

ผลของการจัดการการให้อาหารแบบขั้นบันไดในช่วงก่อนวัยเจริญพันธุ์ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และค่าเมทาโบไลต์ในเลือดแพะ

Effects of stair-step feeding during pre-puberty on growth and blood
metabolite in goats

ชนินทร์ ช่วยแสง¹, จารึก นัฐฐากรกุล¹ และ จิรุตติ ธรรมศิริ^{1*}

Chanin Chuaysang¹, Jaruk Nutthakornkul¹ and Jiratti Thammasiri^{1*}

บทคัดย่อ: วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการการให้อาหารแบบขั้นบันไดในช่วงก่อนวัยเจริญพันธุ์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและค่าเมทาโบไลต์ในเลือดแพะใช้แพะลูกผสมเพศเมีย 12 ตัว ที่มีอายุ 5 เดือน มีน้ำหนักเฉลี่ย 10 ± 0.8 กิโลกรัมโดยแบ่งแพะออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม (100% ตามความต้องการโภชนา) กลุ่มที่ 2 กลุ่มให้อาหารแบบขั้นบันได (จำกัดอาหารที่ 70% แล้วเพิ่ม 130% ของกลุ่มควบคุม) เก็บตัวอย่างเลือดเพื่อวิเคราะห์ค่าเมทาโบไลต์ในเลือด ผลการทดลองพบว่าคะแนนร่างกาย (BCS) อัตราการเจริญเติบโต (ADG) ปริมาณสิ่งแห้งที่กินได้ (DMI) ของทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามกลุ่มให้อาหารแบบขั้นบันไดส่งผลให้มีความแตกต่างของค่ากลูโคส (Glucose) และอินซูลิน (Insulin) ในเลือดที่สูงกว่า ($P < 0.05$) กลุ่มควบคุมในช่วงที่ให้อาหารเกินความต้องการที่ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และพบว่าในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ให้อาหารแบบขั้นบันไดมีรูปแบบการเจริญเติบโตที่ต่างกันโดยมีสมการทำนายการเจริญเติบโตมีรูปแบบสมการเป็นแบบพหุนามดีกรีที่ 3 (Cubic polynomial: $R^2=0.9918$; $P\text{-value}=0.0001$) และที่ 2 (Quadratic polynomial: $R^2=0.9796$; $P\text{-value}=0.0001$) ตามลำดับ ดังนั้นผลการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ทราบถึงอิทธิพลของการจัดการการให้อาหารที่ส่งผลต่อรูปแบบการเจริญเติบโต ค่าเมทาโบไลต์ในเลือดในแพะเพศเมียก่อนวัยเจริญพันธุ์เพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ: การให้อาหารแบบขั้นบันได, การเจริญเติบโต, ก่อนวัยเจริญพันธุ์, เมทาโบไลต์ในเลือด, แพะ

ABSTRACT: The objectives of the present study were to determine effects of stair-step feeding during pre-puberty on growth and blood metabolite in goats, 5 months crossbred female goats ($n = 12$), 10 ± 0.8 kilogram of weight were randomly assigned into group 1 control (100% of nutrient requirement for goats) and group 2 stair-step feeding (feed restriction and realimentation; 70% and 130% of the control). Blood samples were collected to examine concentration of blood metabolites. No significant differences of body condition scores (BCS), average dairy gain (ADG) and dry matter intake (DMI) were observed in goats fed either the control or stair-step feeding groups. Serum glucose and insulin concentrations (4 h. post feeding) were greater ($P < .05$) in stair-step fed goats than in control goats on realimentation phase. The model of growth equations were differences between control group (Cubic polynomial: $R^2=0.9918$; $P\text{-value}=0.0001$) and stair-step feeding group (Quadratic polynomial: $R^2=0.9796$; $P\text{-value}=0.0001$). These data demonstrate feeding management effects on model of growth and blood metabolite in pre-puberty goats.

Keyword: stair-step feeding, growth, pre-puberty, blood metabolite, goats

¹ สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ 46000

Department of Animal Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, Kalasin University, Kalasin 46000

* Corresponding author: jiratti.th@gmail.com

บทนำ

แพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กที่มีความสำคัญ เนื่องจากแพะเป็นสัตว์ที่เลี้ยงง่าย สามารถกินอาหารได้หลากหลายชนิด ใช้พื้นที่ในการเลี้ยงน้อย มีระยะเวลาในการตั้งท้องสั้น มีโอกาสเกิดลูกแฝดได้มาก (จารึก และคณะ, 2554) อย่างไรก็ตามเกษตรกรยังขาดความรู้ ความเข้าใจ ในการจัดการแพะในด้านต่างๆ เช่น การจัดการให้อาหารในระยะก่อนวัยหนุ่มสาวโดย รวมถึงปล่อยให้แพะผสมพันธุ์ตั้งแต่อายุน้อย มีผลทำให้ความสมบูรณ์พันธุ์ในระยะก่อนวัยเจริญพันธุ์ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างอายุและน้ำหนักตัวเมื่อเป็นสัตว์ครั้งแรก รวมทั้งมีความเกี่ยวข้องกับความเหมาะสมของปริมาณ คุณภาพ และรูปแบบการให้อาหารอีกด้วย (จารึก และคณะ, 2554) ดังนั้นหากมีการเอาใจใส่ดูแล และมีการจัดการที่ดีก็จะทำให้แพะเจริญเข้าสู่วัยหนุ่มสาวได้อย่างปกติ (Agrawal et al., 1992) จากความพยายามของนักวิจัยในการพัฒนาวิธีการให้อาหาร เพื่อให้สัตว์สามารถให้ผลผลิตได้ดี โดยเฉพาะในช่วงที่สัตว์กำลังเจริญเติบโต ระยะวัยหนุ่มสาว หรือช่วงที่ตั้งท้อง โดยการให้อาหารที่มีความเข้มข้นสูง (high feeding intensity) แก่สัตว์ในระยะดังกล่าวพบว่าให้ผลดี (Park et al., 1998) และผลเสีย (Johnson, 1988) ต่อการเจริญเติบโต ความสมบูรณ์พันธุ์ ในระยะต่อมาที่มีการพัฒนาการใช้รูปแบบการให้อาหารแบบขั้นบันได (stair-step feeding regimen) โดยมีรูปแบบที่รวมเอาวิธีการจำกัดอาหารพลังงาน (dietary energy restriction) และการกลับมาให้อาหารพลังงานในระดับปกติ (realimentation or refeeding) เพื่อกระตุ้นให้ร่างกายมีการเจริญเติบโตทดแทน (compensatory growth) ในช่วงเวลาที่ฮอร์โมนในร่างกายมีความไวต่อการตอบสนองต่อการพัฒนาของ ร่างกายในช่วงระยะต่างๆ เช่น ระยะก่อนเข้าสู่วัยสาว ระยะสาว จนถึงระยะตั้งท้อง (Ford and Park, 2001) ซึ่งในการให้โภชนาการเพื่อกระตุ้นในช่วงที่มีการพัฒนาของร่างกายแต่ละช่วงแตกต่างกัน ก่อนที่จะมีการตั้งท้องครั้งแรกนั้นทำให้เกิดผลดีต่อการพัฒนาการของระบบต่างๆในร่างกาย รวมทั้งการพัฒนาการของระบบสืบพันธุ์ จากข้อมูลดังกล่าวในเบื้องต้นจึง

เป็นที่มาของประเด็นวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการการให้อาหารแบบขั้นบันไดในช่วงก่อนวัยเจริญพันธุ์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและค่าเมทาโบไลต์ในเลือดแพะ

วิธีการศึกษา

สัตว์ทดลอง

วิธีการศึกษาในงานทดลองครั้งนี้ผ่านการพิจารณาโดยคณะกรรมการจริยบรรณและมาตรฐานการเลี้ยงและการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ (Reference No. มกส. 004/2560) ใช้แพะลูกผสมไทยและบอร์ในการศึกษาจำนวน 12 ตัว ที่มีอายุ 4-5 เดือน มีระดับคะแนนร่างกายอยู่ที่ 3.5 (คะแนน 1-5) มีน้ำหนักเฉลี่ย 10 ± 0.8 กิโลกรัม สถานที่ทำการทดลองที่แผนกสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

การจัดการการให้อาหารสัตว์ทดลอง

ทำการศึกษาโดยแบ่งแพะออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 6 ตัว ได้แก่ กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม (Control) ให้อาหารตาม ความต้องการโภชนาการของแพะในระยะวัยเจริญพันธุ์ (NRC, 2007) หรือคิดเป็น 100% โดยการคำนวณให้อาหารหยาบเป็นหญ้าที่แห้ง ร่วมกับการให้อาหารข้นที่มีโปรตีน 16% เสริมในอัตรา 1.0% ของน้ำหนักตัว พลังงานใช้ประโยชน์ (metabolizable energy, ME) เท่ากับ 1.48 เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัม และโปรตีนที่ได้รับ 50-55 กรัม/ตัว/วัน โดยให้ตลอดระยะเวลา 56 วัน (8 สัปดาห์) กลุ่มที่ 2 ให้อาหารแบบขั้นบันได (Stair-step feeding regimen) ประกอบด้วย 2 ระยะ คือ ระยะแรก ให้อาหารแพะแบบจำกัด (restriction) โดยการจำกัดอาหารที่ได้รับเหลือเพียง 70% ของกลุ่มควบคุม (Kim and Park, 2004) ในระยะวันที่ 1-28 ระยะที่สอง กลับมาให้อาหารเพิ่มขึ้นเป็น 130% ของปริมาณที่ให้ จากกลุ่มควบคุมในระยะวันที่ 29-56 ของการทดลอง จัดการให้อาหารและน้ำกินแบบเต็มที่เพื่อปรับสภาพของร่างกาย นาน 30 วันก่อนการทดลอง

การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและค่าเมทาโบไลต์ในเลือด

การเก็บข้อมูลประกอบด้วย (1) น้ำหนักตัว และสภาพร่างกายของแพะ (body condition score) โดยชั่งน้ำหนักแพะก่อนเข้าทำการทดลองและให้คะแนนสภาพของร่างกาย ใช้สเกลจากระดับคะแนน 1 ถึง 5 (2) หาปริมาณการกินได้ของอาหารของสัตว์ทดลองแต่ละตัว โดยบันทึกปริมาณอาหารที่ให้และเหลือทุกๆ วัน การเก็บข้อมูลทำได้โดยการชั่งน้ำหนักแพะทุกวัน (3) เก็บตัวอย่างเลือดปริมาณ 5 มิลลิลิตร ที่ 0 ชั่วโมง และหลังจากกินอาหารแล้ว 4 ชั่วโมง ในวันที่ 28 (วันสุดท้ายของการจำกัดอาหาร) และวันที่ 56 (วันสุดท้ายของการเพิ่มอาหารเกินความต้องการ) เพื่อนำไปวิเคราะห์ระดับกลูโคส (Glucose) อินซูลิน (Insulin) และยูเรียไนโตรเจน (Blood Urea Nitrogen, BUN) การวิเคราะห์ค่าชีวเคมีในเลือดใช้ชุดทดสอบทางการค้าด้วยวิธี Enzymatic spectrophotometry สำหรับการตรวจความเข้มข้นของกลูโคส (Biotech test kit RA-122-11, BIOTECH, Thailand) การตรวจอินซูลิน ใช้ RIA kit (Eiken Chemical Co., Ltd., Tokyo, Japan) และยูเรียไนโตรเจน (Biotech test kit RA-115-22, BIOTECH, Thailand) สถานที่วิเคราะห์ทำที่ห้องปฏิบัติการสถานบริการสุขภาพ

เทคนิคการแพทย์และกายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล BCS น้ำหนัก ADG DMI % BW Glucose insulin และ BUN เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองโดยใช้ student T-test (Steel et al., 1997) การวิเคราะห์รูปแบบสมการทำนายการเจริญเติบโตโดยใช้ฟังก์ชันค่าสั่ง (Proc reg) ของโปรแกรม SAS (2001)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลของวิธีการให้อาหารแบบขั้นบันไดต่อการเจริญเติบโตของแพะ

ผลของวิธีการให้อาหารแบบขั้นบันไดต่อการเจริญเติบโตของแพะ พบว่าคะแนนของร่างกาย (BCS) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย (ADG) ปริมาณสิ่งแห้งที่กินได้ทั้งหมด การกินได้ของอาหารหยาบ (Roughage) และร้อยละการกินได้เมื่อเทียบกับน้ำหนักตัว (% BW) ไม่พบความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ทางสถิติระหว่างแพะกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ให้อาหารแบบขั้นบันไดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Table 1)

Table 1. Effect of stair-step feeding regimen on growth performance of pre- puberty goats during experiment

Items	Control	Stair-step	P-value
No. of goats treated	6	6	
BCS	3.17 ± 0.17	3.33 ± 0.17	0.53
Initial body weight, kg	14.60 ± 0.21	14.90 ± 0.51	0.54
Final body weight, kg	16.17 ± 0.19	16.53 ± 0.37	0.25
Total weight gain, kg	1.57 ± 0.22	1.63 ± 0.18	0.21
ADG, g/d	26.11 ± 3.64	27.22 ± 2.94	0.09
DMI, g/d	592.33 ± 6.33	596.67 ± 3.76	0.90
Concentrate, g/d	146.00 ± 2.08	149.00 ± 5.13	0.91
Roughage, g/d	446.33 ± 8.21	447.67 ± 7.13	0.79
% BW	3.67 ± 0.08	3.61 ± 0.09	0.80

ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ จารึก และคณะ (2554) ซึ่งไม่พบความแตกต่างของอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย (ADG) ปริมาณสิ่งแห้งที่กินได้ทั้งหมด การกินได้ของอาหารหยาบ (Roughage) และร้อยละการกินได้เมื่อเทียบกับน้ำหนักตัว (% BW) เช่นเดียวกันกับการรายงานของ Thammasiri et al. (2016) ที่ศึกษาอิทธิพลของการให้อาหารขั้นบันไดระหว่างช่วงวงจรการเป็นสัดพบว่าไม่ส่งผลกระทบต่อค่าการเจริญเติบโตเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม การที่รูปแบบการให้อาหารแบบขั้นบันไดส่งผลต่อการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมเนื่องมาจากผลของการเจริญเติบโตทดแทนที่เกิดขึ้นส่งผลให้สัตว์กลับมาเจริญเติบโตได้ปกติถึงแม้มีการจำกัดการให้อาหารในช่วงแรก (Park et al., 1998)

รูปแบบสมการทำนายการเจริญเติบโตของแพะกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ให้อาหารแบบขั้นบันได

วิเคราะห์จาก สมการความสัมพันธ์ระหว่างวันและน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นพบว่ารูปแบบสมการทำนายการเจริญเติบโตของแพะทั้งสองกลุ่มโดยอธิบายด้วยการพิจารณารูปสมการที่มีค่าความน่าจะเป็น (P-value) และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R - Square) ที่มีความเหมาะสมที่สุด พบว่าใน

กลุ่มควบคุมมีรูปแบบการเจริญเติบโตโดยใช้สมการทำนายการเจริญเติบโตมีรูปแบบสมการเป็นแบบพหุนามดีกรีที่ 3 (Cubic polynomial) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจอยู่ที่ 0.9918 และมีค่าความน่าจะเป็นอยู่ที่ 0.0001 ในส่วนของกลุ่มที่ให้อาหารแบบขั้นบันไดมีลักษณะรูปแบบการเจริญเติบโตโดยใช้สมการทำนายการเจริญเติบโตมีรูปแบบสมการเป็นแบบพหุนามดีกรีที่ 2 (Quadratic polynomial) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจอยู่ที่ 0.9796 และมีค่าความน่าจะเป็นอยู่ที่ 0.0001 (Table 2)

จากผลการศึกษารูปแบบสมการทำนายการเจริญเติบโตของแพะกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ให้อาหารแบบขั้นบันไดพบว่ารูปแบบเป็นสมการแบบพหุนามดีกรีที่ 3 และ 2 ตามลำดับโดยมีลักษณะของกราฟและรูปแบบของเส้นแนวโน้มดังแสดงใน (Figure 1) จากผลการทดลองพบว่ารูปแบบสมการทำนายการเจริญเติบโตมีความสอดคล้องกับรูปแบบการเจริญเติบโตของสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก เช่น แกะที่มีรูปแบบสมการการเจริญเติบโตส่วนใหญ่เป็นแบบพหุนามดีกรีที่ 3 (Sarmiento et al., 2012) นอกจากนั้นสมการการเจริญเติบโตแบบพหุนามดีกรีที่ 3 ยังนำไปใช้ในการทำนายอิทธิพลอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตแพะ

Table 2. Effect of stair-step feeding on growth equations from control and stair-step groups on week 1 - week 8 of experiment

Items	Equations	R - Square	P - value
Control			
Linear	$y = 0.2409x + 14.22$	0.9796	0.0001
Quadratic	$y = 0.0069x^2 + 0.1784x + 14.324$	0.9828	0.0001
Cubic	$y = -0.0061x^3 + 0.0899x^2 - 0.1381x + 14.629$	0.9918	0.0001
Exponential	$y = 14.249e^{0.0157x}$	0.9798	0.0001
Stair-step			
Linear	$y = 0.2726x + 13.811$	0.6520	0.0153
Quadratic	$y = 0.0966x^2 - 0.597x + 15.26$	0.9796	0.0001
Cubic	$y = -0.0122x^3 + 0.2614x^2 - 1.2256x + 15.864$	0.9981	0.1755
Exponential	$y = 13.864e^{0.0178x}$	0.6496	0.0157

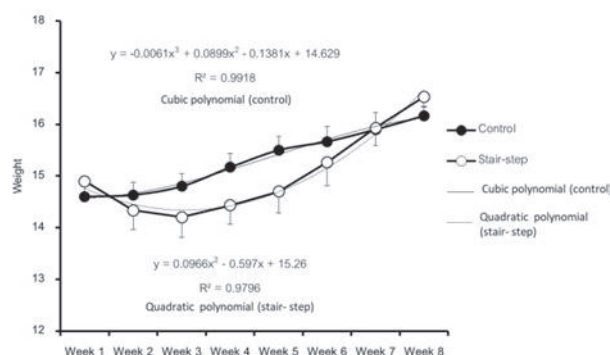


Figure 1 Effect of stair-step feeding on growth equations from control and stair-step groups on week 1 - week 8 of experiment.

ในขณะที่สมการการเจริญเติบโตแบบโพลิโนเมียลดีกรีที่ 2 ถูกเลือกนำไปใช้ในการทำนายอิทธิพลของการถ่ายทอดพันธุกรรมจากแม่ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและพันธุ์เองโกรนุเบียนที่ศึกษาโดย (De Sousa et al., 2011) สมการการเจริญเติบโตแบบโพลิโนเมียลดีกรีที่ 2 ยังพบว่าเป็นสมการที่ถูกเลือกใช้ในการทำนายการเจริญเติบโตของแพะหลังหย่านมจนถึงอายุ 6 เดือน (Mousa et al., 2013)

ผลของวิธีการให้อาหารแบบขั้นบันไดต่อการเปลี่ยนแปลงทางโลหิตวิทยาของแพะ

ในการทดลองครั้งนี้พบว่าระดับค่ากลูโคสของแพะทั้งสองกลุ่มในช่วงที่มีการจำกัดการให้อาหาร (Restriction phase) ที่ 0 และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหารไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ในช่วงที่มีการให้อาหารเกินความจำเป็น (Realimentation phase) พบว่าที่ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหารในแพะกลุ่มที่ให้อาหารแบบขั้นบันไดมีค่ากลูโคสในกระแสเลือดที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Figure 2) จากผลการศึกษพบว่าระดับของกลูโคสทั้งสองกลุ่มที่ช่วงก่อนและหลังการให้อาหารยังอยู่ในระดับปกติ (Tanaka et al., 2004)

ระดับความเข้มข้นของอินซูลินในช่วงจำกัดอาหารพบว่าทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันที่ 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร แต่พบว่าในช่วงที่

ให้อาหารเกินความจำเป็นที่ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารพบว่ากลุ่มควบคุมมีค่าระดับอินซูลินที่สูงกว่ากลุ่มที่ให้อาหารแบบขั้นบันไดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Figure 2) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านมาของ Li et al. (2010) ที่พบว่าในช่วงให้อาหารเกินความจำเป็นกลุ่มที่ให้อาหารแบบขั้นบันไดมีระดับอินซูลินที่สูงกว่ากลุ่มควบคุม ส่วนค่ายูเรียไนโตรเจนในซีรัม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งกลูโคสจัดเป็นสารเมตาบอไลต์ที่มีความสำคัญโดยเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโต (Hunter et al., 2004) การเพิ่มการสังเคราะห์กลูโคสจึงมีความสำคัญต่อประสิทธิภาพการเป็นพลังงาน หากมีพลังงานไม่เพียงพอจะมีการสลายเนื้อเยื่ออะดิโพส (adipose tissue) ทำให้ปริมาณของกรดไขมันอิสระ (Non esterified fatty acids; NEFA) ในพลาสมาเพิ่มสูงขึ้นก่อให้เกิดการสะสมคีโตน (ketone) (Hunter et al., 2004) การหลั่งของโกรทฮอร์โมน (Growth hormone) ทั้งในช่วงจำกัดอาหารและช่วงกลับมาให้อาหารเกินความต้องการพบว่าเกี่ยวข้องกับการเพิ่มระดับการหลั่งของอินซูลินด้วยเช่นกัน เนื่องจากการได้รับอาหารที่มากขึ้น (Li et al., 2010) ค่าระดับยูเรียไนโตรเจนในพลาสมาเป็นเมตาบอไลต์ที่บ่งชี้ปริมาณโปรตีนที่สัตว์ได้รับ (Kanyinji et al., 2009)

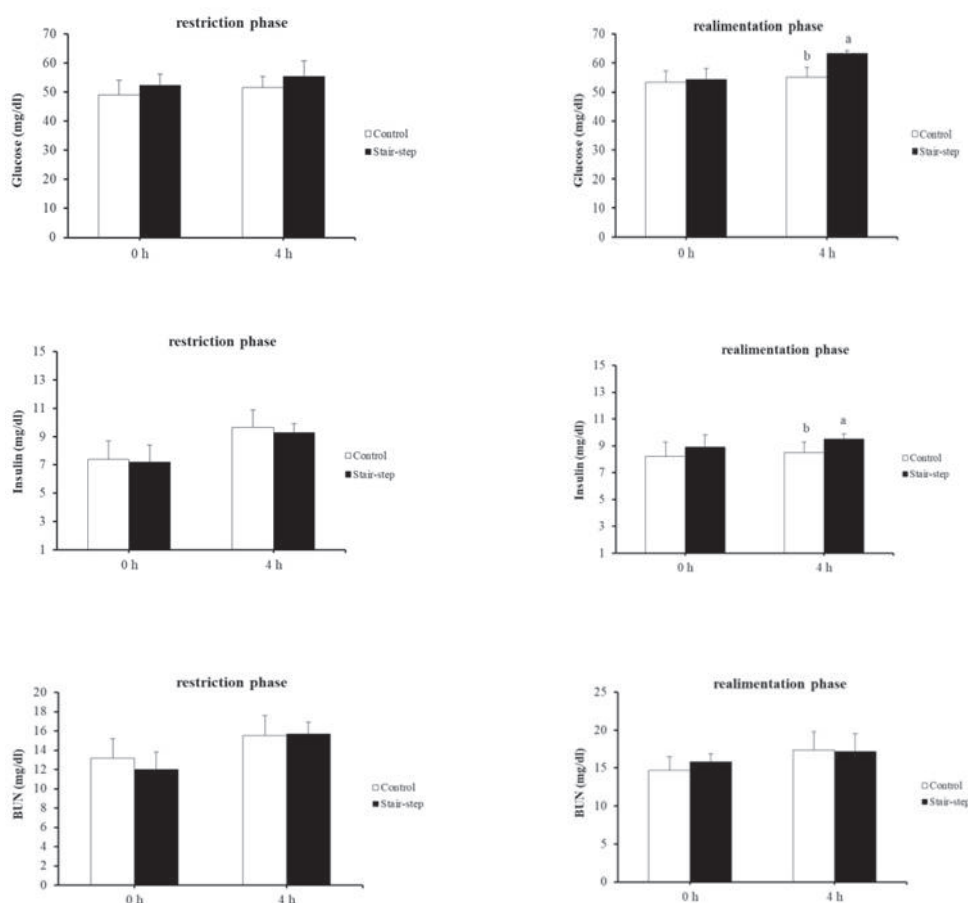


Figure 2 Effect of stair-step feeding regimen on Glucose Insulin and BUN concentrations.

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ที่สนับสนุนโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ทดลองและห้องปฏิบัติการในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จารึก ณ์ฐากรกุล, ไชยณรงค์ นาวานุเคราะห์, ภาวดี ภักดี, ฉลอง วิริมาภกร และกฤติยา เลิศชุมพะเกียรติ. 2554. ผลของวิธีการให้อาหารแบบขั้นบันไดในระยะวงจรการเป็นสัตว์ต่อการพัฒนาฟอลลิเคิลและคุณภาพ

- ของไอโอสต์ของแม่แพะพื้นเมืองไทย. แก่นเกษตร. 39:33-42.
- Agrawal, K. P., N. K. Sinha and A. K. Goel. 1992. Reproduction behavior in Indian goats. P. 82-93. In: Research in Goats Indian Experience. Central Institute for Research on Goats. Makhdoom.
- De Sousa, J. E., M. Almeida, J. L. Sarmiento, W. H. Sousa, M. S. Souza and I. C. Ferreira. Estimates of covariance functions for growth of Anglo-Nubian goats. *Rev. Bras. Zootec.* 40:106-114.
- Ford, J. A. Jr. and C. S. Park. 2001. Nutritionally directed compensatory growth enhance heifer development and lactation potential. *J. Dairy Sci.* 84:1669-1678.
- Hunter, M. G., R. S. Robinson, G. E. Mann and R. Webb. 2004. Endocrine and paracrine control of follicular development and ovulation rate in farm species. *Anim. Reprod. Sci.* 83: 461-477.
- Johnsson, I. D. 1988. The effect of prepubertal nutrition on lactation performance by dairy cow. *Nutrition and Lactation in the Dairy Cow*. P.C. Garnsworthy, ed. Butterworths, London, England.
- Kanyinji, F., H. Kumagai, T. Maedaa, S. Kaneshima and D. Yokoic. 2009. Effects of supplementary inosine on nutrient digestibility, ruminal fermentation and nitrogen balance in goats fed high amount of concentrate. *Anim. Feed Sci. Technol.* 12:12-20.
- Kim, S. H. and C. S. Park. 2004. A compensatory nutrition regimen during gestation stimulates mammary development and lactation potential in rats. *J. Nutrition.* 134:756-761.
- Li, Z. H., H. G. Lee, C. X. Xu, Z. S. Hong, Y. C. Jin, J. L. Yin, Q. K. Zhang, D. C. Piao, U. M. Yang and Y. J. Choi. 2010. Effects of a stair-step growth pattern on improvements in meat quality and growth in Hanwoo steers. *Asian Australas. J. Anim Sci.* 23:1427-1435.
- Mousa, E. A. M., A. I. Saef, M. F. Zarei, K. M. Mohamed and M. H. Khalil. 2013. A parametric modeling of growth curve on kids goat in Saudi Arabia. *J. Agric. Vet. Sci.* 6:133-146.
- NRC. 2007. *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*, 1st ed. National Academies Press, Washington, DC.
- Park, C. S., R. B. Danielson, B. S. Kreft, S. H. Kim, Y. S. Moon and W. L. Keller. 1998. Nutritionally directed compensatory growth and effects on lactation potential of developing heifers. *J. Dairy Sci.* 81:243-249.
- Sarmiento J. L. R, R. A. Torres, W. H. Sousa and L. G. Albuquerque. 2011. Modeling average growth curve in Santa Ines sheep using random regression models. *Rev. Bras. Zootec.* 40:314-322.
- SAS Institute Inc. 2001. *SAS System (Release 8.2)*, Cary, NC.
- Steel, R. G. D., and J. H. Torrie. 1997. *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. 3rd Ed. New York: McGraw-Hill.

- Tanaka, T., T. Yamaguchi and Y. Kaneda.
2004. Ovarian and hormonal responses
to a progesterone releasing controlled
internal drug releasing treatment in
dietary-restricted goats. J. Anim.
Reprod. Sci. 84:135-146.
- Thammasiri, J., C. Navanukraw,
S. Uriyapongson, J. Nutthakornkul, K.
Lertchunhakit and S. Boonkong. 2016.
Metabolic changes, ovarian function
and growth related gene expression in
goats given stair-step feeding during
estrous cycle. Small Rumin. Res.
137:109-116.