สมรรถภาพการผลิตและลักษณะทางซากของแพะขุนที่ได้รับกลีเซอรีนดิบในอาหารผสมเสร็จ

Production Performance and Carcass Traits of Fattening Goats Fed Crude Glycerin in Total Mixed Ration

ปิ่น จันจุฬา[1*], พัชรินทร์ ภักดีฉนวน[2] และ สุธา วัฒนสิทธิ์[1]
Pin Chanjula[1*], Patcharin Pakdeechanuan[2] and Sutha Wattanasit[1]

บทคัดย่อ: ศึกษาถึงผลของระดับกลีเซอรีนดิบ (crude glycerin, CG) ในสูตรอาหารผสมเสร็จ (total mixed ration, TMR) ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซากของแพะเพศผู้ จำนวน 24 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 17.4 + 1.8 กิโลกรัม วางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) ให้แพะได้รับ TMR ที่มีระดับ CG 4 ระดับ (0, 5, 10 และ 20% DM) แบบเต็มที่ (*ad libitum*) ทำการฆ่าแพะเมื่อเลี้ยงครบกำหนด 91 วัน บันทึกน้ำหนักซากอุ่นและองค์ประกอบซาก ผลการทดลองพบว่า น้ำหนักตัวเพิ่ม ปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมด (วัตถุแห้ง) อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักเพิ่มของแพะไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ทำนองเดียวกับ คุณลักษณะทางซากแพะทั้ง 4 กลุ่ม พบว่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (P>0.05) จากผลการทดลองนี้สรุปได้ว่า สามารถใช้ CG เป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดในอาหารผสมเสร็จระดับ 20% ได้ในสูตรอาหารแพะขุน

คำสำคัญ: กลีเซอรีนดิบ, สมรรถภาพการผลิต, ลักษณะทางซาก, แพะ

ABSTRACT: The objective of this study was to examine the performance and carcass traits of goats fed with diets with different levels of crude glycerin (CG). A total of 24 male goats (17.4 + 1.8 kg initial BW) were randomly assigned to receive diets containing 4 CG levels (0, 5, 10, and 20% of TMR DM). The diets were fed for *ad libitum* intake. Goats were slaughtered after 91 days of study. Hot carcass weight and carcass traits were recorded. Based on this experiment, CG levels did not affect final BW, DMI, ADG, and feed efficiency (G:F). Similarly, carcass characteristics were unaffected by dietary treatments (P>0.05). We concluded that CG can be used as substitution for corn grain up to the level of approximately 20% of dry matter in the diets of fattening goats.

Keywords: crude glycerin, production performance, carcass trait, goat

[1] ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา 90112
Department of Animal Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla 90112
[2] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.ปัตตานี 94000
Department of Food Science and Nutrition, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani Campus, Pattani 94000
* Corresponding author: pin.c@psu.ac.th

บทนำ

กลีเซอรีนดิบ (crude glycerin, CG) เป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้ จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (biodiesel) ปัจจุบันมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณการผลิตไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้น จากการศึกษาประมาณ 10% ของน้ำหนักน้ำมันใช้ผลิตไบโอดีเซลถูกเปลี่ยนไปเป็น CG หรือประมาณ 0.3 กิโลกรัมต่อการผลิตไบโอดีเซล 3.78 ลิตร (Thompson and He, 2006) และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า CG มีส่วนประกอบที่เป็นไขมัน (lipid) อยู่ประมาณ 25-35% ของวัตถุแห้ง กรดไขมันที่พบ คือ ปาล์มมิติก (palmitic, C16:0) สเตียริก (stearic, C18:0) โอเลอิก (oleic, C18:1) และลิโนเลอิก (linoleic, C18:2) มีแร่ธาตุที่พบ ได้แก่ แคลเซียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม โซเดียม ฟอสฟอรัส และกำมะถัน พบอยู่ในปริมาณ 4-163 ppm (Thompson and He, 2006) โดย CG ที่มีส่วนประกอบของกลีเซอรีนบริสุทธิ์ 86.95% มีค่าพลังงานรวม (GE) เท่ากับ 3.625 Mcal/kg DM (Dozier et al., 2008) ซึ่งสามารถนำมาใช้ทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทให้พลังงาน เช่น ข้าวโพดได้บางส่วน เพราะ CG สามารถถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดโพรพิโอนิค (propionic acid, C_3) ภายในกระเพาะรูเมน และเป็นสารตั้งต้นสำหรับการสังเคราะห์กลูโคสที่ตับโดยผ่านกระบวนการ gluconeogenesis (Krehbiel, 2008) จากการศึกษาในโคเนื้อ พบว่าสามารถใช้ CG ในสูตรอาหารได้ 10% ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร และไม่มีผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและคุณภาพซาก (Pyatt et al., 2007) สอดคล้องกับการศึกษาของ Elam et al. (2008) ที่รายงานว่า การเสริม CG ระดับ 0, 7.5 และ 15% ไม่มีผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารของโคขุน อย่างไรก็ตาม ข้อมูลงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ได้ของ CG เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนแหล่งพลังงาน เช่น ข้าวโพดในอาหารแพะขุนยังมีจำกัด ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ CG ระดับต่างๆ ในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตและลักษณะทางซากของแพะขุนที่ได้รับกลีเซอรีนดิบในอาหารผสมเสร็จ

วิธีการศึกษา

สัตว์ทดลอง และการเตรียมอาหารทดลอง

ดำเนินการวิจัย ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก สถานีวิจัยและฝึกภาคสนามคลองหอยโข่ง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยใช้แพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% เพศผู้ อายุประมาณ 18 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 17.4+1.8 กิโลกรัม จำนวน 24 ตัว มีสุขภาพสมบูรณ์ แข็งแรง ก่อนนำสัตว์เข้าทดลองทำการกำจัดพยาธิภายนอกด้วยยาไอเวอร์เมกติน (Ivermectin, IDECTIN®, The British Dispensary (L.P) Co., Ltd. (Thailand) ควบคุมพยาธิตัวตืดด้วยยานิโคลซาไมด์ (Niclosamide, Yomesan,® Bayer Co Ltd., (Thailand) และทำการฉีดวัคซีนป้องกันโรคคอบวม และโรคปากและเท้าเปื่อย แล้วปรับสภาพแพะทั้งหมดก่อนทดลองเป็นเวลา 15 วัน โดยทำการเลี้ยงแพะในคอกขังเดี่ยวยกพื้น จำนวน 24 คอก ภายในคอกมีรางน้ำ และรางอาหารแยกออกจากกัน

ทำการสุ่มแพะให้ได้รับทรีทเมนต์ตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) โดยมีกลุ่มทดลอง หรือทรีทเมนต์ (treatment) เป็นอาหารผสมเสร็จ (total mixed rarion, TMR) สูตรต่างๆ คืออาหาร TMR ที่มี GC ระดับ 0, 5, 10 และ 20% ตามลำดับ ทุกสูตรคำนวณให้มีระดับโภชนะตามความต้องการของแพะ ตามคำแนะนำของ NRC (1981) (**Table 1**) CG ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์จาก บจ. นิว ไบโอดีเซล (New Biodiesel Co., Ltd.) จ.สุราษฎร์ธานี ผลิตมาจากน้ำมันปาล์มดิบ (crude palm oil) มีค่าเฉลี่ยของความชื้น เถ้ารวม โปรตีนรวม ไขมันรวม และพลังงานรวม (GE) เท่ากับ 8.07%, 3.34%, 0.01%, 0.30% และ 3989.82 kcal/kg และมีกลีเซอรีนรวมเท่ากับ 86.72% เมทานอล 0.64% กรดไขมันอิสระ 0.71% ค่าความกรด-ด่าง 9.48 ความหนาแน่น 1.27 ความถ่วงจำเพาะ 1.25 และค่าความหนืด 10.06 (Chanjula et al., 2014)

การวางแผนการทดลอง และวิธีการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) โดยแบ่งแพะทดลองตามน้ำหนักตัว (Block) = 6 Block โดยแต่ละ Block มีแพะ 4 ตัว ซึ่งมีน้ำหนักใกล้เคียงกัน แล้วสุ่มแพะให้ได้รับอาหาร TMR ที่มีระดับของการเสริม GC ระดับ 0, 5, 10 และ 20% วัตถุแห้งของอาหาร TMR ในสูตรอาหารที่ 1, 2, 3, และ 4 ตามลำดับ ในแต่ละกลุ่มทดลองใช้แพะจำนวน 6 ตัว โดยแบ่งการดำเนินการออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 มีระยะเวลา 14 วัน เป็นระยะปรับตัวของแพะให้คุ้นเคยกับอาหาร โดยให้อาหาร TMR แก่แพะทดลองแบบเต็มที่ (*ad libitum*) แบ่งให้วันละ 2 ครั้ง ในเวลา 08.00 น. และ 16.00 น. และวัดปริมาณการกินได้ในแต่ละวัน ช่วงที่ 2 เป็นระยะทดลอง (experimental period) ใช้ระยะเวลา 91 วัน โดยแพะทดลองทั้ง 4 กลุ่ม ได้รับอาหาร TMR ตามแผนการทดลองที่วางไว้ บันทึกการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวทุกๆ 14 วัน และบันทึกปริมาณการกินได้ของอาหาร TMR ตลอดระยะทดลอง การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว เมื่อเลี้ยงแพะครบ 91 วัน สุ่มแพะกลุ่มละ 3 ตัว เพื่อศึกษาลักษณะซากต่อไป

สำหรับการเก็บข้อมูล และการเก็บตัวอย่าง มีรายละเอียดดังนี้ 1) บันทึกปริมาณการกินได้ของอาหาร TMR ตลอดระยะทดลอง โดยการชั่งน้ำหนัก และบันทึกปริมาณอาหารที่ให้ และอาหารที่เหลือในวันถัดไป แล้วนำมาคำนวณปริมาณการกินได้ในแต่ละวัน 2) เก็บตัวอย่างอาหารทุกๆ ครั้งที่ทำการผสมอาหาร จำนวน 200 กรัม นำมาอบที่อุณหภูมิ 100° ซ. เป็นเวลา 24 ชม. เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง และนำมาปรับปริมาณอาหารที่ให้สัตว์กินในช่วงต่อไป 3) เก็บตัวอย่างอาหาร TMR ทุกสูตร จำนวน 300 กรัม ทุกๆ 2 สัปดาห์ นำมาอบที่อุณหภูมิ 60° ซ. เป็นเวลา 72 ชม. แล้วนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มม. เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี 4) เก็บตัวอย่างอาหารที่เหลือก่อนให้อาหารมื้อถัดไปทุกครั้ง นำมาอบที่อุณหภูมิ 100° ซ. เป็นเวลา 24 ชม. เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง 5) ชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลองในวันแรก และวันสุดท้ายของระยะปรับตัว และในระยะทดลองทำการชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลองทุกๆ 14 วัน จนกระทั่งเสร็จการทดลอง เพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของสัตว์ทดลอง อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และ 6) การฆ่าและชำแหละซาก เมื่อเลี้ยงครบกำหนด 91 วัน สุ่มแพะมา 3 Block (ภายใน Block มีครบทุกกลุ่ม) จำนวนแพะที่ใช้ศึกษาคุณภาพซากรวมทั้งหมด 12 ตัว (3 ตัวต่อกลุ่ม) นำมาฆ่าและชำแหละซาก ตามวิธีการที่ดัดแปลงจากวินัย (2528) โดยชั่งน้ำหนักแพะทุกตัวก่อนอดอาหาร จากนั้นทำการอดอาหารประมาณ 24 ชั่วโมง โดยมีน้ำให้แพะกินตลอดเวลา แล้วชั่งน้ำหนักตัวแพะหลังจากอดอาหาร (fastedlive weight) ทำการเชือดคอบริเวณเส้นเลือดดำใหญ่ที่คอ เอาเลือดออกให้เร็วที่สุด จากนั้นชั่งน้ำหนักแพะหลังฆ่า ทำการเลาะผิวหนังเริ่มด้วยการเลาะผิวหนังบริเวณแข้ง (shank) ทั้ง 4 ข้างออก แล้วใช้มีดกรีดบริเวณข้อพับด้านในของแข้งทั้งสี่จนมาถึงท้องเป็นแนวกึ่งกลางลำตัว จากนั้นค่อยๆ เลาะผิวหนังออกจากเนื้อ เมื่อเลาะผิวหนังเสร็จทำการตัดแข้งทั้ง 4 กับหัวแพะ เอาอวัยวะภายในออกโดยใช้มีดกรีดตามแนวด้านท้อง เพื่อเอาอวัยวะภายในออก จากนั้นชั่งและบันทึกน้ำหนักของอวัยวะต่างๆ หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักซากไม่รวมหัว และเท้า จะได้น้ำหนักซากอุ่น (hot carcass weight, HCW) แล้วเก็บในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 2+2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการคิด % ซากอุ่น

$$\text{เปอร์เซ็นต์ซากอุ่น} = \frac{\text{น้ำหนักซากชำแหละ}}{\text{น้ำหนักอดอาหารก่อนฆ่า}} \times 100$$

การตัดแต่งซากและชำแหละซาก นำซากแพะออกจากห้องแช่ แล้วชั่งน้ำหนักซากเย็น (chilled carcass weight, CCW) ปล่อยทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 1 ชั่วโมง ทำการแบ่งซากออกเป็น 2 ซีก แล้วชั่งน้ำหนักซากทั้ง 2 ซีก วัดความยาวซากจากตำแหน่งซี่โครงซี่ที่ 1 (anterior edge of the 1st rib) จนถึงกระดูกเชิงกราน (anterior edge of aitch bone)

วัดความกว้างซาก โดยวัดจากจุดปลายสุดที่ติดกับกระดูกสันหลัง (spinous process) ลากตั้งฉากมายังจุดที่อยู่ใกล้กับกระดูกอก (sternum) และวัดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi,* LD) จากบริเวณกระดูกซี่โครงซี่ที่ 12 กับ 13 (12^{th} and 13^{th} ribs) ของซากแพะซีกซ้าย หลังจากนั้นคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ซาก องค์ประกอบของร่างกาย และองค์ประกอบของซาก ตามรายละเอียดที่อธิบายโดย Safari et al. (2011)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร TMR ได้แก่ วัตถุแห้ง โปรตีนรวม ไขมันรวม และเถ้าใช้วิธี Proximate analysis (AOAC, 1990) และสำหรับการวิเคราะห์ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนินตามวิธี Detergent method ซึ่งดัดแปลงจาก Van Soest et al. (1991)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ โดยใช้ Proc GLM (SAS Inst. Inc., Cary, NC) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test และศึกษาแนวโน้มการตอบสนองของการเพิ่มระดับ CG ด้วยวิธี Orthogonal polynomial และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลอง (0% vs. CG treatment) ด้วยวิธี Orthogonal contrast (Steel and Torrie, 1980)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหาร TMR ที่ใช้ในการทดลอง ที่ประกอบด้วยข้าวโพดบดกากถั่วเหลือง หญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง และ CG ระดับต่างๆ (**Table 1**) พบว่ามีค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง (DM) เถ้ารวม (ash) อินทรียวัตถุ (OM) ไขมัน (EE) และโปรตีนหยาบ (CP) ใกล้เคียงกัน โดยมีโปรตีนหยาบอยู่ในช่วง 15.31-15.45% (2.45-2.47% N) ขณะที่ผนังเซลล์ (NDF) อยู่ในช่วง 38.24-44.07% ลิกโนเซลลูโลส (ADF) และลิกนิน (ADL) อยู่ในช่วง 19.07-20.00 และ 4.47-5.50% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (non-structural carbohydrates, NSC) พบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับ CG ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ขณะที่ค่า NDF มีค่าลดลง ซึ่งความแตกต่างของ NDF, NSC และองค์ประกอบอื่นๆ อาจเนื่องมาจาก ความแตกต่างของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้เป็นส่วนประกอบในสูตรอาหาร และสัดส่วนที่ใช้ในสูตร โดยเฉพาะ CG ที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในการทดลองครั้งนี้ไม่มีองค์ประกอบสารเยื่อใย หรือผนังเซลล์สอดคล้องกับรายงานของ Gunn et al. (2010a) ที่รายงานว่าองค์ประกอบทางเคมีของกลีเซอรีนไม่มีองค์ประกอบสารเยื่อใย หรือผนังเซลล์ใน CG

ปริมาณการกินได้ และการเจริญเติบโตในแพะ

ผลของระดับ CG ในสูตรอาหาร TMR ต่างกัน (0, 5, 10 และ 20% ตามลำดับ) ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะขุน (**Table 2**) ระยะเวลาการขุนแพะ 91 วัน พบว่า น้ำหนักสิ้นสุดการทดลองและน้ำหนักตัวเพิ่มไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 25.20-27.44 และ 8.20-10.88 กิโลกรัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุม (0 %) กับกลุ่มที่เสริม CG ในสูตรอาหาร TMR ระดับต่างๆ พบว่ากลุ่มที่เสริม CG (5, 10 และ 20% ตามลำดับ) ในสูตรอาหารมีแนวโน้มน้ำหนักตัวเพิ่มสูงขึ้น ($P =0.08$) หรือเท่ากับ 1.88, 2.68 และ 1.96 กิโลกรัม ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมด (วัตถุแห้ง) ทั้งที่คิดเป็นปริมาณเฉลี่ย (kg/d) และคิดเป็น % ของน้ำหนักตัว (%BW) หรือกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแมแทบอลิก (g/kg $W^{0.75}$) ของทุกกลุ่ม และปริมาณการกินได้ของโภชนะต่างๆ (OM, CP และ NDF) พบว่า

ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) โดยปริมาณการกินได้ทั้งหมด และคิดเป็น % ของน้ำหนักตัว มีค่าอยู่ในช่วง 0.653-0.738 กิโลกรัม วัตถุแห้งต่อตัวต่อวัน และ 2.99-3.26% ของน้ำหนักตัว ตามลำดับ ขณะที่ปริมาณการกินได้ของ ADF พบว่า มีความแตกต่างกัน (P < 0.05) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในรูปแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Q, P = 0.06) โดยกลุ่มที่ได้รับ CG 10% มีค่าสูงกว่า (0.147kg/d) กลุ่มที่ได้รับ CG 5 และ 20% (0.126 และ 0.125 kg/d) ขณะที่ระหว่างกลุ่มควบคุม (0% CG) ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่เสริม CG (P = 0.31) ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของ Musselman et al. (2008); Terré et al. (2011) ที่รายงานว่าการเสริมกลีเซอรีนที่ระดับ 0-15% ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ในแกะ และ Gunn et al. (2010a) ที่ศึกษาผลของระดับกลีเซอรีนดิบในสูตรอาหารผสมเสร็จต่างกัน (0-20%) พบว่า ระดับกลีเซอรีนดิบในสูตรอาหารผสมเสร็จ 10-20% ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแกะ ทำนองเดียวกับการศึกษาในโคขุน Mach et al. (2009) รายงานว่าการเสริมกลีเซอรีน (0-12%) ในโค Holstein bulls เป็นเวลา 91 วัน และ Bartoñ et al. (2013) ที่รายงานว่าการเสริมกลีเซอรีน (0-10%) ในอาหารโคขุนระยะเวลา 251 วัน ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ทั้งหมดของโค ทำนองเดียวกับผลการทดลองของ Rémond et al. (1993) ที่รายงานว่าไม่มีความแตกต่างของปริมาณการกินได้ และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (OM) เมื่อเสริมกลีเซอรอลทดแทนแป้งในการทดลองหาความสามารถย่อยได้ แต่สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเซลลูโลสเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และ Avila-Stagno et al. (2013) พบว่าปริมาณการกินได้ของ DMI, ADF, GE และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (DM, CP, NDF, ADF และ DE) ไม่แตกต่างกัน แม้ว่า ปริมาณการกินได้ของโภชนะ (NDF และ ADF) มีแนวโน้มลดลง (P = 0.06 และ P = 0.20 ตามลำดับ) และ Bartoñ et al. (2013) ที่รายงานว่า การเสริม CG (0 - 10%) ในอาหารโคขุนระยะเวลา 251 วัน พบว่าปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมดเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันในโคขุนแต่ละกลุ่มที่ได้รับ CG ตรงกันข้ามกับการศึกษาของ Pyatt et al. (2007); Parsons et al. (2009) ที่พบว่าการเสริม CG ในโคขุนตอน (10%) และในโคขุนสาว (12-16%) ทำให้ลดปริมาณการกินได้ และโดยเฉพาะเมื่อเสริมกลีเซอรีนดิบในสูตรอาหารผสมเสร็จมากกว่า 20% (30 - 45%) ทำให้ปริมาณการกินได้ทั้งหมดลดลง

ผลของระดับ CG ในสูตรอาหาร TMR ต่างกันต่ออัตราการเจริญเติบโต กิโลกรัมน้ำหนักแมแทบอลิก และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักเพิ่มของแพะ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.090-0.120 กิโลกรัมต่อวัน 9.29-11.63 g/kg $W^{0.75}$ และ 0.137-0.172 กิโลกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุม (0%) กับกลุ่มที่เสริม CG ในสูตรอาหารผสมเสร็จระดับต่างๆ (5, 10 และ 20%) พบว่ากลุ่มที่เสริม CG ในสูตรอาหารมีแนวโน้มอัตราการเจริญเติบโต กิโลกรัมน้ำหนักแมแทบอลิก และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักเพิ่มของแพะเพิ่มสูงขึ้น (P = 0.06, P = 0.15 และ P = 0.09 ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับน้ำหนักตัวเพิ่มและปริมาณการกินได้ทั้งหมดของแพะ แต่เมื่อเสริมกลีเซอรีนดิบในสูตรอาหารผสมเสร็จมากกว่า 20% (30-45%) ทำให้ทั้งปริมาณการกินได้ทั้งหมด สมรรถภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซากของแกะลดลงตามระดับกลีเซอรีนดิบที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร (Musselman et al., 2008; Gunn et al., 2010b) อาจเนื่องมาจากการเสริม CG ทดแทนข้าวโพดระดับสูงไปมีผลเปลี่ยนแปลงต่อกระบวนการหมัก ลดการย่อยได้ของเยื่อใย ผลผลิตของ C_2 และประชากรแบคทีเรียในกระเพาะรูเมน (Abo El-nor et al., 2010) ซึ่งกลีเซอรีนเมื่อเข้าสู่กระเพาะรูเมนสามารถเปลี่ยนแปลงได้ 3 ทาง คือ 1) ถูกส่งผ่านไปยังระบบทางเดินอาหารส่วนล่าง (lower gut) 2) ถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมน และถูกเปลี่ยนเป็นกลูโคสที่ตับ และ 3) ถูกหมักย่อยเป็นกรดโพรพิออนิคส่งผลให้ความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดเพิ่มขึ้น (Krehbiel, 2008) ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานสำคัญที่สัตว์นำไปใช้ในการเจริญเติบโตของสัตว์ ซึ่งสอดคล้องกับน้ำหนักตัวเพิ่มของแพะ นอกจากนี้ กลูโคสยังเป็น

แหล่งของสารตั้งต้นหลัก (lipid precursor) ของไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ 50 - 75% (Smith and Crouse, 1984) ซึ่งทำให้คุณภาพเนื้อดีขึ้น

ลักษณะซาก และองค์ประกอบของร่างกายของแพะ

Table 3 แสดงองค์ประกอบของร่างกายของแพะที่ได้รับ CG ในสูตรอาหารผสมเสร็จต่างกัน (0, 5, 10 และ 20% ตามลำดับ) โดยเฉลี่ยพบว่า แพะทั้ง 4 กลุ่ม มีน้ำหนักตัวก่อนอดอาหาร (29.01 กิโลกรัม) น้ำหนักตัวหลังอดอาหาร (27.25 กิโลกรัม) น้ำหนักซากอุ่น (13.52 กิโลกรัม) และ % ซาก (49.52%) ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (P > 0.05) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานก่อนหน้านี้ในแกะ (Gunn et al., 2010a; Avila-Stagno et al., 2013) และในโคเนื้อ (Mach et al., 2009) ที่พบว่าการเสริม CG ทดแทนข้าวโพด และข้าวบาร์เลย์ในอาหารข้น 0-20% และ 16% DM ตามลำดับ ไม่มีผลต่อคุณภาพซาก ทำนองเดียวกับ Bartoñ et al. (2013) ที่รายงานว่า การเสริม CG (0 - 10%) ในอาหารโคขุนระยะเวลา 251 วัน ไม่มีผลต่อน้ำหนักตัวหลังอดอาหาร น้ำหนักซากอุ่น % ซาก และองค์ประกอบของซาก รวมทั้งองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ เมื่อพิจารณาความยาวซาก ความกว้างของซาก และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอก พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P > 0.05) มีค่าอยู่ในช่วง 59.66 - 61.33, 26.00 - 27.66 เซนติเมตร และ 11.66 - 13.43 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของ สุทธิพงศ์ และคณะ (2550) ที่รายงานว่า แพะลูกผสมมีความยาวซากเฉลี่ย 61.72 เซนติเมตร แต่พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกต่ำกว่าในแกะ (17.2 - 20.5 cm^2, Gunn et al., 2010a, b) แต่สูงกว่าในแพะพื้นเมืองที่รายงานโดยณัฐพล (2548) ที่รายงานว่ามีความยาวซาก 48.17 เซนติเมตร และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอก 7.89 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ

ส่วนองค์ประกอบของร่างกายของแพะพบว่าแพะทั้ง 4 กลุ่ม ที่ได้รับ CG ระดับต่างๆ มี % องค์ประกอบของร่างกาย ได้แก่ หัว หนัง หาง หัวใจ ปอดรวมหลอดลม ม้าม กระบังลม ไต ตับ เลือด อัณฑะรวมองคชาต ระบบทางเดินอาหาร ลำไส้ใหญ่ ไขมันในช่องท้องและไขมันหุ้มไตไม่แตกต่างกัน (P>0.05) (Table 4) ยกเว้น % ของลำไส้เล็กที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< 0.05) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในรูปแบบเส้นโค้งกำลังสาม (C, P= 0.02) โดยแพะกลุ่มที่ได้รับ CG 10% มีค่า (2.91%) สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับ CG 20% (1.70%) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มอื่นๆ ซึ่งเหตุผลยังไม่ชัดเจน อาจมีบางปัจจัยในอาหารทำให้ลดลง อย่างไรก็ตาม แพะกลุ่มที่ได้รับ CG มีค่าไขมันหุ้มไตเฉลี่ยสูงกว่า (3.20%) กลุ่มควบคุม (2.80%) แม้ว่าไม่มีความแตกต่าง (P>0.05) ผลการศึกษาครั้งนี้ สอดคล้องกับงานทดลองของ Bartoñ et al. (2013) ที่รายงานว่าการเสริม CG ในอาหารโคขุนระยะเวลา 251 วัน พบว่าคุณลักษณะทางซาก และองค์ประกอบของซากไม่แตกต่างกัน

องค์ประกอบ และสัดส่วนซากสากลของแพะ

Table 5 แสดงองค์ประกอบของซากจากการตัดแต่งซากแบบสากลของของแพะที่ได้รับที่ได้รับ CG ในสูตรอาหารผสมเสร็จต่างกัน พบว่าแพะที่ได้รับ CG 0, 5, 10 และ 20% มีสัดส่วนของสันสะเอว (loins) สะโพก (chump) ขาหน้า (fore leg) อก (breast) และคอ (neck) ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 10.87 - 12.38, 6.91 - 7.15, 9.35 - 10.43, 10.29-14.43, 19.89 - 21.08, 8.36 - 11.59 และ 5.34 - 5.96% ตามลำดับ ยกเว้น ขาหลัง (hind leg) ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสิถิติ (P < 0.05) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในรูปแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Q, P = 0.05) โดยกลุ่มที่ 4 (20% CG, 23.38%) มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ 2 (5% CG, 21.42%) และกลุ่มที่ 3 (10% CG, 22.02%) ตามลำดับ ทำนองเดียวกับไหล่และอกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในรูปแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Q, P = 0.02 และ 0.01 ตามลำดับ) แต่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มที่เสริม CG (P = 0.76, 0.30 และ 0.17 ตามลำดับ) ซึ่งสัดส่วนซากสากลของแพะลูกผสมในการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับการศึกษาของสาธิต (2552) ที่รายงานว่าแพะพื้นเมืองที่ปล่อยแทะเล็มในแปลงหญ้าพลิแคททูลั่ม

เสริมอาหารข้นที่มีโปรตีนรวม 14% มีสัดส่วนของสันสะเอว (10.13%) ขาหลัง (21.13%) สะโพก (6.91 %) สันซี่โครง (10.38%) ไหล่ (8.63%) ขาหน้า (19.73%) อก (10.54%) และคอ (10.52%) ตามลำดับ ขณะที่สุทธิพงศ์ และคณะ (2550) รายงานว่า แพะลูกผสมมี % ซากของส่วนคอ ไหล่ ซี่โครง อก แข้ง เนื้อสัน พื้นท้อง และขา เฉลี่ย 8.22, 24.07, 8.65, 9.29, 7.77, 7.33, 1.99 และ 29.02% ตามลำดับ

Table 1 Ingredients and chemical composition of goat diets containing increasing amounts of crude glycerin (% DM basis)

Item	Dietary crude glycerin (%DM)[1]				Crude glycerin[2]
	0	5	10	20	
Ingredients, %					
Crude glycerin, CG	0.00	5.00	10.00	20.00	-
Ground corn, GC	46.00	41.00	35.45	24.50	-
Soybean meal, SBM (44% CP)	16.20	16.10	16.55	18.21	-
Fish meal, (55% CP)	2.00	2.00	2.00	2.00	-
Leucaena leave meal, LLM	6.00	6.00	6.00	5.65	-
Plicatulum hay, PH	25.00	25.00	25.00	25.00	-
Molasses	3.00	3.00	3.00	2.54	-
Salt	0.20	0.20	0.20	0.20	-
Dicalcium phosphate	0.30	0.30	0.30	0.30	-
Urea	0.30	0.40	0.50	0.60	-
Mineral and vitamin mix[3]	1.00	1.00	1.00	1.00	-
Chemical composition[4] (% of DM)					
DM	86.94	86.77	85.85	85.99	91.93
Ash	6.48	6.21	6.41	6.53	3.34
OM	93.52	93.79	93.59	93.47	96.66
CP	15.44	15.32	15.31	15.45	0.01
EE	2.62	2.12	2.25	2.15	0.30
NSC[5]	31.39	34.05	37.79	36.79	-
NDF	44.07	42.33	38.24	39.08	-
ADF	19.44	19.97	20.00	19.07	-
ADL	5.22	5.50	4.47	5.46	-

[1] Level of crude glycerin (CG) = 0%, 5%, 10%, and 20%

[2] Contained 87.61% of glycerin, 0.0045% of calcium, 0.0059% of phosphorus, 1.24% of sodium, 1.56% of chloride, 0.64% of methanol and 3989.82 GE kcal/kg (Colorless, odorless, viscous liquid obtained from Biodiesel Producers, New Biodiesel, Surat Thani Province, Thailand.)

[3] Minerals and vitamins (each kg contains): Vitamin A: 10,000,000 IU; Vitamin E: 70,000 IU; Vitamin D: 1,600,000 IU; Fe: 50 g; Zn: 40 g; Mn: 40 g; Co: 0.1 g; Cu: 10 g; Se: 0.1 g; I: 0.5 g.

[4] Based on analysis of composite feed sample, DM: dry matter; OM: organic matter; CP: crude protein; EE: ether extract; NSC: non-structural carbohydrate; NDF: neutral detergent fiber; ADF: acid detergent fiber; ADL: acid detergent lignin

[5] Estimated: NSC = 100 - (CP+NDF+EE+Ash)

Table 2 Effects of levels of dietary crude glycerin on performance and DMI of finishing goats

Item	Dietary crude glycerin (%DM)				SEM[3]	Contrasts, *P*-value[1]			
	0	5	10	20		0 vs. glycerin[2]	L	Q	C
Growth performance									
Days on feed	91	91	91	91	-	-	-	-	-
BW, kg									
Initial BW, kg	17.08	17.52	16.76	16.76	0.42	0.96	0.75	0.87	0.72
Final BW, kg	25.20	27.40	27.44	26.96	1.17	0.26	0.45	0.39	0.81
Weight gain (kg)	8.20	10.08	10.88	10.16	1.16	0.08	0.16	0.22	0.92
DMI									
kg/d	0.653	0.674	0.738	0.654	0.02	0.43	0.70	0.19	0.27
%BW	3.10	2.99	3.26	3.01	0.08	0.91	0.23	0.98	0.17
g/kg of $BW^{0.75}$	66.51	65.13	70.89	65.04	1.87	0.82	0.93	0.34	0.13
OM, kg/d	0.611	0.632	0.691	0.611	0.03	0.42	0.71	0.17	0.28
CP, kg/d	0.101	0.103	0.113	0.101	0.01	0.47	0.68	0.23	0.26
NDF, kg/d	0.288	0.285	0.282	0.255	0.01	0.46	0.17	0.46	0.74
ADF, kg/d	0.126^{b}	0.134^{ab}	0.147^{a}	0.125^{b}	0.005	0.31	0.82	0.06	0.24
ADG, kg/d	0.090	0.112	0.120	0.112	0.01	0.06	0.14	0.20	0.94
ADG, g/kg $W^{0.75}$	9.29	10.82	11.63	11.14	1.15	0.15	0.21	0.37	0.90
G:F, kg/kg	0.137	0.167	0.164	0.172	0.01	0.09	0.13	0.47	0.51

[a-c] Means within rows followed with different superscript letters are statistically different (P<0.05)

[1] Treatment and contrast *P*-values; P-value for L = Linear effect, Q = Quadratic effect, C = Cubic effect

[2] Compares the effects of 0% glycerin with the combined glycerin treatment

[3] SEM = Standard error of the mean (n = 6)

Table 3 Effects of levels of dietary crude glycerin on slaughtered carcass characteristics of finishing goats

Item	Dietary crude glycerin (%DM)				SEM[3]	Contrasts, *P*-value[1]			
	0	5	10	20		0 vs. glycerin[2]	L	Q	C
Slaughter data									
Live weight, kg	28.26	29.60	29.50	28.66	1.37	0.64	0.89	0.55	0.94
Fasted live weight, kg	26.86	29.03	26.16	26.93	1.09	0.83	0.78	0.73	0.37
HCW[4], kg	13.16	14.60	13.00	13.30	0.56	0.69	0.79	0.59	0.30
CCW[5], kg	12.96	14.36	12.90	13.16	0.57	0.66	0.85	0.58	0.32
Warm dressing percentage, %	49.04	50.25	49.45	49.32	0.67	0.45	0.99	0.36	0.41
Cold dressing percentage, %	48.30	49.45	49.38	48.90	0.78	0.30	0.61	0.30	0.42
Carcass length (cm)	61.00	61.33	59.66	61.00	0.80	0.76	0.70	0.61	0.26
Carcass width (cm)	27.33	27.66	26.00	27.00	0.61	0.61	0.44	0.66	0.19
LM area[6], cm^2	11.66	12.86	12.20	13.43	0.78	0.31	0.30	0.98	0.39

[a-c] Means within rows followed with different superscript letters are statistically different ($P<0.05$)

[1] Treatment and contrast *P*-values; P-value for L = Linear effect, Q = Quadratic effect, C = Cubic effect

[2] Compares the effects of 0% glycerin with the combined glycerin treatment

[3] SEM = Standard error of the mean (n = 3)

[4] HCW = hot carcass weight

[5] CCW = cold carcass weight

[6] LM = Longissimus muscle area, cm^2 from *Longissimus dorsi*

Table 4 Effects of levels of dietary crude glycerin on body and gut composition of finishing goats.

Item	Dietary crude glycerin (%DM)				SEM[3]	Contrasts, *P*-value[1]			
	0	5	10	20		0 vs. glycerin[2]	L	Q	C
Body and gut contents[4], %									
Head	7.94	8.38	8.19	9.00	0.40	0.20	0.10	0.62	0.43
Skin	9.90	10.51	9.92	10.28	0.28	0.39	0.71	0.71	0.18
Tail	0.17	0.15	0.13	0.15	0.02	0.31	0.39	0.44	0.72
Shank	2.67	2.64	2.99	2.51	0.16	0.63	0.88	0.94	0.31
Heart	0.41	0.41	0.44	0.44	0.01	0.62	0.40	1.00	0.49
Lung	2.20	1.62	1.64	1.53	0.19	0.05	0.08	0.33	0.50
Spleen	0.17	0.19	0.19	0.20	0.01	0.35	0.38	0.81	0.59
Diaphragm	0.41	0.42	0.40	0.40	0.04	0.94	0.77	0.90	0.72
Kidney	0.30	0.28	0.31	0.28	0.01	0.71	0.83	0.87	0.27
Liver	1.81	1.73	1.76	1.79	0.07	0.65	0.91	0.58	0.83
Blood	3.26	3.04	3.55	3.20	0.30	0.98	0.81	0.82	0.26
Penis	0.95	0.96	1.05	0.93	0.06	0.82	0.95	0.53	0.49
Rumen	2.27	1.82	2.37	1.98	0.23	0.68	0.87	0.95	0.34
Omasum	0.72	0.66	0.79	0.62	0.06	0.95	0.93	0.90	0.90
Reticulum	0.87	0.75	0.95	0.83	0.06	0.96	0.97	0.99	0.79
Abomasum	0.49	0.42	0.47	0.41	0.02	0.11	0.18	0.73	0.10
Small intestine	2.32[ab]	2.25[ab]	2.91[a]	1.70[b]	0.21	0.88	0.21	0.02	0.02
Large intestine	1.33	1.42	1.42	1.66	0.18	0.46	0.28	0.72	0.72
Visceral fat	2.20	1.86	1.70	1.79	0.38	0.38	0.45	0.60	0.97
Kidney fat, %	2.80	3.08	3.42	3.12	0.20	0.25	0.33	0.33	0.58
Pelvic fat, %	0.55	0.60	0.63	0.65	0.02	0.12	0.08	0.76	0.95
Heart fat, %	0.96	1.30	1.04	1.14	0.13	0.26	0.67	0.42	0.17
Gallbladder, %	0.34	0.57	0.54	0.39	0.19	0.53	0.89	0.41	0.87

[a-c] Means within rows followed with different superscript letters are statistically different (P <0.05)

[1] Treatment and contrast *P*-values; P-value for L = Linear effect, Q = Quadratic effect, C = Cubic effect

[2] Compares the effects of 0% glycerin with the combined glycerin treatment

[3] SEM = Standard error of the mean (n = 3)

[4] Body and gut contents = as a percentage of fasted live weight of goat

Table 5 Effects of levels of dietary crude glycerin on carcass composition of finishing goats

Item	Dietary crude glycerin (%DM)				SEM[3]	Contrasts[1]			
	0	5	10	20		0 vs. others[2]	L	Q	C
Carcass composition[4]									
Loin, %	11.22	12.38	11.36	10.87	0.46	0.62	0.41	0.16	0.29
Hind leg, %	22.11[ab]	21.42[b]	22.02[b]	23.38[a]	0.42	0.76	0.06	0.05	0.80
Chump, %	7.15	7.00	7.04	6.91	0.39	0.70	0.67	0.98	0.83
Rack, %	10.17	10.43	9.35	10.03	0.61	0.75	0.60	0.74	0.28
Shoulder, %	11.44	13.90	14.93	10.29	1.38	0.30	0.68	0.02	0.47
Fore leg, %	21.08	19.89	20.62	20.94	0.41	0.43	0.91	0.26	0.43
Breast, %	11.09	8.36	8.70	11.59	0.97	0.17	0.66	0.01	0.90
Neck, %	5.72	5.34	5.96	5.96	0.34	0.93	0.43	0.61	0.35

[a-b] Means within rows followed with different superscript letters are statistically different (P <0.05)

[1] Treatment and contrast *P*-values; P-value for L = Linear effect, Q = Quadratic effect, C = Cubic effect

[2] Compares the effects of 0% glycerin with the combined glycerin treatment

[3] SEM = Standard error of the mean (n = 3)

[4] Carcass composition = as a percentage of chilled carcass weight

สรุปและข้อเสนอแนะ

กลีเซอรีนดิบสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดในอาหารผสมเสร็จระดับ 20% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ การเจริญเติบโตในแพะ ลักษณะซาก และองค์ประกอบของร่างกายของแพะ และสัดส่วนซากสากลของแพะ อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาในแพะขุน หรือแพะรีดนมในระยะต่างๆ รวมทั้งวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นในสภาพฟาร์ม หรือการเลี้ยงของเกษตรกรต่อไป

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณกองทุนมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยประจำปี พ.ศ.2555 (รหัสโครงการ NAT550288S) และขอขอบคุณภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้สนับสนุนสถานที่ อุปกรณ์และสัตว์ทดลอง รวมทั้งนักศึกษาบัณฑิตศึกษาและบุคลากรทุกท่าน ที่มีส่วนที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

ณัฐพล เพ็งบุญโสม. 2548. ผลของระดับโปรตีนในอาหารข้นที่มีต่อลักษณะและองค์ประกอบของซากแพะเพศผู้พื้นเมืองไทยและลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ได้รับข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

วินัย ประสมพ์กาญจน์. 2528. การศึกษาลักษณะซากของแพะ. ว. สงขลานครินทร์ วทท. 39: 105-109.

สุทธิพงศ์ อุริยะพงศ์สรรค์, เทอดศักดิ์ คำเหม็ง, ฉลอง วชิราภากร และพรพรรณ แสนภูมิ. 2550. ผลของระดับโปรตีนในอาหารข้นร่วมกับฟางข้าวหรือฟางข้าวหมักยูเรียต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต ลักษณะซาก และการยอมรับของผู้บริโภคเนื้อแพะและแกะ. ใน: การประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 3 23 มกราคม 2550 ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สาธิต เขาไข่แก้ว. 2552. ผลของพันธุ์และระบบการเลี้ยงแพะเพศผู้ที่มีต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซาก และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในแพะเพศผู้. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

Abo El-Nor, S., A. A. AbuGhazaleh, R. B. Potu, D. Hastings, and M. S. A. Khattab. 2010. Effects of different levels of glycerol on rumen fermentation and bacteria. Anim. Feed Sci. Technol. 162: 99-105.

AOAC. 1990. Official Methods of Analyses, 15th edition. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA.

Avila-Stagno, J., A. V. Chaves, M. L. He, O. M. Harstad, K. A. Beauchemin, S. M. McGinn, and T. A. McAllister. 2013. Effects of increasing concentrations of glycerol in concentrate diets on nutrient digestibility, methane emissions, growth, fatty acid profiles, and carcass traits of lambs. J. Anim. Sci. 91: 829-837.

Bartoň, L., D. Bureš, P. Homolka, F. Jančík, M. Marounek, and D. Řehák. 2013. Effects of long-term feeding of crude glycerine on performance, carcass traits, meat quality, and blood and rumen metabolites of finishing bulls. Livest. Sci. 153: 53-59.

Chanjula, P., P. Pakdeechanuan, and S. Wattanasit. 2014. Effects of dietary crude glycerin supplementation on nutrient digestibility, ruminal fermentation, blood metabolites, and nitrogen balance of goats. Asian Australas. J. Anim. Sci. 27: 365-374.

Dozier, W. A., B. J. Kerr, A. Corzo, M. T. Kidd, E. Weber, and K. Bregendals. 2008. Apparent metabolism energy of glycerin for broiler. Poult. Sci. 87: 317-322.

Elam, N. A., K. S. Eng, B. Bechtel, J. M. Harris, and R. Crocker. 2008. Glycerol from Biodiesel Production: Considerations for feedlot diets. Proceeding of the Southwest Nutrition Conference. Feb. 21, 2008. Tempe, AZ.

Gunn, P. J., M. K. Neary, R. P. Lemenager, and S. L. Lake. 2010a. Effects of crude glycerin on performance and carcass characteristics of finishing wether lambs. J. Anim. Sci. 88: 1771-1776.

Gunn, P. J., A. F. Schultz, M. L. Van Emon, M. K. Neary, R. P. Lemenager, C. P. Rusk, and S. L. Lake. 2010b. Effects of elevated crude glycerin concentrations on feedlot performance, carcass characteristics, and serum metabolite and hormone concentrations in finishing ewe and wether lambs. Prof. Anim. Sci. 26: 298-306.

Krehbiel, C. R. 2008. Ruminal and physiological metabolism of glycerin. J. Anim. Sci. 86(E-Suppl.2): 392. (Abstr.).

Mach, N., A. Bach, and M. Devant. 2009. Effects of crude glycerin supplementation on performance and meat quality of Holstein bulls fed high-concentrate diets. J. Anim. Sci. 87: 632-638.

Musselman, A. F., M. L. Van Emon, P. J. Gunn, C. P. Rusk, M. K. Neary, R. P. Lemenager, and S. L. Lake. 2008. Effects of crude glycerin on feedlot performance and carcass characteristics of market lambs. Am. Soc. Anim. Sci. West. Sect. Proc. 59: 353-355.

NRC. 1981. Nutrient Requirements of Goats: Angora, dairy and meat goat in temperate and tropical countries. National Academy Press, Washington, D.C.

Parsons, G. L., M. K. Shelor, and J. S. Drouillard. 2009. Performance and carcass traits of finishing heifers fed crude glycerin. J. Anim. Sci. 87: 653–657.

Pyatt, A., P. H. Doane, and M. J. Cecava. 2007. Effect of crude glycerin in finishing cattle diets. J. Anim. Sci. 85(Suppl. 1): 530 (Abstr.).

Rémond, B., E. Souday, and J. P. Jouany. 1993. In vitro and in vivo fermentation of glycerol by rumen microbes. Anim. Feed Sci. Technol. 41: 121-132.

Safari, J., D. E., Mushi, L. A. Mtenga, G. C. Kifaro, and L. O. Eik. 2011. Growth, carcass and meat quality characteristics of small east African goats fed straw based diets. Livest. Sci. 135: 168-176.

Smith, S. B., and J. D. Crouse. 1984. Relative contributions of acetate, lactate and glucose to lipogenesis in bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissue. J. Nutr. 114: 792-1984.

Smith, S. B., H. Kawachi, C. B. Choi, C. W. Choi, G. Wu, and J. E. Sawyer. 2009. Cellular regulation of bovine intramuscular adipose tissue development and composition. J. Anim. Sci. 87: E72-E82.

Steel, R. G. D., and J. H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics: A Biometerial Approach. (2nd ed.). McGraw-Hill, New York.

Terré, M., A. Nudda, P. Casado, and A. Bach. 2011. The use of glycerine in rations for light lamb during the fattening period. Anim. Feed Sci. Technol. 164: 262–267.

Thompson, J. C., and B. B. He. 2006. Characterization of crude glycerin from biodiesel production from multiple feedstocks. Applied Eng. Agr. 22: 261-265.

Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fire and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74: 3579-3583.