ผลของระดับกลีเซอรีนดิบในอาหารผสมเสร็จต่อสมรรถภาพการผลิต องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณกรดไขมันในกล้ามเนื้อของแพะขุน

Effects of Crude Glycerin Level in Total Mixed Ration on Productive Performance, Chemical Composition and Fatty Acid Content in Finishing Goat Muscle

ปิ่น จันจุฬา[1/] พัชรินทร์ ภักดีฉนวน[2/] และสุธา วัฒนสิทธิ์[1/]
Pin Chanjula[1/], Patcharin Pakdeechanuan[2/] and Sutha Wattanasit[1/]

(Received: 15 October 2014; Accepted: 1 December 2014)

Abstract: The objective of this study was to examine performance, muscle chemical composition, and fatty acid content of goats fed diets with different levels of crude glycerin (CG). A total of 24 goats (17.4 ±2.8 kg of initial BW) were randomly assigned to 4 CG levels (0, 5, 10, and 20% of TMR DM). The diets were fed for *ad libitum* intake. Goats were slaughtered after 91 d of study. Hot carcass weight, and carcass traits were recorded. Based on this experiment, CG level did not affect final BW, DMI, ADG, and feed efficiency (G:F). Similarly, carcass quality and meat chemical composition were unaffected by dietary treatments (P>0.05). Also, no apparent effects on FA composition were detected, except for C15:0, C16:0, C16:1, and C22:5n-3 were affected (P<0.05) by CG level. It could be 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 finishing goats.

Keywords: Crude glycerin, production performance, muscle chemical composition, fatty acid, goats

[1/] ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา 90110
[1/] Department of Animal Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla 90110, Thailand
[2/] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดปัตตานี 94000
[2/] Department of Food Science and Nutrition, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani Campus, Pattani 94000, Thailand
* Corresponding author: E-mail address: pin.c@psu.ac.th

บทคัดย่อ: ศึกษาถึงผลของระดับกลีเซอรีนดิบ (crude glycerin, CG) ในสูตรอาหารผสมเสร็จ (total mixed ration, TMR) ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณกรดไขมันในกล้ามเนื้อของแพะ จำนวน 24 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 17.4 ±2.8 กิโลกรัม วางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) ให้แพะได้รับ TMR ที่มีระดับ CG 4 ระดับ (0, 5, 10 และ 20% DM) แบบเต็มที่ (*ad libitum*) ทำการฆ่าแพะเมื่อเลี้ยงครบกำหนด 91 วัน บันทึกน้ำหนักซากอุ่น และองค์ประกอบซาก ผลการทดลอง พบว่าน้ำหนักตัวเพิ่ม ปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมด (วัตถุแห้ง) อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักเพิ่มของแพะไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ทำนองเดียวกับ คุณภาพซาก และองค์ประกอบทางเคมีเนื้อแพะทั้ง 4 กลุ่ม พบว่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (P>0.05) ขณะที่ รูปแบบของกรดไขมันชนิดต่าง ๆ ในกล้ามเนื้อสันนอกไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ยกเว้น กรด C15:0, C16:0, C16:1 และ C22:5n-3 มีความแตกต่างกัน (P<0.05) จากผลการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่า สามารถใช้ CG เป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดในอาหารผสมเสร็จระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ได้ในสูตรอาหารแพะขุน

คำสำคัญ: กลีเซอรีนดิบ สมรรถภาพการผลิต องค์ประกอบทางเคมีในกล้ามเนื้อ กรดไขมัน แพะ

คำนำ

การผลิตแพะเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพจำเป็นต้องมีอาหารหยาบ และอาหารข้นเพียงพอทั้งในแง่ปริมาณ และคุณภาพ แต่ต้นทุนค่าวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารข้นสำหรับแพะในภาคใต้ เช่น กากถั่วเหลือง และข้าวโพด เป็นต้น มีราคาค่อนข้างสูง จึงจำเป็นต้องหาวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ ที่มีคุณค่าทางโภชนะใกล้เคียงกัน และมีราคาถูกกว่ามาใช้ทดแทน เช่น ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม ได้แก่ กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (palm kernel cake, PKC) และกลีเซอรีนดิบ (crude glycerin, CG) เป็นต้น กลีเซอรีนดิบ (CG) เป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (biodiesel) ปัจจุบันมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณการผลิตไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้น ในการผลิตไบโอดีเซลจะทำให้เกิดกลีเซอรีนดิบ (CG) ประมาณ 10% หรือประมาณ 0.3 กิโลกรัมต่อการผลิต ไบโอดีเซล 3.78 ลิตร และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า CG มีส่วนประกอบที่เป็นไขมัน (lipid) อยู่ประมาณ 25-35% ของวัตถุแห้ง กรดไขมันที่พบคือ 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 และไม่มีผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซาก (Pyatt *et al.,* 2007) สอดคล้องกับการศึกษาในโคขุนของ Elam *et al.* (2008) ที่รายงานว่า การเสริม CG ระดับ 0, 7.5 และ 15% ไม่มีผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารของโคขุน อย่างไรก็ตาม ข้อมูลงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ได้ของ CG เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนแหล่งพลังงาน เช่น ข้าวโพดในอาหารแพะขุนยังมีจำกัด ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ CG ระดับต่าง ๆ ในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตและลักษณะทางซากของแพะขุนที่ได้รับกลีเซอรีนดิบในอาหารผสมเสร็จ

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลอง และการเตรียมอาหารทดลอง

ดำเนินการวิจัย ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก สถานีวิจัยและฝึกภาคสนามคลองหอยโข่ง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยใช้แพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% เพศผู้ อายุประมาณ 18 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 17.4 ±2.8 กิโลกรัม จำนวน 24 ตัว มีสุขภาพสมบูรณ์ แข็งแรง ก่อนนำสัตว์เข้าทดลองทำการกำจัดพยาธิภายนอกด้วยยาไอเวอร์เมกติน (Ivermectin, IDECTIN®, The British Dispensary (L.P) Co., Ltd. (Thailand) ควบคุมพยาธิตัวตืดด้วยยานิโคลซาไมค์ (Niclosamide, Yomesan,® Bayer Co Ltd., (Thailand) และทำการฉีดวัคซีนป้องกันโรคคอบวม และโรคปากและเท้าเปื่อย แล้วปรับสภาพแพะทั้งหมดก่อนทดลองเป็นเวลา 15 วัน โดยทำการเลี้ยงแพะในคอกขังเดี่ยวยกพื้น จำนวน 24 คอก ภายในคอกมีรางน้ำ และรางอาหารแยกออกจากกัน

ทำการสุ่มแพะให้ได้รับทรีทเมนต์ตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) โดยมีกลุ่มทดลอง หรือทรีทเมนต์ (treatment) เป็นอาหารผสมเสร็จ (total mixed ration, TMR) สูตรต่าง ๆ คืออาหารผสมเสร็จ (TMR) ที่มี GC ระดับ 0, 5, 10 และ 20% ตามลำดับ ทุกสูตรคำนวณให้มีระดับโภชนะตามความต้องการของแพะ ตามคำแนะนำของ NRC (1981) (ตารางที่ 1) CG ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์จาก บจ. นิว ไบโอดีเซล (New Biodiesel Co., Ltd.) จังหวัดสุราษฎร์ธานี ผลิตมาจากน้ำมันปาล์มดิบ (crude palm oil, CPO) มีค่าเฉลี่ยของความชื้น เถ้ารวม โปรตีนรวม ไขมันรวม และพลังงานรวม (GE) เท่ากับ 8.07, 3.34, 0.01, 0.30% และ 3,989.82 kcal/kg และมีกลีเซอรีนรวมเท่ากับ 86.72% เมทานอล 0.64% กรดไขมันอิสระ 0.71% ค่าความกรด-ด่าง 9.48 ความหนาแน่น 1.27 ความถ่วงจำเพาะ 1.25 และค่าความหนืด 10.06 (ปิ่น และคณะ, 2557)

การวางแผนการทดลอง และวิธีการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ 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 และ 16.00 นาฬิกา และวัดปริมาณการกินได้ในแต่ละวัน ช่วงที่ 2 เป็นระยะทดลอง (experimental period) ใช้ระยะเวลา 91 วัน โดยแพะทดลองทั้ง 4 กลุ่ม ได้รับอาหาร TMR ตามแผนการทดลองที่วางไว้ บันทึกการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวทุก ๆ 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) เก็บตัวอย่างอาหารทุก ๆ ครั้งที่ทำการผสมอาหาร จำนวน 200 กรัม นำมาอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง และนำมาปรับปริมาณอาหารที่ให้สัตว์กินในช่วงต่อไป 3) เก็บตัวอย่างอาหาร TMR ทุกสูตร จำนวน 300 กรัม ทุก ๆ 2 สัปดาห์ นำมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน และเถ้า (AOAC, 1995) และวิเคราะห์ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนินตามวิธี Detergent method

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

Item	Dietary crude glycerin (% of dietary DM)[1]			
	T1(0)	T2(5)	T3(10)	T4(20)
Ingredients (%)				
Crude glycerin[2], CG	0.00	5.00	10.00	20.00
Ground corn, GG	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
Ash	6.48	6.21	6.41	6.53
OM	93.52	93.79	93.59	93.47
CP	15.44	15.32	15.31	15.45
EE	2.62	2.12	2.25	2.15
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
Fatty acids, % of total FAME				
C16:0	23.38	21.42	21.58	19.68
C18:0	4.57	4.73	5.05	4.35
C18:1n-9 cis	26.97	31.39	30.78	30.50
C18:2n-6	29.67	35.48	36.99	36.52
C18:3n-3	0.21	0.30	0.31	0.32
SFA	27.95	26.15	26.63	24.03
UFA	56.85	67.17	68.08	67.34
MUFA	26.97	31.39	30.78	30.50
PUFA	29.88	35.78	37.30	36.84

[1] T1 = Level of crude glycerin (CG) 0%, T2 = CG 5%, T3 = CG 10%, T4 = CG 20%

[2] Contained 87.61% of glycerin, 8.07% of water, 1.24% of sodium, and 0.64% of methanol (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)

(ดัดแปลงจาก Van Soest *et al.,* 1991) 4) เก็บตัวอย่างอาหารที่เหลือก่อนให้อาหารมื้อถัดไปทุกครั้ง นำมาอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง 5) ชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลองในวันแรก และวันสุดท้ายของระยะปรับตัว และในระยะทดลองทำการชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลองทุก ๆ 14 วัน จนกระทั่งเสร็จการทดลอง เพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของสัตว์ทดลอง อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และ 6) การฆ่าและชำแหละซาก เมื่อเลี้ยงครบกำหนด 91 วัน สุ่มแพะมา 3 Block (ภายใน Block มีครบทุกกลุ่ม) จำนวนแพะที่ใช้ศึกษาคุณภาพซากรวมทั้งหมด 12 ตัว (3 ตัวต่อกลุ่ม) นำมาฆ่า และชำแหละซากตามวิธีการที่ดัดแปลงจากวินัย (2528) โดยชั่งน้ำหนักแพะทุกตัวก่อนอดอาหาร จากนั้นทำการอดอาหารประมาณ 24 ชั่วโมง โดยมีน้ำให้แพะกินตลอดเวลา แล้วชั่งน้ำหนักตัวแพะหลังจากอดอาหาร (fasted live weight) ทำการเชือดคอบริเวณเส้นเลือดดำใหญ่ที่คอ เอาเลือดออกให้เร็วที่สุด จากนั้นชั่งน้ำหนักแพะหลังฆ่า ทำการเลาะผิวหนัง เริ่มด้วยการเลาะผิวหนังบริเวณแข้ง (shank) ทั้ง 4 ข้างออก แล้วใช้มีดกรีดบริเวณข้อพับด้านในของแข้งทั้งสี่จนมาถึงท้องเป็นแนวกึ่งกลางลำตัว จากนั้นค่อย ๆ เลาะผิวหนังออกจากเนื้อ เมื่อเลาะผิวหนังเสร็จทำการตัดแข้งทั้ง 4 กับหัวแพะ เอาอวัยวะภายในออกโดยใช้มีดกรีดตามแนวด้านท้อง เพื่อเอาอวัยวะภายในออก จากนั้นชั่ง และบันทึกน้ำหนักของอวัยวะต่าง ๆ หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักซากไม่รวมหัว และเท้า จะได้น้ำหนักซากอุ่น (hot carcass weight, HCW) แล้วเก็บในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 2 ±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

การตัดแต่งซากและชำแหละซาก นำซากแพะออกจากห้องแช่ แล้วบันทึกน้ำหนักซากเย็น (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) ด้วยสายวัด จากนั้นบันทึกพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (loin eye area) จากบริเวณกระดูกซี่โครงซี่ที่ 12 กับ 13 (12th and 13th ribs) ของซากแพะซีกซ้าย โดยใช้กระดาษลอกลาย ทำซ้ำ 2 ครั้ง แล้วนำมาอ่านด้วยเครื่องวัดพื้นที่ (planimeter) จากนั้น เก็บตัวอย่างเนื้อสันนอกส่วนหนึ่งที่ผ่านการบ่มที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เพื่อนำไปศึกษาคุณภาพเนื้อ ได้แก่ ค่าสี (color) การสูญเสียน้ำออกจากเนื้อ (drip loss) ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear force) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และกรดไขมันในกล้ามเนื้อ เป็นต้น

การวัดค่าสีของเนื้อ ทำการตรวจวัดค่าสีทางกายภาพด้วยเครื่องวัดสี HunterLab color meter ด้วยการอธิบายสีของเนื้อให้อยู่ในรูปของ CIE (Complete International Comission on Illumination, Hunter Color Quest XE) โดยแบ่งค่าสีออกเป็น 3 เฉดสี คือ L*, a* และ b* โดยที่ L* หมายถึง ความสว่างของสี (lightness) ซึ่งจะอยู่ในเฉดสีดำจนถึงขาว a* หมายถึง ค่าความแดง (redness) ซึ่งจะอยู่ในเฉดสีเขียวจนถึงแดง และ b* หมายถึง ค่าความเหลือง (yellowness) ซึ่งมีเฉดสีตั้งแต่สีน้ำเงินไปถึงสีเหลือง

ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ทำการวิเคราะห์ค่าแรงตัดผ่านเนื้อด้วยเครื่อง Warner Brazler shear force (Texture analyzer, Stable Micro System, TA-XTPlus, UK) และวัดค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการแช่เย็นของเนื้อตามวิธีการของ Honickel (1987) อ้างโดยสัญชัย (2543) โดยสุ่มเนื้อมาตัดเป็นชิ้นขนาด 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทำการซับให้แห้ง ชั่งน้ำหนักจากนั้นห่อด้วยผ้าก๊อตแล้วบรรจุถุงพลาสติกแขวนไว้ในตู้เย็น 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำออกมาจากถุงแล้วซับให้แห้ง แล้วชั่งน้ำหนักเนื้อ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์จากการสูญเสียก่อน และหลังแช่เย็น นอกจากนี้ ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสันนอก โดยใช้ตัวอย่างที่บดเนื้อที่บดแล้วจำนวน 5 กรัม วิเคราะห์หา ความชื้น โปรตีน ไขมันรวม และเถ้า (AOAC, 1995) การวิเคราะห์กรดไขมันดัดแปลงตามวิธีการของ Folch *et al.* (1957) โดยทำให้อยู่ในรูป methyl ester แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันโดยเทคนิค Gas Chromatography (GC) โดยสกัดไขมันด้วยคลอโรฟอร์ม: เมธานอล (2:1) (Lepage and Roy, 1986) ทำเมธิลเลชั่นด้วยกรดไฮโดรคลอริก และวิเคราะห์ด้วย

เครื่อง GC Agilent Technoloies 6890N โดยใช้ตัวตรวจวัดแบบ FID (Flame ionization detector)

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)

ผลและวิจารณ์

ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารผสมเสร็จที่ใช้ในการทดลอง ที่ประกอบด้วยข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง หญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง และ CG ระดับต่าง ๆ (ตารางที่ 1) พบว่ามีค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง (DM) เถ้ารวม (ash) อินทรียวัตถุ (OM) ไขมัน (EE) และโปรตีนหยาบ (CP) ใกล้เคียงกัน โดยมีโปรตีนหยาบอยู่ในช่วง 15.31-15.45% ขณะที่ ผนังเซลล์ (neutral detergent fiber, NDF) อยู่ในช่วง 38.24-44.07% ลิกโนเซลลูโลส (acid detergent fiber, ADF) และลิกนิน (acid detergent lignin, ADL) อยู่ในช่วง 19.07-20.00 และ 4.47-5.50% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (non-structural carbohydrates, NSC) พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับ CG ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ขณะที่ค่า NDF มีค่าลดลง ซึ่งความแตกต่างของ NDF, NSC และองค์ประกอบอื่น ๆ อาจเนื่องมาจาก ความแตกต่างของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้เป็นส่วนประกอบในสูตรอาหาร และสัดส่วนที่ใช้ในสูตร โดยเฉพาะ CG ที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในการทดลองครั้งนี้ไม่มีองค์ประกอบสารเยื่อใย หรือผนังเซลล์สอดคล้องกับรายงานของ Gunn *et al.* (2010a) ที่รายงานว่า องค์ประกอบทางเคมีของกลีเซอรีนไม่มีองค์ประกอบสารเยื่อใย หรือผนังเซลล์ใน CG

ปริมาณการกินได้ และการเจริญเติบโตในแพะ

จากการศึกษาผลของระดับ CG ในสูตรอาหาร TMR (0, 5, 10 และ 20% ตามลำดับ) ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะขุน (ตารางที่ 2) พบว่าน้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง และน้ำหนักตัวเพิ่มไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 25.20-27.44 และ 8.20-10.88 กิโลกรัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุม (0% CG) กับกลุ่มที่เสริม CG ในสูตรอาหาร TMR ระดับต่าง ๆ พบว่ากลุ่มที่เสริม CG (5, 10 และ 20% ตามลำดับ) ในสูตรอาหารมีแนวโน้มน้ำหนักตัวเพิ่มสูงขึ้น (P =0.08) หรือเท่ากับ 1.88, 2.68 และ 1.96 กิโลกรัม ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมด พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) โดยปริมาณการกินได้ทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 0.653-0.738 กิโลกรัมวัตถุแห้งต่อตัวต่อวัน ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของ Terré *et al.* (2011) ที่รายงานว่าการเสริมกลีเซอรีนที่ระดับ 0-15% ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ในแกะ และ Gunn *et al.* (2010a) ที่ศึกษาผลของระดับกลีเซอรีนดิบในสูตรอาหารผสมเสร็จต่างกัน (0-20%) พบว่าระดับกลีเซอรีนดิบในสูตรอาหารผสมเสร็จ 10-20% ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแกะ ทำนองเดียวกับการศึกษาในโคขุน Mach *et al.* (2009) รายงานว่า การเสริมกลีเซอรีน (0-12%) ในโค Holstein bulls เป็นเวลา 91 วัน และ Bartoñ *et al.* (2013) ที่รายงานว่า การเสริมกลีเซอรีน (0-10%) ในอาหารโคขุนระยะเวลา 251 วัน ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ทั้งหมดของโค ทำนองเดียวกันกับอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักเพิ่มของแพะ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.090-0.120 กิโลกรัมต่อวัน และ 0.137-0.172 กิโลกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มที่เสริม CG ในสูตรอาหารผสมเสร็จระดับต่าง ๆ (5, 10 และ 20%) พบว่ากลุ่มที่เสริม

Table 2 Effects of dietary crude glycerin level 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
Average feeding period (day)	91	91	91	91	-	-	-	-	-
Number of animals	6	6	6	6	-	-	-	-	-
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 grain (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
ADG (kg/d)	0.090	0.112	0.120	0.112	0.01	0.06	0.14	0.20	0.94
G:F (kg/kg)	0.137	0.167	0.164	0.172	0.01	0.09	0.13	0.47	0.51
HCW[4] (kg)	13.16	14.60	13.00	13.30	0.56	0.69	0.79	0.59	0.30
Warm dressing percentage (%)	49.04	50.25	49.45	49.32	0.67	0.45	0.99	0.36	0.41

[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)

[4] HCW = hot carcass weight

CG ในสูตรอาหารมีแนวโน้มอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักเพิ่มของแพะเพิ่มสูงขึ้น (P = 0.06 และ P = 0.09 ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับน้ำหนักตัวเพิ่ม และปริมาณการกินได้ทั้งหมดของแพะ แต่เมื่อเสริมกลีเซอรีนดิบในสูตรอาหารผสมเสร็จมากกว่า 20% (30-45%) ทำให้ทั้งปริมาณการกินได้ทั้งหมด สมรรถภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซากของแกะลดลงตามระดับกลีเซอรีนดิบที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร (Gunn *et al.,* 2010b) อาจเนื่องมาจาก การเสริม 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 กลูโคสยังเป็นแหล่งของสารตั้งต้นหลัก (lipid precursor) ของไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ 50-75% (Smith and Crouse, 1984) ซึ่งทำให้คุณภาพเนื้อดีขึ้น

ผลของระดับ CG ในสูตรอาหาร TMR ต่อน้ำหนักซากอุ่น (13.52 กิโลกรัม) และเปอร์เซ็นต์ซาก (49.52%) พบว่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (P>0.05) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานก่อนหน้านี้ในแกะ (Gunn *et al.,* 2010a; Avila-Stagno *et al.,* 2013) และในโคเนื้อ (Mach *et al.,* 2009) ที่พบว่าการเสริม CG ทดแทนข้าวโพด และข้าวบาร์เลย์ในอาหาร TMR ระดับ 0-20% และอาหารข้น 0-16% DM ตามลำดับ ไม่มีผลต่อคุณภาพซาก

คุณค่าทางโภชนาการ และสมบัติทางกายภาพของกล้ามเนื้อสันนอกแพะ

จากตารางที่ 3 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของกล้ามเนื้อสันนอกแพะพบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ของวัตถุแห้ง เถ้า โปรตีน และไขมัน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 25.76-26.45, 1.50-1.63, 22.09-22.42 และ 1.37-1.99% ตามลำดับ ทำนองเดียวกับ

Table 3 Effects of dietary crude glycerin level on chemical composition and physical properties of *Longissimus dorsi* muscle of finishing goats

Item[2]	Dietary crude glycerin, %				SEM[3]	*P*-value	Contrasts[1]			
	T1(0)	T2(5)	T3(10)	T4(20)			0 vs. others[2]	L	Q	C
Nutritional composition (%)										
DM	26.45	25.76	26.35	26.05	0.33	0.51	0.31	0.68	0.55	0.16
Moisture	73.51	74.24	73.64	73.94	0.33	0.49	0.28	0.64	0.53	0.16
Ash	1.62	1.53	1.63	1.50	0.11	0.81	0.57	0.58	0.87	0.41
Protein	22.21	22.09	22.15	22.42	0.23	0.79	0.98	0.59	0.49	0.98
Ether extract	1.47	1.37	1.99	1.72	0.16	0.14	0.31	0.12	0.66	0.09
Calcium	0.10	0.11	0.10	0.11	0.01	0.95	0.89	0.89	0.87	0.58
Phosphorous, %	0.67	0.63	0.63	0.69	0.04	0.59	0.67	0.77	0.26	0.99
Physical properties of meat goats										
Drip loss (%)	15.10[a]	16.40[a]	10.30[b]	11.06[b]	0.85	0.01	0.04	0.001	0.77	0.03
WBS[4] (kg/cm^2)	4.01	3.71	3.18	3.47	0.31	0.37	0.17	0.17	0.38	0.47
Colour of LM, *(Longissimus dorsi)*[5]										
L*	39.76	39.25	37.75	39.95	1.01	0.41	0.52	0.84	0.20	0.32
a*	12.61	12.58	12.11	11.83	0.60	0.75	0.49	0.26	0.82	0.80
b*	11.54	11.46	10.15	11.29	0.57	0.30	0.36	0.40	0.26	0.13

[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] WBS: Warner-Bratzler shear force

[5] L* values are a measure of lightness (higher value indicates a lighter color); a* values are a measure of redness (higher value indicates a redder color); b* values are a measure of yellowness (higher value indicates a more yellow color), by CIE = Complete international commission on illumination (Hunter color flex)

ค่าแคลเซียม และฟอสฟอรัส พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.10-0.11 และ 0.63-0.69% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าระดับการเสริมกลีเซอรีนดิบไม่อิทธิพลต่อคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อแพะ ทำนองเดียวกับการศึกษาของ Bartoñ *et al.* (2013) ที่รายงานว่า การเสริม CG (0-10%) ในอาหารโคขุน ระยะเวลา 251 วัน ไม่มีผลต่อองค์ประกอบของซาก และองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ อาจเนื่องจาก การทดลองครั้งนี้แพะทุกกลุ่มได้รับโภชนะใกล้เคียงกัน และเป็นแพะพันธุ์เดียวกัน อย่างไรก็ตาม เปอร์เซ็นต์ไขมันในกลุ่มที่ได้รับ CG มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในรูปแบบเส้นโค้งกำลังสาม (C, P= 0.09) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (0%) อาจเนื่องจาก กลีเซอรีนเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญของการสังเคราะห์กลูโคส (glucogenic precursor) (Rémond *et al.*, 1993) ดังนั้น จึงส่งผลให้ระดับของเนื้อเยื่อไขมันในมัดกล้ามเนื้อ (intramuscular adipose tissue) หรือไขมันแทรก (marbling fat) เพิ่มขึ้น ทำนองเดียวกับรายงานของ Mach *et al.* (2009) ที่รายงานว่า โคขุนที่ได้รับกลีเซอรีน (8% DM) พบว่ามีปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม จากเหตุผลดังกล่าว จึงอาจมีผลทำให้มีการสะสมของไขมันเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ การเสริมกลีเซอรีนทำให้กรด

โพรพิออนิค และกรดบิวทีริคในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้น (Rémond *et al.,* 1993) เนื่องจาก กลูโคสเป็นแหล่งของสารตั้งต้นหลัก (lipid precursor) ของไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ ขณะที่ กรดอะซิติกมีสหสัมพันธ์ช่วยสนับสนุนการสังเคราะห์กรดไขมัน (lipogenesis) โดยเฉพาะในการสร้างเนื้อเยื่อไขมันใต้ผิวหนังมากที่สุด (Smith and Crouse, 1984) จากการทดลองนี้ ค่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนและเถ้าสูงกว่ารายงานของ Beserra *et al.* (2004) ที่รายงานว่า โปรตีน และเถ้าเนื้อแพะที่ฆ่าที่อายุ 8-10 เดือน มีโปรตีน และเถ้าช่วง 20.7-21.9 และ 1.1-1.1% ตามลำดับ แต่มีเปอร์เซ็นต์ไขมันต่ำกว่า (1.5-2.7%) ขณะที่เปอร์เซ็นต์ไขมันที่ศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่ารายงานของเฉลิมขวัญ (2552) ที่รายงานว่า แพะลูกผสมแองโกล-นูเบียน 50% x พื้นเมือง 50% และแพะพื้นเมืองมีไขมัน 1.35 และ 0.90% ตามลำดับ ความแตกต่างน่าเป็นผลจากอาหารทดลองที่แตกต่างกัน ปริมาณอาหารที่กิน อายุ และเพศ เนื่องจากในการทดลองนี้ใช้แพะลูกผสมแองโกลนูเบียน 50% x พื้นเมือง 50% เพศผู้ที่ไม่ตอน ปริมาณการสะสมไขมันในเนื้อจึงมีค่าสูงกว่าแพะพื้นเมือง ซึ่ง Evan *et al.* (1976) รายงานว่า สายพันธุ์แพะที่แตกต่างกันมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อแพะ โดยสัตว์พันธุ์ต่างประเทศ หรือสัตว์ลูกผสมจะมีการสะสมไขมันสูงกว่าสัตว์พันธุ์พื้นเมือง (Xiong *et al.,* 1993) มากกว่านั้นองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันอาจเป็นผลเนื่องมาจากพันธุกรรม รูปแบบการให้อาหาร อายุ และสิ่งแวดล้อมที่สัตว์ได้รับ โดยจะมีผลตอบสนองที่เด่นชัดกับการสะสมไขมันในกล้ามเนื้อ หรือไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ (Swatland, 1994)

ผลของระดับ CG ในสูตรอาหาร TMR ต่างกันต่อค่าการสูญเสียน้ำออกจากเนื้อแพะ (drip loss) พบว่ามีความแตกต่างกัน (P<0.05) โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับ CG 5% มีค่าสูงกว่า (15.10 และ 16.40%) เมื่อเปรียบกับกลุ่มที่ได้รับ CG 10 และ 20% (10.30 และ 11.06%) ตามลำดับ อาจเนื่องมาจาก กลีเซอรอลจะไปเพิ่มแรงดันออสโมซีสในเซลล์ (cell osmotic pressure) ทำให้เพิ่มปริมาณน้ำภายในเซลล์ (intracellular) ซึ่งจะไปเพิ่มค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (water holding capacity, WHC) และทำให้ค่า drip loss, thawing loss และ cooking loss ค่าลดลง (Mourot *et al*., 1994) ซึ่งค่าการสูญเสียน้ำออกจากเนื้อมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ ดังนั้นความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อต่ำจะทำให้สูญเสียน้ำออกไปมาก ส่งผลให้ลักษณะของเนื้อเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ไม่ดี และเนื้อมีความชุ่มฉ่ำลดลง (Warriss, 2000) ซึ่งค่า WHC เป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้บ่งบอกคุณภาพของเนื้อสัตว์ ซึ่งสัมพันธ์กับคุณสมบัติของเนื้อสัตว์ เช่น ความชุ่มฉ่ำ (jujceness) และกลิ่น และรสชาติของเนื้อสัตว์ (flavor) (Warriss, 2000) โดยปัจจัยหลักของการสูญเสีย WHC เป็นผลมาจากการลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่างในเนื้อ และการเกิดสภาวะการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อหลังสัตว์ตาย (rigor mortis) ซึ่งการสูญเสียน้ำออกมามากส่งผลให้เนื้อมีค่าแรงตัดผ่านสูงด้วย นอกจากนี้ การสูญเสียน้ำของกล้ามเนื้อนั้นยังเกี่ยวข้องกับปริมาณไขมันในกล้ามเนื้อด้วย โดยทั่วไปค่าการสูญเสียน้ำจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณไขมันที่เพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อแพะ (ตารางที่ 3) พบว่ากล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi*) ของแพะทุกกลุ่มมีค่าแรงตัดผ่านไม่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.18-4.01 กิโลกรัม แสดงว่าระดับกลีเซอรีนดิบในสูตรอาหารผสมเสร็จไม่มีอิทธิพลต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อแพะ แต่มีแนวโน้มลดลง (P, L= 0.17) แม้ว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) จากการทดลองค่าแรงตัดผ่านเนื้อสอดคล้องกับค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อ ซึ่งค่าแรงตัดผ่าน (shear force) บ่งบอกลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) ความนุ่มเหนียวของเนื้อ (สัญชัย, 2543) ดังนั้นความนุ่มเหนียวของเนื้อถูกนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินการยอมรับของเนื้อโดยผู้บริโภค (consumer acceptance) และความนุ่มของเนื้อ (tenderness) (Warriss, 2000; Miller *et al.,* 2001) ซึ่งมีสหสัมพันธ์กันระหว่างความนุ่มของเนื้อ และไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ ซึ่งค่าแรงตัดผ่านเนื้อที่เป็นที่ยอมรับของความนุ่มของเนื้อควรมีค่าน้อยกว่า 4.00 กิโลกรัม (Miller *et al.,* 2001) ส่วนค่าสีของกล้ามเนื้อสันนอกของแพะ พบว่าระดับ CG ในอาหารไม่มีผลต่อค่าสี L*, a* และ b* ของกล้ามเนื้อแพะ โดยมีค่าสีอยู่ในช่วง 37.75-39.95, 11.83-12.61 และ

10.15-11.34 ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของ Lee *et al.* (2008) ที่รายงานว่า ค่าสีของกล้ามเนื้อสันนอกของแพะลูกผสม Boer x Spanish ที่เลี้ยงในโรงเรือนโดยได้รับอาหารที่แตกต่างกันมีค่าสี (L*, a* และ b*) อยู่ในช่วง 39.81-43.57, 9.34-9.89 และ 11.09-12.45 ตามลำดับ จากผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่า มีค่าสี L* สูงกว่า แต่มีค่าสี a* และ b* ต่ำกว่ารายงานของ Solaiman *et al.* (2011) ที่รายงานว่า ค่าสี (L*, a* และ b*) ของกล้ามเนื้อสันนอกของแพะลูกผสม Boer และแกะ มีค่าสีเฉลี่ย 28.05; 29.91, 16.21; 17.35 และ 15.44; 16.82 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างของค่าสีที่เกิดในกล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์กับปัจจัยหลายประการ เช่น พันธุ์ อายุ เพศ ชนิดอาหารที่สัตว์กิน ชนิดกล้ามเนื้อจากส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ปริมาณของรงควัตถุไมโอโกลบิน (myoglobin pigment) ที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์ ตลอดจนสภาวะความเป็นกรด-ด่าง และสภาวะการสูญเสียน้ำของกล้ามเนื้อสัตว์ เป็นต้น (Warriss, 2000) ซึ่ง Dhanda *et al.* (2003) รายงานว่าอายุแพะที่มากกว่ามีแนวโน้มค่าสีสูงกว่าในแพะที่อายุน้อย ทั้งนี้เพราะแพะที่มีอายุมากกว่ามีการใช้และสะสมออกซิเจนในปริมาณที่สูงกว่าแพะที่มีอายุน้อย กล้ามเนื้อจึงมีสีเข้มกว่า ซึ่งสัญชัย (2543) รายงานว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างในกล้ามเนื้อมีผลให้สีของเนื้อซีดลงได้ ถ้ามีค่าต่ำกว่า 5.8 ทำให้โปรตีนสูญเสียสภาพในการอุ้มน้ำ ทำให้เม็ดสีไมโอโกลบินไหลออกจากเซลล์กล้ามเนื้อด้วย จากผลการทดลองครั้งนี้ ไม่พบความแตกต่างของค่าสีเนื้อมาจากอิทธิพลของระดับ CG ในสูตรอาหาร TMR อาจเนื่องจาก แพะทดลองมีอายุใกล้เคียงกัน ขณะเข้าฆ่า ดังนั้น จึงไม่มีผลจากอาหารทดลองสำหรับค่าสีของเนื้อ (L*, a* และ b*) และกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในกล้ามเนื้อสัตว์ภายหลังสัตว์ตายเป็นไปอย่างปกติ ดังนั้น จึงไม่ส่งผลต่อค่าสีของกล้ามเนื้อแพะ

รูปแบบของกรดไขมันในกล้ามเนื้อสันนอก

ผลของระดับ CG ในสูตรอาหาร TMR ต่อรูปแบบของกรดไขมันชนิดต่าง ๆ ในกล้ามเนื้อสันนอก (ตารางที่ 4) พบว่าระดับ CG ในสูตรอาหารมีผลต่อกรดไขมัน C15:0 ในรูปแบบโค้งกำลังสอง (quadratic effect) (Q, P= 0.02) โดยพบว่าการเสริม CG ในระดับ 5% จะมีกรด C15:0 สูงกว่า 0% แต่เมื่อเพิ่มระดับ CG เป็น 10 และ 20% ปริมาณ C15:0 จะลดลง ส่วนปริมาณกรด C16:0 ของกลุ่มที่ไม่ได้รับ CG จะแตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับ CG (P<0.01) คือ 23.98 เทียบกับ 22.33, 22.09 และ 21.15% of total FAME นอกจากนี้ ยังพบว่าระดับ CG มีผลต่อกรด C16:0 ในรูปแบบเส้นตรง (linear effect) (L, P= 0.01) คือเมื่อเพิ่มระดับของการเสริม CG จะมีผลทำให้ปริมาณกรด C16:0 ลดลง ขณะที่ C16:1 เพิ่มขึ้น (P<0.001) ตามลำดับ อาจเนื่องจาก กลีเซอรีนเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญของการสังเคราะห์กลูโคส (glucogenic precursor) ซึ่งกลูโคสเป็นแหล่งของสารตั้งต้นหลัก (lipid precursor) ของไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ ขณะที่ กรดอะซิติกมีสหสัมพันธ์ช่วยสนับสนุนการสังเคราะห์กรดไขมัน (lipogenesis) โดยเฉพาะในการสร้างเนื้อเยื่อไขมันใต้ผิวหนังมากที่สุด (Smith and Crouse, 1984) เพราะกรดอะซิติกเป็นแหล่งของ acetyl unite สำหรับการสังเคราะห์เนื้อเยื่อไขมันใต้ผิวหนัง 70-80% ขณะที่กลูโคสเป็นแหล่งของ acetyl unite หลักสำหรับการสังเคราะห์ไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ 50-75% (Smith and Crouse, 1984) ผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของ Avila-Stagno *et al.* (2013) ที่รายงานว่าไขมันใต้ผิวหนังของแกะที่ได้รับกลีเซอรอลดิบ (0-21% DM) มีค่ากรด C16:0 ลดลง ขณะที่ C18:0 เพิ่มขึ้น และการศึกษาของ Terré *et al.* (2011) ที่รายงานว่า รูปแบบของกรดไขมันในเนื้อสันนอกของแกะที่ขุนระยะอายุน้อย (4 สัปดาห์หลังหย่านม) และมีน้ำหนักตัวต่ำ (24.5 ±0.4 kg) พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ยกเว้น ค่า C12:0 และ C17:0 ที่เพิ่มสูงขึ้น อาจเนื่องมาจาก ระยะเวลาขุนสั้น และน้ำหนักตัวต่ำทำให้ไม่เห็นความแตกต่างของรูปแบบกรดไขมัน และกลีเซอรีนที่ใช้ระดับต่ำ (0-10% DM) (Terré *et al.,* 2011) ซึ่งปริมาณกรด C16:0 ที่ลดลงเป็นสิ่งที่น่าสนใจเพราะกรด C16:0 (palmitic acid) มีผลทำให้เพิ่มค่าปริมาณความเข้มข้นของ cholesterol ในเลือดสูงขึ้น ขณะที่ C18:0 (stearic acid) ไม่มีผลทำให้ค่าของ cholesterol เปลี่ยนแปลงในมนุษย์ และ C18:1 (oleic acid) ทำให้ค่าของ cholesterol ในเลือดลดลง (Yu *et al.,* 1995; Banskalieva *et al.,* 2000) ซึ่งค่าสัดส่วนของ C18:0 + C18:1/ C16:0

Table 4 Effects of dietary crude glycerin level on fatty acid (FA) profiles (% of total FA) in *Longissimus dorsi* muscle of finishing goats

Item	Dietary crude glycerin, %				SEM[3]	*P*-value	Contrasts[1]			
	T1(0)	T2(5)	T3(10)	T4(20)			0 vs. others[2]	L	Q	C
Fatty acids, % of total FAME										
C10:0	0.11	0.12	0.18	0.12	0.02	0.18	0.22	0.34	0.13	0.12
C12:0	1.09	1.04	1.01	1.51	0.15	0.14	0.31	0.06	0.19	0.41
C14:0	3.10	3.12	2.81	3.08	0.65	0.98	0.92	0.92	0.88	0.80
C15:0	2.06^{b}	3.22^{a}	2.34^{ab}	1.82^{b}	0.30	0.07	0.24	0.24	0.02	0.09
C16:0	23.98^{a}	22.30^{b}	22.09^{b}	21.15^{b}	0.32	0.02	0.01	0.01	0.24	0.13
C16:1	1.65^{c}	1.45^{d}	2.12^{b}	3.31^{a}	0.05	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	0.31
C18:0	14.16	13.87	13.27	14.27	0.40	0.27	0.55	0.92	0.17	0.24
C18:1n-9 cis	44.71	43.50	47.08	46.06	1.05	0.16	0.38	0.09	0.95	0.07
C18:1n-9 trans	1.65	1.74	1.68	1.93	0.16	0.26	0.24	0.20	0.90	0.33
C18:2n-6	4.97	5.06	5.21	3.81	0.62	0.42	0.68	0.21	0.20	0.53
C18:3n-3	0.14	0.15	0.15	0.14	0.01	0.45	0.76	0.36	0.14	0.64
C22:5n-3 (DPA)	2.30^{b}	4.40^{a}	2.05^{b}	2.77^{b}	0.28	0.01	0.09	0.56	0.08	0.001

[a-d]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)

มีประโยชน์สามารถใช้อธิบายผลของชนิดของไขมันที่มีความแตกต่างที่มีผลต่อสุขภาพ (Banskalieva *et al*., 2000) นอกจากนี้ มีรายงาน C18:1 (oleic acid) เป็นกรดไขมันมีมากที่สุดในเนื้อโค (Turk and Smith, 2009) และเนื้อแกะ (Diaz *et al*., 2005) ซึ่งการเพิ่มของ oleic acid มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันชนิดดี หรือ high-density lipoprotein (HDL) ในมนุษย์ (Gilmore *et al.,* 2011) ซึ่งรูปแบบของกรดไขมันอิ่มตัวในครั้งนี้คล้ายกับที่รายงานในโคที่ได้รับหญ้ามากกว่าเมล็ดธัญพืช (Daley *et al.,* 2010) เพราะหญ้ามี stearic และ linoleic acid มากกว่า ขณะที่ เมล็ดธัญพืชมี palmitic acid มากกว่า อย่างไรก็ตาม มีหลายปัจจัยที่มีผลต่อความรูปแบบกรดไขมันที่อยู่ในกล้ามเนื้อ ได้แก่ แตกต่างของชนิดสัตว์ พันธุ์ อายุ การจัดการเลี้ยงดู อาหาร และชนิดกล้ามเนื้อ เป็นต้น โดยเฉพาะอาหารเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อรูปแบบกรดไขมันที่อยู่ในกล้ามเนื้อ และเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่ารูปแบบกรดไขมันที่อยู่ในกล้ามเนื้อได้รับอิทธิพลมาจากรูปแบบกรดไขมันที่อยู่อาหาร (Wiseman and Agunbiade, 1998)

สรุป

กลีเซอรีนดิบสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดในอาหารผสมเสร็จระดับ 20% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ การเจริญเติบโตในแพะ ลักษณะซาก คุณค่าทางโภชนาการ และสมบัติทางกายภาพของเนื้อแพะ ยกเว้น ค่าการสูญเสียน้ำออกจากเนื้อลดลงเมื่อเพิ่มระดับของการเสริม CG ส่วนรูปแบบไขมันชนิดต่าง ๆ พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ยกเว้น C15:0, C16:0 และ C16:1 มีความแตกต่างกัน โดยเฉพาะระดับ CG มีผลต่อกรด C16:0 ลดลงในรูปแบบเส้นตรง ขณะที่ กรด C16:1 เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษา

ในแพะขุน หรือแพะรีดนมในระยะต่าง ๆ รวมทั้งวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นในสภาพฟาร์ม หรือการเลี้ยงของเกษตรกรต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณกองทุนมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัย (รหัสโครงการ NAT550288S) ขอขอบคุณภาควิชาสัตวศาสตร์และศูนย์วิจัยและพัฒนาสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่ได้สนับสนุนสถานที่ อุปกรณ์ และสัตว์ทดลอง รวมทั้งนักศึกษาบัณฑิตศึกษา และบุคลากรทุกท่าน ที่มีส่วนที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

เฉลิมขวัญ สุขเนียม. 2552. องค์ประกอบทางเคมี สมบัติทางกายภาพและโครงสร้างทางกายภาพของกล้ามเนื้อแพะพื้นเมืองและแพะลูกผสมแองโกลนูเบียน 50% x พื้นเมือง 50% ที่เลี้ยงภายใต้ระบบที่แตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

วินัย ประลมพ์กาญจน์. 2528. การศึกษาลักษณะซากของแพะ. วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับ วทท. 39(2): 105-109.

ปิ่น จันจุฬา พัชรินทร์ ภักดีฉนวน และสุธา วัฒนสิทธิ์. 2557. ผลของระดับกลีเซอรีนดิบในอาหารผสมเสร็จต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน และสมดุลไนโตรเจนในแพะ. วารสารเกษตร. 30(3): 291-304.

สัญชัย จตุรสิทธา. 2543. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. เชียงใหม่: ธนบรรณการพิมพ์.

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. Animal Feed Science and Technology 162(4): 99-105.

AOAC, 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed. 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. Journal of Animal Science 91(2): 829-837.

Banskalieva, V., T. Sahlut and A. L. Goest. 2000. Fatty acid composition of goat muscles and fat depot: a review. Small Ruminant Research 37(3): 255-268.

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. Livestock Science 155(1): 53-59.

Beserra, F. J., M. S. Madruga, A. M. Leite, E. M. C. da Silva and E. L. Maia. 2004. Effect of age at slaughter on chemical composition of meat from Moxotó goats and their crosses. Small Ruminant Research 55(2): 177-181.

Daley, C. A., A. Abbott, P. S. Doyle, G. A. Nader and S. Larson. 2010. A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. Nutritional Journal 9(1): 10-19.

Dhanda, J. S., D. G. Taylor and P. J. Murray. 2003. Part I. Growth, carcass and meat quality parameters of male goats: effects of

genotype and live weight at slaughter. Small Ruminant Research 50(1): 57-66.

Diaz, M. T., I. Alvarez, J. De la Fuente, C. Sanudo, M. M. Campo, M. A. Oliver, I. Font, M. Furnols, F. Montossi, R. San Julián, G. R. Nute and V. Cañeque. 2005. Fatty acid composition of meat from typical lamb production systems of Spain, United Kingdom, Germany and Uruguay. Meat Science 71(2): 256-263.

Dozier, W. A., B. J. Kerr, A. Corzo, M. T. Kidd, E. Weber and K. Bregendals. 2008. Apparent metabolism energy of glycerin for broiler. Poultry Science 87(2): 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.

Evan, D. G., T. L. Goodwin and L. D. Andrews. 1976. Chemical composition, carcass yield, and tenderness of broilers as influenced by rearing methods and genetic strains. Poultry Science 55: 748-755.

Folch, J., M. Lees and G. H. S. Stanley. 1957. A simple method for the isolation and purifi cation of total lipides from animal tissues. The Journal of Biological Chemistry 226: 497-509.

Gilmore, L. A., R. L. Walzem, S. F. Crouse, D. R. Smith, T. H. Adams, V. Vaidyanathan, X. Cao and S. B. Smith. 2011. Consumption of higholeic acid ground beef increases HDL-Cholesterol concentration but both high- and low-oleic acid ground beef decrease HDL particle diameter in normocholesterolemic men. Journal of Nutrition 141(3): 1188-1194.

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. Journal of Animal Science 88(5): 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. The Professional Animal Scientist 26(3): 298-306.

Krehbiel, C. R. 2008. Ruminal and physiological metabolism of glycerin. Journal of Animal Science 86(E-Suppl. 2): 392. (Abstr.).

Lee, J. H., B. Kouakou and G. Kannan. 2008. Chemical composition and quality characteristics of chevon from goats fed three different post-weaning diets. Small Ruminant Research 75(2): 177-184.

Lepage, G. and C. C. Roy. 1986. Direct transesterification of all classes of lipids in a one step reaction. The Journal of Lipid Research 27(1): 114-120.

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. Journal of Animal Science 87(2): 632-638.

Miller, M., M. Carr, C. Ramsey, K. Crocket and L. Hoover. 2001. Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. Journal of Animal Science 79(12): 3062-3068.

Mourot, J., A. Aumaitre, A. Mounier, P. Peiniau and A. C. François. 1994. Nutritional and

physiological effects of dietary glycerol in the growing pig. Consequences on fatty tissues and post mortem muscular parameters. Livestock Production Science. 38(3): 237-244.

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

Pyatt, A., P. H. Doane and M. J. Cecava. 2007. Effect of crude glycerin in finishing cattle diets. Journal of Animal Science 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. Animal Feed Science and Technology 41(2): 121-132.

Smith, S. B. and J. D. Crouse. 1984. Relative contributions of acetate, lactate and glucose to lipogenesis in bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissue. Journal of Nutrition 114(4): 792-800.

Solaiman, S., C. Kerth, K. Willian, B. R. Min, C. Shoemaker, W. Jones and D. Bransby. 2011. Growth performance, carcass characteristics and meat quality of boer-cross wether and buck goats grazing marshall ryegrass. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 24(3): 351-357.

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

Swatland, H. J. 1994. Structure and Development of Meat Animals and Poultry. Technomic Publishing, Lancaster, UK.

Terré, M., A. Nudda, P. Casado and A. Bach. 2011. The use of glycerine in rations for light lamb during the fattening period. Animal Feed Science and Technology 164(3): 262–267.

Thompson, J. C. and B. B. He. 2006. Characterization of crude glycerin from biodiesel production from multiple feedstocks. Applied Engineering in Agriculture 22(2): 261-265.

Turk, S. N. and S. B. Smith. 2009. Carcass fatty acid mapping. Meat Science 81(4): 658-663.

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. Journal of Dairy Science 74(10): 3579-3583.

Warriss, P. D. 2000. Meat science: An introductory text. CAB International, Cambridge University Press, Cambridge, 223 p.

Wiseman, J. and J. A. Agunbiade. 1998. The influence of changes in dietary fat and oils on fatty acid profiles of carcass fat in finishing pigs. Livestock Production Science. 54(3): 217-227.

Xiong, Y. L., A. H. Cantor, A. J. Pescator, S. P. Blanchard and M. L. Straw. 1993. Variations in muscle chemical composition, pH, and protein extractability among eight different broiler crosses. Poultry Science 72(3): 583-588.

Yu, S., J. Derr, T. D. Etherton and P. M. Kris-Etherton. 1995. Plasma cholesterol-predictive equations demonstrate that stearic acid is neutral and monosaturated fatty acids are hypocholesterolemic. The American Journal of Clinical Nutrition 61(5): 1129-1139.