



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ ผลของถั่วท่าพระสไตโลหมักเสริมด้วยกากเม่าผงและแบคทีเรียกรดแลคติก
ต่อการเจริญเติบโต ระบบนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน การย่อยได้ของโภชนะ
และคุณภาพของเนื้อแพะ

โดย เสมอใจ บุรินอก

กรกฎาคม 2558

สัญญาเลขที่ MRG5580045

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ ผลของถั่วท่าพระสไตน์หมักเสริมด้วยกากเม้าผงและแบคทีเรียกรดแลคติก
ต่อการเจริญเติบโต ระบบนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน การย่อยได้ของโภชนะ
และคุณภาพของเนื้อแพะ

ผู้วิจัย

นางสาวเสมอใจ บุรีนอก

สังกัด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกอ. และ สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

ชื่อโครงการ ผลของถั่วท่าพระสไตโลหมักเสริมด้วยกากเม่าผงและแบคทีเรียกรดแลคติกต่อการเจริญเติบโตระบบนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน การย่อยได้ของโภชนะ และคุณภาพของเนื้อแพะ

ชื่อนักวิจัย ผศ.ดร.เสมอใจ บุรินอก

หน่วยงานต้นสังกัด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

บทคัดย่อ

ทำการศึกษาผลของการเติมกากเม่าแห้งต่อคุณภาพการหมักและคุณค่าทางโภชนาการของถั่วท่าพระสไตโลหมัก โดยการทดลองที่ 1 ศึกษาผลการเติมผงกากเม่าแห้งที่ระดับ 0, 1, 3, 5 และ 10% เพื่อเป็นสารเสริมต่อคุณภาพการหมักของถั่วท่าพระสไตโลหมัก พบว่า ปริมาณผงกากเม่าแห้งที่สูงขึ้น ทำให้ค่า pH ลดลง ปริมาณกรดบิวทีริกและการสูญเสียโปรตีนในรูปของแอมโมเนียไนโตรเจนลดลง ส่วนปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกในถั่วท่าพระสไตโลหมัก ส่วนการทดลองที่ 2 ศึกษาผลการเติมผงกากเม่าแห้งที่ระดับ 10% กับสารเสริมชนิดอื่น เช่น แบคทีเรียกรดแลคติกในน้ำพืชหมัก และแบคทีเรียกรดแลคติกที่คัดเลือกได้จากน้ำพืชหมัก (*Lactobacillus plantarum*) และการเสริมร่วมกันต่อคุณภาพการหมักและองค์ประกอบทางเคมีของถั่วท่าพระสไตโลหมัก ซึ่งจากการศึกษาพบว่า การเสริมผงกากเม่าแห้งร่วมกับน้ำพืชหมัก และ *Lactobacillus plantarum* ให้ค่า pH และปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริม และกลุ่มที่เติมน้ำพืชหมักและแบคทีเรียกรดแลคติก (*Lactobacillus plantarum*) เพียงอย่างเดียว แต่ไม่แตกต่างจากการเติมกากเม่าแห้งเพียงอย่างเดียว ส่วนคุณค่าทางโภชนาการพบว่า การใช้สารเสริมต่างชนิดกันไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีนและเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลางในถั่วหมัก แต่พบว่าการเติมผงกากเม่าแห้งเพียงอย่างเดียวหรือเสริมร่วมกับสารเสริมชนิดอื่นๆ มีผลทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริม

การทดลองที่ 3 ทำการศึกษาผลการยอมรับในสัตว์ทดลอง เพื่อศึกษาถึงผลของการใช้ถั่วท่าพระสไตโลหมักเสริมผงกากเม่าแห้งร่วมกับน้ำพืชหมักและแบคทีเรียกรดแลคติก (*Lactobacillus plantarum*) ต่ออัตราการกินได้ การย่อยได้ และกระเพาะรูเมน ของแพะเจาะกระเพาะ จากการศึกษพบว่า แพะที่ได้รับถั่วท่าพระสไตโลหมักที่เสริมผงกากเม่าแห้งร่วมกับน้ำพืชหมัก และแบคทีเรียกรดแลคติก *Lactobacillus plantarum* ไม่มีความแตกต่างในปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของโภชนะเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริม อย่างไรก็ตามพบว่าการเสริมผงกากเม่าแห้งร่วมกับ *Lactobacillus plantarum* มีแนวโน้มทำให้การย่อยได้ของโปรตีนสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ และมีค่า pH ในกระเพาะรูเมนในชั่วโมงที่ 0 ต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ ส่วนปริมาณ BUN (blood urea nitrogen) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในสารเสริมแต่ละชนิด



ผลเม่าสุก



ผงกากเม่าแห้ง



ถั่วท่าพระสไตโลหมักเสริมด้วยผงกากเม่าแห้ง

รหัสโครงการ : MRG5580045

ชื่อโครงการ: ผลของถั่วท่าพระสไตโลหมักเสริมด้วยกากเม่าผงและแบคทีเรียกรดแลคติกต่อการเจริญเติบโต ระบบนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน การย่อยได้ของโภชนะ และคุณภาพของเนื้อแพะ

ชื่อนักวิจัย : ผศ.ดร.เสมอใจ บุรินอก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

E-mail: asmerjai@hotmail.com

ระยะเวลาโครงการ : 2 ปี

บทคัดย่อ

การทดลองที่ 1 ทำการศึกษาผลของการเติมกากเม่าผงที่ระดับต่างกันต่อคุณภาพการหมักและคุณค่าทางโภชนาการของถั่วท่าพระสไตโลหมัก โดยการเติมกากเม่าผงที่ระดับ 0, 1, 3, 5 และ 10% พบว่าเมื่อระดับการเติมกากเม่าผงสูงขึ้น มีผลทำให้ปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้น ส่วนค่า pH และ ปริมาณกรดบิวทิริกลดลงในถั่วท่าพระสไตโลหมัก

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลการเติมกากเม่าผงเพียงอย่างเดียวหรือร่วมกับแบคทีเรียกรดแลคติกในน้ำพืชหมัก และ *Lactobacillus plantarum* ST1 ต่อคุณภาพการหมักและองค์ประกอบทางเคมีของถั่วท่าพระสไตโลหมัก ซึ่งจากการศึกษาพบว่า การเสริมกากเม่าผงร่วมกับน้ำพืชหมัก และ *Lactobacillus plantarum* ST1 พบว่าปริมาณวัตถุแห้งของถั่วหมักเพิ่มขึ้นเมื่อเติมกากเม่าผง ค่า pH ของกลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริมมีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น ($P < 0.05$) ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ของกลุ่มที่เสริมด้วยกากเม่าผงเพียงอย่างเดียวมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริม แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่เติมร่วมกับน้ำพืชหมัก และ *Lactobacillus plantarum* ST1

การทดลองที่ 3 ศึกษาถึงผลของการใช้ถั่วท่าพระสไตโลหมักเสริมกากเม่าผง (10%) ร่วมกับน้ำพืชหมักและแบคทีเรียกรดแลคติก (*Lactobacillus plantarum*) ต่ออัตราการกินได้ และการย่อยได้ของโภชนะในแพะ ทำการสุ่มแพะเจาะกระเพาะจำนวน 4 ตัวให้ได้รับอาหารทดลอง 1 ใน 4 ชนิด วางแผนการทดลองแบบ 4 x 4 Latin square design มีช่วงการทดลองๆ ละ 28 วัน ประกอบด้วยระยะการกินได้ 21 วัน และการปรับตัว 14 วัน ถั่วหมักที่เสริมด้วยกากเม่าผงมีค่า pH และปริมาณ $\text{NH}_3\text{-N}$ ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่เสริมร่วมกับสารเสริมชนิดอื่น แพะที่ได้รับถั่วหมักที่เสริมกากเม่าผง มีแนวโน้มปริมาณการกินได้สูงกว่ากลุ่มอื่น อย่างไรก็ตาม การย่อยได้ของโภชนาการไม่มีความแตกต่างกันในแพะที่ได้รับอาหารหมัก

การทดลองที่ 4 ทำการศึกษาถึงผลของการใช้ถั่วท่าพระสไตโลหมักเสริมด้วยสารเสริมต่างชนิดกัน ต่ออัตราการกินได้ การย่อยได้ และกระเพาะรูเมน และคุณภาพเนื้อของแพะเนื้อ ใช้แพะเนื้อจำนวน 20 ตัว แบ่งเป็น 4 กลุ่ม และเลี้ยงเป็นจำนวน 80 วัน ตลอดการทดลองแพะแต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารหมักคือ ถั่วหมักไม่ใช้สารเสริม ถั่วหมักที่เสริมด้วยกากเม่าผง ถั่วหมักที่เสริมด้วยน้ำพีชหมัก และถั่วหมักที่เสริมด้วยกากเม่าผงและน้ำพีชหมัก จากการศึกษาพบว่า ปริมาณการกินได้ของถั่วหมักรวมถึงปริมาณการกินได้ทั้งหมดในแต่ละกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ การเติมกากเม่าผงและน้ำพีชหมัก มีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุสูงกว่ากลุ่มอื่น ($P < 0.05$) ส่วนค่าการย่อยได้ของ NDF และ ADF มีค่าสูงกว่าในกลุ่มที่ได้รับถั่วหมักเสริมด้วยน้ำพีชหมัก ($P < 0.05$) เปอร์เซ็นต์ซากของแพะที่ได้รับถั่วหมักเสริมด้วยน้ำพีชหมักมีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น ($P < 0.05$) หลังการฆ่า พบว่าการเกิดออกซิเดชันในเนื้อเพิ่มมากขึ้นตามเวลาที่บ่มเนื้อ ในวันที่ 5 ของการบ่ม พบว่าแพะที่ได้รับถั่วหมักเสริมด้วยสารเสริมแต่ละชนิดมีค่า TBARS ในเนื้อต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริม ค่า H^* ในเนื้อแพะที่ได้รับถั่วหมักที่ไม่ใช้สารเสริมมีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น ($P < 0.05$) ดังนั้นการใช้สารเสริมกากเม่าผงและน้ำพีชหมักสามารถปรับปรุงความทนทานต่อการเกิดออกซิเดชันของเนื้อได้ เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริมภายใต้สภาพที่เอื้อต่อการเกิดออกซิเดชันในเนื้อแพะ

คำหลัก : ถั่วท่าพระสไตโล, กากเม่าผง, แบคทีเรียกรดแลคติก, หน้าหมัก, แพะ

Project Code: MRG5580045

Project Title: Effects of Thapra Stylo silages treated with dried mao pomace and lactic acid bacteria on growth performance, rumen ecology, nutrient digestibility and quality of meat in goats

Investigator: Assist. Prof. Smerjai Bureenok, Rajamangala University of Technology Isan

E-mail Address: asmerjai@hotmail.com

Period Project: 2 years

Abstract

In experiment 1, the aim of this study was to investigate the effect of applying dried mao pomaces (DMP) at various level and combined with lactic acid bacteria on the fermentative quality and nutritive value of Thapra Stylo legume silages. DMP were added as various levels (0, 1, 3, 5 and 10% (w/w)). As the level of DMP added increased, increases in lactic acid and decreases in butyric acid and the pH value of silage were observed.

In experiment 2, the effect of applying dried mao pomaces (DMP) alone and combined with fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria (DMP+FJLB) or *Lactobacillus plantarum* ST1 (DMP+Lp) on the fermentative quality and nutritive value of Thapra Stylo legume silages were studied. Dry matter content of silage was increased with addition of DMP portion. Without any additives, the silage showed the highest pH value. The $\text{NH}_3\text{-N}$ contents of DMP silages was lower ($P<0.05$) compared with the control silages, but did not appear to be significantly different from the combined silages.

In experiment 3, feed intake and nutrient digestibility in goats of silage treated with 10%DMP alone and combined with FJLB (DMP+FJLB), or *Lactobacillus plantarum* ST1 (DMP+Lp) were studied. Four male ruminally fistulated crossbred Boer x Saanen goats were randomly assigned to one of the four dietary treatment silages in a 4 x 4 Latin square design. The 28-d experimental period consisted of a 21-d feed intake and 7 d of sampling. The pH value and $\text{NH}_3\text{-N}$ contents of DMP silages was lower ($P<0.05$) compared with the control silages, but did not appear to be significantly different from the combined silages. Silage

intake tended to be higher in goats fed with DMP silages. However, no significant differences ($P>0.05$) of nutrient digestibility were observed in goats fed silages.

In experiment 4, this study was conducted to evaluate the effects of various additive silage on carcass characteristics and meat quality of growing goats. Sixteen male goats were divided into 4 groups and individually penned for 80 days. Over this period, each group were fed an untreated silage (C), dried mao pomace treated silage (DMP), fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria treated silage (LAB) or dried mao pomace plus lactic acid bacteria silage (DMP+LAB). For feeding trial, digestibility of DM and OM in goats fed with Stylo silage treated with DMP and FJLB were higher than the other treatments ($P<0.05$). Digestibility of NDF and ADF in goats fed with Stylo silage treated with FJLB were higher than the other treatments ($P<0.05$). The goats fed with FJLB treated silage had higher ($P<0.05$) dressing carcass (%) than the other diets. After slaughter, the TBARS values were lower ($P<0.05$) in meat from goats fed all treated silage compared to the untreated silage at 5 days of aging. Higher H^* values was observed in meat from untreated silage fed animals as compared to meat from the other. We conclude that, under conditions that promote oxidative stress in meat, DMP and LAB treated silage can improve the oxidative stability of meat compared to the untreated silage.

Keywords: Thapra Stylo, dried mao pomace, lactic acid bacteria, silage, goat

ผลของถั่วทำพระสไตโลหมักเสริมด้วยกากเม้าผงและแบคทีเรียกรดแลคติก
ต่อการเจริญเติบโต ระบบนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน การย่อยได้ของโภชนะ และคุณภาพ
ของเนื้อแพะ

1. บทนำ

ข้อจำกัดหลักที่มีผลต่อผลผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องในเขตร้อนคือ พืชอาหารสัตว์ที่มีให้สัตว์กินไม่เพียงพอตลอดปี จะเห็นได้ว่าในช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม-ตุลาคม) ผลผลิตพืชอาหารสัตว์จะมีปริมาณมากหรือมากเกินไปจนความต้องการ ส่วนในช่วงฤดูแล้งที่มีระยะเวลาที่ยาวนานจะมีผลผลิตน้อย และเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง ต้นทุนในการเลี้ยงต่ำ ใช้พื้นที่ในการเลี้ยงน้อย ขยายพันธุ์เร็วและมีลูกดก เหมาะกับเกษตรกรรายย่อย แต่การผลิตแพะในเขตร้อนยังถูกจำกัดด้วยปริมาณอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพ โดยปกติเกษตรกรจะใช้แหล่งอาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำ เช่น ฟางข้าว เศษเหลือใช้ทางการเกษตร เนื่องจากมีราคาถูก หาได้ง่าย แต่ปัจจุบันอาหารหยาบเหล่านี้มีไม่เพียงพอเนื่องจากการลดลงของพื้นที่ในการเพาะปลูก ทำให้มีราคาสูงขึ้น ทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น ในขณะที่มีคุณค่าทางโภชนาการต่อหน่วยต่ำ ดังนั้นการรักษาคุณภาพพืชอาหารสัตว์ในช่วงฤดูฝนจึงเป็นวิธีการแก้ไขให้มีอาหารหยาบไว้ใช้ตลอดปี ซึ่งการเก็บรักษาคุณภาพพืชอาหารสัตว์ทำได้ 2 วิธี คือ กระบวนการทำให้แห้ง และกระบวนการหมัก ที่เรียกว่าพืชหมัก ซึ่งกระบวนการหมักจะมีความเหมาะสมมากกว่าการทำให้แห้ง เนื่องจากสภาพอากาศที่ชื้นและมีฝนตกชุกในช่วงฤดูฝนเป็นอุปสรรคทำให้พืชแห้งยาก

แต่อย่างไรก็ตามการทำพืชหมักในกลุ่มเกษตรกรรายย่อยของไทยยังไม่เป็นที่นิยมนัก เนื่องจากการขาดความรู้และเทคนิคในกระบวนการหมัก รวมถึงการจัดการ ซึ่งการตัดสินใจในการทำพืชหมัก ต้องคำนึงถึงจำนวนพืชหมักที่ต้องการ ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนและชนิดของสัตว์ ระยะเวลาที่จะใช้เลี้ยงสัตว์ รวมถึงสัดส่วนที่ใช้ในอาหารสัตว์ นอกจากนั้นหลังเปิดหลุมพืชหมักใช้ พืชหมักมักสูญเสียคุณภาพจากการมีออกซิเจนเข้าไปในหลุมหมัก ซึ่งการทำพืชหมักในหลุมหมักขนาดใหญ่อาจจะไม่เหมาะสมกับเกษตรกรรายย่อย ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ถังพลาสติกขนาดบรรจุ 60-80 กก. เป็นภาชนะบรรจุ ซึ่งง่ายต่อการบรรจุและปิดให้สนิท รวมถึงการเคลื่อนย้าย และหลังจากเปิดใช้ สามารถปิดฝาให้สนิทตามเดิม ทำให้พืชหมักไม่สูญเสียคุณภาพ ดังนั้นการใช้ถังพลาสติกเป็นภาชนะบรรจุพืชหมักน่าจะเหมาะสมกับการรักษาคุณภาพพืชหมักเพื่อใช้เลี้ยงแพะที่กินอาหารในปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับโค

พืชอาหารสัตว์เขตร้อน มีการย่อยได้ของวัตถุดิบที่ต่ำ และยังมีการย่อยสลายโปรตีนในรูเมนต่ำ ซึ่งทำให้พลังงานที่ได้ลดลง โดยปกติถั่วพืชอาหารสัตว์มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าพืชอาหารสัตว์ และ

ลดอัตราการการลดลงของการย่อยได้เมื่ออายุเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้ลดปริมาณการเกิดมีเทนในกระเพาะ
 รูเมน นอกจากนั้น ถั่วอาหารสัตว์อาจจะเปลี่ยนชนิดของกรดไขมันของไขมันในเนื้อได้ ถั่วท่าพระสไตโล
 (*Stylosanthes guianensis* cv. Thaphra stylo) เป็นถั่วอาหารสัตว์ชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญในการ
 ผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องในเขตร้อน เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนสูง ผลผลิตสูง และสามารถเจริญเติบโตได้ดี
 ในดินหลายชนิด ดังนั้นการเก็บรักษาถั่วอาหารสัตว์ชนิดนี้ไว้เลี้ยงสัตว์ในช่วงที่ขาดแคลนแหล่งอาหาร
 หยาบจึงน่าสนใจ

เป็นที่รู้จักกันดีว่ากระบวนการหมักเป็นวิธีที่ใช้ในการรักษาคุณภาพพืชที่มีความชื้น โดย
 ควบคุมให้อยู่ในสภาพไร้ออกซิเจน ความสำเร็จในกระบวนการหมักเกิดจากการปริมาณแบคทีเรียกรด
 แลคติกที่มีมากกว่ากลุ่มอื่นและใช้น้ำตาลที่มีอยู่ในกระบวนการหมักผลิตกรดแลคติก ที่มีปริมาณเพียง
 พอที่จะยับยั้งการเกิดกิจกรรมของจุลินทรีย์ชนิดอื่นหรือแม้กระทั่งตัวมันเอง ส่งผลให้กระบวนการหมัก
 คงที่ เหลือสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อสัตว์ในปริมาณมาก อย่างไรก็ตาม ถั่วท่าพระสไตโลมีปริมาณ
 วัตถุแห้งและน้ำตาลที่ต่ำ ซึ่งยากต่อการเก็บรักษาคุณภาพให้มีประสิทธิภาพด้วยกระบวนการหมัก
 นอกจากนั้นถั่วอาหารสัตว์ยังมีปริมาณ buffering capacity สูงซึ่งจะเป็นตัวยับยั้งการลดลงของความ
 เป็นกรด-ด่าง (pH) ของพืชหมัก ซึ่งจากคุณสมบัติเหล่านี้ ทำให้ถั่วท่าพระสไตโลหมักมีคุณภาพการ
 หมักที่ไม่ดี โดยพืชหมักที่ได้มีกลิ่นเหม็น ไขมีเมือกและเปื่อยยุ่ย ดังนั้นการทำถั่วท่าพระสไตโล หมัก
 จึงต้องใช้สารเสริมเพื่อให้ได้พืชหมักที่มีคุณภาพดี

การใช้สารเสริมที่มีฤทธิ์เป็นกรด สามารถลดความเป็นกรด-ด่างของพืชหมัก ยับยั้งการทำงานของ
 ของจุลินทรีย์ทุกชนิด แต่กีดกร่อนภาชนะที่บรรจุ เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ รวมถึงกระแสนิยมในการผลิต
 สัตว์อินทรีย์ ดังนั้นการใช้สารเสริมจากธรรมชาติจึงเป็นที่นิยมในปัจจุบัน วัตถุประสงค์ในการทดลอง
 ครั้งนี้ เพื่อศึกษาผลของการใช้สารเสริมจากธรรมชาติคือ กากเถ้าที่มีกรดอินทรีย์ มีปริมาณน้ำตาล
 มาก และมีสารประกอบฟอสฟอรัสที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูง และการเติมแบคทีเรียกรด แลคติก
 ที่มีในน้ำพืชหมัก ต่อคุณภาพการหมักถั่วท่าพระสไตโล รวมถึงผลต่อระบบนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน
 การย่อยได้ของโภชนะ และคุณภาพเนื้อในแพะ

ความต้องการเนื้อแพะมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปี เนื่องจากเนื้อแพะมีไขมันต่ำเมื่อเทียบกับเนื้อสี
 แดงชนิดอื่น (Webb et al., 2005) คุณภาพเนื้อมีความสำคัญในกระบวนการผลิตสัตว์ เพื่อให้ตรงตาม
 ความต้องการผู้บริโภค เช่น สีเนื้อ กลิ่น และคุณค่าทางโภชนะ (Liu et al., 1995) ค่าออกซิเดชันของ
 ไขมันเป็นค่าที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อ กลิ่น และคุณค่าทางโภชนะที่ไม่พึงประสงค์ของ
 ผู้บริโภค (Fernandez et al., 1997; Luciano et al., 2009) การลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในเนื้อ
 ระหว่างการเก็บรักษาอาจทำได้โดยการเติมสารอาหารที่มีสารแอนติออกซิแดนท์

ปัจจุบันความสนใจในการนำสารแอนติออกซิแดนซ์ที่มีในธรรมชาติมาใช้ในวงการปศุสัตว์เพิ่มมากขึ้น โดยการเติมในอาหารสัตว์และพบว่าสามารถปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัตว์และอายุการเก็บรักษาเนื้อได้ (Devatkal et al., 2010; Karami et al., 2011; Karami et al., 2011) มีรายงานว่าเศษเหลือหรือผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตอาหารจากพืชเป็นแหล่งที่มีสารแอนติออกซิแดนซ์จากธรรมชาติสูง (McCann et al., 2007; Bhushan et al., 2008)

พืชจีนัส *Antidesma* เป็นพืชเขตร้อนที่พบได้ทั่วไปในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ออสเตรเลีย เอเชียเขตร้อน และหมู่เกาะในมหาสมุทรแปซิฟิก ผลมีรสเปรี้ยวคล้ายตระกูลแคนเบอร์รี่ และมีรสหวานหรือเปรี้ยวน้อยลงในผลสุก เม่าหลวง (*Antidesma thwaitesianum* Muell Arq.) เป็นพืชที่มีความเหมาะสมในการทำเครื่องดื่มผลไม้ในประเทศไทย ทำให้น้ำผลไม้และไวน์จากผลเม่าเป็นที่นิยมและต้องการเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีเศษเหลือหรือกากเม่าจากผลิตเครื่องดื่มเหล่านี้เพิ่มมากขึ้น นอกจากนั้นจากการศึกษาของนักวิจัย พบว่ากากเม่าประกอบด้วย กรดอินทรีย์ กรดอะมิโน และน้ำตาล (Samappito and Butkhup, 2008) นอกจากนั้นกากเม่ายังเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารโพลีฟีนอลที่มีประสิทธิภาพในการเกิดแอนติออกซิแดนซ์คล้ายกับที่มีในสารสกัดเล็ดองุ่น (Puangpronpitag et al., 2008) มีรายงานว่าสารโพลีฟีนอลสามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อได้ (Estevez et al., 2005; Balasundram and Samman, 2006; Karami et al., 2010)

มีรายงานว่า แบคทีเรียกรดแลคติกเช่น *Lactobacillus* และ *Streptococcus* สามารถเกิดปฏิกิริยาแอนติออกซิแดนซ์ได้ (Said and Gilliland, 2005; Wu et al., 2010) จากการศึกษากของ Wang et al. (2006) พบว่า ปฏิกิริยาแอนติออกซิแดนซ์ในนมถั่วเหลืองหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกสูงกว่าที่พบในนมถั่วเหลืองที่ไม่ได้หมัก และพบว่าปฏิกิริยาแอนติออกซิแดนซ์เพิ่มขึ้น ตามการยี้ดระยะเวลาที่กระบวนการหมัก

การทำพืชหมัก (silage) เป็นวิธีการเก็บรักษาคุณภาพของหญ้าหรืออาหารหยาบ ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน เพื่อให้มีอาหารสัตว์สำหรับสัตว์เลี้ยงตลอดทั้งปี (McDonald et al., 1991) พืชหมักที่ดีควรมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่ต่ำและปริมาณกรดแลคติกที่สูงพอที่จะทำให้พืชหมักที่ได้มีคุณภาพที่ดีตลอดกระบวนการหมัก ถั่วพาะสดโตโลมีปริมาณวัตถุแห้งและน้ำตาลที่ต่ำ ซึ่งยากต่อการเก็บรักษาคุณภาพให้มีประสิทธิภาพด้วยกระบวนการหมัก นอกจากนั้นถั่วพาะสดยังมีปริมาณ buffering capacity สูงซึ่งจะเป็นตัวยับยั้งการลดลงของค่า pH ของพืชหมัก (Yahaya et al., 2004; Liu et al., 2012) การเติมสารเสริมที่เป็นกรดในพืชหมักมีผลทำให้ค่า pH ของพืชหมักลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมัก (McDonald et al., 1991) แต่การใช้สารเสริมที่มีฤทธิ์เป็นกรด อาจจะทำให้เกิดการกักตัวของก๊าซที่บวมและเป็นอันตรายใน

การจัดการได้ Yang et al. (2015) รายงานว่าการเติมกากแอปเปิ้ลแห้งและกากองุ่นที่ระดับ 100 กรัม/กิโลกรัมวัตถุดิบพืชหมักเป็นสารเสริมกรดจากธรรมชาติ พบว่า ลดค่า pH และเพิ่มปริมาณกรดแลคติกในถั่วอัลฟัลฟ่าหมัก มีรายงานว่าการเติมน้ำพืชหมักเป็นสารเสริมในพืชหมักเขตร้อนประสบความสำเร็จในการรักษาคุณภาพพืชหมัก (Bureenok et al., 2007; 2012)

จากที่กล่าวมาแล้ว กากเม่าผงมีความเป็นกรด ประกอบด้วยกรดอินทรีย์บางชนิดและน้ำตาล ซึ่งอาจจะมีประสิทธิภาพในการเป็นสารเสริมพืชหมัก โดยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ต้องการและกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกรดแลคติก นอกจากนั้นการที่ส่วนประกอบที่มีคุณสมบัติเป็นสารแอนติออกซิแดนท์หรือสารต้านอนุมูลอิสระของสารเสริมทั้ง 2 ชนิด อาจมีผลต่อคุณภาพเนื้อในแพะที่เลี้ยงด้วยพืชหมักเสริมด้วยสารเสริมเหล่านี้ด้วย

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาผลของการเติมผงกากเถ้าผง และแบคทีเรียกรดแลคติกในน้ำพืชน้ำเพื่อเป็นสารเสริมต่อคุณภาพการหมักและองค์ประกอบทางเคมีของถั่วทำพระสไตโลหมัก

2.2 เพื่อศึกษาถึงผลของการใช้ถั่วทำพระสไตโลหมักเสริมผงกากเถ้าผงและแบคทีเรียกรดแลคติกในน้ำพืชน้ำต่อการเจริญเติบโต จุลินทรีย์ในกระเพาะ การย่อยได้ และคุณภาพเนื้อของแพะ

3. ระเบียบและวิธีวิจัย

แผนการทดลองที่ 1

Addition levels of dried mao pomaces on fermentative quality of Thapra Stylo silages

การทำถั่วท่าพระสไตโลหมัก

นำถั่วท่าพระสไตโลสดอายุ 60 วัน นำมาสับด้วยเครื่องสับให้หญ้ามีความยาวขนาด 2-3 ซม. นำถั่วสดที่สับแล้วมาผสมกับกากหม้างที่ระดับ 0, 1, 3, 5 และ 10% (w/w) คลุกให้เข้ากันและใส่ถุงพลาสติกขนาดบรรจุ 100 กรัม ปิดถุงให้สนิทด้วยเครื่อง vacuum sealer ทำฟีดหมักที่รีทเมนต์ละสามซ้ำ เก็บถั่วท่าพระสไตโลหมักไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 วัน และสุ่มเก็บตัวอย่างถั่วท่าพระสไตโลก่อนหมัก เพื่อวัดคุณค่าทางโภชนาเบื้องต้น

วิธีการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์

เมื่อครบ 30 วัน ทำการเปิดถุงฟีดหมักในแต่ละรีทเมนต์ ทำการวัดค่า pH โดยใช้เครื่อง pH meter (Horiba) และนำตัวอย่างไปวิเคราะห์หาปริมาณกรดแลคติกและกรดไขมันที่ระเหยได้ (Volatile Fatty Acid; VFA) โดยใช้เครื่อง HPLC ตามวิธีการของ van Der Weilen et al. (2000) หาปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) โดยวิธี steam distillation method สุ่มตัวอย่างแห้งไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางโภชนาได้แก่ วัตถุแห้ง, ไขมัน, เถ้าและโปรตีนหยาบ ตามวิธีการของ AOAC (1995), NDF ADF และ ADL ตามวิธีการของ Van Soest et al. (1991) วัดปริมาณของ LAB ที่พบในฟีดหมักตามวิธีของ Kozaki et al. (1992)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of variance (ANOVA) โดยใช้ Proc GLM (SAS, 1994) และเปรียบเทียบการใช้สารเสริมแต่ละชนิดในหญ้าหมักต่อคุณภาพหญ้าหมักโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

แผนการทดลองที่ 2

Effect of various silage additives on fermentative quality of Thapra Stylo silages

การเตรียมน้ำพืชหมักจากถั่วท่าพระสไตโล

ก่อนการทำพืชหมัก 2 วัน ทำน้ำพืชปั่นจากถั่วท่าพระสไตโลสด และนำไปเติมน้ำตาลกลูโคส 2% (w/v) ปิดภาชนะที่ใส่ให้สนิท นำไปบ่มที่ตู้บ่มเชื้อ อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 2 วัน

การทำถั่วท่าพระสไตโลหมัก

นำถั่วท่าพระสไตโลสดอายุ 60 วัน นำมาสับด้วยเครื่องสับให้หญ้ามีความยาวขนาด 2-3 ซม. นำถั่วท่าพระสไตโลสดที่สับแล้วมาผสมกับสารเสริมดังนี้ คือ กากเถ้าผง น้ำพืชหมัก และกากเถ้าผง ผสมน้ำพืชหมัก โดยคัดเลือกระดับของผงกากเถ้าผงจากผลการทดลองที่ 1 คลุกให้เข้ากันและใส่ถุงพลาสติกขนาดบรรจุ 100 กรัม ปิดถุงให้สนิทด้วยเครื่อง vacuum sealer ทำถั่วท่าพระสไตโล หมัก โดยไม่ใช้สารเสริม ทำพืชหมักทรีทเมนต์ละสามซ้ำ เก็บถุงหมักไว้ที่อุณหภูมิห้อง และสุ่มเก็บตัวอย่าง ถั่วท่าพระสไตโลหมักที่ 30 วัน เพื่อวิเคราะห์ทางเคมี ซึ่งมีวิธีการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์เหมือนการทดลองที่ 2

แผนการทดลองที่ 3

Effect of Thapra Stylo silage treated with various additives on digestibility, ruminal fermentation and metabolism in goats

อาหารทดลอง

อาหารที่ใช้ทดลองมีทั้งหมด 4 สูตร โดยให้อาหารแบบแยกกันระหว่างอาหารหยาบ และอาหารข้น โดยมีพืชหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ ให้อาหารข้นในปริมาณ 1.5 % ของนน.ตัว ส่วนอาหารหยาบ ให้กินแบบเต็มที และพืชหมักมีการใช้สารเสริม 2 ชนิด คือ ผงกากเถ้าผง แบคทีเรียกรดแลคติกในน้ำพืชหมัก และผงกากเถ้าผงผสมแบคทีเรียกรดแลคติกในน้ำพืชหมัก โดยมีรายละเอียด ดังนี้

อาหารทดลองที่ 1 : ถั่วท่าพระสไตโลหมักที่ไม่ใช้สารเสริม

อาหารทดลองที่ 2 : ถั่วท่าพระสไตโลหมักเสริมด้วยผงกากเถ้าผง 10% (w/w)

อาหารทดลองที่ 3 : ถั่วท่าพระสไตโลหมักเสริมด้วย 10% กากเถ้าผงและแบคทีเรียกรดแลคติก ในน้ำพืชหมัก 1% (w/w)

อาหารทดลองที่ 4 : ถั่วท่าพระสไตโลหมักเสริมด้วยกากเม้าผงและ *Lactobacillus plantarum* ST1 0.2% (w/w)

แผนการทดลอง

ใช้แผนงานทดลองแบบ 4x4 Latin Square Design โดยมีทรีทเมนต์ 4 ทรีทเมนต์ ทำการทดลองในแพะเจาะกระเพาะ 4 ตัว พันธุ์ลูกผสมพื้นเมืองและแองโกล-นูเบียน มี 4 ช่วงการทดลอง (periods) และแต่ละระยะการทดลองใช้เวลา 28 วัน โดยมีระยะวัดปริมาณการกินได้ 21 วันและมีระยะเก็บตัวอย่าง 7 วัน และมีระยะปรับตัว 14 วัน รวมระยะเวลาทดลองทั้งสิ้น 126 วัน ก่อนเข้างานทดลองแพะได้รับการถ่ายพยาธิ

วิธีการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์

คุณภาพของถั่วท่าพระสไตโลหมัก

สุ่มเก็บตัวอย่างพืชหมักในแต่ละช่วงของการทดลอง โดยสุ่มไปวิเคราะห์หาคุณภาพและองค์ประกอบทางโภชนาของถั่วท่าพระสไตโลหมัก ซึ่งมีวิธีการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์เหมือนการทดลองที่ 2

การให้อาหารและเก็บตัวอย่างในสัตว์

1. แพะได้รับอาหาร วันละ 2 ครั้ง คือเช้า เวลาประมาณ 08:00 น. และบ่าย เวลาประมาณ 15:00 น. บันทึกปริมาณอาหารที่ให้ และปริมาณอาหารที่เหลือ เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบในแต่ละวัน

2. สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารในแต่ละทรีทเมนต์เป็นระยะเวลา 7 วันติดต่อกัน (วันที่ 22-28) ของแต่ละระยะการทดลอง โดยจะแบ่งอาหารออกเป็น 2 ส่วน ในส่วนแรกนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อหาวัตถุดิบแห้งแล้วนำไปหาค่าเฉลี่ยของวัตถุดิบที่กินได้ ส่วนที่ 2 อบที่ 60°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมีคือ วัตถุดิบแห้ง เถ้า และโปรตีนหยาบ ตามมาตรฐาน AOAC (1995) ส่วน NDF ADF และ ADL ตามวิธีการของ Van Soest et al. (1991)

3. สุ่มเก็บของเหลวในกระเพาะรูเมน โดยทำการเก็บในวันที่ 28 ของแต่ละช่วงการทดลอง ที่ชั่วโมงที่ 0 (ก่อนการให้อาหาร) 2 และ 4 หลังการให้อาหารในตอนเช้า แล้วนำมาวัดค่า pH ทันทีโดยใช้เครื่อง

pH meter จดบันทึกค่า นำไปหาปริมาณของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน แล้วนำของเหลว (rumen fluid) ที่ได้จากกระเพาะรูเมนไปวิเคราะห์หา แอมโมเนีย -ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) โดยวิธีการกลั่น และนำเอาของเหลวส่วนที่เหลือไปวิเคราะห์หากรดไขมันที่ระเหยได้ ด้วยเครื่อง HPLC

4. สุ่มเก็บตัวอย่างมูล 5 วันติดต่อกัน (วันที่ 24-28) ของแต่ละระยะการทดลอง ด้วยวิธีการ Total collection นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างแต่ละตัวอย่างที่ได้ทั้งหมด 5 วันมารวมกัน แล้วสุ่มมา 10 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างทั้งหมดอีกครั้ง บดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมี เพื่อดำเนินการคำนวณค่าความสามารถในการย่อยโภชนะ

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of variance (ANOVA) โดยใช้ Proc GLM (SAS, 1994) ตามแผนการทดลองแบบ Latin Square Design และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยต่างๆ โดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

แผนการทดลองที่ 4

Effect of Thapra Stylo silage treated with various additives on fattening performance, carcass characteristics and meat quality of goats

สัตว์ทดลองและการให้อาหาร

ใช้แพะพันธุ์เนื้อ เพศผู้ พันธุ์ลูกผสมพื้นเมืองและแองโกล-นูเบียนที่ระดับ 50-75% อายุเริ่มต้น 7-8 เดือนจำนวน 20 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 13.4 ± 1.9 กก. ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design, RCBD) โดยใช้น้ำหนักตัวเป็นเกณฑ์ในการจัดกลุ่ม แบ่งแพะออกเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 5 ตัว แบ่งแพะออกเป็น 4 กลุ่ม ตามทรีทเมนต์

กลุ่มที่ 1 ได้รับถั่วท่าพระสไตโลหมักที่ไม่ใช้สารเสริม

กลุ่มที่ 2 ได้รับถั่วท่าพระสไตโลหมักเสริมด้วยกากเม้าผง

กลุ่มที่ 3 ได้รับถั่วท่าพระสไตโลหมักเสริมด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกในน้ำพีชหมัก 1%(w/w)

กลุ่มที่ 4 ได้รับถั่วท่าพระสไตโลหมักเสริมด้วยกากเม้าผง และแบคทีเรียกรดแลคติกในน้ำพีช

หมัก

แพะทุกตัวถูกขังแยกคอกเดี่ยว มีรางอาหารและภาชนะใส่น้ำสะอาดให้กินตลอดเวลา ทำการถ่ายพยาธิแพะทุกตัว จัดสัตว์ทดลองเข้าคอกตามแผนการทดลอง โดยให้อาหารแบบแยกกันระหว่างอาหารหยาบ และอาหารข้น โดยมีพืชหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ ให้อาหารข้นในปริมาณ 1.5 % ของนน.ตัว โดยมีระยะเวลาปรับตัว 14 วัน ปรับปริมาณอาหารที่ให้ทุกเดือน โดยมีการบันทึกข้อมูลตลอดระยะเวลาการทดลอง 80 วัน แพะได้รับอาหาร วันละ 2 ครั้ง คือเช้า เวลาประมาณ 08: 00 น. และบ่าย เวลาประมาณ 15:00 น.

คุณภาพของถั่วท่าพระสไตโลหมัก

สุ่มเก็บตัวอย่างพืชหมักในแต่ละช่วงของการทดลอง โดยสุ่มไปวิเคราะห์หาคุณภาพและองค์ประกอบทางโภชนาของถั่วท่าพระสไตโลหมัก ซึ่งมีวิธีการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์เหมือนการทดลองที่ 2 วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดโดยวิธีการของ Waterhouse (2005) และรายงานเป็นค่าเทียบเท่ากับกรดแกลลิก (mg gallic acid/ g DM)

การเก็บตัวอย่างในสัตว์

บันทึกน.แพะก่อนเข้าการทดลองและวันสุดท้ายของการทดลอง บันทึกปริมาณอาหารที่ให้และปริมาณอาหารที่เหลือ เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบแต่ละวัน สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารในแต่ละทรีทเมนต์ทุกสัปดาห์ โดยจะแบ่งอาหารออกเป็น 2 ส่วน ในส่วนแรกนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อหาวัตถุดิบแล้วนำไปหาค่าเฉลี่ยของวัตถุดิบที่กินได้ ส่วนที่ 2 อบที่ 60 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมี คือ วัตถุดิบแห้ง, เถ้า, โปรตีนหยาบ ตามมาตรฐาน AOAC (1995) เยื่อใย NDF เยื่อใย ADF และ ADL ตามวิธีการของ Van Soest et al. (1991)

ก่อนสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์สุดท้าย ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างมูล ติดต่อกันเป็นเวลา 5 วัน โดยนำมูลที่ได้เก็บที่อุณหภูมิ -20 °C และนำมูลที่เก็บได้มาผสมกัน และสุ่มตัวอย่างมูลอีกครั้ง นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 °C นาน 72 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมี เหมือนการทดลองที่ 3 คือ วัตถุดิบแห้ง, เถ้า, โปรตีนหยาบ ตามมาตรฐาน (AOAC, 1990) เยื่อใย NDF เยื่อใย ADF และ ADL ตามวิธีการของ Van Soest et al. (1991) วิเคราะห์หาเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash, AIA) ตามวิธีการของ Van Keulen and Young (1977) เพื่อนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอาหารตามวิธีการของ Schneider and Flatt (1975)

การชำแหละและคุณสมบัติของซาก

ในวันสุดท้ายของการทดลอง แพะจะถูกฆ่าเพื่อชำแหละเก็บตัวอย่างเนื้อ เอออวัยวะภายใน ต่างๆในซากออกให้หมด ชั่งน้ำหนักซากอุ่น ซากจะถูกบ่มไว้ที่ 4°C นาน 5 วัน ชั่งน้ำหนักซากในวันที่ 1, 3 และ 5 ของการบ่ม

การวิเคราะห์คุณภาพเนื้อ

หลังการเก็บเนื้อที่ 4°C 24 ชั่วโมง วัดค่า pH ของเนื้อ drip loss (%) แรงเฉือน (shear force, N) และค่าสีของเนื้อ (L^* , a^* , b^*) และวัดค่า lipid oxidation โดยวิธี TBARS (Buege and Aust, 1978) ในเนื้อที่นำไปบ่ม ทำการวัดค่าสีของเนื้อในวันที่ 1, 3 และ 5 ของการบ่ม วัดค่า lipid oxidation ของเนื้อในวันที่ 5 ของการบ่ม ค่า H^* = hue angle (calculated as $\tan^{-1}(b^*/a^*)$, C^* = chroma calculated $(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$)

องค์ประกอบทางเคมีของซาก

โดยบดเนื้อจาก *Longissimus lumborum* ที่ผ่านการทำให้แห้งแบบแช่แข็งให้ละเอียด นำไปวิเคราะห์หา วัตถุแห้ง เถ้า ไขมัน และโปรตีนหยาบ ตามวิธีมาตรฐาน (AOAC, 1995)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of variance (ANOVA) โดยใช้ Proc GLM (SAS, 1994) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 1

ปริมาณวัตถุแห้งของถั่วท่าพระสไตโลหมักเพิ่มขึ้น เมื่อระดับการเติมกากเฝ้างเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 1) จากการศึกษาพบว่าถั่วหมักกลุ่มที่ไม่กากเฝ้างมีค่า pH สูงที่สุด ($P<0.05$) การเพิ่มปริมาณกากเฝ้างทำให้ถั่วหมักมีค่า pH และปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ลดลง ส่วนปริมาณกรด แลคติกและกรดไพโรพิโอนิกเพิ่มขึ้น ถั่วท่าพระสไตโลหมักที่ไม่ใช้สารเสริมมีปริมาณกรดบิวทิริกสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ปริมาณกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากปริมาณซับสเตรทสำหรับแบคทีเรียกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นจากการเติมกากเฝ้างการเติมกากเฝ้างในระดับ 3% ขึ้นไป ไม่พบกรดบิวทิริกในถั่วท่าพระสไตโลหมัก ปริมาณกรดแลคติกที่ผลิตเพียงพอต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ต้องการ ทำให้ถั่วหมักเกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการลดลง เห็นได้จากปริมาณ $\text{NH}_3\text{-N}$ ที่ต่ำลงเมื่อมีการเติมกากเฝ้างเพิ่มขึ้น ปริมาณกากเฝ้างไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกรดแลคติก ดังนั้นจึงสามารถใช้กากเฝ้างในระดับ 10% เพื่อให้สามารถใช้กากเฝ้างที่เป็นวัสดุเหลือใช้ ให้เกิดประโยชน์และในปริมาณมากที่สุด เพื่อลดปัญหามลภาวะ

Table 1. Chemical composition and silage quality of Thapra Stylo legume silages

	10%								
	0% DMP	1% DMP	3% DMP	5% DMP	DMP	SEM	Effect		
DM(g/kg)	275.89 ^c	285.61 ^c	295.97 ^c	322.8 ^b	346.38 ^a	2.76	<0.0001		
pH	5.48 ^a	5.06 ^b	5 ^b	4.63 ^c	4.65 ^c	0.046	0.0001		
g/kg DM									
LA	17.18 ^d	38.45 ^{cd}	46.06 ^{bc}	81.99 ^a	64.51 ^{ab}	3.172	0.0001		
AA	8.16	9.23	11.43	10.11	7.49	1.04	0.9535		
PA	4.24 ^b	8.67 ^b	22.8 ^b	59.56 ^a	40.49 ^{ab}	4.39	0.0047		
BA	15.51 ^a	2.56 ^{ab}	0.01 ^b	0 ^b	0 ^b	1.653	0.0231		
$\text{NH}_3\text{-N}$	9.7 ^a	10.7 ^a	4.44 ^b	4.34 ^b	3.65 ^b	0.201	<.0001		
LAB	7.1	7.57	7.15	7.3	7.1	0.073	0.4076		

^{a,b} Means within the same row with different alphabetical letters were significantly different

($P<0.05$). SEM = Standard error of mean.

การทดลองที่ 2

ปริมาณวัตถุแห้งของกลุ่มถั่วท่าพระสไตโลหมักที่เติมกากเฝ้าฝงที่ระดับ 10% มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ($P<0.05$) ค่า pH ของถั่วหมักกลุ่มที่ใช้สารเสริมมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) ส่วนการใช้กากเฝ้าฝงร่วมกับ *Lactobacillus plantarum* มีค่า pH ต่ำกว่าการเติมร่วมกับน้ำพืชหมัก ปริมาณ $\text{NH}_3\text{-N}$ ของถั่วท่าพระสไตโลหมักมีค่าต่ำกว่า ($P<0.05$) กลุ่มควบคุมหรือกลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริม แต่มีค่าไม่แตกต่างจากการใช้เสริมกลุ่มอื่นๆ (ตารางที่ 2) โดยปกติหญ้าหมักที่ดีควรมีค่า pH น้อยกว่า 4.5 และมีปริมาณ $\text{NH}_3\text{-N}$ น้อยกว่า 100 กรัม/กิโลกรัมไนโตรเจนรวม (Umana et al., 1991) ซึ่งเห็นได้ว่าถั่วท่าพระสไตโลหมักที่เสริมด้วยสารเสริมต่างๆมีค่าอยู่ในเกณฑ์นี้ ปริมาณ NDF ในถั่วหมักกลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริมมีปริมาณมากกว่ากลุ่มอื่นๆ ($P<0.05$) ซึ่งปริมาณ NDF ที่ต่ำกว่า อาจเนื่องมาจากกากเฝ้าฝงมีปริมาณ NDF ต่ำกว่า

Table 2. pH value, $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration and chemical composition of Thapra Stylo legume silages

Treatment	Control	DMP	FJLB +DMP	Lp+DMP	SEM	P value
DM (g/kg)	305.81 ^d	404.59 ^a	333.27 ^c	367.28 ^b	5.09	<.0001
pH	4.49 ^a	4.01 ^c	4.31 ^b	3.98 ^c	0.03	<.0001
$\text{NH}_3\text{-N}$ (g/kg TN)	89.30 ^a	52.36 ^b	80.30 ^{ab}	69.01 ^{ab}	9.85	0.1235
CP (g/kg DM)	107.12	105.79	100.55	106.44	3.70	0.6011
NDF (g/kg DM)	646.05 ^a	570.87 ^b	588.47 ^b	570.03 ^b	16.95	0.0251
ADF (g/kg DM)	365.15	337.44	340.13	328.60	11.13	0.1703
Hemicellulose (g/kg DM)	280.90	233.43	248.34	241.43	22.67	0.4956

^{a,b} Means within the same row with different alphabetical letters were significantly different ($P<0.05$).

SEM = Standard error of mean

การทดลองที่ 3

วัตถุดิบของอาหารชั้นและองค์ประกอบทางเคมีแสดงไว้ในตารางที่ 3 การเติมกากเฝ้างในถั่วหมักมีแนวโน้มทำให้แพะมีปริมาณการกินได้ของถั่วหมักสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ (ตารางที่ 4) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าแพะมีปริมาณการกินได้ทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะพบว่า การเติมกากเฝ้างร่วมกับ *Lactobacillus plantarum* มีแนวโน้มของค่าการย่อยได้ของโภชนะสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนค่า pH ในกระเพาะหมัก พบว่าก่อนให้อาหาร แพะมีค่า pH 7.10-7.30 และมีค่าลดลงอยู่ในช่วง 6.85-7.22 หลังการให้อาหาร 4 ชั่วโมง โดยแพะกลุ่มที่ได้รับถั่วหมักเสริมด้วยกากเฝ้างและ *Lactobacillus plantarum* มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ ($P < 0.05$) ปริมาณยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดมีค่าอยู่ในช่วง 14.00-16.73 mg/dl ในชั่วโมงที่ 0 ก่อนการให้อาหาร และเพิ่มขึ้น 16.87-20.83 mg/dl ในชั่วโมงที่ 4 หลังการให้อาหาร โดยแพะที่ได้รับถั่วหมักเสริมด้วยกากเฝ้างร่วมกับ *Lactobacillus plantarum* มีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 5)

Table 3. Chemical composition in experimental diets (Exp.3)

Ingredients	(%)	Chemical composition	
Cassava chips	54.5	DM (g/kg)	910
Rice bran	25.1	CP (g/kg DM)	116.7
Soybean meal	4.1	NDF (g/kg DM)	425.4
Whole cottonseed	8	ADF (g/kg DM)	271.4
Molasses	4.4		
Urea	1.80		
Salt	0.9		
Oyster shells	0.4		
Dicalcium			
phosphate	0.4		
Premix	0.4		
Sulfur	0.1		

Table 4. Feed intake and nutrient digestibility of Thapra Stylo legume silages in goats

Items	Control	DMP	FJLB +DMP	Lp+DMP	SEM	P value
Silage intake						
g/DM/d	581.5	590.37	467.35	517.91	31.59	0.6342
%BW	2.47	3.12	2.43	2.62	0.11	0.3135
g/kg BW ^{0.75}	51.76	64.87	50.79	55.03	2.25	0.3087
Concentrates intake						
g/DM/d	277.55	279.07	277.55	279.07	16.74	1.0000
%BW	1.4	1.42	1.43	1.42	0.01	0.3703
g/kg BW ^{0.75}	29.39	29.73	29.8	29.73	0.48	0.9899
Total intake						
g/DM/d	759	869.4	744.9	797	46.59	0.8271
%BW	3.86	4.54	3.85	4.04	0.11	0.3180
g/kg BW ^{0.75}	81.17	94.61	80.58	84.76	2.43	0.3519
Nutrient digestion, (g/kg)						
DM	671.30	631.70	601.40	715.00	21.70	0.4462
OM	685.30	647.20	615.90	727.70	20.53	0.4203
CP	668.50	686.30	616.40	755.60	17.67	0.2242
NDF	619.70	536.70	520.40	653.80	31.18	0.5114
ADF	647.50	595.90	557.10	677.20	38.76	0.5989

Table 5. Ruminal pH value and blood urea nitrogen (BUN, mg/dl) in goats

Items	Control	DMP	FJLB +DMP	Lp+DMP	SEM	P value
pH 0h	7.31 ^a	7.29 ^a	7.23 ^{ab}	7.10 ^b	0.018	0.0662
pH 4h	6.84	6.97	6.84	6.86	0.023	0.396
BUN 0h	16.05	16.73	16.20	14.00	0.382	0.2734
BUN 4h	20.83	20.07	19.25	16.87	0.836	0.5322

^{a,b} Means within the same row with different alphabetical letters were significantly different (P<0.05). SEM = Standard error of mean.

การทดลองที่ 4

ปริมาณการกินได้

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้นและถั่วท่าพระสไตโลหมักแสดงไว้ในตารางที่ 6 อาหารข้นในการทดลองครั้งนี้มีปริมาณโปรตีนหยาบ 16 % ส่วนถั่วอาหารหมักมีค่า pH $\leq$ 4.25 ในกลุ่มที่ใช้สารเสริม น้ำหนักตัวเริ่มต้นและการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวของแพะแต่ละกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เมื่อสิ้นสุดการทดลองแพะมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นทุกกลุ่ม (1.5-1.8 กก/ตัว) (ตารางที่ 7) ปริมาณการกินได้ของถั่วหมักรวมถึงปริมาณการกินได้ทั้งหมดในแต่ละกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

Table 6. Chemical composition in experimental diets (Exp. 4)

Item	Concentrate	CO	DMP	FJLB	DMP+FJLB
DM (%)	89.51	34.50	40.00	36.50	38.50
CP (%DM)	16.05	10.74	11.60	12.75	10.89
NDF (%DM)	25.75	68.43	64.96	66.51	74.12
ADF (%DM)	45.65	45.15	40.41	41.46	53.22
Ash (%DM)	7.02	11.25	14.18	13.3	17.46
Total phenolic content (mg gallic acid/g DM)	-	4.41	7.25	4.15	7.88
Silage profiles					
pH	-	4.41	3.95	4.25	4.02
Lactic acid (%DM)	-	0.69	1.15	3.87	2.78
Acetic acid (%DM)	-	0.99	1.89	2.37	3.61
Propionic acid (%DM)	-	0.13	0.11	0.16	0.67
Butyric acid (%DM)	-	0.63	0.20	0.43	0.46

Table 7. Growth performance and feed intake of goats fed with Stylo silages

	CO	DMP	FJLB	DMP+FJLB	SEM	P value
Initial BW (kg)	13.6	15	13.5	13.6	-	-
Final BW (kg)	14.6	15.6	15.5	14.4	0.41	0.6517
BW change (kg)	1.8	1.6	1.5	1.6	0.25	0.9783
Intake silage						
BW (%)	2.64	2.55	2.13	2.29	0.11	0.3428
g/BW ^{0.75}	50.3	50.08	41.59	43.51	1.75	0.2189
Intake concentrate						
BW (%)	1.64	1.68	1.69	1.68	0.02	0.6742
g/BW ^{0.75}	31.63	33.12	33.16	32.2	0.38	0.4366
Total intake						
BW (%)	4.28	4.24	3.82	3.97	0.11	0.4045
g/BW ^{0.75}	81.93	83.2	74.76	75.71	1.59	0.1846

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ

ค่าการย่อยได้ของโภชนะในแพะแสดงในตารางที่ 8 จากการศึกษาพบว่าการเติมกากเม่าผง น้ำพีชหมัก (LAB) มีค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบและอินทรีย์วัตถุสูงกว่ากลุ่มอื่น ($P < 0.05$) ยกเว้นการเติมกากเม่าผง แพะกลุ่มที่ได้รับถั่วหมักเสริมด้วยกากเม่าผงร่วมกับน้ำพีชหมักมีค่าการย่อยได้ของโปรตีนหยาบต่ำกว่ากลุ่มที่ที่ใช้สารเสริมชนิดอื่น ส่วนค่าการย่อยได้ของ NDF และ ADF มีค่าสูงกว่าในกลุ่มที่ได้รับถั่วหมักเสริมด้วยน้ำพีชหมัก ($P < 0.05$)

Table 8. Apparent nutrient digestibility coefficient of goats fed with Stylo silages

	CO		DMP		FJLB		DMP+FJLB		SEM	P value
DM	74.46	^b	77.4	^{ab}	84.05	^a	72.08	^b	1.20	0.0157
OM	76.70	^b	78.92	^{ab}	85.58	^a	73.55	^b	1.12	0.0109
CP	77.81	^{ab}	81.16	^a	86.14	^a	71.21	^b	1.35	0.0094
NDF	65.57	^b	69.8	^b	79.58	^a	66.35	^b	1.38	0.0088
ADF	62.85	^b	63.84	^b	75.63	^a	68.24	^{ab}	1.46	0.0272

^{a,b} Means within the same row with different alphabetical letters were significantly different (P<0.05). SEM = Standard error of mean

กระบวนการหมัก ผลผลิตสุดท้ายของกระบวนการหมัก และเมตาบอไลต์ในเลือด

ค่า pH ของของเหลวในกระเพาะรูเมนในช่วงเวลาที่ 0 และ 4 หลังการให้อาหาร แสดงในตารางที่ 9 ค่า pH ของของเหลวในกระเพาะรูเมนในแพะที่ได้รับอาหารหมักมีค่าไม่แตกต่างกัน และมีค่า pH เฉลี่ย 7.52 ที่ช่วงเวลาที่ 0 และลดลง 7.05 ในช่วงเวลาที่ 4 หลังการให้อาหาร ค่าความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในเลือด (BUN) มีค่าสูงขึ้นในช่วงเวลาที่ 4 หลังการให้อาหาร เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนให้อาหาร ค่า BUN ไม่มีความแตกต่างกันในแพะที่ได้รับอาหารหมักทุกชนิด โดยมีค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วง 23.70-32.74 มิลลิกรัม/เดซิลิตร

การทดลองนี้พบว่า ปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดในช่วงเวลาที่ 0 มีค่าสูงในแพะที่ได้รับถั่วหมักเสริมด้วยกากเม่าผง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่นๆ ส่วนค่าความเข้มข้นของกรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทิริก ไม่แตกต่างกันในอาหารทุกชนิด ส่วนในช่วงเวลาที่ 4 หลังการให้อาหารพบว่าค่าความเข้มข้นของกรดอะซิติกในกลุ่มที่ได้รับถั่วหมักเสริมด้วยน้ำฟักหมักมีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ (P<0.05) และมีแนวโน้มจะมีความเข้มข้นของกรดโพรพิโอนิกสูงกว่าอื่นๆ ทั้งปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดและสัดส่วนความเข้มข้นของกรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทิริกพบว่ามีความอยู่ในช่วงปกติ (France and Siddons, 1983; Strokes et al., 1991; Hristov et al., 2001; Donmez et al., 2003).

Table 9. Rumen fermentation in goats fed with Stylo silages

	CO	DMP	FJLB	DMP+FJLB	SEM	P value
pH						
0h	7.61	7.43	7.42	7.64	0.04	0.2065
4h	7.18	6.98	6.85	7.22	0.06	0.1232
BUN (mg/dl)						
0h	24.01	24.48	23.7	23.92	0.67	0.9804
4h	31.76	32.43	30.49	32.74	0.54	0.4793
TVFA ² (mmol/mol) 0h						
	72.78 ^{ab}	82.02 ^a	58.84 ^b	60.42 ^b	3.33	0.0797
(mol/100 mol)						
AA	78.31	76.47	77.25	78.54	1.26	0.9306
PA	12.37	123.7	12.66	13.28	0.68	0.8993
BA	9.32	9.83	10.09	8.18	0.88	0.8728
TVFA (mmol/mol) 4h						
	90.51	103.66	113.86	89.31	5.74	0.4051
(mol/100 mol)						
AA	79.95 ^a	80.16 ^a	74.83 ^b	80.35 ^a	0.81	0.0780
PA	12.28 ^{ab}	12.00 ^{ab}	15.23 ^a	11.23 ^b	0.54	0.0816
BA	7.77	7.84	9.94	8.42	0.56	0.4994

^{a,b} Means within the same row with different alphabetical letters were significantly different (P<0.05). SEM = Standard error of mean. TVFA = Total volatile fatty acids.

คุณภาพซากและคุณค่าทางโภชนาของเนื้อ

ลักษณะของเนื้อและองค์ประกอบทางโภชนาแสดงในตารางที่ 10 เปอร์เซ็นต์ซากของแพะที่ได้รับอาหารหมักที่เสริมด้วยน้ำพืชหมักมีค่าสูงกว่าที่ได้รับอาหารหมักกลุ่มอื่นๆ ในขณะที่ปริมาณตับ หัวใจ ปอด ม้ามและไตไม่มีผลจากการใช้สารเสริมในอาหารหมัก ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมันและไขมันในเนื้อแพะไม่มีความแตกต่างกัน แต่การเสริมกากเม่าร่วมกับน้ำพืชหมักในถั่วทำพระสไตโลหมักทำให้ปริมาณเก่าในเนื้อสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ซึ่งจากการศึกษาการใช้สารฟีนอลิกในอาหารสัตว์อื่นๆ พบว่าไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ซากเช่นกัน (Krehbiel et al., 2003; Ahmed et al., 2014; Kotsampasi et al., 2014)

คุณภาพเนื้อ

ค่า pH

ค่า pH เนื้อมีค่าลดลงหลังจากการฆ่า (ตารางที่ 11) โดยค่า pH ของเนื้อแพะที่ได้รับถั่วหมักเสริมด้วยกากเม่าผงบดต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ ส่วนค่า pH เนื้อที่ 24 ชั่วโมงหลังการฆ่า พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับถั่วหมักเสริมด้วยน้ำพืชหมักมีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ค่า pH เนื้อที่ 24 ชั่วโมงหลังการฆ่าควรมีค่าระหว่าง 5.4-5.7 ซึ่งในการศึกษานี้พบในเนื้อแพะของกลุ่มที่ได้รับการเสริมกากเม่าผงบด แต่อย่างไรก็ตามค่า pH ของเนื้อที่ได้ไม่มีความแตกต่างจากการศึกษาอื่นๆ (Swan et al., 1998; Hussain et al., 2000; Simela et al., 2004)

Cooking loss

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการให้ความร้อน พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันระหว่างสารเสริมชนิดต่างๆ อย่างไรก็ตามการใช้สารเสริมมีเปอร์เซ็นต์ของ drip loss และ cooking loss ลดลงตามเวลาที่เก็บรักษา เนื้อแพะมีความนุ่มของเนื้อน้อยกว่าแกะเนื่องจากมีค่าไขมันในเนื้อต่ำ (Lee et al., 2008) ซึ่งค่า cooking loss ของเนื้อแพะเป็นที่น่าสนใจ เนื่องจากปริมาณน้ำที่เหลือหลังจากการให้ความร้อนเป็นค่าที่แสดงถึงความนุ่มของเนื้อ (Forrest et al., 1975) โดยปกติค่า cooking loss มีค่าเข้าใกล้ 35% (Babiker et al., 1990; Swan et al., 1998; Dhanda et al., 1999) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 31.95-35.30% ในเนื้อแพะที่ 24 ชั่วโมงหลังการฆ่า และมีค่าลดลงถึง 24.08-

28.98% ในวันที่ 5 ของการบ่มเนื้อ อย่างไรก็ตามพบว่าเปอร์เซ็นต์ drip loss และ cooking loss ไม่มีผลมาจากการใช้สารเสริมในถั่วหมัก

Warner-Bratzler shear force

สำหรับเนื้อสัมผัสของเนื้อแพะ วัดค่า shear force ของเนื้อหลังจากการฆ่าที่ 24 ชั่วโมงพบว่าไม่มีอิทธิพลจากการใช้สารเสริม แต่หลังจากการบ่มที่ 5 วัน พบว่าค่า shear force ของเนื้อลดลง แต่ไม่มีความแตกต่างระหว่างสารเสริมแต่ละชนิด มีรายงานว่าค่า shear force ของเนื้อที่ 24 ชั่วโมงหลังการฆ่า ไม่ได้รับอิทธิพลจากการใช้สารเสริมในอาหารหมัก และค่า shear force ของเนื้อจะดีขึ้นเมื่อบ่มที่ 4 °C เป็นเวลา 5 วัน โดย Kanan et al. (2002) รายงานว่าค่าความนุ่มของเนื้อแพะจะเกิดขึ้นภายใน 4 วันแรกของการบ่มในตู้เย็นและจะไม่พบการเปลี่ยนแปลงของค่า shear force ของเนื้อเกิดขึ้นหลังจากนั้น หลังจากการบ่มเป็นเวลา 5 วัน จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าค่า shear force ของเนื้อแพะมีค่าใกล้เคียงกับผลการทดลองของ Karami et al. (2011) ที่บ่มเนื้อเป็นเวลา 14 วัน

Lipid oxidation ในเนื้อ

การเสริมกากเม่าผงในถั่วทำพระสโตโลมีค่า TBARS ในเนื้อต่ำกว่าการใช้สารเสริมชนิดอื่นๆ ($P < 0.05$) ซึ่งให้เห็นว่าการเติมกากเม่าผงสามารถชะลอการเกิดการหืนเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidative rancidity) ของเนื้อ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของงานวิจัยอื่นๆ ที่พบว่าการให้อาหารที่มีสารแอนติออกซิเดชันที่ได้ธรรมชาติเช่น กรดฟีนอลิก สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ (Kotsampai et al., 2014; Emami et al., 2015; Zhong et al., 2015) นอกจากนี้ยังพบว่าเนื้อแพะมีค่า TBARS เพิ่มขึ้นจาก 0.55-194 ที่ 24 ชั่วโมงหลังการฆ่าเป็น 1.00-3.23 ที่ 5 วันของการบ่ม หลังการบ่มเนื้อที่ 5 วัน ค่า TBARS ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างการใช้สารเสริม ส่วนกลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริมในถั่วหมักพบว่ามีค่า TBARS สูงกว่ากลุ่มอื่น ($P < 0.05$) อย่างไรก็ตาม ค่า TBARS มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการบ่มทั้งกลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริมและการใช้สารเสริม

สีของเนื้อแพะ

ค่าสีของเนื้อแพะที่ได้รับถั่วหมักเสริมด้วยกากเม่าผงมีค่าสว่างของเนื้อน้อยกว่ากลุ่มที่เสริมน้ำพืชหมักอย่างเดียวหรือไม่ใช้สารเสริมเลย (ตารางที่ 12) และพบว่าค่าสีแดง (a^*) และ Chroma index (C^*) ของเนื้อไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์ เนื้อแพะมีค่าสีแดงต่ำในวันที่ 5 ของการบ่มเมื่อ

เปรียบเทียบกับวันที่ 1 และ 3 ของการบ่ม ส่วนค่าสีเหลืองในเนื้อแพะกลุ่มที่ได้รับน้ำพีชหมัก (b^*) ต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริมแต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มสารเสริมอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Roja และ Brewer (2008) ที่พบว่าค่าสีเหลืองของเนื้อวัวมีค่าลดลงเมื่อเติมสารแอนติออกซิแดนท์จากธรรมชาติ ค่า Hue angle (H^*) คำนวณจากค่า a^* และ b^* ซึ่งจะแสดงค่าการเกิด meat browning ได้ชัดเจนกว่าการใช้ค่าจากสีเดียว จากการศึกษาพบว่า ค่า H^* ในกลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริมมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่มีการใช้สารเสริม จากการรายงานของ Emami et al. (2015) พบว่าเนื้อแพะที่เลี้ยงด้วยกากเมล็ดทับทิมที่มีสารฟีนอลิกมีค่า H^* ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม จากการศึกษาพบว่าค่า H^* เพิ่มขึ้นและดัชนีค่า C^* ลดลงตามเวลาการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Karami et al. (2011a; 2011b) ค่าการลดลง a^* และ C^* และการเพิ่มของค่า H^* ใช้เป็นค่าแสดงการเสื่อมของสีเนื้อที่สัมพันธ์กับความเข้มข้นของ metmyoglobin ในเนื้อ (Luciano et al., 2011)

Table 10. The effect of Stylo silages treated with dried mao pomace and fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria (FJLB) on carcass and chemical compositions of meat goats

	CO	DMP	FJLB	DMP+FJLB	SEM	P value
Slaughter weight (kg)	15.50	15.55	15.50	13.63	0.56	0.5619
Carcass weight (kg)	6.40 ^{ab}	6.44 ^{ab}	7.15 ^a	5.25 ^b	0.67	0.0606
Carcass dressing (%)	41.35 ^c	41.34 ^b	46.16 ^a	38.75 ^b	0.56	0.0040
Liver (kg/100 kgBW)	1.93	1.90	1.50	1.89	0.07	0.1879
Heart (kg/100 kgBW)	0.82	0.80	0.74	0.85	0.04	0.8329
Lung (kg/100 kgBW)	1.12	1.27	1.26	1.15	0.07	0.8344
Kidney (kg/100 kgBW)	0.45	0.45	0.45	0.45	0.03	0.9865
Chemical composition (%)						
Dry matter (%)	21.53	21.98	22.98	20.64	0.25	0.1925
CP (%DM)	14.35	14.89	14.5	14.82	0.11	0.3195
Ether Extract (%DM)	6.20	6.11	6.03	5.48	0.24	0.7187
Ash (%DM)	6.85 ^b	6.40 ^b	6.70 ^b	7.97 ^a	0.16	0.0220

^{a,b} Within a row, different superscripts indicate the difference between dietary treatments (P<0.05).

CO = untreated silage, DMP = dried mao pomace, FJLB = fermented juice of lactic acid bacteria, DMP+FJLB = dried mao pomace plus fermented juice of lactic acid bacteria.

SEM = Standard error of the mean.

Table 11. Effect of Stylo silages treated with dried mao pomace and fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria (FJLB) on the pH and color of goat meat at 24 h and 5 days of aging

	CO		DMP		FJLB		DMP+FJLB	SEM	P value
At 24h									
pH	5.80	^b	5.76	^b	5.81	^b	6.00	^a	0.0434
L*	44.95	^{ab}	46.07	^a	41.39	^b	45.54	^a	0.0379
a*	14.25		12.16		13.59		13.67		0.3217
b*	13.02		12.42		11.02		12.01		0.3172
Drip loss (%)	12.08		12.65		7.68		6.60		0.0949
Cook loss (%)	35.30		32.20		31.95		35.30		0.1732
Shear force (N)	89.9		94.83		74.70		69.73		0.2445
TBARS	1.04	^b	0.55	^b	1.76	^a	1.78	^a	0.0009
At 5 d aging									
Total weight loss									
(%)	35.07		39.02		22.09		27.79		0.3773
Drip loss (%)	3.80		4.75		6.40		5.65		0.6778
Cook loss (%)	28.98		24.08		24.50		26.33		0.5965
Shear force (N)	41.58		36.97		42.17		38.97		0.9344
TBARS	3.38	^a	1.00	^b	1.89	^b	1.84	^b	0.0224

^{a,b} Within a row, the different superscripts indicate the difference between dietary treatments (P<0.05).

CO = untreated silage, DMP = dried mao pomace, FJLB = fermented juice of lactic acid bacteria, DMP+FJLB = dried mao pomace plus fermented juice of lactic acid bacteria.

SEM = Standard error of the mean.

TBARS = thiobarbituric acid reactive substance value (mg DMA/ kg meat).

Table 12. Effect of the silage additive and storage time on color stability of raw LL muscle at 1, 3 and 5 days of aging

Item	Diets				Storage time				P value			
	CO	DMP	FJLB	DMP+FJLB	1	3	5	SEM	Diet	Time	Diet × Time	
L*	42.59 ^{ab}	44.92 ^a	40.71 ^b	45.7 ^a	44.66	43.08	42.7	0.52	0.0078	0.2877	0.7850	
a*	14.61	15.28	14.69	14.84	15.99 ^x	15.53 ^x	13.04 ^y	0.23	0.6866	<0.0001	0.6454	
b*	11.08 ^a	10.27 ^{ab}	9.21 ^b	9.52 ^b	9.93 ^{xy}	10.89 ^x	9.24 ^y	0.21	0.0127	0.0086	0.6127	
H*	37.24 ^a	33.97 ^b	32.48 ^b	32.23 ^b	32.46 ^y	34.27 ^{xy}	35.21 ^x	0.41	0.0004	0.0308	0.9243	
C*	18.34	18.44	17.35	17.66	18.47 ^x	19.37 ^x	16.00 ^y	0.28	0.4835	<0.0001	0.6013	

^{a, b, c} Within a row, the different superscripts indicate the difference between silage treatments (P<0.05).

^{x, y, z} Within a row, the different superscripts indicate the difference between storage time (P<0.05).

The values are least- square means.

CO = untreated silage, DMP = dried mao pomace, FJLB = fermented juice of lactic acid bacteria, DMP+FJLB = dried mao pomace plus fermented juice of lactic acid bacteria.

H* = hue angle (calculated as $\tan^{-1}(b^*/a^*)$), C* = chroma calculated $(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$.

SEM = Pooled standard error of the mean.

5. เอกสารอ้างอิง

- Ahmed, S. T., Mun, H-S., Islam, Md. M., & Yang, C-J. (2014). Growth performance, carcass characteristics and meat quality of Hanwoo steers fed fermented liquid whey inoculated with lactic acid bacteria. *African Journal of Microbiology Research*, 8(15), 1601-1609.
- AOAC (1995). *Official Methods of Analysis* (12th ed.) Washington, DC: Association of Official Analysis Chemists.
- Babiker, S.A., El Khider, I.A., & Shafie, S.A. (1990). Chemical composition and quality attributes of goat meat and lamb. *Meat Science*, 28(4), 273-277.
- Balasundram, N., Sundram, K., & Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial. *Food Chemistry*, 99(1), 191-203.
- Bhushan, S., Kalia, K., Sharma, M., Singh, B., & Ahuja, P. S. (2008). Processing of apple pomace for bioactive molecules. *Critical Reviews in Biotechnology*, 28(4), 285-296.
- Buege, J. A., & Aust, S.D. (1978). Assay of lipid oxidation in muscle samples. *Methods in Enzymol.* 54, 305.
- Bureenok, S., Tamaki, M., Kawamoto, Y., & Nakada, T. (2007). Additive effects of green tea on fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria (FJLB) and the fermentative quality of Rhodesgrass silage. *Asian-Australasian Journal Animal Science*, 20(6), 920 – 924.
- Bureenok, S., Yuangklang, C., Vasupen, K., Schonewille, J.T., & Kawamoto, Y. (2012). The Effects of additives in Napier grass silages on chemical composition, feed intake, nutrient digestibility and rumen fermentation. *Asian-Australasian Journal Animal Science*, 25(9), 1248-1254.
- Dhanda, J.S., Taylor, D.G., Murray, P.J., & McCosker, J.E. (1999). The influence of goat genotype on the production of capretto and chevon carcasses. 2. Meat quality. *Meat Science*, 52(4), 363-367.
- Devatkal, S.K., & Naveena, B.M. (2010). Effect of salt, kinnow and pomegranate fruit by-product powders on color and oxidative stability of raw ground goat meat during refrigerated storage. *Meat Science*, 85(2), 306-311.

- Donmez, N., Karsli M.A., Cinar, A., Aksub, T., Baytok, E. (2003). The effects of different silage additives on rumen protozoan number and volatile fatty acid concentration in sheep fed corn silage. *Small Ruminant Research*, 48, 227-231.
- Dunne, P. G., Monahan, F. J., O'Mara, F. P., & Moloney, A. P. (2005). Colour stability, under simulated retail display conditions, of *M. longissimus dorsi* and *M. semimembranosus* from steers given long-term daily exercise and supplemented with vitamin E. *Meat Science*, 71(3), 480-489.
- Emami, A., Fathi Nasri, M.H., Ganjkhanelou, M., Zali A., & Rashidi, L. (2015). Effects of dietary pomegranate seed pulp on oxidative stability of kid meat. *Meat Science*, 104, 14-19.
- Estevez, M., Ventanas, S., & Cava, R. (2005). Protein oxidation in frankfurters with increasing levels of added rosemary essential oil: effect on color and texture deterioration. *Journal of Food Science*, 70(7), C427-C432.
- France, J., Siddons, R.C. (1983). Volatile fatty acid production. In: Forbes, J.M., France, J. (eds). *Quantitative Aspects Ruminant Digestion and Metabolism*. CAB International, Willingford. pp. 107-122.
- Fernandez, J., Perej-Alvarez, J. A., & Fernandez-Lopez, J. A. (1997). Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. *Food Chemistry*, 59(3), 345-353.
- Forrest, J.C., Aberle, E.D., Hendrick, H.B., Judge, M.D., Merkel, R.A. (1975). Meat as food. In: *Principles of Meat Science*. WH and Company, New York, pp. 3-7.
- Hiraoka, H., Yamamoto, Y., Urakawa, S., Yamada, H., Karita, S., & Goto, M. (2006) Effective fractions and micro biota of fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria FJLB of rice plant *Oryza sativa* L. *Japanese Journal of Grassland Science*, 51(4), 379-384.
- Honikel, K.O. (1998). Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, 49(4), 447-457.
- Hristov, A.N., Ivan, M., Rode, L.M., McAllister, T.A. (2001). Fermentation characteristics and ruminal ciliate protozoal populations in cattle fed medium- or high-concentrate barley-based diets. *Journal of Animal Science*, 79, 515-524.

- Husain, M.H., Murray, P.J. & Taylor, D.G. (2000). Meat quality of first and second cross capretto goat carcasses. *Asian-Aust. Journal of Animal Science*, 13 (suppl. B), 174–177.
- Kachouri, K., & Hamdi, M. (2006). Use *Lactobacillus plantarum* in olive oil process and improvement of phenolic compounds content. *Journal of Food Engineering*, 77(3), 746-752.
- Kannan, G., Chawan, C. B., Kouakou, B., & Gelaye, S. (2002). Influence of packaging method and storage time on shear value and mechanical strength of intramuscular connective tissue of chevon. *Journal of Animal Science*, 80(9), 2383-2389.
- Kannan, G., Kouakou, B., & Gelaye, S. (2001). Color changes reflecting myoglobin and lipid oxidation in chevon cuts during refrigerated display. *Small Ruminant Research*, 42, 67-75.
- Karami, M., Alimon, A.R., & Goh, Y.M. (2011). Effect of vitamin in E, *Andrographis paniculata* and turmeric as dietary antioxidant supplementation on lipid and color stability of goat meat. *Small Ruminant Research*, 97(1-3), 67-71.
- Karami, M., Alimon, A.R., Sazili, A.Q., Goh, Y.M., & Ivan, M. (2011). Effects of dietary antioxidants on the quality, fatty acid profile, and lipid oxidation of longissimus muscle in Kacang goat with aging time. *Meat Science*, 88(1), 102-108.
- Karami, M., Alimon, A.R., Sazili, A.Q., Goh, Y. M. (2010). Meat quality and lipid oxidation of infraspinatus muscle and blood plasma of goats under dietary supplementation of herbal antioxidants. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(24), 3039-3047.
- Ke, W.C., Yang, F.Y., Undersander, D.J. & Guoa, X.S. (2015). Fermentation characteristics, aerobic stability, proteolysis and lipid composition of alfalfa silage ensiled with apple or grape pomace. *Animal Feed Science and Technology*, 202, 12-19.
- Kotsampasi, B., Christodoulou, V., Zotos, A., Liakopoulou-Kyriakides, M., Goulas, P., Petrotos, K., Natas, P. & Bampidis, V.A. (2014). Effects of dietary pomegranate byproduct silage supplementation on performance, carcass characteristics and

- meat quality of growing lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 92-102.
- Krehbiel, C.R., Rust S.R., Zhang G., & Gilliland S.E. (2003). Bacterial direct-fed microbials in ruminant diets: Performance response and mode of action. *Journal of Animal Science*, 81, E120-E132.
- Lee, J.H., Kouakou, B., & Kannan, G. (2008). Chemical composition and quality characteristic of chevon from goats fed three different post-weaning diets. *Small Ruminant Research*, 75(2-3), 177-184.
- Liu, Q., Chen M., Zhang J., Shi S., & Cai Y. (2012). Characteristics of isolated lactic acid bacteria and their effectiveness to improve stylo (*Stylosanthes guianensis* Sw.) silage quality at various temperatures. *Animal Science Journal*, 83(2), 128-135.
- Liu, Q., Lanari, M., & Schaefer, D. (1995). A review of dietary vitamin E supplementation for improvement of beef quality. *Journal of Animal Science*, 73(10), 3131–3140.
- Liu, Q., Zhang J., Shi S., & Sun Q. (2011). The effects of wilting and storage temperature quality and aerobic stability of stylo silage. *Animal Science Journal*, 82(4), 549-553.
- Luciano, G., Moloney, A., Priolo, A., Rohrle, F., Vasta, V., Biondi, L., Lopez-Andres, P., Grasso, S., & Monahan, F. (2011). Vitamin E and polyunsaturated fatty acids in bovine muscle and the oxidative stability of beef from cattle receiving grass or concentrate-based rations. *Journal of Animal Science*, 89(11), 3759-3768.
- Luciano, G., Monahan, F., Vasta, V., Pennisi, P., Bella, M., & Priolo, A. (2009). Lipid and colour stability of meat from lambs fed fresh herbage or concentrate. *Meat Science*, 82(2), 193-199.
- Mancini, R.A. & Hunt, M.C. (2005). Current research in meat color. *Meat Science*, 71(1), 100-121.
- McCann, M. J., Gill, C. I. R., O' Brien, G., Rao, J. R., McRoberts, W. C., Hughes, P., McEntee, R., & Rowland, I. R. (2007). Anti-cancer properties of phenolics from apple waste on colon carcinogenesis in vitro. *Food and Chemical Toxicology*, 45(7), 1224-1230.

- McDonald, P., Henderson, A.R., & Heron, S.J.E. (1991). The biochemistry of silage, 2nd ed. Chalcombe Publications, Marlow, England.
- Park, Y.W., Kouassi, M.A., & Chin, K.B. (1991). Moisture, total fat and cholesterol in goat organ and muscle meat. *Journal of Food Science*, 56 (5), 1191-1193.
- Puangpronpitag, D., Areejitranusorn, P., Boonsiri, P., Suttajit, M., & Yongvanit, P. (2008). Antioxidant activities of Polyphenolic compounds isolated from *Antidesma thwaitesianum* Mull. Arg. Seeds and Marcs. *Journal of Food Science*, 73(9), C648-C653.
- Rojas, M. C., & Brewer, S. (2008). Effect of natural antioxidants on oxidative stability of frozen, vacuum-packaged beef and pork. *Journal of Food Quality*, 31(2), 173-188.
- Saide, J.A.O., & Gilliland, S.E. (2005). Antioxidative Activity of Lactobacilli Measured by Oxygen Radical Absorbance Capacity. *Journal of Dairy Science* 88(4), 1352-1357.
- Samappito, S., & Butkhup, L. (2008). An Analysis on organic acids contents in ripe fruits of fifteen Mao Luang (*Antidesma bunius*) cultivars, harvested from dipterocarp forest of Phupan valley in Northeast Thailand. *Pakistan Journal Biology Science*, 11(7), 974-981.
- Sapp, P. H., Williams, S. E., & McCann, M. A. (1999). Sensory attributes and retail display characteristics of pasture and/or grain fed beef aged 7, 14 or 21 days. *Journal of Food Quality*, 22(3), 257-274.
- SAS (Statistical Analysis System), (1994). Users guide. Fourth edition. Version 6. SAS Institute Inc. Carry NC., USA.
- Simela, L., Webb, E.C., & Frylinck, L. (2004). Post-mortem metabolic status, pH and temperature of chevon from South African indigenous goats slaughtered under commercial conditions. *South Africa Journal Animal Science*, 34 (1), 204-207.
- Strokes, S.R., Hoover, W.H., Miller, T.K., Blauweikel, R. (1991). Ruminant digestion and microbial utilization of diets varying in type of carbohydrate and protein. *Journal of Dairy Science*, 74, 871-881.

- Swan, J.E., Esguerra, C.M., & Farouk, M.M. (1998). Some physical, chemical and sensory properties of chevon products from three New Zealand breeds. *Small Ruminant Research*, 28(3), 273-280.
- Umana, R., Staples, C.R., Bates, D.B., Wilcox, C.J., Mahanna, W.C. (1991). Effects of a microbial inoculant and (or) sugarcane molasses on the fermentation, aerobic stability, and digestibility of bermudagrass ensiled at two moisture contents. *Journal of Animal Science*, 69, 4588-4601.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., & Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74 (10), 3583-3597.
- Virtanen, T., Pihlanto, A., Akkanen, S., & Korhonen, H. (2007). Development of antioxidant activity in milk whey during fermentation with lactic acid bacteria. *Journal of Applied Microbiology*, 102(1), 106-115.
- Wang, Y.C., Yu, R.C., & Chou, C.C. (2006). Antioxidative activities of soymilk fermented with lactic acid bacteria and bifidobacteria. *Food Microbiology*, 23(2), 128-135.
- Waterhouse, A.L. (2005). Polyphenolics. In: *Handbook of Food Analytical Chemistry*, Wrolstad R.E., Acree T.E., Decker E.A., Penner M.H., Reid D.S., Schwartz S.J., Shoemaker C.F., Smith D., Sporns P.(eds). London, UK, John Wiley and Sons. p. 461-470.
- Webb, E. C., Casey, N. H., & Simela, L. (2005). Goat meat quality. *Small Ruminant Research*, 60(1-2), 153-166.
- Wu, S.C., Wang, F.U., & Pan, C.L. (2010). The comparison of antioxidative properties of seaweed oligosaccharides fermented by two lactic acid bacteria. *Journal of Marine Science and Technology*, 18 (4), 537-545.
- Yahaya, M. S., Goto, M., Yimiti, W., Gamo, Y., Kim, W., Karita, S., Smerjai, B., Kawamoto, Y., & Ogawa, S. (2004). Epiphytic microbiota on tropical Tinaroo legume (*Neonotonia wightii*) as revealed by denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) and scanning electron microscopy (SEM) and their effects on silage

fermentation and ruminal degradability. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 3(6), 339-347.

Zhong, R.Z., Li, H.Y., Fang, Y., Sun, H.X., & Zhou, D.W. (2015). Effects of dietary supplementation with green tea polyphenols on digestion and meat quality in lambs infected with *Haemonchus contortus*. *Meat Science*, 105, 1-7.

ภาคผนวก

Output จากโครงการวิจัยที่ได้รับทุน

1. งานตีพิมพ์

Smerjai Bureenok, Benya Saenmahayak, Kraisit Vasupen, Chalernpol Yuangklang. Effect of Stylo silage treated with dried mao pomace (DMP) and lactic acid bacteria (LAB) on carcass characteristics and meat quality in goats with aging time. (Submitted to Meat Science).

2. การนำเสนอผลงานในที่ประชุมวิชาการ

Bureenok, S., Yuangklang C., Vasupen K., Saenmahayak B. Feed intake and nutrient digestibility in goats of silages prepared from Stylo legume (*Stylosanthes guianensis* CIAT184) treated with dried mao pomaces (DMP) and lactic acid bacteria. (Accepted to present The 5th International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries (SAADC2015), will be held on October 27-30, 2015, Pattaya, Thailand).

Manuscript Number:

Title: Effect of Stylo silage treated with dried mao pomace (DMP) and lactic acid bacteria (LAB) on carcass characteristics and meat quality in goats with aging time

Article Type: Research Paper

Keywords: Dried mao pomace; goat; lactic acid bacteria; lipid oxidation; color stability

Corresponding Author: Dr. Smerjai Bureenok,

Corresponding Author's Institution: Rajamangala University of Technology Isan

First Author: Smerjai Bureenok

Order of Authors: Smerjai Bureenok; Benya Saenmahayak; Kraisit Vasupen; Chalernpol Yuangklang

Abstract: Sixteen male goats were divided into four groups and individually penned for 80 days. Over this period, each group was fed untreated silage (CO), dried mao pomace-treated silage (DMP), lactic acid bacteria-treated silage (LAB) or DMP plus LAB silage (DMP+LAB). After being fed for 80 days, the goats were slaughtered and the Longissimus lumborum (LL) muscle was sampled. The goats fed with LAB-treated silage had higher ($P < 0.05$) carcass dressing (%) than the other diets. After slaughter, the TBARS values were lower ($P < 0.05$) in meat from all of the goats fed treated silage compared to those fed untreated silage at 5 days of aging. Higher H^* values were observed in meat from untreated silage-fed animals compared to meat from the animals receiving other treatments. We conclude that under conditions that promote oxidative stress in meat, DMP and LAB-treated silage can improve the oxidative stability of meat compared to untreated silage.

Suggested Reviewers: Kanokorn Intarapichet Ph.D
Associate Professor
ikanok-orn@sut.ac.th

Christy L. Bratcher
clb0012@auburn.edu



The 5th International Conference on
Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries
October 27-30, 2015
Pattaya, Thailand
www.saadc2015.com



LETTER OF ACCEPTANCE

June 16, 2015

Dear Dr. Bureenok, S.,

We take the pleasure to inform you that your abstract "Feed intake and nutrient digestibility in goats of silages prepared from Stylo legume (*Stylosanthes guianensis* CIAT184) treated with dried mao pomaces (DMP) and lactic acid bacteria (Bureenok, S., Yuangklang C., Vasupen K., Saenmahayak B.) has been accepted as the oral presentation by the review committee of the SAADC2015 and will be published in the SAADC2015 proceedings.

The 5th International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries (SAADC2015), will be held on October 27-30, 2015, Pattaya, Thailand.

We are looking forward to your participation in the SAADC2015, in Pattaya, Thailand.

Sincerely Yours,

Assist. Prof. Dr. Chalermpon Yuangklang
SAADC2015 Conference Chairperson

Department of Agricultural Technology and Environment
Faculty of Sciences and Liberal Arts
Rajamangala University of Technology Isan
744 Suranarai Road, Muang, Nakhon Ratchasima, 30000 Thailand
Tel: 66-44-233-000 ext 4811
Fax: 66-44-233-072
E-mail: saadc2015@sci.rmuti.ac.th
Website: www.saadc2015.com

*"Climate smart sustainable animal agriculture for food security and
livelihood improvement in the developing countries"*

Manuscript Number:

Title: Effect of Stylo silage treated with dried mao pomace (DMP) and lactic acid bacteria (LAB) on carcass characteristics and meat quality in goats with aging time

Article Type: Research Paper

Keywords: Dried mao pomace; goat; lactic acid bacteria; lipid oxidation; color stability

Corresponding Author: Dr. Smerjai Bureenok,

Corresponding Author's Institution: Rajamangala University of Technology Isan

First Author: Smerjai Bureenok

Order of Authors: Smerjai Bureenok; Benya Saenmahayak; Kraisit Vasupen; Chalernpol Yuangklang

Abstract: Sixteen male goats were divided into four groups and individually penned for 80 days. Over this period, each group was fed untreated silage (CO), dried mao pomace-treated silage (DMP), lactic acid bacteria-treated silage (LAB) or DMP plus LAB silage (DMP+LAB). After being fed for 80 days, the goats were slaughtered and the Longissimus lumborum (LL) muscle was sampled. The goats fed with LAB-treated silage had higher ($P < 0.05$) carcass dressing (%) than the other diets. After slaughter, the TBARS values were lower ($P < 0.05$) in meat from all of the goats fed treated silage compared to those fed untreated silage at 5 days of aging. Higher H^* values were observed in meat from untreated silage-fed animals compared to meat from the animals receiving other treatments. We conclude that under conditions that promote oxidative stress in meat, DMP and LAB-treated silage can improve the oxidative stability of meat compared to untreated silage.

Suggested Reviewers: Kanokorn Intarapichet Ph.D
Associate Professor
ikanok-orn@sut.ac.th

Christy L. Bratcher
clb0012@auburn.edu

Smerjai Bureenok

Department of Agricultural Technology and Environment

Faculty of Sciences and Liberal Arts

Rajamangala University of Technology Isan

Nakhon Ratchasima, Thailand

Dear Editor of Meat Science,

We wish to submit a new manuscript entitled “Effect of Stylo silage treated with dried mao pomace (DMP) and lactic acid bacteria (LAB) on carcass characteristics and meat quality in goats with aging time” for consideration by the Meat Science. We confirm that this work is original and has not been published elsewhere nor is it currently under consideration for publication elsewhere.

In this paper, we report on the effect of Stylo silage treated with DMP and LAB which improved the lipid oxidation of goat meat with no adverse effects on carcass characteristics and it can improve lipid stability by reducing lipid oxidation. This is significant because the natural sources of antioxidant is preferred by the consumer. The paper should be of interest to readers in the areas of animal production and meat science.

Please address all correspondence concerning this manuscript to me at asmerjai@hotmail.com.

Thank you for your consideration of this manuscript.

Sincerely,

Smerjai Bureenok

**Effect of Stylo silage treated with dried mao pomace (DMP) and lactic acid bacteria
(LAB) on carcass characteristics and meat quality in goats with aging time**

S. Bureenok^{a,*}, B. Saenmahayak^a, K. Vasupen^a and C. Yuangklang^a

^a *Department of Agricultural Technology and Environment, Faculty of Sciences and
Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima, Thailand*

* Corresponding Author: S. Bureenok. Tel: +66-44-233-000 ext. 4811,

E-mail: asmerjai@hotmail.com

Abstract

Sixteen male goats were divided into four groups and individually penned for 80
days. Over this period, each group was fed untreated silage (CO), dried mao pomace-

treated silage (DMP), lactic acid bacteria-treated silage (LAB) or DMP plus LAB silage (DMP+LAB). After being fed for 80 days, the goats were slaughtered and the *Longissimus lumborum* (LL) muscle was sampled. The goats fed with LAB-treated silage had higher ($P < 0.05$) carcass dressing (%) than the other diets. After slaughter, the TBARS values were lower ($P < 0.05$) in meat from all of the goats fed treated silage compared to those fed untreated silage at 5 days of aging. Higher H^* values were observed in meat from untreated silage-fed animals compared to meat from the animals receiving other treatments. We conclude that under conditions that promote oxidative stress in meat, DMP and LAB-treated silage can improve the oxidative stability of meat compared to untreated silage.

Keywords: Dried mao pomace; goat; lactic acid bacteria; lipid oxidation; color stability

1. Introduction

The demand for goat meat has been increasing in recent years, which may be caused by the leaner and lower fat content of goat compared to other types of red meat (Park, Kouassi, & Chin 1991; Webb, Casey, & Simela, 2005). Meat quality is important in animal production to meet consumer demands, which include such characteristics as meat color, flavor and nutritional value (Liu, Lanari, & Schaefer, 1995). The lipid oxidation of meat during post-mortem aging has been reported to result in the deterioration of meat color, odor, texture and nutritive value (Fernandez, Perej-Alvarez, & Fernandez-lopez, 1997; Luciano et al., 2009). The reduction of lipid oxidation during

meat storage can be improved by dietary supplementation of antioxidants. Recently, there has been an increased interest in applying natural antioxidants in livestock, and it has been demonstrated that meat shelf-life and quality can be improved by natural antioxidants added to animal diets (Devatkal & Naveena, 2010; Karami, Alimon, & Goh, 2011; Karami, Alimon, Sazili, Goh, & Ivan, 2011). By-products from the processing of plant food are one of the richest sources of natural antioxidants for which antioxidant activity has been reported (McCann et al., 2007; Bhushan, Kalia, Sharma, Singh, & Ahuja, 2008).

Antidesma is a diverse genus of tropical plant that occurs in Southeast Asia, Australia, tropical Asia, and islands in the Pacific Oceans. The fruits are acidic, like cranberries, and less acidic and slightly sweet when fully ripe. Mao luang (*Antidesma thwaitesianum* Muell Arq.) is the most suitable variety for beverages in Thailand. Mao juice and mao wine have become increasingly popular, and waste products, such as mao pomaces from the process, are plentiful. Moreover, several researchers have revealed that mao pomace contains organic acid, amino acid and sugar (Samappito & Butkhup, 2008). Puangpronpitag, Areejitranusorn, Boonsiri, Suttajit, & Yongvanit (2008) also found that mao marcs contained an abundant source of polyphenols and suggested that these polyphenolic compounds exhibited similar antioxidant potential to grape seed extract. Phenolic compounds have been successfully used to reduce lipid oxidation in meat products (Estevez, Ventanas, & Cava, 2005; Balasundram, Sundram, & Samman, 2006; Karami, Alimon, Sazili, & Goh, 2010).

68 The production of silage is a practical way to preserve forage under anaerobic
69 conditions to support livestock throughout the year. Silage should contain a low enough
70 pH value (<4.2) and high enough lactic acid content to maintain the good quality during
71 the ensiling period (McDonald, Henderson, & Heron, 1991). It is known that Stylo
72 legumes (*Stylosanthes guianensis*) have relatively low concentrations of water-soluble
73 carbohydrates and a high buffering capacity at harvesting, which complicates the process
74 of fermentation and results in a high pH and low lactic acid content (Liu, Zhang, Shi, &
75 Sun, 2011; Liu, Chen, Zhang, Shi, & Cai, 2012). The application of an acid additive
76 results in an immediate drop in pH, which inhibits the growth of undesirable bacteria in
77 the ensiling process (McDonald, Henderson, & Heron, 1991). However, using a strong
78 acid is unsafe during handling and corrosive to equipment. The fermented juice of
79 epiphytic lactic acid bacteria (LAB) has been recommended as a silage additive for
80 tropical grass silage (Bureenok, Tamaki, Kawamoto, & Nakada, 2007; Bureenok,
81 Yuangklang, Vasupen, Schonewille, & Kawamoto, 2012). Lactic acid bacteria (LAB),
82 such as *Lactobacillus* and *Streptococcus*, have been reported to exhibit antioxidative
83 activity (Said & Gilliland, 2005, Wu, Wang, & Pan, 2010). Wang, Yu, and Chou (2006)
84 also reported that the antioxidative activity of soymilk fermented with LAB was higher
85 than that found in the unfermented soymilk and the antioxidative activity increased as the
86 fermentation period was prolonged. However, this additive can be ineffective because of
87 the low substrate level of the legume. As mentioned above, dried mao pomace (DMP) is
88 acidic and contains some organic acid and sugar that may have the potential as a silage
89 additive to inhibit the growth of undesirable bacteria and stimulate LAB growth during

the ensiling process. Based on the fact that both DMP and LAB have antioxidative capacities, the aim of this study was to investigate the effect of applying DMP alone and combined with LAB on the meat quality of goats fed with Stylo legume silages.

2. Materials and methods

2.1 Animals and management

Sixteen male goats crossbred Boer x Saanen goats (mean initial body weight $\pm$ SD (14.56 $\pm$ 1.88 kg)) were used in a completely randomized design. Stylo legumes (*Stylosanthes guianensis* CIAT184) were chopped into 2- to 3-cm lengths and mixed with the silage additives. Dried mao pomace was obtained after juice extraction from a fruit juice factory (88.32% DM, 6.98% CP, 49.45% NDF, 32.57% ADF and 7.19% ash on a dry matter basis; total phenolic content (110 mg gallic acid/g DM; pH 3.7)). The fermented juice of lactic acid bacteria (LAB) were prepared from fresh Stylo legumes using the method of Bureenok, Yuangklang, Vasupen, Schonewille, and Kawamoto (2012). The fermented juice of LAB was applied at log 5.58 cfu/g of fresh matter. Silages were untreated (CO) or treated with 10% DMP (DMP), 1% LAB (LAB), or 10% DMP plus 1% LAB (DMP+LAB). All silage treatments were supplied to the animals *ad libitum*. The animals were fed a concentrated base diet intake at 1.5% of body weight, and clean drinking water was provided. The chemical composition of the experimental diet is shown in Table 1. The feed was offered twice daily at 08:00 and 15:00 h, and the refused portions were weighed daily before the morning feeding. All procedures were approved by the Ethical Principles for the Use of Animals for Scientific Purposes of the National Research Council of Thailand.

2.2 Slaughter procedure and post mortem aging

At the end of the 80-day fattening period, the goats were slaughtered after electrical stunning at the experimental slaughter unit. After slaughtering, non-carcass components (head, skin, feet, trachea and lungs, liver, heart, spleen, pancreas, kidney, gastro-intestinal tract, diaphragm and testicles) were removed, and then the hot carcasses were weighed. The dressing percentage was calculated using the slaughter weight. The carcasses were then split along the vertebral column into left and right halves. The left sides of the carcasses were stored at 4 °C in the chamber room for post mortem aging.

2.3 Chemical analysis

Feed samples were sampled, and the samples were analyzed for dry matter (DM) and ash according to the standard methods of AOAC (1995). The neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) contents were determined by the method of Van Soest, Robertson, and Lewis (1991) and were expressed inclusive of residual ash. Nitrogen (N) was analyzed using the Kjeldahl method, and crude protein (CP) was calculated as $N \times 6.25$. The silage pH was determined with a pH meter (Lab 860, Schott). Lactic acid and VFA (i.e., acetic, propionic and butyric acids) content was measured by HPLC (Aminex® HPX-87H, 300 mm $\times$ 7.8 mm i.d; column temperature, 40°C flow rate, 0.60 ml/min, Shimadzu Co., Ltd., Kyoto, Japan). The total phenolic content was determined according to the method described by Waterhouse (2005). The results are expressed in gallic acid equivalents (mg gallic acid/ g DM).

2.4. Meat quality analysis

A meat sample from the *Longissimus lumborum* (LL) muscle was ground to a homogeneous consistency using a bowl chopper. The freeze-dried sample was then blended with a 2-mm screen to produce a fine powder. One subsample was analyzed for DM, CP, EE and ash concentrations as described by AOAC (1995).

After slaughter, a sample cutting for meat quality was made from the LL muscle and stored at 4 °C for 24 h. The instrumental meat quality characteristics investigated in the current study were the carcass pH, meat color (L*, a*, and b*), drip loss (%), cooking loss (%), shear force (kg), and thiobarbituric acid reactive substances (TBARS). The carcass pH was measured at 24 h post-slaughter using a digital pH meter. The meat color was measured on the cut surface of 2.5-cm-thick samples from a fat-free area. The color stability of the raw meat was measured 24 h after storage at 4 °C. The color was evaluated using a MiniScan EZ (Hunter Associates Laboratory, Inc. Reston, VA) and reported using the complete International Commission on Illumination (CIE) system color profile of L* (lightness), a* (redness) and b* (yellowness).

Drip loss was determined using the method described by Honikel (1998). Briefly, the meat samples were weighed and then suspended in a plastic bag without any contact with the bag. After a 24-h storage period at 4 °C, the samples were gently dried with paper towels and reweighed. The drip loss (%) was estimated by the ratio of the weight loss (initial weight - final weight) to the initial sample weight. For cooking loss, the meat samples were put in a tightly sealed plastic bag and cooked in the water bath at 80 °C for 10 min. Then, the samples were cooled and removed from the bag, blotted with filter paper, and weighed to determine the loss as a percentage of the initial weight. After that,

the cooked meat samples were cut parallel to the muscle fiber direction with a cross section of 1.0×1.0 cm for the shear force analysis using a texture analyzer (Lloyd Instrument Ltd. Segensworth Fareham, England) equipped with a Warner Bratzler (WB) shear force apparatus. The Warner Bratzler shear force values were reported as the mean of all of the core values of the samples.

2.5 Meat lipid oxidation

The TBARS assay was performed as described by Buege and Aust (1978). In brief, the samples (10 g) were homogenized with 30 ml of distilled water for 2 min. The homogenate (2 ml) was then mixed with 4 ml of thiobarbituric acid/trichloroacetic reagent and 100 µl of 10% butylated hydroxyanisole in a glass test tube. The mixture was incubated for 15 min in a 100 °C water bath, allowed to cool in the cold water and centrifuged at 4000 rpm for 10 min. The absorbance of the supernatant was then read against a blank containing the same reagents at 531 nm using a spectrophotometer. The TBARS values were calculated from a standard curve of malondialdehyde (MDA) and expressed as mg MDA/kg sample.

2.6 Post mortem aging

The carcass weights and meat color were measured on day 1, 3, and 5 of aging. Drip loss (%), cooking loss (%), shear force (N), and thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) were determined on day 5 of aging the sample using the method described above. The hue angle (H^*) and chroma (C^*) were calculated as $\tan^{-1}(b^*/a^*)$ and $(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$, respectively (Hunter & Harold, 1987).

2.7 Statistical analysis

The data of the carcass characteristics, meat quality and color stability of the meat were analyzed using the GLM procedures of SAS (Statistical Analysis System, SAS Institute Inc., Cary, N.C). Significantly different means were elucidated using Duncan's new multiple range test. To assess the effects of diets and post mortem aging periods and their interactions, the data were analyzed using two-way analysis of variance (ANOVA) followed by Duncan's new multiple range test. A difference was considered significant at $P < 0.05$.

3. Results and discussion

3.1. Carcass yield and chemical composition

The carcass characteristics and meat chemical compositions are presented in Table 2. The treated silage had a low pH value, especially when DMP was added to the silage; the pH values were close to 4.00. Ke, Yang, Undersander, and Guoa (2015) reported that the addition of 100 g/kg (wet basis) of dried apple pomace and grape pomace as an acid additive resulted in a decreased pH value and an increased lactic acid concentration of wilted alfalfa silage. The carcass dressing percentage was higher in goats fed with LAB-treated silages compared with the other diets ($P < 0.05$). In contrast, the liver, heart, lung, spleen and kidney were not affected ($P < 0.05$) by the feeding treatment diets. The moisture, protein and ether extract content in meat samples did not differ among treatments; however, a higher ash content ($P < 0.05$) was observed when feeding the animals silage treated with DMP plus LAB. Many previous research studies

reported that the supplementation of phenolic content (Krehbiel, Rust, Zhang, & Gilliland, 2003; Ahmed, Mun, Islam, & Yang, 2014; Kotsampasi et al., 2014) and LAB (Krehbiel, Rust, Zhang, & Gilliland, 2003; Ahmed, Mun, Islam, & Yang, 2014) did not affect the dressing percentage, which is consistent with our findings.

3.2. Meat quality characteristics

3.2.1 pH

The pH values for LL muscle decreased after slaughter (Table 3). After slaughter, the pH value of the DMP-treated silage was lower than those of the other treatments. The pH value at 24 h post mortem was higher in goats fed with LAB-treated silage compared with those in goats fed the other diets ($P < 0.05$). The ultimate pH is determined 24 h post-slaughter, and good quality meat has a pH of 5.4-5.7. In this study, the ultimate pH of goat meat fed with DMP silages was in the same range. However, the ultimate pH in this study was not different from the other research (Swan, Esguerra, & Farouk, 1998; Husain, Murray, & Taylor, 2000; Simela, Webb, & Frylinck, 2004).

3.2.2 Drip and cooking loss of the LL muscle

The drip and cook loss percentage did not significantly differ between treated silage at 24 h. However, the treatment showed a decrease in the drip and cook loss with the storage period. Goat meat is less juicy than lamb, which is due to the lower fat content in goat meat (Lee, Kouakou, & Kannan, 2008). The cooking losses from goat meat are of interest because, while the water that remains in the cooked product is the

major contributor to the sensation of juiciness (Forrest, Aberle, Hendrick, Judge, Merkel, 1975), cooking losses are often close to or over 35% (Babiker, Khider, & Shafie, 1990; Swan, Esguerra, & Farouk, 1998; Dhanda, Taylor, Murray, & McCosker, 1999). In agreement with this report, the cooking loss levels in goat meat at 24 h in the current study ranged from 31.95 to 35.30 and decreased to 24.08-28.98 by day 5 of aging. However, the drip and cooking loss were not affected by the treatment.

3.2.3 Warner-Bratzler shear force value

The shear force values of meat after 24 h post mortem and 5 days of aging were not influenced by dietary treatment. This is in agreement with previous research, which reported that shear force values of meat after 24 h post mortem was not influenced by dietary antioxidant treatment (Karami, Alimon, Sazili, Goh, & Ivan, 2011; Karami, Alimon, & Goh, 2011). After 5 days of aging, the shear force values were decreased from 69.73-94.83 to 36.97-42.17 N, but the value was not significantly different between treatments. Bickerstaffe, Bekhit, Robertson, Roberts, and Geesink (2001) noted that the shear force values of cooked meat samples accurately reflect the consumer perception of tenderness, and meat samples classified as “very tender” by consumers had a mean shear force value of 5.1 kg. Kannan, Chawan, Kouakou, and Gelaye (2002) reported that a significant improvement in chevon tenderness occurred within the first 4 days of refrigerated storage and was not improved thereafter. After 5 days of aging, the Warner Bratzler shear force results in the current study were similar with the results reported by Karami, Alimon, Sazili, Goh, and Ivan (2011) for goat meat after 14 days of aging.

3.2.4 Lipid oxidation in the meat

The lipid oxidative stability values can be found in Table 3. DMP-treated silage had a significantly ($P < 0.05$) lower TBARS score (mg malonaldehyde/kg meat product) than other silage, which would imply that the addition of DMP could slow the onset of oxidative rancidity. After 5 days of aging, the TBARS values did not significantly differ among the various silage treatments. The untreated silage had significantly ($P < 0.05$) higher TBARS values than the treated silage groups.

There was a tendency for the aging treatment to affect the TBARS value, with the 5 days of aging treatment resulting in more oxidation than the 24 h treatment. These values agree with the results of other studies that oxidation increases with aging time in chevon cuts (Kannan, Kouakou, & Gelaye, 2001; Emami, Fathi Nasri, Ganjkanlou, Zali, & Rashidi, 2015). In this study, the TBARS assays showed that the addition of DMP slows the lipid oxidation process. This is in agreement with the results of several other researchers who also found that lipid oxidation was inhibited by feeding the natural antioxidant diet (which contained phenolic acid) to the animals (Kotsampasi et al., 2014; Emami, Fathi Nasri, Ganjkanlou, Zali, & Rashidi, 2015; Zhong, Li, Fang, Sun, & Zhou, 2015). At 24 h, all of the LAB-treated silage resulted in significantly higher TBARS values of goat meat compared with the untreated and DMP-treated silages. However, after 5 days of aging, the TBARS value of the goat meat from goats fed with this silage did not differ from the DMP-treated silage. Many researchers have reported that the fermented juice of the LAB additive contained a mixed culture of LAB species (Yahaya et al., 2004; Hiraoka et al., 2006). Virtanen, Pihlanto, Akkanen, and Korhonen (2007) reported that milk fermented with mixed cultures of LAB resulted in higher radical

scavenging activity than milk fermented with single bacterial strains. Ahmed, Mun, Islam, and Yang (2014), who studied the carcass characteristics and meat quality of beef steers fed fermented liquid whey inoculated with mixed lactic acid bacteria, reported that inoculated silage can improve the lipid oxidation of meat. Kachouri and Hamdi (2006) reported that the phenolic concentration of the olive oil process were higher with inoculated *Lactobacillus plantarum* and decreased with storage time.

3.2.5 Color stability

The color of the LL muscle was lighter ($P<0.05$) for goats fed DMP-treated silage and its combinations than for goats fed the LAB-treated silage (Table 4). The red color (a^*) values and Chroma index (C^*) were not significantly different among treatments. The yellow color (b^*) was lower ($P<0.05$) for LAB-treated silage than the control but was not different among treatments. This is in agreement with the results of Rojas and Brewer (2008), who reported that the b^* value of beef patties decreased when containing natural antioxidants. The red and yellow color were decreased ($P<0.05$) at 5 days compared to 1 and 3 days of the post mortem aging period. This result was not observed for the lightness of the meat. Generally, the lightness is not considered an appropriate index of meat discoloration (Dunne, Monahan, O'Mara, & Moloney, 2005; Sapp, Williams, & McCann, 1999). The loss of redness (a^*) and changes in yellowness (b^*) over a period of storage have been used to describe meat browning (Mancini & Hunt, 2005; Morrissey, Buckley, Sheehy & Monahan, 1994). However, the hue angle (H^*) value, which is calculated from the a^* and b^* values, is used to indicate the more realistic perspective of meat browning than a single color (Luciano et al., 2009). The H^* value

was higher ($P<0.05$) for the control than the other treatment. Emami, Fathi Nasri, Ganjkhanelou, Zali, and Rashidi (2015) also reported that meat from goat kids fed phenol-rich pomegranate seed pulp showed a lower H^* value compared to the meat from goats fed a control diet. The decrease in the a^* and C^* values and the increase in the H^* value are used to demonstrate the meat discoloration due to their positive relation with metmyoglobin concentration in the meat (Luciano et al., 2011). This study found that the H^* values were increased and the C^* values were decreased significantly when the storage time was increased. This is in agreement with many previous studies that reported that the H^* values were increased and the C^* index decreased with the storage time of goat meat (Karami, Alimon, Sazili, Goh, & Ivan, 2011; Karami, Alimon, & Goh, 2011).

4. Conclusion

Stylo silage treated with LAB improved the carcass dressing of growing goats. In addition, Stylo silage treated with DMP improved the lipid oxidation of goat meat with no adverse effects on carcass characteristics and it can improve lipid stability by reducing lipid oxidation. The color stability was higher in meat from goats fed with the treated vs. untreated silage. In this regard, DMP can provide an inexpensive alternative feed ingredient for feeding goats while reducing the environmental impact of waste disposal in the mao juice industry.

Acknowledgments

This project was supported and funded by the Commission on Higher Education,
Thailand Research Fund (TRF) and Rajamangala University of Technology Isan.

References

- Ahmed, S. T., Mun, H-S., Islam, Md. M., & Yang, C-J. (2014). Growth performance, carcass characteristics and meat quality of Hanwoo steers fed fermented liquid whey inoculated with lactic acid bacteria. *African Journal of Microbiology Research*, 8(15), 1601-1609.
- AOAC (1995). *Official Methods of Analysis* (12th ed.) Washington, DC: Association of Official Analysis Chemists.
- Babiker, S.A., El Khider, I.A., & Shafie, S.A. (1990). Chemical composition and quality attributes of goat meat and lamb. *Meat Science*, 28(4), 273-277.
- Balasundram, N., Sundram, K., & Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial. *Food Chemistry*, 99(1), 191-203.
- Bhushan, S., Kalia, K., Sharma, M., Singh, B., & Ahuja, P. S. (2008). Processing of apple pomace for bioactive molecules. *Critical Reviews in Biotechnology*, 28(4), 285-296.
- Bickerstaffe, R., Bekhit A.E.D., Robertson L.J., Roberts N., & Geesink G.H. (2001). Impact of introducing specifications on the tenderness of retail meat. *Meat Science*, 59(3), 303-315.

- 330 Buege, J. A., & Aust, S.D. (1978). Assay of lipid oxidation in muscle samples. Methods
331 in Enzymol. 54, 305.
- 332 Bureenok, S., Tamaki, M., Kawamoto, Y., & Nakada, T. (2007). Additive effects of green
333 tea on fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria (FJLB) and the
334 fermentative quality of Rhodesgrass silage. Asian-Australasian Journal Animal
335 Science, 20(6), 920 – 924.
- 336 Bureenok, S., Yuangklang, C., Vasupen, K., Schonewille, J.T., & Kawamoto, Y. (2012).
337 The Effects of additives in Napier grass silages on chemical composition, feed
338 intake, nutrient digestibility and rumen fermentation. Asian-Australasian Journal
339 Animal Science, 25(9), 1248-1254.
- 340 Dhanda, J.S., Taylor, D.G., Murray, P.J., & McCosker, J.E. (1999). The influence of goat
341 genotype on the production of capretto and chevon carcasses. 2. Meat quality.
342 Meat Science, 52(4), 363-367.
- 343 Devatkal, S.K., & Naveena, B.M. (2010). Effect of salt, kinnow and pomegranate fruit
344 by-product powders on color and oxidative stability of raw ground goat meat
345 during refrigerated storage. Meat Science, 85(2), 306-311.
- 346 Dunne, P. G., Monahan, F. J., O'Mara, F. P., & Moloney, A. P. (2005). Colour stability,
347 under simulated retail display conditions, of M. longissimus dorsi and M.
348 semimembranosus from steers given long-term daily exercise and supplemented
349 with vitamin E. Meat Science, 71(3), 480-489.

- 350 Emami, A., Fathi Nasri, M.H., Ganjkanlou, M., Zali A., & Rashidi, L. (2015). Effects of
351 dietary pomegranate seed pulp on oxidative stability of kid meat. *Meat Science*,
352 104, 14-19.
- 353 Estevez, M., Ventanas, S., & Cava, R. (2005). Protein oxidation in frankfurters with
354 increasing levels of added rosemary essential oil: effect on color and texture
355 deterioration. *Journal of Food Science*, 70(7), C427-C432.
- 356 Fernandez, J., Perej-Alvarez, J. A., & Fernandez-Lopez, J. A. (1997). Thiobarbituric acid
357 test for monitoring lipid oxidation in meat. *Food Chemistry*, 59(3), 345-353.
- 358 Forrest, J.C., Aberle, E.D., Hendrick, H.B., Judge, M.D., Merkel, R.A. (1975). Meat as
359 food. In: *Principles of Meat Science*. WH and Company, New York, pp. 3-7.
- 360 Hiraoka, H., Yamamoto, Y., Urakawa, S., Yamada, H., Karita, S., & Goto, M. (2006)
361 Effective fractions and micro biota of fermented juice of epiphytic lactic acid
362 bacteria FJLB of rice plant *Oryza sativa* L. *Japanese Journal of Grassland*
363 *Science*, 51(4), 379-384.
- 364 Honikel, K.O. (1998). Reference methods for the assessment of physical characteristics
365 of meat. *Meat Science*, 49(4), 447-457.
- 366 Hunter, R., & Harold, R. (1987). *Uniform color scales* (2nd ed.). The measurement of
367 appearance. (pp. 135-148). Reston, VA: Hunter Laboratory, 135-148.
- 368 Husain, M.H., Murray, P.J. & Taylor, D.G. (2000). Meat quality of first and second cross
369 capretto goat carcasses. *Asian-Aust. Journal of Animal Science*, 13 (suppl. B),
370 174-177.

- 371 Kachouri, K., & Hamdi, M. (2006). Use *Lactobacillus plantarum* in olive oil process and
372 improvement of phenolic compounds content. *Journal of Food Engineering*,
373 77(3), 746-752.
- 374 Kannan, G., Chawan, C. B., Kouakou, B., & Gelaye, S. (2002). Influence of packaging
375 method and storage time on shear value and mechanical strength of
376 intramuscular connective tissue of chevon. *Journal of Animal Science*, 80(9),
377 2383-2389.
- 378 Kannan, G., Kouakou, B., & Gelaye, S. (2001). Color changes reflecting myoglobin and
379 lipid oxidation in chevon cuts during refrigerated display. *Small Ruminant*
380 *Research*, 42, 67-75.
- 381 Karami, M., Alimon, A.R., & Goh, Y.M. (2011). Effect of vitamin in E, *Andrographis*
382 *paniculata* and turmeric as dietary antioxidant supplementation on lipid and color
383 stability of goat meat. *Small Ruminant Research*, 97(1-3), 67-71.
- 384 Karami, M., Alimon, A.R., Sazili, A.Q., Goh, Y.M., & Ivan, M. (2011). Effects of dietary
385 antioxidants on the quality, fatty acid profile, and lipid oxidation of longissimus
386 muscle in Kacang goat with aging time. *Meat Science*, 88(1), 102-108.
- 387 Karami, M., Alimon, A.R., Sazili, A.Q., Goh, Y. M. (2010). Meat quality and lipid
388 oxidation of infraspinatus muscle and blood plasma of goats under dietary
389 supplementation of herbal antioxidants. *Journal of Animal and Veterinary*
390 *Advances*, 9(24), 3039-3047.
- 391 Ke, W.C., Yang, F.Y., Undersander, D.J. & Guoa, X.S. (2015). Fermentation
392 characteristics, aerobic stability, proteolysis and lipid composition of alfalfa

- 393 silage ensiled with apple or grape pomace. *Animal Feed Science and*
 394 *Technology*, 202, 12-19.
- 395 Kotsampasi, B., Christodoulou, V., Zotos, A., Liakopoulou-Kyriakides, M., Goulas, P.,
 396 Petrotos, K., Natas, P. & Bampidis, V.A. (2014). Effects of dietary pomegranate
 397 byproduct silage supplementation on performance, carcass characteristics and
 398 meat quality of growing lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 92-
 399 102.
- 400 Krehbiel, C.R., Rust S.R., Zhang G., & Gilliland S.E. (2003). Bacterial direct-fed
 401 microbials in ruminant diets: Performance response and mode of action.
 402 *Journal of Animal Science*, 81, E120-E132.
- 403 Lee, J.H., Kouakou, B., & Kannan, G. (2008). Chemical composition and quality
 404 characteristic of chevon from goats fed three different post-weaning diets.
 405 *Small Ruminant Research*, 75(2-3), 177-184.
- 406 Liu, Q., Chen M., Zhang J., Shi S., & Cai Y. (2012). Characteristics of isolated lactic acid
 407 bacteria and their effectiveness to improve stylo (*Stylosanthes guianensis* Sw.)
 408 silage quality at various temperatures. *Animal Science Journal*, 83(2), 128-135.
- 409 Liu, Q., Lanari, M., & Schaefer, D. (1995). A review of dietary vitamin E
 410 supplementation for improvement of beef quality. *Journal of Animal Science*,
 411 73(10), 3131–3140.
- 412 Liu, Q., Zhang J., Shi S., & Sun Q. (2011). The effects of wilting and storage temperature
 413 quality and aerobic stability of stylo silage. *Animal Science Journal*, 82(4),
 414 549-553.

- 415 Luciano, G., Moloney, A., Priolo, A., Rohrlé, F., Vasta, V., Biondi, L., Lopez-Andres, P.,
416 Grasso, S., & Monahan, F. (2011). Vitamin E and polyunsaturated fatty acids
417 in bovine muscle and the oxidative stability of beef from cattle receiving grass
418 or concentrate-based rations. *Journal of Animal Science*, 89(11), 3759-3768.
- 419 Luciano, G., Monahan, F., Vasta, V., Pennisi, P., Bella, M., & Priolo, A. (2009). Lipid
420 and colour stability of meat from lambs fed fresh herbage or concentrate.
421 *Meat Science*, 82(2), 193-199.
- 422 Mancini, R.A. & Hunt, M.C. (2005). Current research in meat color. *Meat Science*, 71(1),
423 100-121.
- 424 McCann, M. J., Gill, C. I. R., O' Brien, G., Rao, J. R., McRoberts, W. C., Hughes, P.,
425 McEntee, R., & Rowland, I. R. (2007). Anti-cancer properties of phenolics
426 from apple waste on colon carcinogenesis in vitro. *Food and Chemical*
427 *Toxicology*, 45(7), 1224-1230.
- 428 McDonald, P., Henderson, A.R., & Heron, S.J.E. (1991). *The biochemistry of silage*, 2nd
429 ed. Chalcombe Publications, Marlow, England.
- 430 Morrissey, P. A., Buckley, D. J., Sheehy, P. J. A., & Monahan, F. J. (1994). Vitamin E
431 and meat quality. *Proceedings of the Nutrition Society*, 53, 289-295.
- 432 Park, Y.W., Kouassi, M.A., & Chin, K.B. (1991). Moisture, total fat and cholesterol in
433 goat organ and muscle meat. *Journal of Food Science*, 56 (5), 1191-1193.
- 434 Puangpronpitag, D., Areejitranusorn, P., Boonsiri, P., Suttajit, M., & Yongvanit, P. (2008).
435 Antioxidant activities of Polyphenolic compounds isolated from *Antidesma*

- 436 *thwaitesianum* Mull. Arg. Seeds and Marcs. Journal of Food Science, 73(9),
437 C648-C653.
- 438 Rojas, M. C., & Brewer, S. (2008). Effect of natural antioxidants on oxidative stability of
439 frozen, vacuum-packaged beef and pork. Journal of Food Quality, 31(2), 173-188.
- 440 Saide, J.A.O., & Gilliland, S.E. (2005). Antioxidative Activity of Lactobacilli Measured
441 by Oxygen Radical Absorbance Capacity. Journal of Dairy Science 88(4),
442 1352-1357.
- 443 Samappito, S., & Butkhup, L. (2008). An Analysis on organic acids contents in ripe fruits
444 of fifteen Mao Luang (*Antidesma bunius*) cultivars, harvested from dipterocarp
445 forest of Phupan valley in Northeast Thailand. Pakistan Journal Biology
446 Science, 11(7), 974-981.
- 447 Sapp, P. H., Williams, S. E., & McCann, M. A. (1999). Sensory attributes and retail
448 display characteristics of pasture and/or grain fed beef aged 7, 14 or 21 days.
449 Journal of Food Quality, 22(3), 257–274.
- 450 Simela, L., Webb, E.C., & Frylinck, L. (2004). Post-mortem metabolic status, pH and
451 temperature of chevon from South African indigenous goats slaughtered under
452 commercial conditions. South Africa Journal Animal Science, 34 (1), 204-207.
- 453 Swan, J.E., Esguerra, C.M., & Farouk, M.M. (1998). Some physical, chemical and
454 sensory properties of chevon products from three New Zealand breeds. Small
455 Ruminant Research, 28(3), 273-280.

- 456 Van Soest, P.J., Robertson, J.B., & Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fibre, neutral
457 detergent fibre, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition.
458 Journal of Dairy Science, 74 (10), 3583-3597.
- 459 Virtanen, T., Pihlanto, A., Akkanen, S., & Korhonen, H. (2007). Development of
460 antioxidant activity in milk whey during fermentation with lactic acid bacteria.
461 Journal of Applied Microbiology, 102(1), 106-115.
- 462 Wang, Y.C., Yu, R.C., & Chou, C.C. (2006). Antioxidative activities of soymilk
463 fermented with lactic acid bacteria and bifidobacteria. Food Microbiology,
464 23(2), 128-135.
- 465 Waterhouse, A.L. (2005). Polyphenolics. In: Handbook of Food Analytical Chemistry,
466 Wrolstad R.E., Acree T.E., Decker E.A., Penner M.H., Reid D.S., Schwartz
467 S.J., Shoemaker C.F., Smith D., Sporns P.(eds). London, UK, John Wiley and
468 Sons. p. 461-470.
- 469 Webb, E. C., Casey, N. H., & Simela, L. (2005). Goat meat quality. Small Ruminant
470 Research, 60(1-2), 153-166.
- 471 Wu, S.C., Wang, F.U., & Pan, C.L. (2010). The comparison of antioxidative properties of
472 seaweed oligosaccharides fermented by two lactic acid bacteria. Journal of
473 Marine Science and Technology, 18 (4), 537-545.
- 474 Yahaya, M. S., Goto, M., Yimiti, W., Gamo, Y., Kim, W., Karita, S., Smerjai, B.,
475 Kawamoto, Y., & Ogawa, S. (2004). Epiphytic microbiota on tropical Tinaroo
476 legume (*Neonotonia wightii*) as revealed by denaturing gradient gel
477 electrophoresis (DGGE) and scanning electron microscopy (SEM) and their

478 effects on silage fermentation and ruminal degradability. Journal of Animal
479 and Veterinary Advances, 3(6), 339-347.

480 Zhong, R.Z., Li, H.Y., Fang, Y., Sun, H.X., Zhou, D.W. 2015. Effects of dietary
481 supplementation with green tea polyphenols on digestion and meat quality in
482 lambs infected with *Haemonchus contortus*. Meat Science, 105, 1-7.

483 **Table 1** Chemical composition in experimental diets

Item	Concentrate	CO	DMP	LAB	DMP+LAB
DM (%)	89.51	34.50	40.00	36.50	38.50
CP (%DM)	16.05	10.74	11.60	12.75	10.89
NDF (%DM)	25.75	68.43	64.96	66.51	74.12
ADF (%DM)	45.65	45.15	40.41	41.46	53.22
Ash (%DM)	7.02	11.25	14.18	13.3	17.46
Total phenolic content (mg gallic acid/g DM)	-	4.41	7.25	4.15	7.88
Silage profiles					
pH	-	4.41	3.95	4.25	4.02
Lactic acid (%DM)	-	0.69	1.15	3.87	2.78
Acetic acid (%DM)	-	0.99	1.89	2.37	3.61
Propionic acid (%DM)	-	0.13	0.11	0.16	0.67
Butyric acid (%DM)	-	0.63	0.20	0.43	0.46

484 CO = untreated silage, DMP = dried mao pomace, LAB = lactic acid bacteria, DMP+LAB = dried mao pomace plus lactic acid
485 bacteria.

486

487

488

489

490

491

Table 2 The effect of Stylo silages treated with dried mao pomace and fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria (LAB) on carcass and chemical compositions of meat goats.

	CO	DMP	LAB	DMP+LAB	SEM	P value
Slaughter weight (kg)	15.50	15.55	15.50	13.63	0.56	0.5619
Carcass weight (kg)	6.40 ^{ab}	6.44 ^{ab}	7.15 ^a	5.25 ^b	0.67	0.0606
Carcass dressing (%)	41.35 ^b	41.34 ^b	46.16 ^a	38.75 ^b	0.56	0.0040
Liver (kg/100 kgBW)	1.93	1.90	1.50	1.89	0.07	0.1879
Heart (kg/100 kgBW)	0.82	0.80	0.74	0.85	0.04	0.8329
Lung (kg/100 kgBW)	1.12	1.27	1.26	1.15	0.07	0.8344
Kidney (kg/100 kgBW)	0.45	0.45	0.45	0.45	0.03	0.9865
Chemical composition (%)						
Dry matter (%)	21.53	21.98	22.98	20.64	0.25	0.1925
CP (%DM)	14.35	14.89	14.5	14.82	0.11	0.3195
Ether Extract (%DM)	6.20	6.11	6.03	5.48	0.24	0.7187
Ash (%DM)	6.85 ^b	6.40 ^b	6.70 ^b	7.97 ^a	0.16	0.0220

^{a,b} Within a row, different superscripts indicate the difference between dietary treatments (P<0.05).

CO = untreated silage, DMP = dried mao pomace, LAB = lactic acid bacteria, DMP+LAB = dried mao pomace plus lactic acid bacteria.

SEM = Standard error of the mean.

Table 3 Effect of Stylo silages treated with dried mao pomace and fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria (LAB) on the pH and color of goat meat at 24 h and 5 days of aging.

	CO	DMP	LAB	DMP+LAB	SEM	P value
At 24h						
pH	5.8 ^b	5.76 ^b	5.81 ^b	6.00 ^a	0.03	0.0434
L*	44.95 ^{ab}	46.07 ^a	41.39 ^b	45.54 ^a	0.54	0.0379
a*	14.25	12.16	13.59	13.67	0.39	0.3217
b*	13.02	12.42	11.02	12.01	0.37	0.3172
Drip loss (%)	12.08	12.65	7.68	6.60	0.94	0.0949
Cook loss (%)	35.30	32.20	31.95	35.30	0.66	0.1732
Shear force (N)	89.9	94.83	74.70	69.73	4.43	0.2445
TBARS	1.04 ^b	0.55 ^b	1.76 ^a	1.78 ^a	0.08	0.0009
At 5 d aging						
Total weight loss (%)	35.07	39.02	22.09	27.79	3.55	0.3773
Drip loss (%)	3.80	4.75	6.40	5.65	0.78	0.6778
Cook loss (%)	28.98	24.08	24.50	26.33	1.38	0.5965
Shear force (N)	41.58	36.97	42.17	38.97	2.36	0.9344
TBARS	3.38 ^a	1.00 ^b	1.89 ^b	1.84 ^b	0.21	0.0224

^{a,b} Within a row, the different superscripts indicate the difference between dietary treatments (P<0.05).

CO = untreated silage, DMP = dried mao pomace, LAB = lactic acid bacteria, DMP+LAB = dried mao pomace plus lactic acid bacteria.

507 SEM = Standard error of the mean.

508 TBARS = thiobarbituric acid reactive substance value (mg DMA/ kg meat).

509 **Table 4** Effect of the silage additive and storage time on color stability of raw LL muscle at 1, 3 and 5 days of aging.

Item	Diets				Storage time			SEM	P value		
	CO	DMP	LAB	DMP+LAB	1	3	5		Diet	Time	Diet × Time
L*	42.59 ^{ab}	44.92 ^a	40.71 ^b	45.7 ^a	44.66	43.08	42.7	0.52	0.0078	0.2877	0.7850
a*	14.61	15.28	14.69	14.84	15.99 ^x	15.53 ^x	13.04 ^y	0.23	0.6866	<0.0001	0.6454
b*	11.08 ^a	10.27 ^{ab}	9.21 ^b	9.52 ^b	9.93 ^{xy}	10.89 ^x	9.24 ^y	0.21	0.0127	0.0086	0.6127
H*	37.24 ^a	33.97 ^b	32.48 ^b	32.23 ^b	32.46 ^y	34.27 ^{xy}	35.21 ^x	0.41	0.0004	0.0308	0.9243
C*	18.34	18.44	17.35	17.66	18.47 ^x	19.37 ^x	16.00 ^y	0.28	0.4835	<0.0001	0.6013

510 ^{a, b, c} Within a row, the different superscripts indicate the difference between silage treatments (P<0.05).

511 ^{x, y, z} Within a row, the different superscripts indicate the difference between storage time (P<0.05).

512 The values are least- square means.

513 CO = untreated silage, DMP = dried mao pomace, LAB = lactic acid bacteria, DMP+LAB = dried mao pomace plus lactic acid
514 bacteria.

515 H* = hue angle (calculated as $\tan^{-1}(b^*/a^*)$), C* = chroma calculated $(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$.

516 SEM = Pooled standard error of the mean.

Feed intake and nutrient digestibility in goats of silages prepared from Stylo legume (*Stylosanthes guianensis* CIAT184) treated with dried mao pomaces (DMP) and lactic acid bacteria

Bureenok, S.^{1*}, Yuangklang C.¹, Vasupen K.¹, Saenmahayak B.¹

¹*Faculty of Sciences and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima, Thailand*

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of applying dried mao pomaces (DMP) alone and combined with LAB on the fermentative quality and nutritive value of Thapra Stylo legume silages. Silages were untreated (control) or prepared with DMP, or DMP plus FJLB (DMP+FJLB), or DMP plus *Lactobacillus plantarum* ST1 (DMP+Lp). DMP was applied at 100 g/kg of fresh matter (FM). FJLB and Lp were applied at log 6.03 and 5.58 cfu/g FM, respectively. Four male ruminally fistulated crossbred Boer x Saanen goats (~ 16 kg body weight) were randomly assigned to one of the four dietary treatment silages in a 4 x 4 Latin square design. The 28-d experimental period consisted of a 21-d feed intake and 7 d of sampling. All goats were received concentrate at 1.5% of body weight (BW) and *ad libitum* silage.

Dry matter content of silage was increased with addition of DMP portion. Without any additives, the silage showed the highest pH value. The NH₃-N contents of DMP silages was lower ($P<0.01$) compared with the control silages, but did not appear to be significantly different from the combined silages. Silage intake tended to be higher in goats fed with DMP silages. However, no significant differences ($P>0.05$) of nutrient digestibility were observed in goats fed silages.

Keywords: dried mao pomaces, Thapra Stylo, silage, goat

Corresponding author: asmerjai@hotmail.com

Feed intake and nutrient digestibility in goats of silages prepared from Stylo legume (*Stylosanthes guianensis* CIAT184) treated with dried mao pomaces (DMP) and lactic acid bacteria

Bureenok, S.^{1*}, Yuangklang C.¹, Vasupen K.¹, Saenmahayak B.¹

¹*Faculty of Sciences and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Isan,
Nakhon Ratchasima, Thailand*

Corresponding author: asmerjai@hotmail.com

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of applying dried mao pomaces (DMP) alone and combined with LAB on the fermentative quality and nutritive value of Thapra Stylo legume silages. Silages were untreated (control) or prepared with DMP, or DMP plus FJLB (DMP+FJLB), or DMP plus *Lactobacillus plantarum* ST1 (DMP+Lp). DMP was applied at 100 g/kg of fresh matter (FM). FJLB and Lp were applied at log 6.03 and 5.58 cfu/g FM, respectively. Four male ruminally fistulated crossbred Boer x Saanen goats (~ 16 kg body weight) were randomly assigned to one of the four dietary treatment silages in a 4 x 4 Latin square design. The 28-d experimental period consisted of a 21-d feed intake and 7 d of sampling. All goats were received concentrate at 1.5% of body weight (BW) and *ad libitum* silage. Without any additives, the silage showed the highest pH value. The NH₃-N contents of DMP silages was lower (P<0.01) compared with the control silages, but did not appear to be significantly different from the combined silages. Silage intake tended to be higher in goats fed with DMP silages. However, no significant differences (P>0.05) of nutrient digestibility were observed in goats fed silages.

Keywords: dried mao pomaces, Thapra Stylo, silage, goat

Introduction

Mao luang is edible fruit tree (*Antidesma thwaitesianum*) divers in Northeast of Thailand. Mao juice and mao wine have become increasingly popular in Thailand and waste product such as mao pomaces from the process is plentiful. Several researches revealed that mao pomace contains high antioxidants, organic acid, amino acid and sugar (Samappito & Butkhup, 2008). Thus, dried mao pomaces (DMP) may have potential as silage additive by stimulating the lactic acid bacteria (LAB) growth on the ensiling process. Thapra Stylo is one of the most promising legume available for ruminant production in tropical area which contain high protein and grow over variety of soil types Thapra Stylo silage without any additives was difficult to make good quality silage, with high pH value and NH₃-N content (Liu et al., 2012). The aim of this study was to investigate the effect of applying DMP alone and combined with LAB on the fermentative quality and nutritive value of Thapra Stylo legume silages.

Material and methods

Fermented juice of lactic acid bacteria (FJLB) were prepared from fresh *Thrapra Stylo* legumes by the method of Bureenok et al. (2011). *Thapra Stylo* legumes were chopped into 2-3 cm. length and mixed with the silage additives. Silages were untreated (control) or prepared with DMP, or DMP plus FJLB (DMP+FJLB), or DMP plus *Lactobacillus plantarum* ST1 (DMP+Lp). DMP was applied at 100 g/kg of fresh matter (FM). FJLB and Lp were applied at log 6.03 and 5.58 cfu/g FM, respectively. Four male ruminally fistulated crossbred Boer x Saanen goats (~ 16 kg body weight) were randomly assigned to one of the four dietary treatment silages in a 4 x 4 Latin square design. The 28-d experimental period consisted of a 21-d feed intake and 7 d of sampling. All goats were received concentrate (comprising (%); cassava chips (54.5), rice bran (25.1), soybean meal (4.0) whole cottonseed (8.0), molasses (4.4), urea (1.8), salt (0.9), dicalcium phosphate (0.4), sulfur (0.1) and premix (0.4) at 1.5% of body weight (BW) and ad libitum silage. Feed and silages were sampled once a week and kept for analysing. Faeces samples were collected at the end of each period and analysed for DM, CP, EE, ash according to standard methods AOAC (1995). Neutral detergent fibre (NDF) and acid detergent fibre (ADF) were determined by the method of Van Soest et al. (1991). The data were analysed using the General Linear Model procedure by SAS. Silage profiles were compared by Duncan's multiple range test. Data of feeding trial were analysed by using the procedures of SAS for a 4 × 4 Latin square design.

Results

Dry matter content of silage was increased with addition of DMP portion. Without any additives, the silage showed the highest pH value. The $\text{NH}_3\text{-N}$ contents of DMP silages was lower ($P<0.01$) compared with the control silages, but did not appear to be significantly different from the combined silages (Table 1). It is generally accepted that in well preserved silages, pH values should be <4.5 and $\text{NH}_3\text{-N} < 100$ g/kg total nitrogen (Umana et al., 1991). Clearly, all the treatment silages met these criteria. Silage intake tended to be higher in goats fed with DMP silages. However, no significant differences ($P>0.05$) of nutrient digestibility were observed in goats fed silages (Table 2).

Table 1. pH value, $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration and chemical composition of *Thapra Stylo* legume silages.

Treatment	Control	DMP	FJLB +DMP	DMP+Lp	SEM	P-value
DM (g/kg)	305.81 ^d	404.59 ^a	333.27 ^c	367.28 ^b	5.09	<.0001
pH	4.49 ^a	4.01 ^c	4.31 ^b	3.98 ^c	0.03	<.0001
$\text{NH}_3\text{-N}$ (g/kg TN)	89.30 ^a	52.36 ^b	80.30 ^{ab}	69.01 ^{ab}	9.85	0.1235
CP (g/kg DM)	107.12	105.79	100.55	106.44	3.70	0.6011
NDF (g/kg DM)	646.05 ^a	570.87 ^b	588.47 ^b	570.03 ^b	16.95	0.0251
ADF (g/kg DM)	365.15	337.44	340.13	328.60	11.13	0.1703

Means within the same row with different letters were significantly different ($P<0.05$).

Table 2. Feed intake and nutrient digestibility of Thapra Stylo legume silages in goats.

Items	Control	DMP	DMP+FJLB	DMP+Lp	SEM	P-value
Silage intake						
%BW	2.5	3.1	2.4	2.6	0.11	0.314
g/kg BW ^{0.75}	51.8	64.9	50.8	55.0	2.25	0.309
Apparent digestibility (% of intake)						
DM	67.1	63.2	60.1	71.5	2.17	0.446
CP	66.9	68.6	61.6	75.6	1.77	0.224
NDF	62.0	53.7	52.0	65.4	3.12	0.511
ADF	64.8	59.6	55.7	67.7	2.46	0.446

Conclusion

Ensilage of Thapra Stylo legume with DMP showed a significant reduction in pH value and NH₃-N contents of silages. However, addition of 100 g/kg of DMP did not affect on silage intake and nutrient digestibility of goats.

Acknowledgements

Authors are greatly indebted to the Commission on Higher Education, Thailand Research Fund (TRF) and Rajamangala University of Technology Isan for funding this research.

References

- AOAC, 1995. Official Methods of Analysis, 12th ed. Association of Official Analysis Chemists. Washington, DC, USA.
- Bureenok, S., Suksombat W. and Kawamoto Y. 2011. Livest. Sci. 138, 266-271.
- Liu, Q., Chen M., Zhang J., Shi S., Cai Y., 2012. Characteristics of isolated lactic acid bacteria and their effectiveness to improve stylo (*Stylosanthes guianensis* Sw.) silage quality at various temperatures. Anim. Sci. J. 83, 128-135.
- Samappito, S., & Butkhup, L. (2008). An Analysis on organic acids contents in ripe fruits of fifteen Mao Luang (*Antidesma bunius*) cultivars, harvested from dipterocarp forest of Phupan valley in Northeast Thailand. Pakistan J. Biol. Sci., 11(7), 974-981.
- Umana, R., Staples, C.R., Bates, D.B., Wilcox, C.J., Mahanna, W.C., 1991. Effects of a microbial inoculant and (or) sugarcane molasses on the fermentation, aerobic stability, and digestibility of bermudagrass ensiled at two moisture contents. J. Anim. Sci. 69, 4588-4601.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74, 3583-3597.