซลล์ FR เป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียรอย่างมาก สามารถไวต่อการทำปฏิกิริยาโดยการไปจับเอาอิเล็คตรอนจากโมเลกุลอื่น ปฏิกิริยานี้เรียกว่าออกซิเดชั่น (Oxidation)

Reactive oxygen species (ROS) เป็นสารที่เกิดจากออกซิเจน ประกอบด้วย FR และออกซิเจนที่พร้อมทำปฏิกิริยา ROS สามารถถูกสร้างขึ้นมาอย่างต่อเนื่องจากภายนอก ได้แก่ การสัมผัสกับรังสี มลพิษทางอากาศ ภาวะออกซิเจนเป็นพิษ การสูบบุหรี่ ดื่มแอลกอฮอล์ เป็นต้น

นอกจากนี้ ROS ยังถูกสร้างมาจากการหายใจระดับเซลล์ด้วย ดังนั้นการเกิด ROS จึงเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นในการมีชีวิตที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้

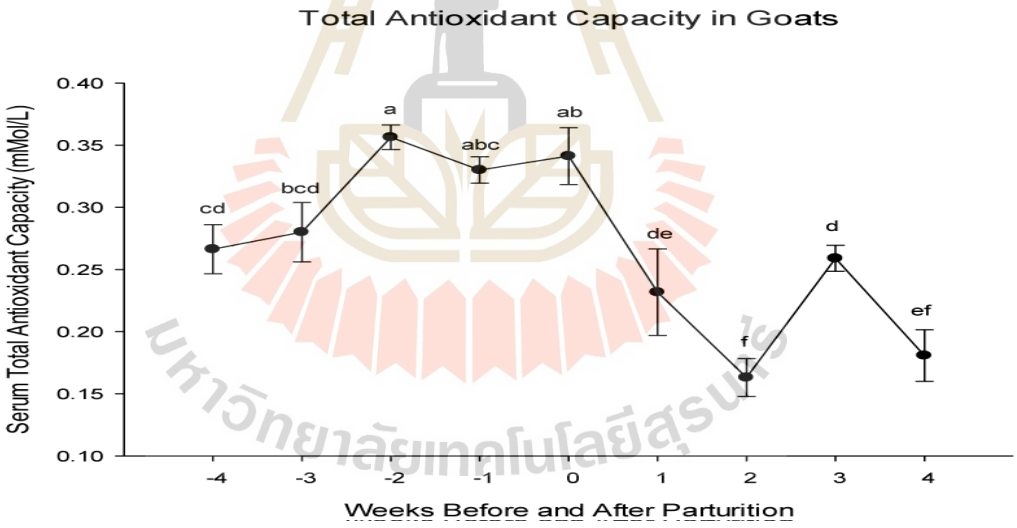
การเกิดขึ้นของ ROS มีทั้งผลดีคือช่วยเกี่ยวกับระบบภูมิคุ้มกันในร่างกาย และผลเสียคือทำให้เกิดการออกซิเดชั่นของไขมัน โปรตีน หรือดีเอ็นเอ เพื่อลดผลกระทบทางด้านเสียสิ่งมีชีวิตจึงต้องการการปกป้องที่มีประสิทธิภาพคือ ระบบต้านอนุมูลอิสระ (anti-oxidant system) ระบบนี้ประกอบด้วยเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ Catalase, Glutathione peroxidase, Superoxide dismutase และสารต้านอนุมูลอิสระที่ไม่ใช่เอนไซม์ เช่น วิตามินอี วิตามินเอ วิตามินซี กลูต้าไธโอน ฟลาโวนอย แคโรทีนอย และกรดยูริค ซึ่งแพะในช่วงที่มีการให้ผลผลิตเนื้อและน้ำนม ภายในเซลล์ของร่างกายเกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมของสารอาหารต่าง ๆ ที่รับเข้าไป เพื่อนำไปสร้างพลังงานในรูปของ ATP ผ่านกระบวนการฟอสโฟรีเลชันโดยใช้ออกซิเจนในไมโตคอนเดรีย เกิดเป็นอนุมูลอิสระซุปเปอร์ออกไซด์แอนไอออน (O2) และอนุมูลไฮดรอกซิล ($^{\bullet}OH$) มากที่สุด สำหรับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide, H_2O_2) แม้ไม่ใช่อนุมูลอิสระแต่เป็นสารที่มีอันตรายต่อเซลล์ (โอภาส และคณะ, 2550) โดยปกติในร่างกายระดับเซลล์ของสิ่งมีชีวิตมีอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในเซลล์ในปริมาณที่ต่ำ โดยทำหน้าที่เป็นตัวส่งสัญญาณต่อเซลล์ ร่างกายจึงมีกลไกควบคุมปริมาณอนุมูลอิสระให้สมดุลเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอันตรายต่อเซลล์ หากกลไกเหล่านี้เกิดความผิดปกติ เนื่องจากเกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมของสารอาหารอย่างมาก จะส่งผลให้ไม่สามารถควบคุมสมดุลของอนุมูลอิสระได้ และนำไปสู่ภาวะที่มีอนุมูลอิสระมากเกินสมดุล อันเป็นต้นเหตุทำให้เกิดโรคต่าง ๆ (Patel and Packer, 2008) และผลกระทบด้านลบต่อประสิทธิภาพการให้ผลผลิตเนื้อและน้ำนมแพะ ทั้งด้านปริมาณและคุณภาพได้ ดังนั้นสัตว์จึงจำเป็นได้รับสารที่มีคุณสมบัติต่อต้านอนุมูลอิสระจากอาหารหยาบ นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจุบันการใช้สารที่มีคุณสมบัติต่อต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (natural antioxidant) กำลังเป็นที่นิยมในกลุ่มผู้บริโภค เพราะสารจากธรรมชาติที่สามารถป้องกัน หรือชะลอกระบวนการออกซิเดชั่นเป็นกระบวนการสำคัญที่มีผลต่อร่างกาย ซึ่งผู้บริโภคให้ความสำคัญต่อการบริโภคอาหาร หรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ได้มาจากธรรมชาติ โดยคำนึงถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และความปลอดภัยในการบริโภค จึงทำให้มีการศึกษาเกี่ยวกับสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งเป็นทางเลือกที่ดีในการที่เสริมลงไปในอาหารสัตว์ เพราะนอกจากจะช่วยต้านอนุมูลอิสระที่จะเกิดขึ้นแล้วยังช่วยลดการใช้สารเคมีซึ่งอาจจะตกค้าง และเป็นอันตรายทั้งต่อผู้บริโภคและต่อตัวแพะที่เกษตรกรเลี้ยงเพื่อให้ผลผลิต อีกทั้งยังเป็นการสร้างจุดขายสามารถเพิ่มมูลค่าทางการตลาด เพื่อการจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากเนื้อและน้ำนมแพะ

2.10.1 กระบวนการต้านอนุมูลอิสระในเลือด

ภาวะถูกออกซิไดซ์เกินสมดุล (Oxidative stress) เกิดจากการเพิ่มขึ้นของอนุมูลอิสระและสารเกี่ยวข้องที่เป็นผลิตผล หรือความบกพร่องของการป้องกันอันตรายจากการเกิดออกซิเดชั่นเนื่องจากปริมาณเอนไซม์ที่ทำหน้าต้านการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวลดลง หรือการทำงานที่ผิดปกติ หรือ

มีระดับสารต้านออกซิเดชั่นที่ลดลง ซึ่งสาเหตุดังกล่าวอาจพบร่วมกันได้ อนุมูลอิสระที่มีบทบาทสำคัญต่อเซลล์ ได้แก่ อนุมูลอิสระออกซิเจน และ อนุมูลอิสระไนโตรเจน ก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของอนุมูลอิสระอันมีความไวต่อชีวโมเลกุลภายในเซลล์ ได้แก่ ไขมัน โปรตีน น้ำตาล และกรดนิวคลิอิก ส่งผลให้เซลล์ถูกทำลาย Lopaczyski et al. (2001) รายงานว่าสารต้านอนุมูลอิสระเป็นสารเคมีที่ยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของสารเคมีอื่น ๆ และควบคุมกิจกรรมการเผาผลาญของสัตว์เคี้ยวเอื้องในช่วงการตั้งท้อง และให้น้ำนมลูก มีบทบาทต่อความสมดุลของสารต้านอนุมูลอิสระและออกซิไดซ์ในร่างกายของสัตว์ เมื่อมีความเครียดออกซิเดชันเพิ่มขึ้น ควรจะรักษาสมดุลโดยการเพิ่มการผลิตสารต้านอนุมูลอิสระภายในร่างกาย บ่งชี้ว่ามีการเพิ่มขึ้นของลิพิดเปอร์ออกซิเดชันและ TAC ในระหว่างการคลอดลูกวัวส่งผลให้ความเครียดออกซิเดชันเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลสะท้อนจากความเครียดที่เกิดจาดสภาพแวดล้อม สภาพอากาศและการผลิตน้ำนม (Castillo et al., 2005)

มีรายงานของ Hassan et al. (2016) พบว่าความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นในช่วงวันที่ 4 ถึงสัปดาห์ที่ 2 ก่อนคลอดและจะเริ่มลดลงและลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงสัปดาห์ที่สองหลังจาก ดังแสดงในรูป



ภาพที่ 8 แสดงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเซรั่มในแพะระหว่างตั้งครรภ์ การคลอดและหลังคลอด ค่าจะแสดงมีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$)

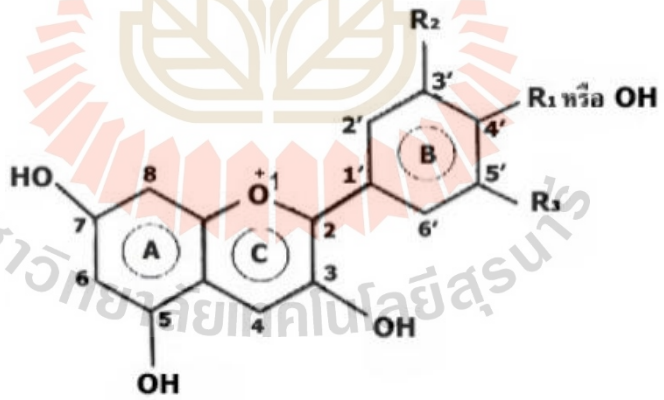
ที่มา : Hassan et al. (2016)

2.11 บทบาทของแอนโทไซยานิน (anthocyanins)

หญ้าเนเปียร์หลายชนิดมีสารสีม่วงเป็นองค์ประกอบภายในลำต้นและใบคือ สารแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นสารสีที่พบได้ในผัก ผลไม้ และดอกไม้บางชนิด เช่น กระเพรา โหระพา ใบแมงลัก แครนเบอร์รี่

(cranberry) องุ่น พลัม บลูเบอร์รี่ หว้า ดอกอัญชัน กลีบดอกกระเจี๊ยบแดง และอื่น ๆ ที่มีสีม่วงแดง เป็นต้น (Phippen et al., 1998) แอนโทไซยานินจะละลายอยู่ใน เซลล์แซป [sap cell; ของเหลวที่อยู่ในแวคิวโอล ประกอบด้วยสารต่าง ๆ ที่ละลายน้ำได้ เช่น น้ำตาล เกลืออนินทรีย์ (ไนเตรต ซัลเฟต ฟอสเฟต และคลอไรด์ของธาตุ K, Ca, Mg, Fe) กรดอินทรีย์ต่าง ๆ กรดไขมัน กรดอะมิโน แอนโทไซยานิน เป็นต้น] ของพืช แอนโทไซยานินละลายน้ำได้ แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว ไม่มีหมู่ไฮดรอกไซด์ (Hydroxide ion; $-OH^-$) เช่น อีเทอร์ อะซีโตน คลอโรฟอร์ม และเบนซีน เป็นต้น แอนโทไซยานิน เป็นสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ชนิดหนึ่ง มีสูตรโครงสร้างหลักเป็น $C_6C_3C_6$ จับกับหมู่น้ำตาลชนิดต่าง ๆ (ฉวีวรรณ และคณะ 2531; กนกวรรณ, 2536)

โมเลกุลของแอนโทไซยานินประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ แอนโทไซยานิดิน (anthocyanidin) เป็น aglycone (nucleus ที่ไม่เชื่อมต่อกับหมู่น้ำตาล) ประกอบด้วยหมู่วงแหวน 3 วง คือ วงแหวน A, B และ C มีชื่อเรียกแตกต่างกัน ตามตำแหน่งการเติมหมู่ hydroxyl และหมู่ O-methyl ที่วงแหวน B (ภาพที่ 1) และกลุ่มน้ำตาลโมโนแซคคาไรด์ (monosaccharide) ได้แก่ กลูโคส กาแลคโตส ไซโรส อราบิโนส ฯลฯ หรืออาจจะเป็นพวกไดแซคคาไรด์ (disaccharide) หรือไตรแซคคาไรด์ (trisaccharide) ด้วยพันธะไกลโคซิดิก (glycosidic linkage) จึงทำให้แอนโทไซยานินมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ และสะสมในแวคคิวโอลของเซลล์ (Dougall *et al*., 1980; Constable and Vasil, 1988)



ภาพที่ 9 โครงสร้างโมเลกุลของ anthocyanidin
ที่มา : ดัดแปลงจาก Gross (1987)

2.11.1 คุณสมบัติของแอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานินเป็นสารฟลาโวนอยด์ชนิดหนึ่งจัดอยู่ในกลุ่มสารประกอบฟีนอลิก ที่มีขนาดใหญ่จึงทำให้มีความแตกต่างกันทั้งทางเภสัชวิทยาและชีววิทยา เช่น เป็นสารออกฤทธิ์ทาง

ชีวภาพ (biological activity) ช่วยต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) สามารถลดอาการอักเสบ (anti-inflammatory) โดยเพิ่มความแข็งแรงของเส้นใยโปรตีนในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) และกระดูกอ่อน (cartilage) จึงลดการทำลายจากอนุมูลอิสระอันตรายที่สำคัญ ได้แก่ DPPH•, $O_2^{\bullet -}$, OH•, O_2 และ H_2O_2 (Changlian et al., 2006) นอกจากนี้สารแอนโทไซยานินยังช่วยปกป้องหลอดเลือด (vasoprotective) โดยการขยายหลอดเลือดและกระตุ้นการไหลเวียนของเลือด ลดคอเลสเตอรอลในเลือดโดยยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (lipid peroxidation) (Francis, 2002) ลดความเสี่ยงของโรคมะเร็งและต้านไวรัส แต่คุณสมบัติเด่นที่สุดของแอนโทไซยานินคือประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant effectiveness) โดยแอนโทไซยานินมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าวิตามิน C และ E ถึง 2 เท่า (Zhao et al., 2009)

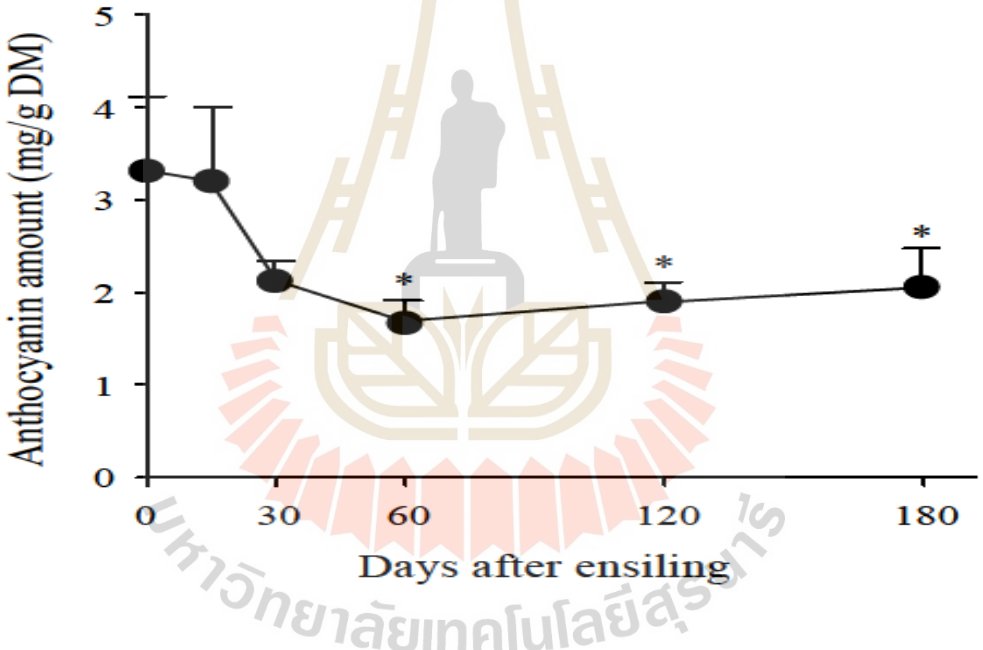
Duan et al. (2007) ได้ศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH• ของแอนโทไซยานิน กรดแอสคอร์บิกและ butylated hydroxytoulene (BHT) จากเปลือกหุ้มเมล็ดของผลลิ้นจี่ (litchi fruit pericarp) ที่ปริมาณเท่ากันคือ 50 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่า แอนโทไซยานินมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH• มากที่สุด รองลงมาคือ กรดแอสคอร์บิก และ BHT โดยประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH• เท่ากับ 91.3, 20.1 และ 9.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ super anion radicals ของทั้ง 3 สาร ที่ปริมาณเดียวกัน พบว่า แอนโทไซยานินมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ super anion radicals มากที่สุด รองลงมาคือ กรดแอสคอร์บิก และ BHT ที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน โดยประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ super anion radicals เท่ากับ 91.4 12.4 และ 13.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Duan et al., 2007)

แอนโทไซยานินสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง เช่น ใช้เป็นสีย้อมอาหาร (food dye) เนื่องจากคุณสมบัติพิเศษของผลิตภัณฑ์สีผสมอาหารแอนโทไซยานินสามารถอยู่ในรูปแบบผงและของเหลว จึงสามารถเลือกใช้ได้ตามความต้องการของอาหาร และผสมกับส่วนของไข่ขาวเพื่อใช้เป็นสารช่วยให้ความคงตัว (stabilizer) แทนการใช้แป้ง (นารีรัตน์, 2553) ใช้เป็นส่วนผสมในแชมพู ซึ่งสารแอนโทไซยานินจะช่วยกระตุ้นให้เซลล์รากผม (keratinocytes) สร้างผมได้มากขึ้นถึง 3 เท่า รวมทั้งเป็นส่วนผสมในครีมนวดผม ใช้เป็นส่วนผสมในสารกันแดด (sunscreen) ชะลอความเสื่อมสภาพของผิวหนัง เนื่องจากสารแอนโทไซยานินช่วยยับยั้งความเสียหายของผิวหนังจากกระบวนการออกซิเดชัน (oxidation) ที่เกิดจากแสงอัลตราไวโอเล็ต

ในธรรมชาติสารแอนโทไซยานินช่วยในการผสมเกสร โดยแมลงจะชอบสีสันของดอกไม้ต่างกัน ช่วยดูดซับรังสีอัลตราไวโอเลต เนื่องจากรังสีอัลตราไวโอเลตมีความยาวคลื่นสั้น จึงมีพลังงานสูงและเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต (สัมพันธ์, 2546) ช่วยดูดซับอนุมูลอิสระ โดยทำหน้าที่เป็นตัวต้านอนุมูลอิสระในกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะกระบวนการออกซิเดชัน (oxidation) เช่น ในการสังเคราะห์แสงจะมีการสร้างสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ขึ้น แอนโท

ไซยานินจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับสารนี้ ทำให้พิษของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์หมดไป ในแง่ของโภชนาการแอนโท-ไซยานินช่วยลดความเสี่ยงจากโรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน โดยยับยั้งการรวมตัวระหว่างออกซิเจนกับคอเลสเตอรอลชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDL-cholesterol) ซึ่งเป็นไขมันที่ไม่พึงประสงค์ ในขณะเดียวกันจะเพิ่มปริมาณของคอเลสเตอรอลชนิดความหนาแน่นสูง (HDL-cholesterol) ที่เป็นไขมันดี (ศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553)

ความคงตัวของสารแอนโทไซยานินในพืชอาหารหมักนั้น มีการศึกษาการหมักข้าวโพดมีสารแอนโทไซยานินสูง (anthocyanin-rich corn) และ Colored barley สารแอนโทไซยานินไม่ส่งผลเสียต่อกระบวนการหมัก การเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารแอนโทไซยานินต่อระยะเวลาการหมักที่เพิ่มขึ้นนั้น พบว่า ปริมาณแอนโทไซยานินลดลงในช่วง 60 วันแรก และหลังจากนั้นปริมาณของแอนโทไซยานินจะคงที่ (Hosoda et al., 2009)



ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารแอนโทไซยานินต่อระยะเวลาการหมัก
ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Hosoda et al. (2009)

นอกจากนั้นยังพบว่า สารสกัดในรูปสารละลาย (PE) และ ผงสารสกัดแอนโทไซยานินปริมาณ 1 กรัม (GP(1g)) มีระดับความเข้มข้นของกรดโพรโอนิกสูงสุด สารแอนโทไซยานินมีความคงตัวในของเหลวจากกระเพาะหมัก รวมทั้งมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ในระบบต่อต้านอนุมูลอิสระ จึงมีความเป็นไปได้ว่าสารแอนโทไซยานินสามารถถูกดูดซึมที่กระเพาะแท้ (abomasum) เช่นเดียวกับการดูดซึมสารแอนโทไซยานินในหลอดอาหารและกระเพาะอาหาร (stomach) และ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สามารถถูกตรวจพบในเลือดของสัตว์กระเพาะเดี่ยว (Miyazawa et al., 1999; Passamonti et al., 2003; Talavéra et al., 2004)

Hosoda et al. (2012) รายงานการศึกษาในข้าวสีนิลโดยหมักฟางข้าวสีนิลเพื่อศึกษาคุณภาพของฟางข้าวสีนิลหมักเปรียบเทียบกับฟางข้าวหมัก หลังจากนั้นนำไปเป็นอาหารแกะเพื่อศึกษาการย่อยได้ กระบวนการหมักในกระเพาะหมัก และ oxidative status markers พบว่า ฟางข้าวสีนิลหมักมีระดับของ fiber สูง จึงส่งผลให้การย่อยได้และปริมาณของกรดไขมันระเหยได้ (VFAs) ในกระเพาะหมักมีค่าต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับฟางข้าวหมัก แต่แกะในกลุ่มที่ได้รับฟางข้าวสีนิลหมักมีการทำงานของเอนไซม์ superoxide dismutase ในพลาสมาเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สำคัญในระบบต่อต้านอนุมูลอิสระ เช่นเดียวกับการนำข้าวโพดมีแอนโทไซยานินสูง (anthocyanin-rich corn) มาหมักใช้เป็นอาหารเลี้ยงโครีดนม เพื่อศึกษาผลต่อการย่อยได้ ผลผลิตน้ำนม และการทำงานของเอนไซม์ในพลาสมาพบว่า โครีดนมในกลุ่มที่ได้รับข้าวโพดมีแอนโทไซยานินสูงหมักเป็นอาหาร มีปริมาณของน้ำนม น้ำตาลนม (Lactose) และ ของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน (solids-not-fat) ไม่แตกต่างจากโครีดนมในกลุ่มควบคุมที่กินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นอาหาร (Hosoda et al., 2012) ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลของสารประกอบแอนโทไซยานินต่อผลผลิต และองค์ประกอบในน้ำนมในโคนม

Item	Treatment		SEM	*P*-value
	Control	Anthocyanin-rich		
Milk yield (kg/day)	28.5	27.1	0.3	0.094
Composition (%)				
Lactose	4.64	4.58	0.01	0.083
Solids-not-fat	9.00	8.96	0.01	0.086
Protein	3.36	3.38	0.02	-
Fat	3.66	3.76	0.05	-

ที่มา: Hosoda et al. (2012b)

นอกจากนี้ยังพบว่า โครีดนมในกลุ่มที่ได้รับข้าวโพดมีแอนโทไซยานินสูงหมักเป็นอาหาร มีการทำงานของเอนไซม์ aspartate aminotransferase (AST) ลดลง เป็นเอนไซม์บ่งบอกถึงสุขภาพของตับ ซึ่งถ้ามีในระดับต่ำการทำงานของตับยังอยู่ในภาวะปกติ แต่เอนไซม์ superoxide dismutase (SOD) กลับมีการทำงานเพิ่มขึ้นในพลาสมา เป็นเอนไซม์ในระบบต่อต้านอนุมูลอิสระโดยการกำจัดอนุมูลอิสระ superoxide radical ซึ่งเอนไซม์นี้จะลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้น จึงสามารถกล่าวได้ว่าข้าวโพดมีแอนโทไซยานินสูงส่งผลต่อการทำงานของ AST ลดลง แต่กลับเพิ่มการทำงานของ SOD ในพลาสมาของโครีดนม (Hosoda *et al*., 2012)

เศษเหลือจากการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์บางชนิดพบว่ายังมีสารแอนโทไซยานินในระดับสูง ซึ่งกากเม่าเป็นเศษเหลือจากการทำผลิตภัณฑ์ที่เหลือจากการคั้นกรองแยกน้ำกับกากของผลเม่า เม่าเป็นไม้ผลท้องถิ่นชนิดหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งกากเม่าเป็นแหล่งของสารประกอบฟีนอลิกจำนวนมาก ที่พบมากคือแอนโทไซยานิน (Puangpronpitag et al., 2008) ดนุพล และคณะ (2555) ศึกษาการเสริมกากเม่าในแพะ พบว่า การเสริมกากเม่าสด (40 กรัมต่อวัน) และกากเม่าแห้ง (8 กรัม/วัน) ช่วยเพิ่มการย่อยได้วัตถุแห้งและเยื่อใย NDF ($P<0.05$) การกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้ในกลุ่มที่เสริมในรูปกากแห้งมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เสริมในรูปกากเม่าสด การคำนวณหาจุลินทรีย์โปรตีน (microbial crude protein, MCP) พบว่าการเสริมในรูปกากเม่าแห้งจะมีค่า MCP สูงกว่าการเสริมในรูปกากเม่าสด (ดนุพล และคณะ, 2555)

2.11.2 ผลของแหล่งแอนโทไซยานิน ต่อกระบวนการต่อต้านอนุมูลอิสระในเลือด

พบว่าแพะในช่วงที่มีการให้ผลผลิตเนื้อและน้ำนม ภายในเซลล์ของร่างกายเกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมของสารอาหารต่าง ๆ ที่รับเข้าไป เพื่อนำไปสร้างพลังงานในรูปของ ATP ผ่านกระบวนการฟอสโฟรีเลชันโดยใช้ออกซิเจนในไมโตคอนเดรีย เกิดเป็นอนุมูลอิสระซุปเปอร์ออกไซด์แอนไอออน (O_2) และอนุมูลไฮดรอกซิล ($^{\cdot}OH$) มากที่สุด สำหรับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide, H_2O_2) แม้ไม่ใช่อนุมูลอิสระแต่เป็นสารที่มีอันตรายต่อเซลล์ (โอภาส และคณะ, 2550) โดยปกติในร่างกายระดับเซลล์ของสิ่งมีชีวิตมีอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในเซลล์ในปริมาณที่ต่ำ โดยทำหน้าที่เป็นตัวส่งสัญญาณต่อเซลล์ ร่างกายจึงมีกลไกควบคุมปริมาณอนุมูลอิสระให้สมดุล เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอันตรายต่อเซลล์ หากกลไกเหล่านี้เกิดความผิดปกติ เนื่องจากเกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมของสารอาหารอย่างมาก จะส่งผลให้ไม่สามารถควบคุมสมดุลของอนุมูลอิสระได้ และนำไปสู่ภาวะที่มีอนุมูลอิสระมากเกินสมดุล อันเป็นต้นเหตุทำให้เกิดโรคต่าง ๆ (Patel and Packer, 2008) และผลกระทบด้านลบต่อประสิทธิภาพการให้ผลผลิตเนื้อและน้ำนมแพะ ทั้งด้านปริมาณและคุณภาพได้ ดังนั้นสัตว์จึงจำเป็นได้รับสารที่มีคุณสมบัติต่อต้านอนุมูลอิสระจากอาหารหยาบ

การศึกษาของ Hosoda et al. (2012b) ดังตารางที่ 9 พบว่าโครีดนมในกลุ่มที่ได้รับข้าวโพดมีแอนโทไซยานินสูงหมักเป็นอาหาร มีการทำงานของเอนไซม์ aspartate aminotransferase (AST) ลดลง เป็นเอนไซม์บ่งบอกถึงสุขภาพของตับ ซึ่งถ้ามีในระดับต่ำการทำงานของตับยังอยู่ในภาวะปกติ แต่เอนไซม์ superoxide dismutase (SOD) กลับมีการทำงานเพิ่มขึ้นในพลาสมาเป็นเอนไซม์ในระบบต่อต้านอนุมูลอิสระโดยการกำจัดอนุมูลอิสระ superoxide radical ซึ่งเอนไซม์นี้จะลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้น จึงสามารถกล่าวได้ว่าข้าวโพดมีแอนโทไซยานินสูงส่งผลต่อการทำงานของ AST ลดลง แต่กลับเพิ่มการทำงานของ SOD ในพลาสมาของโครีดนม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Hosoda et al. (2012c) ในแกะที่พบว่าเอนไซม์ superoxide dismutase (SOD) กลับมีการทำงานเพิ่มขึ้นในพลาสมา และ Tian et al. (2019b) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการใช้ต้นข้าวโพดสีม่วงหมักที่เป็นแหล่งของแอนโทไซยานินกับข้าวโพดข้าวเหนียวที่เป็นกลุ่มควบคุมพบว่า

DPPH scavenging activity ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม TAC GPX และCAT ในพลาสมาของข้าวโพดสีม่วงหมักมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม มีรายงานการศึกษาเบื้องต้นของ Matsuba et al. (2019) ชี้ให้เห็นว่าการให้อาหารข้าวโพดสีม่วงหมักซึ่งมีแอนโทไซยานิน อาจช่วยเพิ่มความเข้มข้นของ SOD ในเลือดและการผลผลิตน้ำนมในโคนมแต่แอนโทไซยานินในข้าวโพดสีม่วงหมักอาจเสื่อมสภาพเมื่อเวลาผ่านไประหว่างการเก็บรักษาในไซโลเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 9 ผลของแอนโทไซยานินต่อการต้านอนุมูลอิสระในเลือด

Reference	Treatments	DPPH	TAC	SOD	GPX	CAT	Species
Hosoda et al., 2012b	Control	-	-	2.4	-	-	Cows
	Anthocyanin-rich Corn silages	-	-	3.9	-	-	
Hosoda et al., 2012c	Control	-	453.8	164.2	5.1	-	Sheep
	Purple corn pigment	-	458.5	184.4	5.9	-	
Tian et al.,2019b	CSSS	19.10	37.20	91.64	51.64	230.82	Goat
	TPSS	21.58	42.02	96.40	50.36	231.28	

CSSS=Sticky corn stover silage, TPSS=Purple corn stover silage, SOD = Superoxide dismutase, TAC = Total antioxidant capacity, GPX = Glutathione peroxidase, DPPH = 2,2-dipheny l-1-picrylhydrazyl, CAT = Catalase

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การทดลองที่ 1: การศึกษาการใช้หญ้าหวานอิสราเอล เนเปียร์ปากช่อง และเนเปียร์สีม่วง หมักต่อนิเวศวิทยาในรูเมน และประสิทธิภาพการย่อยได้ในแพะนม

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของหญ้า 3 สายพันธุ์ ได้แก่ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าหวานอิสราเอล และหญ้าเนเปียร์สีม่วงในรูปแบบหมักต่อคุณค่าทางโภชนะ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน การย่อยได้ และประชากรจุลินทรีย์ในแพะรีดนม

3.1.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าหวานอิสราเอล และหญ้าเนเปียร์สีม่วงในรูปแบบสดและหมัก

เก็บตัวอย่างหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าหวานอิสราเอล และหญ้าเนเปียร์สีม่วง บริเวณพื้นที่ปลูกแปลงในฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยตัดทั้งส่วนก้านและใบ แล้วนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เพื่อวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง (AOAC, 1990) นำตัวอย่างหญ้าทั้ง 3 ชนิดที่ผ่านการอบแห้งแล้วนำมาบดด้วยเครื่องบดผ่านตะแกรงขนาด 1.0 มิลลิเมตร แล้วนำตัวอย่างที่ได้เก็บใส่ภาชนะปิดให้มิดชิด เพื่อนำไปศึกษาเพื่อหาองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าหวานอิสราเอล และหญ้าเนเปียร์สีม่วงในรูปแบบสด ส่วนในรูปแบบหมักจะนำหญ้าไปผ่านกระบวนการหมักก่อนในเวลา 21 วัน จากนั้นจึงเก็บตัวอย่างจากในถังหมักมาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเช่นกันโดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบประมาณ (proximate analysis) โดยทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้ คือ วัตถุแห้ง โดยอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสนาน 5-6 ชั่วโมง, เถ้า โดยการเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง, โปรตีน โดยใช้วิธีการย่อยและการกลั่นด้วยวิธี Kjeldahl method, ไขมัน โดยใช้เครื่อง Soxhlet auto analyzer, ทำการวิเคราะห์เยื่อใย โดย Detergent analysis (Goering and Van Soest, 1970) ได้แก่ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber, NDF) แล เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (acid detergent fiber, ADF)

3.1.2 การจัดกลุ่มทดลอง

ทำการสุ่มแพะนมเข้าทดลองตามแผนการทดลองแบบ 3x3 Latin Square มีระยะการทดลอง (period) 21 วัน แพะนมแต่ละตัวจะได้รับอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร

<u>กลุ่มทดลอง</u> : ได้แก่

กลุ่มทดลองที่ 1 (T1) : แพะนมได้รับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง แบบหมัก(กลุ่มควบคุม)

กลุ่มทดลองที่ 2 (T2) : แพะนมได้รับหญ้าหวานอิสราเอล แบบหมัก

กลุ่มทดลองที่ 3 (T3) : แพะนมได้รับหญ้าเนเปียร์สีม่วง แบบหมัก

3.1.3 สัตว์ที่ใช้ในการทดลอง

ใช้แพะรีดนมพันธุ์ลูกผสมซาเนน (>75%) จำนวน 3 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 50±3 กิโลกรัม และให้น้ำนมมาแล้ว (day in milk, DIM) เฉลี่ย 60±10 วัน โดยสัตว์ทุกตัวได้รับการถ่ายพยาธิภายในตัว และวิตามิน AD_3E และวัคซีนป้องกันโรคปากและเท้าเปื่อย ก่อนเข้าการทดลองประมาณ 1 สัปดาห์ แพะถูกเลี้ยงในคอกเดี่ยวมีรางอาหาร และรางน้ำสะอาดแยกเฉพาะตัว และมีน้ำให้กินตลอดเวลาในแต่ละคอก

3.1.4 การจัดการให้อาหารสัตว์ทดลอง

สัตว์ทดลองทุกตัวจะได้รับอาหารข้นตามสัดส่วนของอาหารข้นต่อน้ำนม 1 : 2 โดยให้อาหารแบบTMR สัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นเป็น 60:40 ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง ในเวลา 07.00 และ 16.00 น. ทำการวัดปริมาณอาหารที่ให้ และอาหารที่เหลือทั้งในช่วงเช้า และช่วงเย็นของทุกวัน เพื่อหาปริมาณการกินได้

3.1.5 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์

3.1.5.1 สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารข้นและอาหารหยาบทุกอาทิตย์แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 นำมาอบที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง (dry matter, DM) เพื่อนำค่าไปปรับปริมาณการกินได้ ส่วนที่ 2 นำมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48-72 ชั่วโมงเพื่อนำไปวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง (DM), เถ้า (Ash), โปรตีนหยาบ (crude protein, CP) (AOAC, 1990) และ neutral detergent fiber (NDF), Acid detergent fiber (ADF) (Goering and Van Soest, 1970)

3.1.5.2 สุ่มเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมนในวันสุดท้ายของระยะการทดลองที่ 0 2 และ 4 ชั่วโมง หลังการให้อาหาร ทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (rumen pH)

3.1.5.3 สุ่มเก็บตัวอย่างเลือดจากหลอดเลือดดำที่บริเวณคอสัตว์ทดลองในวันสุดท้ายของแต่ละระยะการทดลองที่ 0 2 และ 4 ชั่วโมง หลังการให้อาหาร เพื่อวิเคราะห์หาระดับ Blood urea nitrogen (BUN) (Crocker, 1967) ใส่ในหลอดเก็บเลือดชนิดมีฝาจุกที่มี K_3 – EDTA เก็บไว้ในความเย็นก่อนนำไปเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ 4000 r/min 15 นาที เก็บไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส (Sorvall™ Legened™ XT/XF Centrifuge Series, Thermo Fisher Scientific Pte Ltd.

3.1.5.4 การสุ่มเก็บตัวอย่างมูลจะทำการเก็บตัวอย่างมูลแบบทั้งหมด (total collection method) โดยในช่วง 7 วันสุดท้าย ของแต่ละระยะทดลอง สัตว์ทดลองจะถูกย้ายขึ้นบนกรงเมทธาบอลิซึม และทำการเก็บมูลในช่วง 5 วันสุดท้าย ในแต่ละระยะการทดลอง โดยสุ่มเก็บประมาณ 10% ของปริมาณมูลที่ขับถ่ายออกมาทั้งหมดในแต่ละวัน เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง (DM), เถ้า (Ash), โปรตีนหยาบ (crude protein, CP) (AOAC, 1990) และ

neutral detergent fiber (NDF), Acid detergent fiber (ADF) (Goering and Van Soest, 1970) และนำไปคำนวณความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ (nutrient digestibility) ตามวิธีการของ Schnieder and Flatt (1975)

ตารางที่ 3.1 แสดงสูตรอาหารและองค์ประกอบทางเคมีในอาหาร

Item	T1	T2	T3
วัตถุดิบ (กิโลกรัมสด)			
Napier Pakchong1 grass silage	84.40	-	-
Sweet grass silage	-	84.40	-
Purple napier grass silage	-	-	84.40
Full fat soybean	5.00	5.00	5.00
Corn	4.00	4.00	4.00
Rice bran	4.00	4.00	4.00
Oil palm	2.00	2.00	2.00
Calcium Phosphate	0.40	0.40	0.40
Salt	0.20	0.20	0.20
Total	100	100	100
องค์ประกอบทางเคมี			
DM (%)	28.57	26.28	30.49
Ash (% of DM)	13.25	12.25	10.70
CP (% of DM)	16.15	16.49	16.21
EE (% of DM)	4.72	4.66	4.19
CF (% of DM)	15.78	16.09	22.06
NDF (% of DM)	50.85	49.39	48.80
ADF (% of DM)	27.99	24.29	34.27
TDN,%	457.29	498.11	522.60
Metabolizable energy, Mcal/kg DM	16.53	18.00	18.89

หมายเหตุ : T1=หญ้าเนเปียร์ปากช่อง1หมัก ,T2=หญ้าหวานอิสราเอลหมัก ,T3=หญ้าเนเปียร์สีม่วงหมัก DM = สิ่งแห้ง Ash = เถ้า CP = โปรตีน EE = ไขมัน NDF = ส่วนของสารละลายที่ไม่สามารถละลายได้ในสารละลายที่เป็นกลาง ADF = ส่วนของ สารละลายที่ไม่สามารถละลายได้ในสารละลายที่เป็นกรด, TDN = (%)DCP + DNFC) + DEE × 2.25 + (DNDF); Estimated by the equation ME (Mcal/kg DM) = (TDN × 0.04409 × 0.82)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.1.5.5 การสุ่มเก็บตัวอย่างปัสสาวะ (ทำเหมือนการเก็บตัวอย่างมูล) โดยใช้ถังรองรับปัสสาวะวางอยู่ใต้กรงเมแทบอลิซึม เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 97% ในถังเก็บปัสสาวะ เพื่อปรับให้ปัสสาวะมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 2-3 เพื่อป้องกันการสูญเสียของแอมโมเนีย ทำการวัดปริมาตรของปัสสาวะทั้งหมดที่สัตว์ขับถ่ายในแต่ละวัน ในช่วง 5 วันสุดท้าย ในแต่ละระยะการทดลอง และสุ่มเก็บปัสสาวะ 10% ของที่ขับถ่าย นำมาเก็บไว้ที่ -20°C เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนโดยวิธี Kjedahl method (AOAC, 1990)

3.1.5.6 การศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงประชากรของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก โดยการเก็บตัวอย่างน้ำรูเมนในกระเพาะรูเมน (collection of rumen fluid samples) ใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างสุ่มดูดเอาของเหลวในกระเพาะหมักออกมาประมาณ 100-150 มิลลิลิตร/ตัว โดยจะเก็บชั่วโมงที่ 0 2 และ 4 ตามลำดับ หลังจากนั้นนำตัวอย่างดังกล่าวเพื่อมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงประชากรของจุลินทรีย์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง แอมโมเนีย-ไนโตรเจนและกรดไขมันระเหยได้ในกระเพาะหมัก โดยจะทำการศึกษาทุกช่วงการทดลอง (30 วัน) ดังต่อไปนี้ การเปลี่ยนแปลงประชากรของจุลินทรีย์ สุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะรูเมน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองชนิดมีฝาจุก ขนาด 25 มิลลิลิตร บรรจุด้วย formaldehyde 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 9 มิลลิลิตร ซึ่งจะนำไปสกัด DNA โดยใช้วิธีการสกัดตามวิธีการของ QIAmp PowerFecal DNA kit และ PCR condition ดังแสดงในตารางที่ 10

3.1.5.7 แอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N)

สุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะหมักปริมาตร 20 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองชนิดมีฝาจุก (test tube with cap) ขนาด 25 มิลลิลิตร บรรจุด้วย 6N HCl ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3000 รอบ/นาที เป็นเวลา 15 นาที เก็บเอาส่วนที่ใส (supernatant) ลงในขวดขนาด 25 มิลลิลิตร ปิดด้วยฝาจุกเกลียว แล้วนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์แอมโมเนีย-ไนโตรเจน โดยวิธีการกลั่นของ Bromner and Keeney (1965)

3.1.5.8 กรดไขมันระเหยได้ (VFA)

สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำรูเมน ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองชนิดมีฝาจุกขนาด 25 มิลลิลิตร บรรจุด้วย 25 เปอร์เซ็นต์ 6N HCL จากนั้นนำหลอดตัวอย่างไปปั่นเหวี่ยงที่ 3000 รอบ/นาที เป็นเวลา 15 นาที เก็บเฉพาะส่วนของเหลวใส (supernatant) ลงในขวดขนาด 25 มิลลิลิตร ปิดด้วยฝาจุกเกลียวเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acid; VFA) ที่สำคัญ ได้แก่ acetic acid propionic acid และ butyric acid ด้วยเครื่อง High-performance liquid chromatography (HPLC) (HPLC; model RF-10AXmugil; Shimadzu; Japan) Zinn and Owens (1986)

ตารางที่ 3.2 ตาราง primer สำหรับวิเคราะห์ real time PCR

items	forward/ reward	Temperature (°C)	product size (bp)	primer sequence (5'- 3')	References
Total bacteria	F	55	130	CGGCAACGAGCGCAACCC	Koike et al. (2001)
	R			CCATTGTAGCACGTGTGTAGCC	
Methanogen	F	58	140	TTCGGTGGATCDCARAGRGC	Denman et al., (2006)
	R			GBARGTCGWAWCCGTAGAATC	
Protozoa	F	55	223	CTTGCCCCTCYAATCGTWCT	Sylwesters etal. (2004)
	R			GCTTTCGWTGGTAGTGTATT	
Butyrivibrio fibrisolvens	F	58	64	ACACACCGCCCGTCACA	Klieve et al. (2003)
	R			TCCTTACGGTTGGGTCACAGA	
Streptococcus bovis	F	58	419	GAAAAGTACTCAACCAAATA	Klieve et al. (2003)
	R			AGTAACGGTACTTAAATTGTTTA	
Ruminococcus albus	F	55	176	CCCTAAAAGCAGTCTTAGTTCG	Koike et al. (2001)
	R			CCTCCTTGCGGTTAGAACA	
Ruminococcus flavefaciens	F	60	295	TCTGGAAACGGATGGTA	Koike et al. (2001)
	R			CCTTTAAGACAGGAGTTTACAA	
Fibrobacter succinogens	F	55	446	GTTCGGAATTACTGGGCGTAAA	Lane (1991)
	R			CGCCTGCCCCTGAACTATC	

3.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) โดยใช้ Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SAS (SAS,1998)

3.1.7 สถานที่ทำการวิจัย

- ฟาร์มวิจัยแพะ-แกะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ อาคารศูนย์เครื่องมือ 10 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ อาคารศูนย์เครื่องมือ 14 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.1.8 ระยะเวลาทำการทดลอง

เริ่มทำการทดลองที่ 1 ในช่วงเดือนมิถุนายน-สิงหาคม พ.ศ.2565 โดยรวมประมาณ 90 วัน

3.2 การทดลองที่ 2: การศึกษาผลผลิตของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าหวานอิสราเอล และหญ้าเนเปียร์สีม่วงในรูปแบบหมัก ต่อการต้านอนุมูลอิสระในเลือดและองค์ประกอบน้ำนม ในแพะรีดนม

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของหญ้า 3 สายพันธุ์ ได้แก่ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าหวานอิสราเอล และหญ้าเนเปียร์สีม่วงในรูปแบบหมักต่อการต้านอนุมูลอิสระในเลือด ผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบน้ำนมในแพะรีดนม

3.2.1 แผนการทดลอง

แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยมีการ block จำนวนวันในการให้น้ำนมและมีปัจจัยการทดลอง (treatment) ทั้งหมด 3 กลุ่มการทดลอง ๆ 6 ซ้ำ ที่ต้องการศึกษาดังนี้

กลุ่มอาหารทดลอง 1 (T1) : แพะนมได้รับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง แบบหมัก(กลุ่มควบคุม)

กลุ่มอาหารทดลอง 2 (T2) : แพะนมได้รับหญ้าหวานอิสราเอล แบบหมัก

กลุ่มอาหารทดลอง 3 (T3) : แพะนมได้รับหญ้าเนเปียร์สีม่วง แบบหมัก

3.2.2 สัตว์ที่ใช้ในการทดลอง

ใช้แพะรีดนมสายพันธุ์ลูกผสมซาเนน (>75%) จำนวน 18 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 50$\pm$3 กิโลกรัม และให้น้ำนมมาแล้ว (day in milk, DIM) เฉลี่ย 60$\pm$10 วัน โดยสัตว์ทุกตัวได้รับการถ่ายพยาธิภายในตัว และวิตามิน AD_3E และวัคซีนป้องกันโรคปากและเท้าเปื่อย ก่อนเข้าการทดลองประมาณ 1 สัปดาห์ แพะถูกเลี้ยงในคอกเดี่ยวมีรางอาหาร และรางน้ำสะอาดแยกเฉพาะตัว และมีน้ำให้กินตลอดเวลาในแต่ละคอก

3.2.3 การจัดการให้อาหารสัตว์ทดลอง

สัตว์ทดลองทุกตัวจะได้รับอาหารข้นตามสัดส่วนของอาหารข้นต่อน้ำนม 1 : 2 โดยอาหารข้นจะมีระดับโปรตีนหยาบเท่ากับ 16 เปอร์เซ็นต์ ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง ในเวลา 07.00 และ 16.00 น. ทำการวัดปริมาณอาหารที่ให้ และอาหารที่เหลือทั้งในช่วงเช้า และช่วงเย็นของทุกวัน เพื่อหาปริมาณการกินได้

3.2.4 วิธีการทดลองและการเก็บข้อมูล

3.2.4.1 สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารข้นและอาหารหยาบทุกอาทิตย์แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 นำมาอบที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง (dry matter, DM) เพื่อนำค่าไปปรับปริมาณการกินได้ ส่วนที่ 2 นำมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมงเพื่อนำไปวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง (DM), เถ้า (Ash), โปรตีนหยาบ (crude protein, CP) (AOAC, 1990) และ neutral detergent fiber (NDF), Acid detergent fiber (ADF) (Goering and Van Soest, 1970)

3.2.4.2 เก็บตัวอย่างน้ำนม ในแต่ละช่วงการทดลอง โดยเก็บในตอนเช้าและตอนเย็น แล้วนำมารวมเข้าด้วยกันตามสัดส่วนของน้ำนมที่ได้ เก็บไว้ในขวดที่มี potassium dichromate 250 มล. เพื่อรักษาสภาพของน้ำนมและเก็บในอุณหภูมิ 4°C เพื่อรอวิเคราะห์หาองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน แลคโตส ของแข็งทั้งหมด ของแข็งที่ไม่รวมไขมัน และจุลินทรีย์ในน้ำนม (somatic cell count) ด้วยเครื่อง Milk Analyzer (Ariel et al., 2005) วิเคราะห์ปริมาณและชนิดของสารแอนโทไซยานินในน้ำนมด้วยวิธี HPLC ตามวิธีการของ Hosoda et al., 2009

3.2.4.3 สุ่มเก็บตัวอย่างเลือดที่บริเวณเส้นเลือดดำที่คอสัตว์ทดลองในวันสุดท้ายของแต่ละระยะการทดลองที่ 0 2 และ 4 ชั่วโมง หลังการให้อาหาร เพื่อวิเคราะห์หาระดับเอนไซม์ในการต่อต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ total antioxidant status (TAS), total glutathione (GSH) and superoxide dismutase (SOD) ตามวิธีการของ Hosoda et al. (2012b) รวมทั้งปริมาณ malondialdehyde (MDA) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพเอนไซม์ในการต่อต้านอนุมูลอิสระตามวิธีการของ Naito and Yamanaka (1978)

3.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Covariance ANCOVA) ตามแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) design โดยใช้ Proc GLM (SAS, 2002) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ตามวิธีการของ Steel and Torrie (1980)

3.2.6 สถานที่ทำการทดลอง

-ฟาร์มเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะนม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประตู1 ตำบลหนองปรู จังหวัดนครราชสีมา

-ฟาร์มวิจัยแพะ-แกะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

-ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ อาคารศูนย์เครื่องมือ 10 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

-ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ อาคารศูนย์เครื่องมือ 14 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.2.7 ระยะเวลาในการทดลอง

-เริ่มทำการทดลองที่ 2 ในช่วงเดือนตุลาคม-ธันวาคม พ.ศ.2565 โดยรวมประมาณ 90 วัน

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 การศึกษาการใช้หญ้าหวานอิสราเอล เนเปียร์ปากช่อง และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อนิเวศวิทยาในรูเมน ประสิทธิภาพการย่อยได้ และประชากรจุลินทรีย์ในแพะรีดนม

4.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบหมัก

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าหวานอิสราเอล และหญ้าเนเปียร์สีม่วงในรูปแบบหมัก ด้วยวิธีการ Proximate analysis ในห้องปฏิบัติการ พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งอาหารหยาบหมักที่ใช้ในการทดลอง แสดงในตารางที่ 4.1 โดยวัตถุแห้งของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าหวานอิสราเอล และหญ้าเนเปียร์สีม่วงทั้ง 3 ช่วงอายุวันมีค่าใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วงประมาณ 20-26% เช่นเดียวกับองค์ประกอบทางเคมีอื่น ๆ มีค่าไม่แตกต่างกันมากซึ่งในการศึกษานี้จะนำหญ้าที่มีอายุ 60 วันมาทำการหมัก เนื่องจากที่ช่วงอายุนี้จะได้ทั้งปริมาณและคุณค่าทางอาหารอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการนำมาเลี้ยงสัตว์ ซึ่งถือว่ามีความเป็นไปได้ต่อการนำไปใช้เพื่อเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง จะเห็นได้ว่าหญ้าที่อายุ 60 วันจะมีองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆที่สำคัญ ได้แก่ โปรตีนหยาบ (10.59, 11.82 และ 10.58), neutral detergent fiber (72.16, 59.08 และ 64.96) และ acid detergent fiber (40.45, 40.57 และ45.39) ของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าหวานอิสราเอล และหญ้าเนเปียร์สีม่วงในรูปแบบหมัก ตามลำดับ

4.1.2 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอลและหญ้าเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมักต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และการกินได้สิ่งแห้งของแพะนม

ปริมาณการกินได้ในแพะนมโดยทั่วไปแล้วมีปัจจัยหลายปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการกินได้ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น คุณลักษณะทางกายภาพของอาหาร วัตถุดิบที่ใช้ผสม และคุณค่าทางโภชนะในอาหารที่แตกต่างกัน จากการทดลองครั้งนี้ให้แพะนมได้รับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานและเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมักต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และการกินได้สิ่งแห้งของแพะนม ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.2 พบว่าปริมาณการกินได้วัตถุแห้งต่อวัน (gDM/d) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) พบว่าแพะที่ได้รับอาหารในสูตรที่ 3 หญ้าเนเปียร์ม่วงหมัก มีผลต่อปริมาณการกินได้วัตถุแห้งต่อวัน (gDM/d) สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 1805.97 กรัมต่อวัน และมีผลต่อการกินได้ต่อน้ำหนักตัวต่อวัน (% BW) สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 3.78 และยังส่งผลต่อน้ำหนักเมทาบอลิคต่อวัน (g/kg $BW^{0.75}$) มีค่าสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 59.24 g/kg $BW^{0.75}$ และจากการทดลองยังพบว่าไม่มีผลกระทบ

ทางลบอันเนื่องมาจากการใช้หญ้าเนเปียร์ปากช่อง และหญ้าหวานอิสราเอลหมัก ซึ่งนับว่าเป็นแหล่งอาหารหยาบหมักที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ตารางที่ 4.1 อิทธิพลของสายพันธุ์หญ้าและระยะเวลาการเก็บเกี่ยวต่อคุณค่าทางโภชนะของเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงในรูปแบบหมัก

พันธุ์หญ้า	อายุ (วัน)	องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซนต์วัตถุแห้ง)						
		วัตถุแห้ง	เถ้า	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	NDF	ADF
หญ้าเนเปียร์	45	21.70	11.82	11.46	3.22	28.10	65.62	38.18
ปากช่อง1	60	22.75	11.93	10.59	3.92	39.24	72.16	40.45
	75	23.90	13.06	10.28	2.12	29.44	82.78	41.68
หญ้าหวาน	45	23.29	8.74	12.58	4.42	26.53	58.25	40.33
อิสราเอล	60	24.72	9.25	11.82	3.46	29.40	59.08	40.57
	75	26.69	11.18	10.53	2.87	32.20	60.30	46.39
หญ้าเนเปียร์	45	21.59	9.56	11.87	3.27	30.66	63.68	44.34
สีม่วง	60	22.85	9.87	10.58	3.12	31.18	64.96	45.39
	75	23.31	10.70	10.13	2.95	32.95	66.30	46.71

หมายเหตุ: %DM: วัตถุแห้ง, %OM: อินทรียวัตถุ, %CP: โปรตีนหยาบ, %EE: ไขมัน, %CF: เยื่อใย, %NDF: เยื่อใยที่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง, %ADF: เยื่อใยที่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด
ที่มา : ปราโมทย์ และคณะ (2564)

4.1.3 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอลและหญ้าเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมักต่อการย่อยได้ของโภชนะในแพะนม

ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอลและหญ้าเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมักต่อการย่อยได้ของโภชนะในแพะนม ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.3 พบว่าหญ้าหมักทั้ง 3 ชนิดมีผลต่อค่าการย่อยได้ของ วัตถุแห้ง (DM) อินทรียวัตถุ (OM) โปรตีน (CP) เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (NDF) และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (ADF) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าแพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์สีม่วงหมัก มีค่าการย่อยได้ของโปรตีนสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 79.85 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าการย่อยได้ของโภชนะสามารถบ่งบอกได้ถึงการนำไปใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ

ตารางที่ 4.2 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอลและหญ้าเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมักต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และการกินได้สิ่งแห้งของแพะนม

Item	Treatment			SEM	p-Value
	T1	T2	T3		
Initial weight (kg)	43.35	43.25	43.30	0.02	0.18
Final weight (kg)	45.50^{c}	46.51^{b}	47.72^{a}	0.25	<.0001
Weight change	2.15^{c}	3.26^{b}	4.42^{a}	0.25	<.0001
Milk production (g/day)	1171.60^{c}	1524.18^{b}	1650.33^{a}	13.81	<.0001
Voluntary Feed intake					
Dry matter intake (g/d)	1312.76^{c}	1443.43^{b}	1805.97^{a}	29.36	<.0001
% BW	2.89	3.10	3.78	0.10	<.0001
g/kg BW$^{0.75}$	52.76	54.70	59.24	0.90	0.002
Nutrient intake g DM/d					
OMI	1138.82^{c}	1266.61^{b}	1612.73^{a}	16.26	<.0001
CPI	212.27^{c}	238.02^{b}	292.75^{a}	2.36	0.0007
EEI	61.96^{c}	67.26^{b}	75.67^{a}	1.28	0.0007
NDFI	667.54^{c}	712.91^{b}	881.31^{a}	8.47	<.0001
ADFI	367.44^{c}	350.61^{b}	618.91^{a}	7.53	0.0003

หมายเหตุ : T1=หญ้าเนเปียร์ปากช่อง1หมัก, T2=หญ้าหวานอิสราเอลหมัก, T3=หญ้าเนเปียร์สีม่วงหมัก a b c d = ในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)) Initial weight = น้ำหนักเริ่มต้น Final weight = น้ำหนักสุดท้าย Weight change (kg) = น้ำหนักที่เปลี่ยนไป gDM/d = ปริมาณการกินได้ต่อวัตถุแห้งต่อวัน %BW = ปริมาณการกินได้ต่อน้ำหนักตัวต่อวัน g/kgBW$^{0.75}$ = ปริมาณการกินได้ต่อน้ำหนักเมทาบอลิคต่อวัน

4.1.4 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าหวานอิสราเอลและหญ้าเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมักต่อสมดุลไนโตรเจนในแพะนม

จากผลการทดลองผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าหวานอิสราเอลและหญ้าเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมักต่อสมดุลไนโตรเจนในแพะนม ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.4 พบว่าการให้หญ้าหมักต่อปริมาณไนโตรเจนที่แพะได้รับ การขับออกของไนโตรเจนในมูลและปัสสาวะ เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะและปริมาณไนโตรเจนที่กักเก็บในร่างกายของอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งจากการทดลองครั้งนี้พบว่าแพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์สี

ม่วงหมักมีค่าการกักเก็บไนโตรเจนในร่างกายสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 62.40 เปอร์เซ็นต์ และการขับออกของไนโตรเจนในปัสสาวะพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 4.3 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอลและหญ้าเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมักต่อการย่อยได้ของโภชนะในแพะนม

Item	Treatment			SEM	p-Value
	T1	T2	T3		
	Apparent Digestibility, % of intake				
DDM	63.24^{c}	69.19^{b}	74.68^{a}	1.80	0.0046
DOM	65.31^{c}	69.65^{b}	76.43^{a}	1.72	0.0019
DCP	67.49^{c}	75.43^{b}	79.85^{a}	1.87	0.0004
DEE	85.44^{c}	91.46^{a}	93.32^{b}	1.83	0.0008
DNDF	79.38^{c}	83.88^{b}	87.74^{a}	1.32	0.0051
DADF	37.70^{c}	48.28^{b}	57.15^{a}	2.97	0.0012

หมายเหตุ : T1=หญ้าเนเปียร์ปากช่อง1หมัก, T2=หญ้าหวานอิสราเอลหมัก, T3=หญ้าเนเปียร์สีม่วงหมัก a b c d =ในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) DDM=ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง, DOM=ความสามารถในการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ, DCP=ความสามารถในการย่อยได้ของโปรตีน, DEE=ความสามารถในการย่อยได้ของไขมัน, DNDF=ความสามารถในการย่อยได้ของเยื่อใยที่ไม่สามารถละลายฝนสารละลายที่เป็นกลาง, DADF=ความสามารถในการย่อยได้ของเยื่อใยที่ไม่สามารถละลายฝนสารละลายที่เป็นกรด

ตารางที่ 4.4 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าหวานอิสราเอลและหญ้าเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมักต่อสมดุลไนโตรเจนในแพะนม

Item	Treatment			SEM	p-Value
	T1	T2	T3		
N intake (g/d)	33.96^{b}	38.08^{b}	46.84^{a}	0.94	<.0001
N Feaces (g/d)	9.52^{b}	10.77^{a}	11.66^{a}	0.35	0.0070
N Urine (g/d)	6.18	7.12	5.95	2.67	0.1715
N absorption (g/d)	24.44^{c}	27.31^{b}	35.18^{a}	0.23	0.0014
N absorption (%)	71.97^{b}	71.72^{a}	75.11^{a}	1.13	0.0158
N retention (g/d)	18.26	20.19	29.23	0.53	0.3045
N retention (%)	53.77^{b}	53.02^{b}	62.40^{a}	0.92	0.0101

หมายเหตุ : T1=หญ้าเนเปียร์ปากช่อง1หมัก, T2=หญ้าหวานอิสราเอลหมัก, T3=หญ้าเนเปียร์สีม่วงหมัก a b c d = ในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) N intake = ไนโตรเจนที่ร่างกายได้รับ N feces = ไนโตรเจนที่ขับออกทางมูล N Urine = ไนโตรเจนที่ขับออกทางปัสสาวะ N retention = ไนโตรเจนที่เก็บไว้ในร่างกาย %N digestibility = เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนที่ย่อยได้ %N retention = เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนที่กักเก็บไว้ในร่างกาย

4.1.5 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอลและเนเปียร์สีม่วงหมักต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน

ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอลและเนเปียร์สีม่วงหมักต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน ดังแสดงในตารางที่ 4.5 พบพารามิเตอร์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน ค่าความเป็นกรดในกระเพาะหมักลดลง เมื่อเวลาผ่านไป 2-3 ชั่วโมงหลังจากสัตว์ได้รับอาหาร โดยค่าที่ลดลงส่งผลให้เอนไซม์จากจุลินทรีย์ไม่สามารถทำงานได้เต็มที่ (Reed, 1995) และมีผลต่อการย่อยสลายได้ของอาหาร

จากผลการทดลองพบว่าค่าแอมโมเนียไนโตรเจนที่ชั่วโมงที่ 0 ไม่มีความต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่พบว่าที่ชั่วโมงที่ 2 และ 4 หลังการให้อาหารมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) พบว่ากลุ่มทดลองที่ให้หญ้าเนเปียร์ปากช่องหมักส่งผลให้มีค่าแอมโมเนียไนโตรเจนเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการให้หญ้าหวานหมักและหญ้าเนเปียร์ม่วงหมักตามลำดับ

ค่าความเข้มข้นของยูเรียในเลือดพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ชั่วโมงที่ 0 (P>0.05) แต่พบว่าผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอลและเนเปียร์สีม่วงหมักต่อค่าความเข้มข้นของยูเรียในเลือดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับหญ้าเนเปียร์ปากช่องหมักมีค่าความเข้มข้นของยูเรียในเลือดสูงที่สดที่ชั่วโมงที่ 2 และ 4 หลังการให้อาหารเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับหญ้าหวานหมัก และหญ้าเนเปียร์ม่วงหมักตามลำดับ

4.1.6 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อกรดไขมันระเหยง่าย

ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อกรดไขมันระเหยง่ายดังแสดงในตารางที่ 4.6 จากผลการทดลองพบว่ากรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก บิวทีริก อัตราส่วนของกรดอะซิตริกต่อโพรพิโอนิก และกรดไขมันระเหยได้รวมที่ชั่วโมงที่ 0 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ส่วนกรดโพรพิโอนิกพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ชั่วโมงที่ 2 และ 4 (P<0.05) หลังให้อาหาร ซึ่งที่ชั่วโมงที่ 2 การให้หญ้าเนเปียร์ปากช่องหมักส่งผลให้มีค่าโพรพิโอนิกเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังพบว่าที่ชั่วโมงที่ 4 การให้หญ้าเนเปียร์ม่วงหมักส่งผลให้มีค่าโพรพิโอนิกเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการให้หญ้าในกลุ่มอื่น และจากผลการทดลองพบว่ากรดบิวทีริกมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ชั่วโมงที่ 2 (P<0.05) อีกทั้งยังพบว่าการให้หญ้าเนเปียร์ปากช่องหมักส่งผลให้ค่ากรดบิวทีริกมีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าที่ใช้ในการทดลองในกลุ่มอื่น

ตารางที่ 4.5 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอลและเนเปียร์สีม่วงหมักต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน

Items	T1	T2	T3	SEM	*p Value*
		pH			
0 h	6.36	6.53	6.29	0.08	0.58
2 h	6.94	6.76	6.91	0.06	0.52
4 h	6.56	6.54	6.53	0.06	0.98
		Ammonia nitrogen mg/dL			
0 h	15.25	15.20	15.38	0.05	0.26
2 h	20.21[a]	17.37[c]	19.18[b]	0.42	<.0001
4 h	19.18[a]	16.17[c]	18.21[b]	0.44	<.0001
		BUN mg/dL			
0 h	15.61	15.45	15.18	0.09	0.14
2 h	20.59[a]	18.60[c]	19.71[b]	0.21	<.0001
4 h	18.63[a]	16.65[c]	17.62[b]	0.21	<.0001

หมายเหตุ : T1=หญ้าเนเปียร์ปากช่อง1หมัก, T2=หญ้าหวานอิสราเอลหมัก, T3=หญ้าเนเปียร์สีม่วงหมัก a b c d = ในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) BUN = ความเข้มข้นของยูเรียในประแสเลือด pH = ความเป็นกรด-ด่าง NH_3-N = แอมโมเนียไนโตรเจน

ค่าอัตราส่วนของกรดอะซิติกต่อโพรพิโอนิกพบว่าที่ชั่วโมงที่ 2 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าการใช้หญ้าหวานหมักส่งผลให้มีค่าอัตราส่วนของกรดอะซิติกต่อโพรพิโอนิกสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าชนิดอื่น

จากผลการทดลองพบว่าค่ากรดไขมันระเหยได้รวมที่ชั่วโมงที่ 2 และ 4 หลังการให้อาหารมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งพบว่าการให้หญ้าเนเปียร์ปากช่องหมักส่งผลให้ค่ากรดไขมันระเหยได้รวมมีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าหวานหมัก และหญ้าเนเปียร์ม่วงหมักตามลำดับ

ตารางที่ 4.6 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อกรดไขมันระเหยง่าย

Items	T1	T2	T3	SEM	*p Value*
Acetic acid (molar proportion, %)					
0 h	63.77	63.71	64.64	0.22	0.15
2 h	64.15	64.24	64.86	0.21	0.01
4 h	64.39	64.13	64.72	0.11	0.06
Mean	64.10	64.46	64.74	0.10	0.02
Propionic acid (molar proportion, %)					
0 h	20.85	21.01	20.88	0.11	0.87
2 h	22.40^{a}	22.08^{c}	22.24^{b}	0.34	<.0001
4 h	20.93^{b}	21.01^{b}	21.39^{a}	0.14	0.03
Mean	21.39^{b}	21.37^{b}	21.50^{a}	0.16	<.0001
Butyric acid (molar proportion,%)					
0 h	12.85	12.74	11.90	0.28	0.36
2 h	14.75^{a}	14.50^{b}	14.65^{a}	0.21	<.0001
4 h	15.70	16.03	15.72	0.08	0.20
Mean	14.43	14.42	14.09	0.11	0.35
Acetic acid: Propionic					
0 h	3.05	3.03	3.09	0.02	0.38
2 h	2.80^{b}	2.97^{a}	2.66^{c}	0.05	<.0001
4 h	3.08	3.05	2.98	0.02	0.17
Mean	2.97	3.02	2.91	0.02	0.03
Total VFA (mmol/L)					
0 h	97.47	97.46	97.42	0.34	0.19
2 h	101.03^{a}	100.82^{c}	101.75^{b}	1.29	<.0001
4 h	101.02^{a}	101.17^{c}	101.83^{b}	1.83	<.0001
Mean	99.84^{a}	99.82^{c}	100.33^{b}	1.06	<.0001

หมายเหตุ : T1=หญ้าเนเปียร์ปากช่อง1หมัก, T2=หญ้าหวานอิสราเอลหมัก, T3=หญ้าเนเปียร์สีม่วงหมัก a b c d = ในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.1.7 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน

ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ดังแสดงในตารางที่ 4.7 จากผลการทดลองพบว่าแพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมัก พบว่าประชากรจุลินทรีย์ที่ชั่วโมงที่ 0 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนประชากรแบคทีเรีย และประชากรจุลินทรีย์ในกลุ่ม *Butyrivibrio fibrisolven, Fibrobacter succinogenes, Ruminococcus albus, Ruminococcus flavefacises, Streptococcus bovis,* โปรโตรซัว และ Methanogen ที่ชั่วโมงที่ 2 และ 4 พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จากผลการทดลองแพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์สีม่วงหมักหลังการให้อาหารที่ชั่วโมงที่ 2 และ 4 มีค่าประชากรจุลินทรีย์ในกลุ่ม *Butyrivibrio fibrisolven*, *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefacises*, *Streptococcus bovis* สูงที่สุดค่าเท่ากับ 5.58, 4.35, 6.50, 4.56, 6.43, 4.88, 9.24, 8.65, 6.52, 5.40, 9.56 และ 8.84 (lg10 copies/ml) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับแพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง และหญ้าหวานหมัก ส่วนแพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์สีม่วงหมัก พบว่ามีประชากรจุลินทรีย์ในกลุ่ม Protozoa และ Methanogen ที่ชั่วโมงที่ 2 และ 4 หลังให้อาหารมีค่าต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 4.50, 3.30, 6.64 และ 3.53 (lg10 copies/ml) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับแพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และหญ้าหวานอิสราเอล

ตารางที่ 4.7 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน

Items	T1	T2	T3	SEM	*p Value*
Total bacteria (lg10 copies/mL)					
0 h	2.42	2.31	2.78	0.09	0.13
2 h	4.32^{b}	2.82^{c}	5.58^{a}	0.41	<.0001
4 h	3.41^{b}	2.49^{c}	4.35^{a}	0.27	<.0001
Mean	3.39^{b}	2.54^{c}	4.24^{a}	0.25	<.0001
Butyrivibrio fibrisolven (lg10 copies/mL)					
0 h	1.25	1.22	1.26	0.01	0.39
2 h	3.31^{b}	4.39^{c}	6.50^{a}	0.48	<.0001
4 h	2.20^{b}	3.15^{c}	4.56^{a}	0.34	<.0001
Mean	2.25^{b}	2.92^{c}	4.10^{a}	0.27	<.0001

ตารางที่ 4.7 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (ต่อ)

Items	T1	T2	T3	SEM	*p Value*
Fibrobacter succinogenes (lg10 copies/mL)					
0 h	1.75	1.76	1.71	0.01	0.09
2 h	2.56^{c}	4.14^{b}	6.43^{a}	0.56	<.0001
4 h	2.29^{c}	3.41^{b}	4.88^{a}	0.38	<.0001
Mean	2.20^{c}	3.10^{b}	4.34^{a}	0.31	<.0001
Ruminococcus albus (lg10 copies/mL)					
0 h	5.24	5.17	5.45	0.06	0.10
2 h	7.31^{b}	6.40^{c}	9.24^{a}	0.42	<.0001
4 h	6.33^{b}	5.25^{c}	8.65^{a}	0.50	<.0001
Mean	6.29^{b}	5.61^{c}	7.78^{a}	0.32	<.0001
Ruminococcus flavefacises (lg10 copies/mL)					
0 h	2.32	2.43	2.45	0.08	0.85
2 h	5.28^{b}	4.53^{c}	6.52^{a}	0.30	0.0004
4 h	4.20^{b}	3.56^{c}	5.40^{a}	0.28	0.0002
Mean	3.93^{b}	3.50^{c}	4.79^{a}	0.19	<.0001
Streptococcus bovis (lg10 copies/mL)					
0 h	3.35	3.32	3.47	0.04	0.27
2 h	7.61^{b}	5.58^{c}	9.56^{a}	0.58	<.0001
4 h	6.40^{b}	4.61^{c}	8.84^{a}	0.62	<.0001
Mean	5.79^{b}	4.50^{c}	7.29^{a}	0.40	<.0001
Protozoa (lg10 copies/mL)					
0 h	2.46	2.58	2.59	0.11	0.89
2 h	5.27^{b}	6.22^{a}	4.50^{c}	0.26	0.0002
4 h	4.43^{b}	5.52^{a}	3.30^{c}	0.33	<.0001
Mean	4.05^{b}	4.77^{a}	3.46^{c}	0.19	0.0001
Methanogen (lg10 copies/mL)					
0 h	3.57	3.46	3.51	0.01	0.92
2 h	5.51^{b}	6.64^{a}	4.27^{c}	0.35	0.0001
4 h	5.24^{b}	6.34^{a}	3.53^{c}	0.42	0.0003
Mean	4.77^{b}	5.48^{a}	3.77^{c}	0.26	0.0003

หมายเหตุ : T1=หญ้าเนเปียร์ปากช่อง1หมัก, T2=หญ้าหวานอิสราเอลหมัก, T3=หญ้าเนเปียร์สีม่วงหมัก a b c d = ในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

4.2.1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบ

องค์ประกอบทางเคมีในสูตรอาหารทั้ง 3 สูตร พบว่าในสูตรอาหารมีค่าสิ่งแห้งใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 28-30% และมีค่าองค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนในสูตรอาหารทดลองที่ใกล้เคียงกัน แต่จะเห็นว่าในสูตอาหารที่มีหญ้าหวานอิสราเอลหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าสูตรอื่นๆ เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าหวานอิสราเอลนั้นก็พบว่ามีปริมาณโปรตีนอยู่สูง อาจเนื่องมาจากลักษณะของหญ้าหวานมีสัดส่วนใบต่อลำต้นมากกว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 โดยหญ้าที่อายุการตัด 30 วัน มีสัดส่วนของใบต่อลำต้นมากที่สุด แสดงว่าหญ้าที่อายุการตัด 30 วัน เป็นช่วงที่มีการเพิ่มจำนวนและขนาดของใบหญ้ามากที่สุด ขณะที่งานวิจัยของ เชาวฤทธิ์ และเมธา (2560) พบว่าหญ้าหวานที่อายุการตัด 45 และ 60 วัน มีสัดส่วนใบต่อลำต้น เท่ากับ 1.4 ถึง 1.6 ต่ำกว่าการทดลองในครั้งนี้ เนื่องจากอุณหภูมิสภาพแวดล้อมในการทดลองครั้งนี้ค่อนข้างต่ำ (29.40-36.60 องศาเซลเซียส) โดยอุณหภูมิที่ต่ำมีผลทำให้มีการสังเคราะห์แสงน้อย พืชมีการเจริญเติบโตในส่วนของใบมากกว่าลำต้น การยืดตัวของลำต้นน้อยจึงทำให้พืชมีสัดส่วนใบต่อลำต้นมาก (วิทยา และพรชัย, 2556)

ศรัณย์พงศ์ และคณะ(2564) ได้เปรียบเทียบผลผลิต ลักษณะทางพืชอาหารสัตว์ความหวาน และคุณค่าทางโภชนะของหญ้า หวานและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ที่อายุการตัด 30 45 และ 60 วัน เมื่อพิจารณาถึงปริมาณโปรตีนพบว่าหญ้าหวานมีค่าโปรตีนสูงกว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ทุกช่วงอายุการตัด ในขณะที่ค่าของเยื่อใยของหญ้าทั้งสองชนิด พบความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่อายุการตัด 45 และ 60 วัน โดยที่อายุการตัด 30 วัน หญ้าหวานมีเยื่อใยต่ำกว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบด้านคุณค่าทางโภชนะ พบว่า หญ้าหวานมีโปรตีนหยาบสูงกว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยพบว่าหญ้าหวานมีโปรตีนหยาบ 9.23±1.00% ในขณะที่หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีโปรตีนหยาบ 7.03±0.45% หญ้าหวานที่อายุการตัด 60 วัน มีโปรตีนหยาบ 8.11±0.93% ส่วนหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีค่าโปรตีนหยาบต่ำสุด และไม่พบความแตกต่างระหว่างอายุการตัด ($P>0.05$) เนื่องจาก โปรตีนในพืชอาหารสัตว์จะสะสมอยู่ที่ใบโดยเฉพาะแผ่นใบ (Leaf blade) ในปริมาณที่ สูงกว่าลำต้น 2-3 เท่า (สายัณห์, 2547) ทำให้หญ้าหวานซึ่งมีสัดส่วนใบต่อลำต้นสูงจึงมีโปรตีนสูงกว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และเมื่อหญ้ามีอายุมากขึ้นระดับโปรตีนในหญ้าจะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มสัดส่วนของลำต้นมากขึ้น (สายัณห์, 2547) สอดคล้องกับ เสมอใจ (2557) อธิบายกระบวนการเจริญเติบโตของหญ้าอาหารสัตว์มีการเปลี่ยนแปลงไปสะสมผนังเซลล์ซึ่งนำไปสู่การเจือจางของสารโปรตีนที่อยู่ในไซโตพลาสซึมของเซลล์พืช สอดคล้องกับรายงานของ (เมธา วรรณพัฒน์, 2529) ได้รายงานไว้ว่าเยื่อใยที่ไม่สามารถละลายในสารละลายที่เป็นกลางจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อพืชมี

อายุมากขึ้นทำให้สัดส่วนขององค์ประกอบของเซลล์ลดลง โดยพบว่าแทนนินเป็นสารประกอบฟีนอลลิค เช่นเดียวกับลิกนิน จัดเป็นสารทุติยภูมิจึงพบลิกนินมากขึ้น เมื่อพืชอายุมากขึ้นซึ่งคล้ายกับปริมาณของเยื่อใยที่ไม่สามารถละลายในสารละลายที่เป็นกลางและเยื่อใยที่ไม่สามารถละลายในสารละลายที่เป็นกรดกับแทนนินมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งในสัตว์เคี้ยวเอื้องเป็นสัตว์ที่มีกระเพาะอาหารหลายส่วนสามารถใช้ประโยชน์จากอาหารหยาบที่มีเยื่อใยสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตามองค์ประกอบทางเคมีอาจเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ แหล่งที่ปลูก ความอุดมสมบูรณ์ของดินและสัดส่วนของก้านและใบ ซึ่งล้วนมีอิทธิพลต่อคุณค่าทางโภชนาการทั้งนั้น จะเห็นว่าหญ้าหมักชนิดต่างๆมีวัตถุแห้งค่อนข้างต่ำ โดยทั่วไปวัตถุแห้งในพืชก่อนการหมักควรมีไม่ต่ำกว่า 22 เปอร์เซ็นต์ (Frank et al., 1986) การหมักหญ้าที่มีวัตถุแห้งต่ำมักก่อให้เกิดความสูญเสียของหญ้าหมักในรูปของของเหลวที่ไหลออกมาจากพืช (seepage) และการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์จำพวก clostridium ซึ่งก่อให้เกิดกรดบิวทิริคขึ้นทำให้หญ้าหมักมีความน่ากินลดลง (Kunkle and Chambliss, 2002) นอกจากนี้ กรดบิวทีริคยังทำให้หญ้าหมักมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูง ซึ่งจะส่งเสริมให้มีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อหญ้าหมักตามมา (Kung and Chaver, 1997) อย่างไรก็ตาม ความไม่คงทนต่อสภาพอากาศในระหว่างการนำหญ้าหมักไปเลี้ยงสัตว์ก็ทำให้หญ้าหมักมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้นได้ (Kung and Chaver, 1997) (Woolford and Pahlow, 1998) หญ้าหมักที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูง ทำให้เกิดกระบวนการย่อยสลายโปรตีนโดยเอนไซม์ในเซลล์ของพืชสูงอีกด้วย กระบวนการย่อยสลายโปรตีนจะหยุดลงเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างในหญ้าหมักลดลงเหลือประมาณ 4 สายัณย์ (2522) ได้กล่าวถึงขบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายหลังการปิดหลุมหมักว่าอาจแบ่งได้เป็น 2 ขบวนการใหญ่คือ ขบวนการที่ต้องใช้ออกซิเจน(aerobic) และขบวนการที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจน(anaerobic) ขบวนการดังกล่าวนี้จะมากน้อยเพียงใดจะขึ้นอยู่กับ การทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ปริมาณอากาศที่ยังหลงเหลือภายหลังการนำพืชเข้าหลุมหมักแล้ว และองค์ประกอบต่างๆภายในพืชที่นำมาทำหญ้าหมัก เช่น ปริมาณน้ำตาล ความชื้น และแร่ธาตุอาหาร ซึ่งมีการศึกษาการทำถั่วอาหารสัตว์หมักมักไม่ประสบความสำเร็จเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าหมัก เนื่องจากถั่วมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (Water soluble carbohydrate, WSC) ต่ำ และมีค่า buffering capacity (BC) สูงกว่า ซึ่งทำให้ค่า pH ของถั่วหมักในกระบวนการหมักลดลงช้า ส่งผลให้จุลินทรีย์ที่ ไม่ต้องการสามารถเจริญเติบโต ส่งผลให้เกิดการสูญเสียต่อคุณภาพของถั่วหมัก (McDonald et al., 1991)

จากการรายงานองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าทั้ง 3 สายพันธุ์ได้แก่ หญ้าหวานอิสราเอล หญ้าเนเปียร์ปากช่อง และหญ้าเนเปียร์สีม่วงมีค่าที่แตกต่างกันไปบ้างกับงานวิจัยในครั้งนี้ อาจเป็นเพราะความแตกต่างกันของสถานที่ดินที่ใช้ในการปลูก พันธุ์ สภาพดินฟ้าอากาศ และนอกจากนี้คุณค่าทางเคมีของใบสะเดาขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างเช่น พันธุ์ อายุในการเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ การดูแลจัดการเป็นต้น และในส่วนของผลผลิตต่อไร่พบว่าหญ้าทั้ง 3 ชนิดมีผลผลิตต่อไร่ที่

สูง สามารถตัดและเก็บเกี่ยวได้ทุกช่วงอายุ มีการเจริญเติบโตอย่างโตเนื่องจึงมีความคุ้มค่าในการเลือกนำมาทำเป็นหญ้าหมักเพื่อเป็นแหล่งอาหารในช่วงฤดูแล้งได้

4.2.2 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอลและหญ้าเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมักต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และการกินได้สิ่งแห้งของแพะนม

จากการศึกษาผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอลและหญ้าเนเปียร์สีม่วงในรูปแบบหมักต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และการกินได้สิ่งแห้งของแพะนม พบว่าจากการทดลองครั้งนี้ให้แพะนมได้รับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานและเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมักต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และการกินได้สิ่งแห้งของแพะนม ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3 พบว่าปริมาณการกินได้วัตถุแห้งต่อวัน (gDM/d) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แพะที่ได้รับอาหารในสูตรที่ 3 หญ้าเนเปียร์ม่วงหมัก มีผลต่อปริมาณการกินได้วัตถุแห้งต่อวัน (gDM/d) สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 1805.97 กรัมต่อวัน และมีผลต่อการกินได้ต่อน้ำหนักตัวต่อวัน (% BW) สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 3.78 อีกทั้งยังส่งผลต่อน้ำหนักเมทาบอลิคต่อวัน (g/kg $BW^{0.75}$) มีค่าสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 59.24 g/kg $BW^{0.75}$ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Narawich et al. (2020) พบว่าแพะเนื้อที่เลี้ยงด้วยหญ้าเนเปียร์สีม่วงมีค่าน้ำหนักสุดท้าย และอัตราการเจริญเติบโตมีค่าสูงสุด รวมไปถึงการบริโภคอาหารหยาบและปริมาณวัตถุแห้งทั้งหมัดสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในการศึกษาของ Bureenok et al. (2012) พบว่าปริมาณสิ่งแห้งของหญ้าเนเปียร์หมักสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเสริมด้วยกากน้ำตาลและเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้กากมันสำปะหลังพบว่าปริมาณสิ่งแห้งในหญ้าเนเปียร์หมักมีค่าต่ำที่สุด ยังมีรายงานบางส่วนที่ศึกษาในพืชที่มีสีม่วงของ Nittaya et al., 2022 รายงานว่าในใบสะเดาสีม่วงมีปริมาณสารแอนโทไซยานินที่สูง ในแพะที่ได้รับการเสริมใบสะเดาม่วงที่ระดับ 6 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มความน่ากินและช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการกินได้ของสัตว์ สิ่งนี้เป็นตัวบ่งชี้ว่าการที่แพะได้รับสารแอนโทไซยานินไม่ได้ทำให้ความน่ากิน และการกินได้ของอาหารลดลง แม้ว่าแอนโทไซยานินจะมีความสามารถในการส่งผลต่อความอร่อย แต่ก็มีความสามารถในการกระตุ้นการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระโดยไม่ลดการกินได้ของสิ่งแห้ง เช่นเดียวกับ Hosada et al. (2012a) รายงานว่าแอนโทไซยานินจากข้าวโพดหมักไม่มีผลต่อการกินได้ของสัตว์ และจากการทดลองยังพบว่าไม่มีผลกระทบทางลบอันเนื่องมาจากการใช้หญ้าเนเปียร์ปากช่อง และหญ้าหวานอิสราเอลหมัก เป็นแหล่งอาหารหยาบหมักที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องปริมาณการกินได้ในแพะนมโดยทั่วไปแล้วมีปัจจัยหลายปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการกินได้ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น คุณลักษณะทางกายภาพของอาหาร วัตถุดิบที่ใช้ผสม และคุณค่าทางโภชนะในอาหารที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามการกินได้ของวัตถุแห้งของสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้นจะผันแปรไปตามขนาด ชนิดของอาหารและระดับของโปรตีนตลอดจนระดับเยื่อใยของอาหารที่สัตว์ได้รับและชนิดและสภาพร่างกายของสัตว์รวมไปถึงการจัดการในการเลี้ยงดู

4.2.3 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอลและหญ้าเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมักต่อการย่อยได้ของโภชนะในแพะนม

จากผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอลและหญ้าเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมักต่อการย่อยได้ของโภชนะในแพะนม ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4 พบว่าหญ้าหมักทั้ง 3 ชนิดมีผลต่อค่าการย่อยได้ของ วัตถุแห้ง (DM) อินทรียวัตถุ (OM) โปรตีน (CP) เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (NDF) และเยื่อใยที่ไม่ละลา ก็ตามพบว่าแพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์สีม่วงหมัก มีค่าการย่อยได้ของโปรตีนสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 79.85 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Suong et al. (2017) รายงานว่าความสามารถในการย่อยได้ของ NDF และ ADF ของหญ้าเนเปียร์หมักที่อุดมไปด้วยสารแอนโทไซยานินมีค่าสูงสุดและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอาหารทดลองกลุ่มอื่น ๆ และ Tian et al. (2019) พบว่าความสามารถในการย่อยได้ของปริมาณ DM, OM, CP, GE, NDF และ ADF ในแพะนมที่ได้รับข้าวโพดข้าวเหนียวหมัก(sticky corn stover silage), commercial purple corn pigment และ anthocyanin-rich purple corn(AR) นั้นมีค่ามากกว่าแพะนมได้เลี้ยงด้วยฟางข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งค่าการย่อยได้ของโภชนะสามารถบ่งบอกได้ถึงการนำไปใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ สอดคล้องกับ EL Hag and Greenhalgh (1982) รายงานไว้ว่าสัตว์ที่ได้รับการเสริมอาหารข้นและหยาบในสัดส่วนที่เหมาะสมต่อความต้องการของร่างกายนั้น จะทำให้สัตว์ได้รับปริมาณโปรตีนและพลังงานที่เพียงพอ ส่งผลให้เกิดกระบวนการหมักอย่างเหมาะสมภายในกระเพาะหมัก ส่วนการย่อยได้ของโปรตีนนั้นจะขึ้นอยู่กับระดับของโปรตีนในอาหารด้วย (Schnieder and Flatt, 1975) ทั้งนี้ในสูตรอาหารทดลองมีระดับโปรตีนที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากสัตว์ จะอาศัยความสามารถในการย่อยจากจุลินทรีย์ภายในกระเพาะหมัก เข้าย่อยสลายอาหารที่ผ่านไปในกระเพาะซึ่งความสามารถในการย่อยอาหารได้ของจุลินทรีย์จะสัมพันธ์กับจำนวนจุลินทรีย์ใน เชิงบวก นอกจากนี้Song and Kenelly (1990) พบว่า ระดับแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะหมักก็ มีส่วนช่วยในการย่อยได้ของโภชนะด้วย พบว่า เมื่อระดับแอมโมเนียไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจะทำให้การ ย่อยได้ของวัตถุแห้งเพิ่มขึ้น และการกินได้ที่เพิ่มขึ้นสามารถอธิบายได้จากการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนและเพิ่มการไหลออกของผนังเซลล์พืชไปยังส่วนกระเพาะแท้ (Trach et al., 2001; Wanapat et al., 2013) ส่วนการไหลผ่านของชิ้นอาหารคาดว่าจะลดลงเมื่อสัตว์ได้รับ NDF มากขึ้นการกินได้ก็คาดว่าจะแปรผกผันเช่นกัน เนื่องจากส่วนที่ย่อยได้ช้าลงจะมีค่ามากขึ้นเมื่อเทียบกับปริมาตรของทางเดินอาหาร (Van Soest, 1965)

Ramin and Huhtanen (2013) รายงานว่าอาหารหยาบที่มีปริมาณ ADF ต่ำ และมีปริมาณเซลลูโลสและลิกนินต่ำ ส่งผลให้ความสามารถในการย่อยได้สูงขึ้น นอกจากนี้กลิ่นของหญ้าหมักจากกรดอินทรีย์ต่างๆ (กรดแลกติค,กรดอะซิติก, กรดโพรพิโอนิก, กรดบิวทิริก และเอทานอล) อาจส่งผลต่อความอยากอาหารของสัตว์ได้ ยังมีรายงานของ Chaowarit and Metha (2018) ศึกษาการเปรียบเทียบหญ้าหมักและหญ้าแห้งในหญ้าหวานอิสราเอล หรือเนเปียร์แคระซึ่งเป็นหญ้าวงศ์

เดียวกัน ที่ใช้เลี้ยงโคเนื้อพื้นเมือง พบว่าความสามารถในการย่อยได้ของสิ่งแห้งในกลุ่มโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าหมักสูงกว่าหญ้าแห้ง (P<0.05) ในขณะที่ความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะอื่น ๆ ของ CP NDF และ ADF มีความคล้ายคลึงกันระหว่างทั้งสองกลุ่ม (P>0.05) การทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นผลกระทบที่แตกต่างของการกินได้และความสามารถในการย่อยได้ของสิ่งแห้ง แม้ว่าสัตว์ทั้งหมดจะได้รับหญ้าหมัก แต่หญ้าหมักเหล่านั้นมีความสามารถในการย่อยได้ของสิ่งแห้งสูงกว่า ถึงแม้ว่าค่าการกินได้จะต่ำกว่าหญ้าแห้งก็ตาม

4.2.4 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าหวานอิสราเอลและหญ้าเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมักต่อสมดุลไนโตรเจนในแพะนม

จากผลการทดลองผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าหวานอิสราเอลและหญ้าเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมักต่อสมดุลไนโตรเจนในแพะนม ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5 พบว่าการให้หญ้าหมักต่อปริมาณไนโตรเจนที่แพะได้รับ การขับออกของไนโตรเจนในมูลและปัสสาวะ เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะและปริมาณไนโตรเจนที่กักเก็บในร่างกายของอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งจากการทดลองครั้งนี้พบว่าแพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์สีม่วงหมักมีค่าการกักเก็บไนโตรเจนในร่างกายสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 62.40 เปอร์เซ็นต์ และการขับออกของไนโตรเจนในปัสสาวะพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tian et al. (2019) รายงานว่าแพะนมที่เลี้ยงด้วย anthocyanin-rich purple corn stover silage มีค่าการกักเก็บไนโตรเจนในร่างกายสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการทดลองอื่นๆ และยังพบว่าแพะนมที่ได้รับฟางข้าวมีการดูดซึม และการกักเก็บไนโตรเจนต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ส่วนปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางมูลมีค่าเท่ากับ 9.52 10.77 และ 11.66 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางปัสสาวะมีค่าเท่ากับ 6.18 5.95 และ 7.12 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Suong et al. (2017) รายงานว่าแพะที่เลี้ยงด้วย anthocyanin-rich Napier grass silage ที่เสริมด้วยกากน้ำตาล 4 เปอร์เซ็นต์และ FeSO4 มีการกักเก็บไนโตรเจน การดูดซึม สมดุลไนโตรเจนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการทดลองอื่นๆ ส่วนการขับออกไนโตรเจนในปัสสาวะและมูลพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตรงกับการยอมรับของ Yokota et al. (1992) ว่าการเสริมกากน้ำตาลช่วยปรับปรุงความสามารถในการย่อยของธาตุอาหารและทำให้การดูดซึมไนโตรเจนในร่างกายสัตว์เพิ่มขึ้น **ยังมี**รายงานของ Narawich et al. (2020) แพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์สีม่วงสดมีสมดุลไนโตรเจนสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเป็นมาจากองค์ประกอบทางเคมีในหญ้าเนเปียร์สีม่วงมีปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่สูง และมีประสทธิภาพที่จะช่วยปรับปรุงการหมักในกระเพาะหมักเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตโปรตีนของจุลินทรีย์ (Anantasook et al., 2016)

Paengkoum et al. (2013) พบว่าการบริโภคโปรตีน ส่งผลให้การขับไนโตรเจนทางปัสสาวะ และสมดุลไนโตรเจนเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มระดับโปรตีนในอาหารกระบือปลัก เช่นเดียวกับ Brooker et al. (1995) รายงานว่าการขับออกของไนโตรเจนทางปัสสาวะจะมากขึ้นเมื่อให้โปรตีนจากพืชที่ละลายน้ำได้ เนื่องจากปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนถูกสร้างขึ้นในปริมาณที่มากเกินความต้องการของกระเพาะรูเมน แอมโมเนียส่วนเกินจะถูกเปลี่ยนเป็นยูเรียโดยสัตว์จะขับออกทางปัสสาวะ ซึ่งจากการศึกษาข้างต้น พบว่ามีการผลิตแอมโมเนียไนโตรเจนมากขึ้นในกระเพาะรูเมนจากแพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์สีม่วงสด นอกจากนี้ Cherdthong et al. (2019) รายงานว่าแอนโทไซยานินสามารถสนับสนุนการปลดปล่อยของไนโตรเจนและคาร์โบไฮเดรตจากข้าวโพดสีม่วง ซึ่งมีส่วนในการเพิ่มประสทธิภาพของจุลินทรีย์

4.2.5 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอลและเนเปียร์สีม่วงหมักต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน

จากการศึกษาผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอลและเนเปียร์สีม่วงหมักต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน ดังแสดงในตารางที่ 4 พบพารามิเตอร์ค่าความเป็นกรด-ด่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน ค่าความเป็นกรดในกระเพาะหมักลดลง เมื่อเวลาผ่านไป 2-3 ชั่วโมงหลังจากสัตว์ได้รับอาหาร โดยค่าที่ลดลงส่งผลให้เอนไซม์จากจุลินทรีย์ไม่สามารถทำงานได้เต็มที่ (Reed, 1995) และมีผลต่อการย่อยสลายได้ของอาหาร ส่วนค่าแอมโมเนียไนโตรเจนที่ชั่วโมงที่ 0 ไม่มีความต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าที่ชั่วโมงที่ 2 และ 4 หลังการให้อาหารมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) พบว่ากลุ่มทดลองที่ให้หญ้าเนเปียร์ปากช่องหมักส่งผลให้มีค่าแอมโมเนียไนโตรเจนเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการให้หญ้าหวานหมักและหญ้าเนเปียร์ม่วงหมักตามลำดับ ซึ่งจากการศึกษาของ Wallace et al. (1979) พบว่าความต้องการแอมโมเนียไนโตรเจนเพื่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียพบว่าระดับที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 9.7-21.4 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ส่วน Wanapat et al. (1999) ได้รายงานไว้ว่าระดับที่เหมาะสมอยู่ที่ 17.6 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ซึ่งระดับนี้จะส่งผลให้การย่อยได้ของวัตถุแห้ง,โปรตีนและประชากรแบคทีเรียในรูเมนเพิ่มขึ้น และระดับแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้นด้วยซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับระดับไนโตรเจนในกระแสเลือดเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Wallace et al. (1979) และ จากการรายงานของ Church et al. (1979) ได้รายงานไว้ว่าการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนในสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยทั่วไปยูเรียจะถูกย่อยสลายอย่างรวดเร็วในกระเพาะรูเมนโดยการทำงานของจุลินทรีย์ได้ผลผลิตสุดท้ายคือแอมโมเนีย โดยประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์จะถูกใช้ในการสังเคราะห์โปรตีนจากจุลินทรีย์ ส่วนแอมโมเนียที่เหลือจะถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมนเข้าสู่กระแสเลือดและผ่านไปยังตับเพื่อเข้าสู่วัฏจักรยูเรีย แอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนที่เพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลให้ค่าไนโตรเจนในกระแสเลือดเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนค่าความเข้มข้น

ของยูเรียในเลือดพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ชั่วโมงที่ 0 ($P>0.05$) แต่พบว่าผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอลและเนเปียร์สีม่วงหมักต่อค่าความเข้มข้นของยูเรียในเลือดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับหญ้าเนเปียร์ปากช่องหมักมีค่าความเข้มข้นของยูเรียในเลือดสูงที่สดที่ชั่วโมงที่ 2 และ 4 หลังการให้อาหารเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับหญ้าหวานหมัก และหญ้าเนเปียร์ม่วงหมักตามลำดับ จากรายงานของ Lewis et al. (1975) ได้รายงานว่าปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือดของสัตว์เคี้ยวเอื้องปกติแล้วมีค่าประมาณ 5-25 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ ดังนั้นปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือดจึงบ่งบอกถึงประสิทธิภาพการหมักย่อยของโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (NPN) ในอาหารรวมถึงการสูญเสียโปรตีนจากกระเพาะรูเมนในรูปของยูเรีย ซึ่งจากการรายงานของ (เมธา วรรณพัฒน์, 2529) พบว่าช่วงค่ามาตรฐานของยูเรียไนโตรเจนของแพะมีค่าอยู่ในช่วง 12.6-28 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรพลาสมา ซึ่งจากการทดลองในครั้งนี้พบว่าค่ายูเรียไนโตรเจนของแพะที่ได้รับอาหารหยาบหมักทั้ง 3 สูตรมีค่าอยู่ในช่วงค่ามาตรฐานของปริมาณยูเรียไนโตรเจนของแพะ

พบว่าเมื่อขาดพลังงานจากการหมักหรือเมื่อโปรตีนหยาบในอาหารมีมากเกินไปหรือย่อยสลายได้สูง แอมโมเนียบางส่วนที่ผลิตในกระเพาะหมักอาจไม่ได้เปลี่ยนเป็นโปรตีนของจุลินทรีย์ แอมโมเนียส่วนเกินจะข้ามผนังกระเพาะรูเมนและถูกส่งไปที่ตับ ตับเปลี่ยนแอมโมเนียเป็นยูเรียซึ่งปล่อยออกมาในเลือด ยูเรียในเลือดสามารถติดตามได้สองทาง คือสามารถกลับเข้าสู่กระเพาะรูเมนได้ทางน้ำลายหรือผ่านผนังกระเพาะรูเมน และไตสามารถขับออกทางปัสสาวะได้ เมื่อยูเรียกลับสู่กระเพาะรูเมนจะถูกเปลี่ยนกลับไปเป็นแอมโมเนียและสามารถทำหน้าที่เป็นแหล่งไนโตรเจนสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ยูเรียที่ขับออกทางปัสสาวะจะสูญเสียไปกับสัตว์ ด้วยปันส่วนที่มีโปรตีนต่ำยูเรียส่วนใหญ่จึงถูกรีไซเคิลและสูญเสียไปกับปัสสาวะเพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม เมื่อโปรตีนหยาบเพิ่มขึ้นในการปันส่วน ยูเรียจะถูกรีไซเคิลน้อยลงและถูกขับออกทางปัสสาวะมากขึ้น

การใช้อาหารผสมเสร็จในการเลี้ยงสัตว์จะทำให้กระเพาะรูเมนใช้อาหารอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้การย่อยได้ดีขึ้น ค่าความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะรูเมนอยู่ในระดับเหมาะสมและตัวสัตว์เองยังสามารถแสดงศักยภาพการให้ผลผลิตได้อย่างเต็มที่ (ฉลองและคณะ, 2540) ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนมีความสำคัญต่อขบวนการย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง การควบคุมความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนให้คงที่ได้ จะสามารถเพิ่มการย่อยอาหารให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพกล่าวคือถ้าให้โคนมกินอาหารข้น ซึ่งปกติอาหารชนิดนี้จะมีพลังงานที่ย่อยได้สูง สภาพในกระเพาะหมักจะเป็นกรด ถ้าให้อาหารข้นในปริมาณที่มากโอกาสที่กระเพาะรูเมนจะเป็นกรดมากขึ้น ถ้าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนต่ำกว่า 5 โคจะมีประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลงและทำให้ไขมันนมลดต่ำลง และโคจะแสดงอาการป่วยเมื่อโคกินหญ้าหรืออาหารหยาบความเป็นด่างในกระเพาะรูเมนจะสูงขึ้น เนื่องจากมีการเคี้ยวเอื้องทำให้มีการหมุนเวียนของน้ำลายซึ่งมีคุณสมบัติเป็นด่างไหลกลับเข้ากระเพาะรูเมนจะช่วยปรับสภาพในรูเมนให้ความเป็นด่างสูงขึ้น ดังนั้น

อาหารผสมเสร็จ (TMR) จึงมีความสำคัญต่อสัตว์เนื่องจากสามารถช่วยควบคุมระดับความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนให้คงที่ได้ดีกว่าการให้อาหารแบบแยกกัน (นิรนาม, 2546)

4.2.6 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อกรดไขมันระเหยง่าย

การศึกษาผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อกรดไขมันระเหยได้ในแพะนมพบว่ากรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก บิวทีริก อัตราส่วนของกรดอะซิติกต่อโพรพิโอนิก และกรดไขมันระเหยได้รวมที่ชั่วโมงที่ 0 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งกรดไขมันที่ระเหยได้เป็นแหล่งพลังงานหลักที่สำคัญสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ในกระเพาะรูเมนจะมีความสัมพันธ์กับการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ส่วนค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดอยู่ในช่วงปกติของแพะซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Adum et al. (2016) ส่วนกรดโพรพิโอนิกพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ชั่วโมงที่ 2 และ 4 ($P<0.05$) หลังให้อาหาร ซึ่งที่ชั่วโมงที่ 2 การให้หญ้าเนเปียร์ปากช่องหมักส่งผลให้มีค่าโพรพิโอนิกเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังพบว่าที่ชั่วโมงที่ 4 การให้หญ้าเนเปียร์ม่วงหมักส่งผลให้มีค่าโพรพิโอนิกเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการให้หญ้าในกลุ่มอื่น พบว่าความเข้มข้นของโพรพิโอนิกในกระเพาะรูเมนสูงขึ้นในแพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์สีม่วงหมักเป็นเวลา 2-4 ชม. หลังจากให้อาหาร แบคทีเรียในกระเพาะหมักจะหมักคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้และแตกตัวเป็นน้ำตาลอย่างง่าย ซึ่งจุลินทรีย์จะใช้น้ำตาลเหล่านี้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับการเติบโตของพวกมันเองและผลิตโพรพิโอนิกขึ้นมา (Moran, 2005; Varga, 2014) คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในพืชอาหารสัตว์สามารถย่อยสลายได้อย่างรวดเร็วในกระเพาะรูเมน ซึ่งจากนั้นสามารถใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับการสังเคราะห์กรดไขมันระเหยได้ (Holden et al., 1994) แพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์สีม่วงมีค่าโพรพิโอนิกเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Oba (2011) สรุปได้ว่าการให้พืชอาหารสัตว์ที่มีปริมาณน้ำตาลสูงช่วยเพิ่มการไหลเวียนของไนโตรเจนของจุลินทรีย์และเพิ่มประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ส่งผลให้การย่อยได้ของสารอาหารดีขึ้น

เมธา วรรณพัฒน์ (2563) กล่าวว่าโพรพิโอนิกเป็นแหล่งที่มีความสำคัญที่สุดในการผลิตกลูโคสสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ได้รับอาหารแต่ไม่มีการดูดซึมเอากลูโคสจากลำไส้เล็กไปใช้ได้ ในโคนมพบว่า 60% ของกลูโคสที่ได้จากการผลิตโพรพิโอนิกปริมาณของโพรพิโอนิกที่ดูดซึมเข้าไปจะถูกเปลี่ยนให้เป็นกลูโคสได้ตั้งแต่ 19-60%และจากผลการทดลองพบว่ากรดบิวทีริกมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ชั่วโมงที่ 2 ($P<0.05$) อีกทั้งยังพบว่าการให้หญ้าเนเปียร์ปากช่องหมักส่งผลให้ค่ากรดบิวทีริกมีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าที่ใช้ในการทดลองในกลุ่มอื่น ค่าอัตราส่วนของกรดอะซิติกต่อโพรพิโอนิกพบว่าที่ชั่วโมงที่ 2 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าการใช้หญ้าหวานหมักส่งผลให้มีค่าอัตราส่วนของกรดอะซิติกต่อโพรพิโอนิกสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าชนิดอื่น ซึ่ง Sanh et al. (2002) รายงานว่าในพืชอาหารสัตว์ที่มีเซลลูโลสสูงจะ

เพิ่มความเข้มข้นของกรดอะซิติกในกระเพาะรูเมน ซึ่งจะส่งเสริมการสังเคราะห์ไขมันในนมส่งผลให้ปริมาณไขมันในน้ำนมเพิ่มขึ้นด้วย โดยกรดอะซิติกนอกจากจะถูกเผาผลาญในร่างกายเพื่อใช้เป็นพลังงานแล้ว ยังใช้เป็นสารตั้งต้นเพื่อสร้างไขมันในนมและเนื้อด้วย กรดโพรพิโอนิกจะถูกนำไปเปลี่ยนเป็นน้ำตาลกลูโคสและใช้ในการสังเคราะห์น้ำตาลในนม ส่วนกรดบิวทิริกจะถูกเปลี่ยนเป็น β-Hydroxybutyrate ในระหว่างการดูดซึมที่ผนังกระเพาะรูเมนเพื่อใช้สังเคราะห์ไขมันในต่อมน้ำนมและเนื้อเยื่อไขมัน (บุญล้อม, 2541)

Hutijens et al. (1996) พบว่าโคที่มีร่างกายปกตินั้นจะมีสัดส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกในอัตราส่วนที่มากกว่า 2.2:1 ซึ่งถ้ามีการผลิตสัดส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกหากค่าต่ำกว่านี้จะผลทำให้โคเกิดโรคนี้ได้ เนื่องจากปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตกรดไขมันระเหยได้ พบว่า กรดอะซิติกจะผลิตได้สูงเมื่อสัตว์ได้รับอาหารหยาบ,พืชหมัก,พืชแก่ที่มีสัดส่วนของอาหารหยาบสูง แต่ถ้ามีการบดหยาบจะทำให้สัดส่วนของกรดอะซิติกลดลง การได้รับโปรตีนในระดับสูงจะส่งผลให้การผลิตกรดบิวทิริคจะเพิ่มขึ้น การอัดเม็ดธัญพืชด้วยความร้อนมีผลทำให้กรดโพรพิโอนิกผลิตสูงขึ้น และจากการรายงานของ Paengkoum et al. (2006) พบว่าอิทธิพลของระดับพลังงานในอาหารมีผลต่อค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทำให้ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดมีค่าสูงขึ้นตามระดับพลังงานที่เพิ่มขึ้น ขณะที่กลุ่มแพะที่ได้รับอาหารพลังงานต่ำมีความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ลดลงตามพลังงานที่ได้รับที่มีพลังงานต่ำ โดยความเข้มข้นของกรดอะซิติกนั้นลดลงในแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารพลังงานสูง เพราะกรดโพรพิโอนิกที่มีมากขึ้นจากการใช้ประโยชน์ได้ของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้สูงขึ้นจึงไปลดสัดส่วนของกรดอะซิติก (C2) ลง แต่อย่างไรก็ตามการทำการทดลองในครั้งนี้ได้มีการปรับโปรตีนให้อยู่ในช่วงเดียวกันจึงไม่ได้ส่งผลกระทบในทางลบต่อค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ และค่าของสัดส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกนั้นเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะสามารถบ่งบอกได้ว่าสัตว์เกิดโรค ซึ่งจากปริมาณของกรดอะซิติก, กรดโพรพิโอนิกและสัดส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกที่สามารถบ่งบอกถึงการเกิดโรค Rumen acidosis ได้

อัตราส่วนของ VFA เหล่านี้จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของคาร์โบไฮเดรตที่เข้าไปในลำไส้ใหญ่ ถ้ามีเยื่อใยเป็นจำนวนมาก อัตราส่วนของกรดอะซิติกและกรดบิวทิริคจะสูง แต่ถ้ามีแป้งเป็นจำนวนมาก อัตราส่วนของโพรพิโอนิคจะสูง เมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้นของ VFA ในลำไส้ใหญ่กับกระเพาะรูเมน จะพบว่า ความเข้มข้นของ VFA ภายในกระเพาะรูเมนจะมีมากขึ้นหลังจากสัตว์กินอาหารเข้าไป และจะค่อยๆลดลงในภายหลัง แต่ในลำไส้ใหญ่ความเข้มข้นของ VFA จะค่อยข้างคงที่ และสม่ำเสมอกว่าในกระเพาะรูเมน ประโยชน์อีกประการหนึ่งที่สัตว์จะได้รับจากการย่อยอาหารเยื่อใยภายในลำไส้ใหญ่ ได้แก่ ในกรณีอาหารที่สัตว์ได้รับ ประกอบด้วยอาหารข้นเป็นจำนวนมาก ซึ่งแหล่งอาหารข้นนี้จะไปลดการย่อยได้ของเยื่อใยในกระเพาะรูเมนให้น้อยลงเยื่อใยที่ไม่ได้รับการย่อยในกระเพาะรูเมนเหล่านี้ เมื่อมาถึงลำไส้ใหญ่จะถูกย่อยได้ VFA การย่อยเยื่อใยในกรณี

อาจจะพิจารณาได้ว่า เป็นการชดเชยหรือทดแทนการย่อยได้ของเยื่อใยภายในกระเพาะรูเมนที่ลดน้อยลง

4.2.7 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน

จากการศึกษานำหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักมาใช้ในการเลี้ยงแพะนมต่อประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน พบว่า แพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมัก พบว่าประชากรจุลินทรีย์ที่ชั่วโมงที่ 0 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Suong et al., 2017 ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์จากสารแอนโทไซยานินจากหญ้าเนเปียร์หมักในแพะที่กำลังเจริญเติบโตพบว่าประชากรแบคทีเรีย และประชากรจุลินทรีย์ในกลุ่ม *Ruminococcus albus* และ Methanogen ชั่วโมงที่ 0 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และจากผลการทดลองที่พบว่ากลุ่มแพะรีดนมที่ได้รับหญ้าเนเปียร์สีม่วงหมักมีจำนวนประชากรโปรโตซัวในกระเพาะหมักต่ำ อาจเป็นผลมาจากปริมาณของกรดโพรพิโอนิกที่สูง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Dennis et al. (1983) รายงานว่าจำนวนของโปรโตซัวในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้นเมื่อระดับของแป้งในอาหารเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน

ส่วนประชากรแบคทีเรียและประชากรจุลินทรีย์ในกลุ่ม *Butyrivibrio fibrisolven, Fibrobacter succinogenes, Ruminococcus albus, Ruminococcus flavefacises, Streptococcus bovis,* โปรโตรซัว และ Methanogen ที่ชั่วโมงที่ 2 และ 4 พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จากผลการทดลองแพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์สีม่วงหมักหลังการให้อาหารที่ชั่วโมงที่ 2 และ 4 มีค่าประชากรจุลินทรีย์ในกลุ่ม *Butyrivibrio fibrisolven*, *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefacises*, *Streptococcus bovis* สูงที่สุดค่าเท่ากับ 5.58, 4.35, 6.50, 4.56, 6.43, 4.88, 9.24, 8.65, 6.52, 5.40, 9.56 และ 8.84 (lg10 copies/ml) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับแพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง และหญ้าหวานหมัก ซึ่งอาจเนื่องมาจากในหญ้าเนเปียร์สีม่วงหมักมีปริมาณการย่อยได้ของโปรตีนที่สูง รวมไปถึงค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนส่งผลให้แบคทีเรียสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และส่วนแพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์สีม่วงหมัก พบว่ามีประชากรจุลินทรีย์ในกลุ่ม Protozoa และMethanogen ที่ชั่วโมงที่ 2 และ 4 หลังให้อาหารมีค่าต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 4.50, 3.30, 6.64 และ 3.53 (lg10 copies/ml) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับแพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1 และหญ้าหวานอิสราเอล มีบางรายงายพบว่าการเสริมใบสะเดาซึ่งถือเป็นแหล่งอาหารหยาบที่เป็นแหล่งของคอนเดนซ์แทนนินร่วมกับโพลิเอทิลีนไกลคอล ประชากรของ Methanogen ที่ชั่วโมงที่ 2 และ 4 ต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 7.34 และ 7.16 (lg10 copies/ml) และมีผลทำให้ *Butyrivibrio fibrisolvens* ที่ชั่วโมงที่ 2 และ 4 สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 9.27 และ 9.25 (lg10 copies/ml) และ *Streptococcus gylloticus* ที่ชั่วโมงที่ 2 และ 4 สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 11.64 และ

11.61 (lg10 copies/ml) ซึ่งอาจเป็นเพราะในใบสะเดามีสารคอนเดนซ์แทนนินเป็นองค์ประกอบที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านแบคทีเรีย,ซึ่งจะไปช่วยลดกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้ใบสะเดาในสูตรอาหารช่วยเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ *Streptococcus gylloticus* ที่ชั่วโมงที่ 2 และ 4 นั้นพบว่า *Streptococcus gylloticus* จะช่วยเรื่องสุขภาพของสัตว์ได้อีกทั้งยังไปช่วยในการปรับปรุงการเจริญเติบโตของแพะได้ และยังช่วยลดการเกิดโรคเต้านมอักเสบได้ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kumar et al. (2013) ได้รายงานไว้ว่าผลของการเสริมแทนนินสามารถลดจำนวนของ *Streptococcus gylloticus* ได้ อีกทั้งยังไปช่วยในเรื่องการเจริญเติบโต การใช้ประโยชน์ของโภชนะและยังช่วยในการต้านโรคเต้านมอักเสบได้ และจากการศึกษาของ Miller et al. (1995) รายงานไว้ว่าการเสริมแทนนินจะไปต้าน *Streptococcus gylloticus* ซึ่งจะมีบทบาทในการปรับปรุงการย่อยได้ของไนโตรเจนในแกะ และจากการรายงานของ Garvie and Bramley, (1979) รายงานไว้ว่าสามารถลดการเกิดโรคเต้านมอักเสบในโคได้ กล่าวได้ว่าอาหารเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อประชากรจุลินทรีย์ในรูเมน รวมไปถึงสภาพแวดล้อมในกระเพาะรูเมน(Carberry et al., 2012) ในส่วนของไขมันในอาหารพบว่าจุลินทรีย์ไม่ชอบอาหารที่มีไขมันสูงเกิน 5% ของอาหารทั้งหมด เพราะกรดไขมันจะไปเคลือบผิวของจุลินทรีย์และอาหาร อีกทั้งจุลินทรีย์ไม่สามารถใช้กรดไขมันเป็นแหล่งพลังงานได้ จึงทำให้การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการทำงานของจุลินทรีย์ลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการย่อยอาหารพวกเยื่อใย ส่งผลให้สัตว์กินอาหารได้ลดลง (บุญล้อม, 2541)

4.3 การศึกษาผลผลิตของหญ้าหวานอิสราเอล เนเปียร์ปากช่อง และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อการต่อต้านอนุมูลอิสระในเลือด และองค์ประกอบน้ำนม ในแพะรีดนม

4.3.1 ผลการศึกษาผลผลิตของหญ้าหวานอิสราเอล เนเปียร์ปากช่อง และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อการต่อต้านอนุมูลอิสระในเลือด และองค์ประกอบน้ำนมในแพะรีดนม

ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อผลผลิตและองค์ประกอบในน้ำนม ดังแสดงในตารางที่ 4.1 จากผลการทดลองพบว่าแพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์สีม่วงหมักเพิ่มผลผลิตน้ำนม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ ส่วนองค์ประกอบในน้ำนมได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำนม เปอร์เซ็นต์โปรตีน ไขมัน น้ำตาลแลกโตส ของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน (SNF) และเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด (TS) ตามลำดับ พบว่าแพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์สีม่วงหมักมีค่าสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ ค่าโซมาติกเซลล์ (SCC) ลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำนมไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 4.8 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีในน้ำนมแพะ

Item	T1	T2	T3	SEM	*p-Value*
DMI (g/d)	1,130.70^{c}	1,163.81^{b}	1,208.54^{a}	7.893	<.0001
Milk production					
Milk yield (kg/day)	1.05^{b}	0.97^{b}	1.22^{a}	0.02	<.0001
3.5 % FCM (kg/day)	0.88^{b}	0.91^{b}	1.14^{a}	0.03	<.0001
Protein (g/day)	29.45^{b}	31.42^{b}	40.47^{a}	1.33	<.0001
Fat (g/day)	31.17^{b}	32.34^{b}	41.61^{a}	1.33	<.0001
Lactose (g/day)	39.47^{b}	41.25^{b}	56.59^{a}	2.09	<.0001
Milk Solid not fat (g/day)	64.16^{c}	68.28^{b}	93.50^{a}	5.38	<.0001
Total solid (g/day)	98.95^{c}	117.56^{b}	144.89^{a}	3.50	<.0001
Milk composition					
pH	6.57	6.58	6.60	0.01	0.283
Protein (%)	3.35^{c}	3.55^{b}	3.73^{a}	0.04	0.0001
Fat (%)	3.55^{b}	3.65^{b}	3.83^{a}	0.005	0.003
Lactose (%)	4.49^{c}	4.66^{b}	5.21^{a}	0.09	<.0001
Milk Solid not fat (%)	7.71^{c}	8.49^{b}	9.51^{a}	0.15	<.0001
Total solid (%)	11.26^{c}	12.14^{b}	13.34^{a}	0.23	<.0001
SCC (cells x 10^{6}/mL)	1.74^{a}	1.28^{b}	0.98^{c}	0.08	<.0001

หมายเหตุ : T1=หญ้าเนเปียร์ปากช่อง1หมัก, T2=หญ้าหวานอิสราเอลหมัก, T3=หญ้าเนเปียร์สีม่วงหมัก a b c d = ในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05), DMI=dry matter intake, FCM=fat-corrected milk, SNF=solid not fat, SCC=Somatic cell count

4.3.2 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อกระบวนการต้านอนุมูลอิสระในเลือดในแพะนม

ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อกระบวนการต้านอนุมูลอิสระในเลือดในแพะนมพบว่าที่ชั่วโมงที่ 0 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ส่วนแพะนมที่ได้รับหญ้าเนเปียร์สีม่วงหมัก ช่วยเพิ่มความสามารถโดยรวมในการต่อต้านอนุมูลอิสระ (TAC) เอนไซม์ SOD และเอนไซม์ GSH ในพลาสมาหลังจากการให้อาหารในชั่วโมงที่ 2 และ 4 หลังการให้อาหาร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งมีค่าสูงที่สุด 3.66, 3.63, 94.75, 92.23, 74.04, 69.58 ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าแพะนมที่ได้รับ

หญ้านเปียร์สีม่วงหมักที่ชั่วโมงที่ 2 และ 4 หลังการให้อาหารมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) มีปริมาณ MDA ในพลาสมาต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 30.84 และ 30.75 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าหวานอิสราเอลหมัก และหญ้าเนเปียร์ปากช่องหมัก

ตารางที่ 4.9 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อกระบวนการต้านอนุมูลอิสระในเลือดในแพะนม

Items	T1	T2	T3	SEM	*p Value*
		Total antioxidant (nmol/uL)			
0 h	1.43	1.36	1.48	0.04	0.62
2 h	3.05^{b}	1.96^{c}	3.66^{a}	0.03	<.0001
4 h	3.14^{b}	2.64^{c}	3.63^{a}	0.04	<.0001
Mean	2.54^{b}	1.98^{c}	2.92^{a}	0.0089	<.0001
		SOD (inhibition rate%)			
0 h	80.44	80.36	80.57	0.08	0.47
2 h	88.60^{b}	86.05^{c}	94.75^{a}	0.38	<.0001
4 h	86.25^{b}	81.58^{c}	92.23^{a}	1.63	<.0001
Mean	85.10^{b}	82.66^{c}	89.18^{a}	0.19	<.0001
		GSH (units/mL)			
0 h	60.49	60.42	60.48	0.14	0.07
2 h	70.79^{b}	63.91^{c}	74.04^{a}	0.42	<.0001
4 h	64.16^{b}	62.55^{c}	69.58^{a}	0.90	<.0001
Mean	65.15^{b}	62.29^{c}	68.04^{a}	0.13	<.0001
		MDA (µg/mL)			
0 h	30.38	30.52	30.24	0.03	0.94
2 h	39.33^{b}	42.50^{c}	30.84^{a}	0.79	<.0001
4 h	32.43^{b}	39.43^{c}	30.75^{a}	0.58	<.0001
Mean	34.05^{b}	37.48^{c}	30.61^{a}	0.12	<.0001

หมายเหตุ : T1=หญ้าเนเปียร์ปากช่อง1หมัก, T2=หญ้าหวานอิสราเอลหมัก, T3=หญ้าเนเปียร์สีม่วงหมัก a b c d = ในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

SOD, superoxide dismutase; GSH, glutathione peroxidase; MDA, malondialdehyde.

4.4 วิจารณ์ผลการทดลอง

4.4.1 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีในน้ำนมแพะ

จากการศึกษาผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อผลผลิตและองค์ประกอบในน้ำนม ดังแสดงในตารางที่ 1 จากผลการทดลองพบว่าแพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์สีม่วงหมักเพิ่มผลผลิตน้ำนม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์ปากช่องและหญ้าหวานอิสราเอลหมัก ส่วนองค์ประกอบในน้ำนมได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำนม เปอร์เซ็นต์โปรตีน ไขมัน น้ำตาลแลกโตส ของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน (SNF) และเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด (TS) ตามลำดับ พบว่าแพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์สีม่วงหมักมีค่าสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับเปรียบเทียบกับแพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์ปากช่องและหญ้าหวานอิสราเอลหมัก ค่าโซมาติกเซลล์ (SCC) ลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำนมไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Narawich et al., 2020 พบว่าแพะนมที่เลี้ยงด้วยหญ้าเนเปียร์สีม่วงหมัก 100 เปอร์เซ็นต์ องค์ประกอบในน้ำนมเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งปริมาณเซลล์โซมาติกในน้ำนมลดลง อาจเนื่องมาจากปริมาณวัตถุแห้งและสารอาหารที่ได้รับ ประเภทของอาหารและวัตถุแห้งที่บริโภคล้วนมีผลต่อองค์ประกอบในน้ำนม และคุณภาพของอาหารจะส่งผลต่อการสังเคราะห์ส่วนประกอบของน้ำนม (Bruhn, 2006) Harvatine และ Allen (2005) รายงานว่าผลผลิตน้ำนม และโปรตีนในน้ำนมจะสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของปริมาณสิ่งแห้ง(DMI) การที่ปริมาณน้ำตาลแลคโตสสูงขึ้นมีผลมาจากกรดโพรพิโอนิก เนื่องจากกรดโพรพิโอนิกเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์แลคโตสในน้ำนม (Rigout et al., 2003) ส่วนในการศึกษาของ Hidayati et al. (2014) พบว่าแหล่งของอาหารหยาบในกลุ่มหญ้าเนเปียร์หมัก ไม่ส่งผลกระทบในทางลบต่อผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนมในสัตว์เคี้ยวเอื้องซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tian et al. (2018) พบว่าให้ผลไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งแหล่งของอาหารหยาบสามารถเพิ่มไขมันในนมได้ เนื่องจากอาหารหยาบมีสัดส่วนของเซลลูโลสที่สูงสามารถช่วยเพิ่มความเข้มข้นของกรดอะซิติกในรูเมนซึ่งจะส่งผลต่อกระบวนการสังเคราะห์ไขมันในน้ำนมได้ (Sanh et al., 2002) ในส่วนการลดลงของค่าโซมาติกเซลล์อาจเห็นได้ชัดว่าสารแอนโทไซยานินมีฤทธิ์ในการต้านแบคทีเรีย โดยการเข้าทำลายผนังเซลล์ของแบคทีเรีย และการรั่วไหลของไซโตพลาสซึม (Lacombe et al., 2013) และยังมีการศึกษาของ ภัทรภร ทัศพงษ์ (2561) รายงานว่าปริมาณน้ำนมในแพะที่เลี้ยงด้วยถั่วลิสงแห้งจะให้ผลผลิตน้ำนมสูงสุด ส่วนองค์ประกอบทางเคมี ไขมัน โปรตีน น้ำตาลในนม พบว่าแหล่งอาหารหยาบทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าขน หญ้าแพงโกล่าแห้ง และฟางถั่วลิสง ไม่มีอิทธิพลต่อไขมัน โปรตีน และน้ำตาลในน้ำนม ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Torii et al. (2004) ที่รายงานว่าแหล่งอาหารหยาบ 3 ชนิด คือ อัลฟาฟ่าแห้ง ข้าวโอ๊ตแห้ง และข้าวโพดหมัก พบว่าไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของน้ำนมแพะ แต่มีผลต่อองค์ประกอบของไขมันนม ทั้งนี้เพราะระดับเยื่อใยใน

อาหารจะมีผลต่อปริมาณไขมันในน้ำนม และยังมีรายงานของ Alhadhrami and Huber (1992) ให้อาหาร TMR ที่มีปริมาณ ADF 26, 28, 32 และ 38% โดยทดลองกับโครีดนม 40 ตัวที่ให้น้ำนมมาแล้วเฉลี่ย 90 วัน พบว่าระดับ ADF ในสูตรอาหารที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณผลผลิตน้ำนมลดลงแต่มีแนวโน้มว่ามีเปอร์เซนต์ไขมันนมสูงขึ้น

4.4.2 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อกระบวนการต้านอนุมูลอิสระในเลือดในแพะนม

การศึกษาผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอล และเนเปียร์สีม่วงหมักต่อกระบวนการต้านอนุมูลอิสระในเลือดในแพะนม ผลพบว่าที่ชั่วโมงที่ 0 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนแพะนมที่ได้รับหญ้าเนเปียร์สีม่วงหมัก ช่วยเพิ่มความสามารถโดยรวมในการต่อต้านอนุมูลอิสระ (TAC) เอนไซม์ SOD และเอนไซม์ GSH ในพลาสมาหลังจากการให้อาหารในชั่วโมงที่ 2 และ 4 หลังการให้อาหาร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งมีค่าสูงที่สุด 3.66, 3.63, 94.75, 92.23, 74.04, 69.58 ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าแพะนมที่ได้รับหญ้านเปียร์สีม่วงหมักที่ชั่วโมงที่ 2 และ 4 หลังการให้อาหารมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) มีปริมาณ MDA ในพลาสมาต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 30.84 และ 30.75 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าอีกทั้ง 2 ชนิด อาจเนื่องมาจากในหญ้าเนเปียร์สีม่วงประกอบด้วยสารประกอบลำดับที่สอง (secondary compounds) ในปริมาณที่สูง เช่น Anthocyanins ซึ่งเป็น glycosides ของ anthocyanidin ซึ่งถูกสังเคราะห์ผ่านทางฟลาโวนอยด์ biosynthetic pathway ในพืช (Dixon et al., 2013) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ตามธรรมชาติปรากฏในสีของพืชเป็นแหล่งอาหารสำหรับสัตว์เช่นข้าวโพดสีม่วง, หญ้าสีม่วงและข้าวสีม่วงมีบทบาทที่ชัดเจนในการดึงดูดสัตว์เพื่อการผสมเกสรและการแพร่กระจายของเมล็ดและด้วยเหตุนี้จึงมี (Kong et al., 2003) แอนโทไซยานินและ 3-deoxy anthocyanidins มีบทบาทในการออกดอกของพืชนอกเหนือจากการดึงดูด สามารถทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระไฟโตเอซิลินหรือเป็นตัวแทนต้านเชื้อแบคทีเรียและมีผลมากขึ้นในการหมักในหลอดแก้ว (LeatherWood et al., 2014) เพิ่มกิจกรรม aspartate aminotransferase (AST) และกิจกรรม superoxide dismutase (SOD) ในพลาสมา (Hosada et al., 2009) ปรับปรุงการทำงานของพลาสมาของ SOD ซึ่งเป็นเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญในแกะ (Hosada et al., 2012)

จากการศึกษาของ ปราโมทย์ และคณะ (2562) ใช้อาหารสูตร 3 ได้แก่ หญ้าเนเปียร์หมัก (T1) หญ้าเนเปียร์หมักที่มีสารแอนโทไซยานินโดยไม่มีสารเสริม (T2) และเสริมกากน้ำตาล 4%+FeSO4 0.03% (T3) ใช้แพะนมลูกผสมพันธุ์พื้นเมืองและแองโกลนูเบียน ผลการทดลองพบว่าแพะที่ได้รับอาหารในทรีตเมนต์ที่ 3 พบว่าลดกิจกรรมการทำงานของ non-enzymatic (Total Antioxidant Capacity, TAC) เอนไซม์ Superoxide Dismutase (SOD) และการเกิด lipid peroxidation ในพลาสมาของแพะระยะกำลังเจริญเติบโต และแพะที่ติดพยาธิ H. contortus ตามธรรมชาติ แต่

สามารถส่งเสริมกิจกรรมการทำงานของแคตตาเลส (CAT) กลูตาไทโอน (Glutathione, GSH) และกลูตาไทโอนเอสทรานเฟอเรส (Glutathione -S- transferase, GST) นอกจากนี้ยังพบว่ามีค่า เม็ดเลือดแดง และค่าฮีมา-โตคริท (Hematocrit) สูงอีกด้วย แต่ในการศึกษาของ Narawich et al., 2020 พบว่าแอนโทไซยานินจากหญ้าเนเปียร์สีม่วงหมักช่วยเพิ่มความสามารถเป็นสารต่อต้านออกซิเดชัน DPPH ความสามารถโดยรวมในการต่อต้านอนุมูลอิสระ (TAC) เอนไซม์ SOD, GST ในเลือดและน้ำนม ในขณะที่ระดับสารของ MDA ในเลือดและน้ำนมลดลงอีกด้วย และ Bing and Hailing,2021 บ่งชี้ว่าใบหม่อนหมักสามารถเป็นแหล่งอาหารสัตว์คุณภาพสูงหรือเภสัชภัณฑ์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพซึ่งเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของสัตว์เคี้ยวเอื้อง จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน และยังพบว่าใบหม่อนหมักมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้นและภูมิคุ้มกันในลูกแกะ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาความคงตัวของแอนโทไซยานิน เมื่อผ่านการบวนการหมัก เช่น ข้าวโพดหมัก พบว่าไม่มีผลด้านลบต่ออาหารหมัก แต่จะมีปริมาณลดลงจากกระบวนการหมัก ดังนั้นจึงต้องศึกษา กระบวนการหมักเพื่อให้ปริมาณแอนโทไซยานินลดลงน้อยที่สุด และที่สำคัญคือ ในระหว่างการหมักในรูเมน มีสุญเสียมากน้อยเพียงใด ซึ่งหากเป็นด้านดีต่อจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ก็เป็นสิ่งที่พึงปรารถนา หรือมีบางส่วนสามารถเข้าไปถึงระบบร่างกายของสัตว์ก็ยิ่งทำให้สัตว์มีสุขภาพดี สามารถลดความเครียดเนื่องจากความร้อนได้ (Hosoda et al., 2012)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์สีม่วง หญ้าหวานอิสราเอล และหญ้าเนเปียร์ปากช่อง ที่ผ่านกระบวนการทำหญ้าหมัก โดยหญ้าที่นำมาทำการหมักเก็บจากพื้นที่ปลูกบริเวณฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อมาศึกษาหาองค์ประกอบทางเคมีและนำมาใช้ในการเลี้ยงแพะรีดนม สรุปได้ว่า

5.1.1 องค์ประกอบทางเคมีที่พบในหญ้าทั้ง 3 ชนิดมีความแตกต่างกันไปบ้างกับผลการวิจัยอื่นขึ้นอยู่กับความแตกต่างกันของสถานที่และดินที่ใช้ในการปลูก ความอุดมสมบูรณ์ ของดินในพื้นที่ที่ปลูก สภาพดินฟ้าอากาศ พันธุ์ อายุการเก็บตัวอย่าง ฤดูกาล และขั้นตอนการสุ่มเก็บตัวอย่างทดลองหรือการปนเปื้อนของดิน ตลอดจนขั้นตอนการวิเคราะห์ องค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆ ของหญ้าทั้ง 3 ชนิดยังส่งผลถึงองค์ประกอบทางโภชนะอีกด้วย และยังพบว่าหญ้าหมักสามารถนำมาเป็นแหล่งอาหารให้กับสัตว์ได้อีกทั้งเป็นพืชที่หาง่ายในท้องถิ่นและยังสามารถใช้ได้ตลอดทั้งปี เป็นการช่วยลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์ได้

5.1.2 ผลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง หญ้าหวานอิสราเอลและหญ้าเนเปียร์สีม่วง ในรูปแบบหมักต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และการกินได้สิ่งแห้งของแพะนม พบว่าแพะนมที่ได้รับหญ้าเนเปียร์สีม่วงหมักสามารถเพิ่มปริมาณการกินได้วัตถุแห้งต่อวัน (gDM/d) การกินได้ต่อน้ำหนักตัวต่อวัน (% BW) และน้ำหนักเมทาบอลิคต่อวัน (g/kg $BW^{0.75}$) การเจริญเติบโต การย่อยได้โภชนะ กรดไขมันระเหยได้ ประชากรจุลินทรีย์ในกลุ่ม *Butyrivibrio fibrisolven*, *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefacises*, *Streptococcus bovis* อีกทั้งยังสามารถลดจำนวนของประชากรจุลินทรีย์ในกลุ่ม Protozoa และ Methanogen ในแพะนม การศึกษาในครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าการใช้หญ้าเนเปียร์สีม่วง สามารถใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบหมักที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง

5.1.3 การศึกษาผลผลิตของหญ้าหวานอิสราเอล เนเปียร์ปากช่อง และเนเปียร์สีม่วง หมักต่อการต่อต้านอนุมูลอิสระในเลือด และองค์ประกอบน้ำนม ในแพะรีดนม พบว่าผลของการใช้หญ้าเนเปียร์สีม่วงหมักสามารถเพิ่มผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบในน้ำนมได้แก่ เปอร์เซ็นต์โปรตีน ไขมัน น้ำตาลแลกโตส ของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน (Solid not fat) เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด (Total solids) และลดค่าโซมาติกเซลล์ (Somatic cell count) อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความสามารถโดยรวมในการต่อต้านอนุมูลอิสระ (Total antioxidant capacity) เอนไซม์ Superoxide dismutase และเอนไซม์ Glutathione

peroxidase และลดปริมาณ Malondialdehyde ในพลาสมาหลังจากการให้อาหารในชั่วโมงที่ 2 และ 4 การศึกษาในครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าการใช้หญ้าเนเปียร์สีม่วงหมัก สามารถใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบหมักที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงแพะนมที่ช่วยในการเพิ่มผลผลิตน้ำนม และลดการต้านอนุมูลอิสระในพลาสมาได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การใช้หญ้าทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ หญ้าเนเปียร์สีม่วง หญ้าหวานอิสราเอล และหญ้าเนเปียร์ปากช่อง มาทำเป็นพืชอาหารสัตว์หมัก จากประโยชน์ของหญ้าหมักในการศึกษามีความเป็นไปได้ที่จะประสบผลสำเร็จในสถานการณ์จริงของการเลี้ยงแพะ แต่จากการศึกษาครั้งนี้ในส่วนของเมแทบอลิซึมของแอนโทไซยานินยังไม่ชัดเจนและในหญ้าทั้ง 3 ชนิดยังมีสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติอื่น ๆ รวมอยู่ หรือสารอื่นที่อาจจะส่งผลต่อตัวสัตว์ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อเป็นการตรวจสอบผลที่จะเกิดกับตัวสัตว์ต่อไป

5.2.2 การทำหญ้าหมักถือเป็นกระบวนการที่ขับเคลื่อนด้วยแบคทีเรีย ความชื้น ลักษณะความยาวของชิ้นพืชนั้น ๆ และความหนาแน่นต้องมีความสัมพันธ์กันเพื่อสร้างสภาวะที่ไม่ใช้ออกซิเจนและกรดที่เหมาะสม ซึ่งจำเป็นสำหรับการผลิตหญ้าหมักที่มีคุณภาพ เมื่อเกิดสภาวะที่เหมาะสมจะยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เน่าเสีย เช่น ราและยีสต์ วัตถุประสงค์หลักคือเพื่อให้หญ้าหมักที่มีความคงตัวเป็นเวลานานเมื่อสัมผัสกับอากาศ มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และปราศจากสารพิษเหมาะสำหรับนำไปใช้เพื่อเลี้ยงสัตว์ต่อไป ดังนั้นถ้าเกษตรกรหรือผู้ที่สนใจจะนำไปใช้ควรเสริมแหล่งของพลังงานเข้าไปด้วย เช่น กากน้ำตาลซึ่งเป็นแหล่งของพลังงานอีกทางหนึ่งเพื่อไปช่วยให้อาหารมีกลิ่นหอมมีความน่ากินมากขึ้น เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้เลี้ยงแพะต่อไป

5.2.3 ควรมีการศึกษากลุ่มของวิตามิน รวมไปถึงสารต้านอนุมูลอิสระตัวอื่น ๆ ที่มีอยู่ในหญ้าหมักและรวมไปถึงการเสริมวิตามิน หรือแร่ธาตุที่มีประโยชน์ลงไปในน้ำนมเพิ่มคุณภาพให้กับน้ำนม

รายการอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. (2560). **สถานการณ์การเลี้ยงแพะในประเทศไทย.** กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมปศุสัตว์. (2561). **สถานการณ์การเลี้ยงแพะในประเทศไทย.** กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมปศุสัตว์. (2565). **สถานการณ์การเลี้ยงแพะในประเทศไทย.** กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ไกรลาศ เขียวทอง.2554.คู่มือการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http:// milkforthai.org/pdf/grass_2012l.pdf. (สืบค้นวันที่28 มิถุนายน 2565).

จักรพงษ์ ชายคง, สุรศักดิ์ บุญแต่ง, ศุภวันจักรี ดอนไสว, นิพนธ์ โคโตสี, ลลิล นามเสน และอนุวัธ ไพศาล. 2559. **ช่วงห่าง เวลา และความสูงการตัดต่อลักษณะการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ลูกผสมภายใต้ระบบชลประทาน**. แก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ). 44(2): 873-880.

แฉล้ม มาศวรรณา ศุจิรัตน์ สงวนรังศิริกุล เพียงเพ็ญ ศรวัต พีรเดช ซุยกระเดื่อง และสุวัชชัย มิสุนา. 2545. **ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในกลีบกระเจี๊ยบแดง 29 สายพันธุ์**.รายงานวิจัย สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชพลังงานทดแทน. ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น, ขอนแก่น

นรวร ตรงกาวิน ศิริพร หล้าแสน ศิริลักษณ์ ดินเมืองชน แสตมป์ ดีมี ชื่นจิต แก้วกัญญา ธีระยุทธ จันทะนาม และวัชรวิทย์ มีหนองใหญ่.2562.**การเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณค่าทางโภชนะของหญ้าเนเปียร์ 3 สายพันธุ์ที่ปลูกในสภาพดินลูกรัง.**แก่นเกษตร 47 ฉบับพิเศษ 2**.**

นิรนาม. 2558. **หญ้าเนเปียร์ปากช่อง1เกษตรพอเพียงสัตวเลี้ยงเศรษฐกิจ.**[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: http://www.kasetporpeangclub.com.(สืบค้นวันที่ 28 มิถุนายน 2565).

นิราวรรณ กุนัน. (2560). **อาหารและการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง.**มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี คณะเทคโนโลยี.

บุญส่ง และคณะ(2555).**การศึกษาคุณภาพของพืชหมักในถุงพลาสติกดำที่อายุการเก็บรักษาต่างๆ.** กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ปราโมทย์ แพงคำ. (2562). **พืชอาหารสัตว์.** หนังสือ Applied goat nutrition. สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 92 หน้า.

ปิ่น จันจุฬา พัชรินทร์ ภักดีฉนวน ศิริวัฒน์ วาสิกศิริ และ สมพงษ์ เทศประสิทธิ์. 2555. **ผลของระดับโปรตีนในอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้และคุณภาพน้ำนมในแพะรีดนม.** แก่นเกษตร. 40:215-218.

ฟิรดาว มาน๊ะ. (2560). **อิทธิพลของระดับโปรตีนในอาหารข้นต่อประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมในแพะนม**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร.

สมชัย สวาสดิพันธ์ และ ณิชารัตน์ สวาสดิพันธ์. **นมแพะ มูลแพะ งานวิจัยและการใช้ประโยชน์.** มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. อุบลราชธานี. 83 หน้า, 2550.

สายัณห์ ทัดศรี. (2522). **หลักการทำทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์.** โรงพิมพ์อักษรสยาม. กรุงเทพมหานคร. 455 หน้า.

สายัณห์ ทัดศรี. (2546). **พืชอาหารสัตว์เขตร้อน.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

เมธา วรรณพัฒน์, 2533. **โภชนะศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง.** คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น : ขอนแก่น. 473 หน้า.

วินัย ประลมพกาญจน์. (2538). **อาหารและการให้อาหารแพะ**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขานครินทร์, สงขลา.

วิรัช สุขสราญ, ประเสริฐศักดิ์ นันทชมชื่น และจีรพัฒน์ วงศ์พิพัฒน์. 2542. **ผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่ต่าง ๆ**. รายงาน ผลงานวิจัยประจำ ปี 2542. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 41-52.

ศจีจา คุปพิทยานันท์. (2547). **สรีรวิทยาการให้น้ำนม (Physiology of Lactation).**สาขาวิชาชีววิทยา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

อนุสรณ์ เชิดทอง ดำรงรักษ์ รักวงศ์ฤทธ์ ฉลอง วชิราภากร ธีระชัย หายทุกข์ สายัณ คันธรินทร์ กษมา ตั้งมุททา ภัทรกุล และธนกร สายสิงค์. 2558. **ผลของการเสริมกระถินหมักและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1หมักต่อปริมาณการกินได้ นิเวศวิทยาในรูเมน และสมรรถนะการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทย.**แก่นเกษตร43 ฉบับพิเศษ 1: 484-490.

Arthit PANYASAK and Sornthep TUMWASORN. 2014. **Effect of Moisture Content and Storage Time on Sweet Corn Waste Silage Quality.** Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

Betül Zehra SARIÇİÇEK , Birgül YILDIRIM , Zahide KOCABAŞ , Emel ÖZGÜMÜŞ DEMİR. 2016.

The Effects of Storage Time on Nutrient Composition and Silage Quality Parameters of Corn Silage Made in Plastic Mini Silo in Laboratory Conditions. Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech. 6(3): **1**77-183.

Boonkoed, S., Suphalucksana, W., Sitthigripong, R., Srikijkasemwat, K., Mitchaothai, J. and Lukkananukool, A. **The effect of adding mung bean meal supplementation on Napier Pakchong 1 silage on fermentation quality and nutrient composition**. International Journal of Agricultural Technology 2018 Vol. 14(7): 1039-1048.

Bureenok, S., C. Yuangklang, and K. Vasupen. 2013. **Using fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria (FJLB) and molasses to improve digestibility and rumen fermentationcharacteristics of ruzigrass silage fed to dairy cows**. Revitalising Grasslands to Sustain our Communities: Proceedings of the 22nd International Grassland Congress. P 732-735.

Bureenok, S., W. Suksombat, and Y. Kawamoto. 2011. **Effects of the fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria (FJLB) and molasses on digestibility and rumen fermentation characteristics of ruzigrass (*Brachiaria ruziziensis*) silages**. Livest. Sci. 138: 266-271.

Castells, L., Bach, A., Aris, A. and Terré, M. (2013). **Effects of forage provision to young calves on rumen fermentation and development of the gastrointestinal tract.** J Dairy Sci. 96(8): 5226-36.

Castillo C, Hernandez J, Bravo A, Lopez-Alonso M, Pereira V, et al. (2005). **Oxidative status during late pregnancy and early lactation in dairy cows**. Vet J 169: 286-292. Link: https://goo.gl/kIOMJ7.

Collins, M., and V.N. Owens. 2003. **Preservation of forage as hay and silage**. In Forages: an introduction to grassland agriculture, pp. 443-471. R.F. Barnes, C.J. Nelson, K.J. Moore and M. Collins, eds. Blackwell Publishing, Ames, IA.

Chaowarit Mapato and Metha Wanapat. 2018.**Comparison of silage and hay of dwarf Napier grass (*Pennisetum purpureum*) fed to Thai native beef bulls.** Tropical Animal Health and Production (2018) 50:1473–1477.

Dewhurst, R.J., Fisher, W.J., Tweed, J.K.S. and Wilkins, R.J. (2003). **Comparison of Grass and Legume Silages for Milk Production.** J. Dairy Sci. 86: 2598–2611.

Dønnem, I., Randby, A.T. and Eknæs, M. (2010). **Effect of grass silage harvesting time and level of concentrate supplementation on goat milk quality.** Animal Feed Science and Technology. 163: 118–129.

Dougall, D.K., J.M. Johnson and G.H. Whitten. 1980. A clonal analysis of anthocyanin accumulation by cell cultures of wild carrot. **Planta.** 149 : 292-297.

Duan, X.W., Y.M. Jiang, X.G. Su, Z.Q. Zhang and J. Shi. 2007. **Antioxidant properties of anthocyanins extracted from litchi (*Litchi chinenesis* Sonn.) fruit pericarp tissues in relation to their role in the pericarp browning.** Food Chem. 101 : 1365–1371.

Elfrink SJWHO, Frank D, Jan GC, Sierk SF. **Silage Fermentation Processes and Their Manipulation.** In FAO Electronic Conference on Tropical Silage, Edition Netherlands: Food Agricultural Organization 2000; 1-28.

Gwayumba, W., Christensen, D.A., McKinnon, J.J. and Yu, P. (2002). **Dry Matter Intake, Digestibility and Milk Yield by Friesian Cows Fed Two Napier Grass Varieties.** Asian-Aust. J. Anim. Sci. 15(4): 516-521.

Hamada Hassan,Tingjing Zhang, Xinyuan Wei, Zhuang Miao, Yunbo Song & Mingtao Fan. (2016). **Screening for antioxidant and antibacterial activities of phenolics from *Golden Delicious* applepomace.** Chemistry Central J. volume 10, Article number: 47 (2016).

Hanna, W.W., and J.M. Ruter. 2008. **Pennisetum purpureum 'Prince'. United States Plant Patent:USPP18,509P3**.Availablesource: https://patentimages. storage. googleapis.com/pdfs/USPP18509.pdf, 20 april 2020.

Hidayati, A., Hartutik, Soebarinoto and Kusmartono. (2014). **The Effect of Different Level of Gliricidia (Gliricidia Sepium) For Substitute the Concentrate in Diet, On Feed In take And Digestibilty, Production and the Quality of Ettawah Crossbred Goats Milk in Different Location in East Java, Indonesia**. IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS). 7(11): 2319-2380, 2319-2372.

Hosoda, K., B. Eruden, H. Matsuyama and S. Shioya. 2009. **Silage fermenative quality and characteristics of anthocyanin stability of anthocyanin-rich corn (Zea mays L.).** Asian Australas. J. Anim. Sci. 528-533.

Hosoda K., M. Matsuo, M. Miyaji, H. Matsuyama, H. Maeda, H. Ohta, H. Kato and K. Nonaka. 2012a. **Fermentative quality of purple rice (*Oryza sativa* L.) silage and its effects on digestibility, ruminal fermentation and oxidative status markers in sheep**: A preliminary study. Grass. Sci**.** 58(3) : 161-169.

Hosoda, K., M. Miyaji, H. Matsuyama, S. Haga, H. Ishizaki and K. Nonaka. 2012b. **Effect of supplementation of purple pigment from anthocyanin-rich corn (*Zea mays* L.) on blood antioxidant activity and oxidation resistance in sheep.** J. Livest. Sci. 145 : 266-270.

Lee, C. F., R. H. Buu, Y. M. Shy and M. C. Chen, 1991. **The nutritive value of Pangola grass A 254 at different stages of growth**. Taiwan J. Livestock Res., 24(1): 59-65.

Leatherwood, W.L. 2014. **Effect of Anthocyanins from Purple-fleshed Sweetpotatoes on *in vitro* Fermentation by Rumen Microbial Cultures**. Animal Science. North Carolina State University.

Lopaczyski W, Zeisel SH (2001) **Antioxidants, programmed cell death, and cancer**. Nutrition Research 21: 295-307. Link: https://goo.gl/HsvgkF.

Mapato , C. and Wanapat, M. (2018). **Comparison of silage and hay of dwarf Napier grass (*Pennisetum purpureum*) fed to Thai native beef bulls.** Tropical Animal Health and Production**.**

Mertens, D.R. (1994)**.Regulation of forage intake.** In: Fahey Jr., G.C., Ed., Forage Quality, Evaluation, and Utilization, American Society of Agronomy, Madison 450-493.

Menke, K.H.; Steingass, H. **Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid**. *Anim. Res. Dev.* **1988**, *28*, 7–55.

Mohd-Setapa S. H.(2012). **Review on Crucial Parameters of Silage Quality**. APCBEE Procedia 3 (2012) 99 – 103.

Michel,A. 2015**. Dairynutrient.** University of Wisconsin-Madison Department of Dairy Science**.**

Miyazawa, T., K. Nakagawa, M. Kudo, K. Muraishi and K. Someya. 1999. Direct intestinal absorption of red fruit anthocyanins, cyanidin-3-glucoside and

cyanidin-3,5-diglucoside, into rats and humans. **J. Agri. Food Chem.** 1083-1091.

Narawich Onjai-uea , Siwaporn Paengkoum , Nittaya Taethaisong,Sorasak Thongpea , Boontum Sinpru , Jariya Surakhunthod , Weerada Meethip , Rayudika Aprilia Patindra Purba 1and Pramote Paengkoum.(2023). **Effect of Cultivar, Plant Spacing and Harvesting Age on Yield, Characteristics, Chemical Composition, and Anthocyanin Composition of Purple Napier Grass**. Animals 2023, 13, 10.

Nielsen, T.S., Straarup, E.M. Vestergaard, M., &Sejrsen, K.(2006).**Effect of silage type and concentrate level on conjugated linoleic acid,trans-C18:1 isomer and fat content in milk from dairy cows**. Reproduction. *Nutrition Development*, 46, 699-712.

Nittaya Taethaisong , Siwaporn Paengkoum , Chatsirin Nakharuthai , Narawich Onjai-uea, Sorasak Thongpea , Boontum Sinpru , Jariya Surakhunthod , Weerada Meethip and Pramote Paengkoum.(2022). **Consumption of Purple Neem Foliage Rich in Anthocyanins Improves Rumen Fermentation, Growth Performance and Plasma Antioxidant Activity in Growing Goats.** Fermentation 2022, 8, 373. https://doi.org/10.3390/fermentation8080373.

Nudda, A.; Cannas, A.; Correddu, F.; Atzori, A.S.; Lunesu, M.F.; Battacone, G.; Pulina, G. **Sheep and Goats Respond Differently to Feeding Strategies Directed to Improve the Fatty Acid Profile of Milk Fat.** Animals 2020, 10, 1290.

Paengkoum, S.; Tatsapong, P.; Taethaisong, N.; Sorasak, T.; Purba, R.A.P.; Paengkoum, P. **Empirical evaluation and prediction of protein requirements for maintenance and growth of 18–24 months old Thai swamp buffaloes**. Animals 2021, 11, 1405.

Purba, R.A.P.; Paengkoum, S.; Yuangklang, C.; Paengkoum, P. **Flavonoids and their aromatic derivatives in Piper betle powder promote in vitro methane mitigation in a variety of diets**. Cienc Agrotec. 2020, 44, e012420.

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

Özelçam, H., Kırkpınar, F., and Tan, K. 2015. **Chemical composition, in vivo digestibility and metabolizable energy values of Caramba (Lolium multiflorum cv. caramba) fresh, silage and hay.** AsianAustralasian Journal of Animal Sciences 28(10), 1427–1432.

Ramin, M., and P. Huhtanen. 2013. **Development of equations for predicting methane emissions from ruminants**. J. Dairy Sci. 96:2476–2493.

Ridla M., and Uchida S.1994.**Fermentation quality and nutritive value of barley straw and wet brewers' grains silage**. Ruminant Nutrition and Forage Utilization. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 1994;7(4): 517-522

SAS. 2002. **Statistical Analysis Systems Institute (SAS) SAS/STAT® 9.1 User's Guide**. SAS Institute, Cary, NC.

Suong, N.T.M.; Paengkoum, S.; Salem, A.Z.M.; Paengkoum, P.; Purba, R.A.P. **Silage fermentation quality, anthocyanin stability, and in vitro rumen fermentation characteristic of ferrous sulfate heptahydrate-treated black cane (*Saccharum sinensis* R.)**. Front. Vet. Sci. **2022**, 9, 896270.

Suong, N.T.M.; Paengkoum, P.; Schonewille, J.T.; Purba, R.A.P.; Paengkoum, P. **Growth performance, blood biochemical indices, rumen bacterial community, and carcass characteristics in goats fed anthocyanin-rich black cane silage**. Front. Vet. Sci. **2022**, 9, 880838.

Steel, R.G.D., and Torrie, J.H. 1980. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2nd ed McGraw-Hill Book Co; New York, NY.

Thongruang, S. and Paengkoum, P. (2019). **EFFECTS OF FORAGE SPECIES AND FEEDING SYSTEM ON CONJUGATED LINOLEIC ACID (CLA) CONTENT IN GOAT'S MILK**. Animal Production Science. 59(12): 2147-2153.

Tian BM, Xie Xm, Shen PP, Wu J, Wang J (2015) **Comparison of the antioxidant activities and the chemical compositions of the antioxidants of different polarity crude extracts from the fruits of *Chaenomeles speciosa* (Sweet) Nakai**. J Planar Chromat 28:443–447.

Tian, X., Xin, H., Paengkoum, P., Paengkoum, S., Ban, C. and Sorasak, T. (2018). **Effects of anthocyanin-rich purple corn (*Zea mays* L.) stover silage on nutrient utilization, rumen fermentation, plasma antioxidant capacity, and**

mammary gland gene expression in dairy goats1. J. Anim. Sci. 97: 1384–1397.

Tian, X.Z., Paengkoum, P., Paengkoum, S., Thongpea, S. and Ban, C. (2018). **Comparison of forage yield, silage fermentative quality, anthocyanin stability, antioxidant activity, and *in vitro* rumen fermentation of anthocyanin-rich purple corn (*Zea mays* L.) stover and sticky corn stover**. J. Integr. Agric. 17: 60345–60357.

Tian, X.Z., P.Paengkoum, S. Paengkoum, S. Chumpawadee, C.Ban and S. Thongpae. 2019. ***Short communication*: Purple corn (*Zea may*, L.) stover silage with abound**ant anthocyanins transferring anthocyanin **composition to the milk and increasing antioxidant status of lactating dairy goats**. Journal of Dairy Science. 102: 413-418.

Tian, X.-Z., P. Paengkoum, S. Paengkoum, S. Thongpea, C. BAN. 2018. **Comparison of forage yield, silage fermentative quality, anthocyanin stability, antioxidant activity, and *in vitro* rumen fermentation of anthocyanin-rich purple corn (*Zea mays* L.) stover and sticky corn stover**. Journal of Integrative Agriculture. 17(9): 2082-2095.

Van Soest, P.J. 1994. **Nutritional Ecology of the Ruminant**, second ed. Cornell University Press, Ithaca, NY.

Van Soest, P.J., J.B. Roberton and B.A. Lewis. 1991. **Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition**. J. Dairy Sci. 74: 3583

Van Soest, P.J. (1994).**Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd Edition, Cornell University Press, Ithaca, 476.

Wanapat, M.; Ngarmnit, N.; Yuangklang, C.; Wora-anu, S.; Ngarmsang, A.; Wachirapakorn, C.; Rowlinson, P. **Comparative Study between Swamp Buffalo and Native Cattle in Feed Digestibility and Potential Transfer of Buffalo Rumen Digesta into Cattle**. Asian-Australas. J. Anim. Sci. 2003, 16, 504–510.

Wanapat M, Chanthakhoun V, Phesatcha K, Kang S. 2014. **Influence of mangosteen peel powder as a source of plant secondary compounds on rumen**

microorganisms, volatile fatty acids, methane and microbial protein synthesis in swamp buffaloes. Livest Sci. 162:126–133.

Wadhwa, M. and M.P.S. Baksri. 2013. **Utilization of fruit and vegetable wastes as livestock feed and as substrates for generation of other value-added products**. RAP Publication 2013/04.

Woolford, M.K. (1984). **The Silage Fermentation**. Marcel Decker, New York.

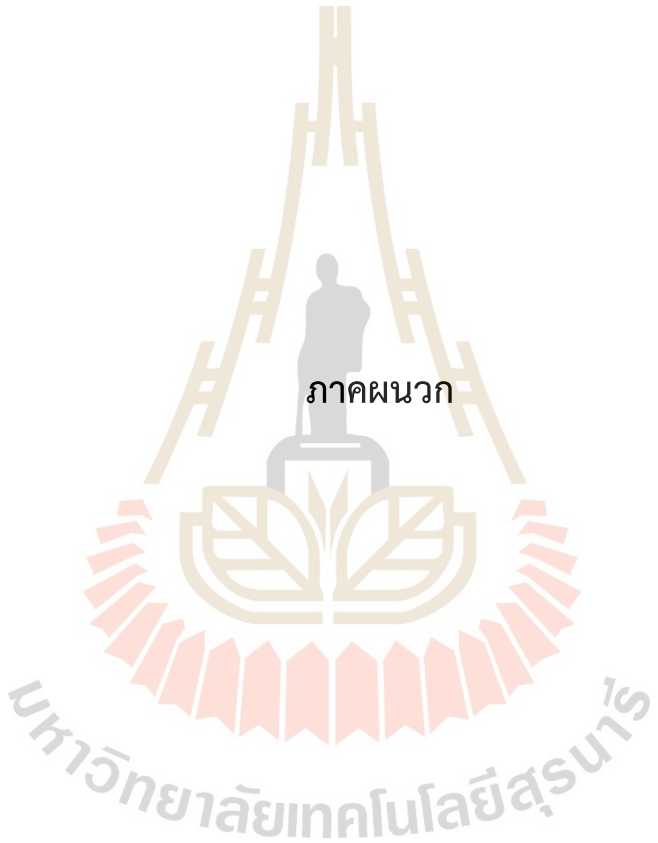
Zhao, C.L., H.C. Guo, Z.Y. Dong, and Q. Zhao. 2009. **Pharmacological and nutritional activities of potato anthocyanins**. Afri. J. Pharm. Pharmacol. 2(10) : 463-468.

Zhang JG, Kumai S, Fukumi R, Fu YK (1997). **Effects of lactic acid bacteria and cellulase additives at different temperatures on the fermentation quality of corn (Zea mays L.) and guinea grass (Panicum maximum Jacq) silages**. Acta Pratacul. Sin. 6: 66–75.

Zhong S, Zhou ZW, Wen JK, Yang SP (2002). **A study on adaptability of elephant grass and king grass in the subtropical region of Yunnan Province**. Chn. Pratacul. Sci. 19(5): 23.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
วิธีการดำเนินงานในห้องปฏิบัติการ

วิธีการทดลองทางห้องปฏิบัติการ

การหาประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน

โดยการเก็บตัวอย่างน้ำรูเมนในกระเพาะรูเมน (collection of rumen fluid samples) ใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างสุ่มดูดเอาของเหลวในกระเพาะหมักออกมาประมาณ 100-150 มิลลิลิตร/ตัว โดยจะเก็บชั่วโมงที่ 0 2 และ 4 ตามลำดับ หลังจากนั้นนำตัวอย่างดังกล่าวเพื่อมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงประชากรของจุลินทรีย์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง แอมโมเนีย-ไนโตรเจนและกรดไขมันระเหยได้ในกระเพาะหมัก โดยจะทำการศึกษาทุกช่วงการทดลอง (30 วัน) ดังต่อไปนี้ การเปลี่ยนแปลงประชากรของจุลินทรีย์ สุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะรูเมน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองชนิดมีฝาจุก ขนาด 25 มิลลิลิตร บรรจุด้วย formaldehyde ปริมาณ 9 มิลลิลิตร

วิธีการ

1. นำตัวอย่างที่ได้ไปสกัด DNA โดยใช้วิธีการสกัดตาม QIAmp PowerFecal DNA kit
2. นำตัวอย่างที่ได้จากการสกัด DNA แล้ว ไปทำ PCR และ Run-gel เพื่อดูแบน จากนั้นนำไปคำนวณเพื่อหา PCR product
3. นำตัวอย่างที่ได้จากข้อ 3 นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Real time PCR (Light Cycler® 480) เพื่อหาปริมาณของจุลินทรีย์ที่เราจะศึกษา

ตาราง primer สำหรับวิเคราะห์ real time PCR

items	forward/ reward	Temperature (°C)	product size (bp)	primer sequence (5'- 3')	References
Total bacteria	F	55	130	CGGCAACGAGCGCAACCC	Koike et al. (2001)
	R			CCATTGTAGCACGTGTGTAGCC	
Methanogen	F	58	140	TTCGGTGGATCDCARAGRGC	Denman et al., (2006)
	R			GBARGTCGWAWCCGTAGAATC	
Protozoa	F	55	223	CTTGCCCCTCYAATCGTWCT	Sylwesters etal. (2004)
	R			GCTTTCGWTGGTAGTGTATT	
Butyrivibrio fibrisolvens	F	58	64	ACACACCGCCCGTCACA	Klieve et al. (2003)
	R			TCCTTACGGTTGGGTCACAGA	
Streptococcus bovis	F	58	419	GAAAAGTACTCAACCAAATA	Klieve et al. (2003)
	R			AGTAACGGTACTTAAATTGTTTA	
Ruminococcus albus	F	55	176	CCCTAAAAGCAGTCTTAGTTCG	Koike et al. (2001)
	R			CCTCCTTGCGGTTAGAACA	
Ruminococcus flavefaciens	F	60	295	TCTGGAAACGGATGGTA	Koike et al. (2001)
	R			CCTTTAAGACAGGAGTTTACAA	
Fibrobacter succinogens	F	55	446	GTTCGGAATTACTGGGCGTAAA	Lane (1991)
	R			CGCCTGCCCCTGAACTATC	

การวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (VFA)

วิธีการ

1. นำตัวอย่างที่ได้จากการเก็บตัวอย่างของชั่วโมงที่ 0 2 และ 4 นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ด้วยความเร็ว 12000 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

2. ดูดตัวอย่างส่วนที่ใสที่ได้จากการปั่นเหวี่ยงแล้ว นำมากรองด้วยกระดาษกรองเมมเบรน ใส่ขวด Vial ปิดฝาให้สนิท นำไปเก็บที่ตู้ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาวิเคราะห์ ซึ่งในการศึกษาจะใช้เครื่อง Gas Chromatography – Mass Spectrometry (GC-MS7890)

ตารางแสดง HPLC condition ที่ใช้ในการวิเคราะห์หา VFA

Items	Condition
Column	SBC18
Detecter	UV, 240 nm
Flow rate	0.7 ml/min
Solvent	A : KH2PO4 0.1 mM pH 2.4
	B : Acetonitrile
Absorbance	240 nm
Injection volume	20 µl

ชั้นคุณภาพ / คุณลักษณะ	ดีมาก	ดี	มาตรฐาน
1. จำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/ml)	$< 5 \times 10^4$	5×10^4 ถึง 10^5	$> 10^5$ ถึง 2×10^5
2. จำนวนเซลล์โซมาติก (cells/ml)	$< 7 \times 10^5$	7×10^5 ถึง 10^6	$> 10^6$ ถึง 1.5×10^6
3. โปรตีน (%)	> 3.7	> 3.4 ถึง 3.7	3.1 ถึง 3.4
4. ไขมัน (%)	> 4	> 3.5 ถึง 4	3.25 ถึง 3.5
5. เนื้อนมทั้งหมด (%)	> 13	> 12 ถึง 13	11.7 ถึง 12

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข
ภาพประกอบในระหว่างการดำเนินงานวิจัย

ภาพการทดลอง

ภาพที่ 1 กรง Metabolism ที่ใช้ในการเก็บการกินได้ เก็บมูล และปัสสาวะ เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูล

ภาพที่ 2 แสดงลักษณะอาหารทั้ง 3 สูตรการทดลอง

ภาพที่ 3 การเก็บตัวอย่างน้ำนมและนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในน้ำนม

ภาพที่ 4 การเก็บตัวอย่างเลือด และนำไปวิเคราะห์การต้านอนุมูลอิสระในเลือด

ประวัติผู้เขียน

นางสาววีรดา มีทิพย์ เกิดเมื่อวันที่ 16 พฤศจิกายน พ.ศ.2540 ที่จังหวัดนครราชสีมา เริ่มศึกษาระดับประถมศึกษาที่โรงเรียนอนุบาลนครราชสีมา ศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่1-6 ที่โรงเรียนสุรนารีวิทยา จังหวัดนครราชสีมา จบการศึกษาปีการศึกษา 2559 เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาเมื่อปี พ.ศ.2563 จากนั้นได้มีความสนใจเกี่ยวกับสัตว์เคี้ยวเอื้องจึงได้ทำการศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ในปีการศึกษา 2563 และในระหว่างการศึกษาได้เข้าร่วมนำเสนอผลงานทางวาจาในงานประชุมวิชาการสัตวศาสตร์แห่งชาติ ครั้งที่ 9 ประจำปี พ.ศ. 2563-2564 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี