

ความต้องการโปรตีนและพลังงานของแพะพันธุ์บอร์ที่เลี้ยงในประเทศไทย : ระยะ เจริญเติบโต

จิระศักดิ์ ขอบแต่ง^{1/} ขบวน อินทรักษ์^{2/} ศุภลักษณ์ ศรีจันดี^{3/} ลิขิต สืบวงษ์^{4/}
สดดี พงษ์เพียจันทร์^{5/} สมศักดิ์ เกาทอง^{1/}

บทคัดย่อ

ดำเนินการทดลองเพื่อประเมินความต้องการโภชนะเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของแพะพันธุ์บอร์เพศเมียและเพศผู้ โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลองย่อยดังนี้ การทดลองย่อยที่ 1 ใช้แพะพันธุ์บอร์เพศเมียอายุ 4 – 5 เดือน จำนวน 30 ตัว มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 17.57 ± 4.80 กิโลกรัม และการทดลองย่อยที่ 2 ใช้แพะเพศผู้อายุ 4 – 5 เดือน จำนวน 30 ตัว มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 17.95 ± 4.66 กิโลกรัม แต่ละการทดลองย่อยจะแบ่งแพะออกเป็น 5 กลุ่ม (บล็อก) ๆ ละ 6 ตัว แล้วสุ่มแพะจากแต่ละกลุ่ม ๆ ละ 1 ตัว สำหรับใช้เป็นแพะกลุ่มฐานและศึกษาซากในวันแรกของการทดลอง จากนั้นสุ่มสิ่งทดลองให้กับแพะที่เหลือในแต่ละกลุ่ม ดังนี้ สุ่มแพะ 3 ตัวจากแต่ละกลุ่มเพื่อให้ได้รับอาหารแบบเต็มที (AL) และศึกษาซากแพะแต่ละตัวตามลำดับดังนี้ ตัวที่ 1 ศึกษาซากหลังจากเริ่มต้นการทดลอง 45 วัน ตัวที่ 2 ศึกษาซากหลังจากเริ่มต้นการทดลอง 90 วัน และตัวที่ 3 ศึกษาซากหลังจากเริ่มต้นการทดลอง 135 วัน (สิ้นสุดการทดลอง) และตัวที่ 4 และ 5 ได้รับอาหารในระดับ 70 และ 40 เปอร์เซ็นต์ของกลุ่ม AL และศึกษาซากแพะทั้ง 2 ตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ประเมินความต้องการพลังงานและโปรตีนของแพะโดยใช้วิธี comparative slaughtering ผลการทดลอง พบว่า ความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพของแพะเพศเมียและเพศผู้เท่ากับ 55.87 และ 57.32 kcal ต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมตาบอลิกของน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (empty body weight, EBW) ต่อวัน ตามลำดับ ความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการดำรงชีพของแพะเพศเมียและเพศผู้เท่ากับ 1.00 และ 0.88 g/kg EBW^{0.75}/d ตามลำดับ ความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต (NE_g) สำหรับการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBG) ของแพะเพศเมียและเพศผู้ระยะเจริญเติบโตที่มีน้ำหนักตัวระหว่าง 10 - 50 กิโลกรัม คำนวณโดยใช้สมการ NE_g (kcal/kg EBG) = 970 × EBW^{0.34} และ NE_g (kcal/kg EBG) = 98.85 × EBW^{1.07} ตามลำดับ ความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต (NP_g) ของแพะเพศเมียและเพศผู้คำนวณโดยใช้สมการ NP_g (g/kg EBG) = 242 × EBW^{0.13} และ NP_g (g/kg EBG) = 70.53 × EBW^{0.36} ตามลำดับ

คำสำคัญ : ความต้องการโภชนะเพื่อการดำรงชีพ ความต้องการโภชนะเพื่อการเจริญเติบโต แพะพันธุ์บอร์

เลขทะเบียนวิชาการ : 67(2)-0214-020

^{1/}สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ อ.เมือง จ.ปทุมธานี

^{2/}ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์สตูล อ.ควนกาหลง จ.สตูล

^{3/}ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์สระแก้ว อ.คลองหาด จ.สระแก้ว

^{4/}ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ยโสธร อ.คำเขื่อนแก้ว จ.ยโสธร

^{5/}ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรี อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี

Requirements of protein and energy of Boer goats raised in Thailand: growing period

Jeerasak Chobtang^{1/} Kabouan Intaruk^{2/} Supalak Srijundee^{3/} Likit Seubwong^{4/}
Sadudee Pongpeachan^{5/} Somsak Paothong^{1/}

Abstract

Two experiments were conducted to assess nutrient requirements for the maintenance and growth of female (experiment 1) and male (experiment 2) growing Boer goats. In experiment 1, 30 female goats with 4-5 months of age and 17.57 ± 4.80 kg of body weight (BW) were used and in experiment 2, 30 male goats with 4-5 months of age and 17.95 ± 4.66 kg BW were used. For each experiment, animals were divided into 5 groups of 6 animals according to their BW. One goat was sampled from each group to represent a baseline group and sacrificed on the first day of the experiment. Three animals from each group were randomly selected to represent an *ad libitum* group (AL), where each of them was assigned to receive either (1) sacrificed on the 45th day, (2) sacrificed on the 90th day, or (3) sacrificed on the 135th day of experiment commence (the end of the experiment). The remaining two goats in each group received either (1) feed allowance at 70% or (2) at 40% of AL and were sacrificed at the end of the experiment. Nutrient requirements were assessed using a comparative slaughtering technique. Results revealed that net energy requirements for the maintenance of female and male goats were 55.87 and 57.32 kcal/kg EBW^{0.75}/d, respectively. Net protein requirements for maintenance of female and male goats were 1.00 and 0.88 g/kg EBW^{0.75}/d, respectively. Net energy requirements for the growth of goats to gain 1 kg empty bodyweight gain (EBG) could be computed using the following equations, for females: NE_g (kcal/kg EBG) = $970 \times EBW^{0.34}$ and for males: NE_g (kcal/kg EBG) = $98.85 \times EBW^{1.07}$. Net protein requirements for the growth of goats could be computed using the following equations, for females: NP_g (g/kg EBG) = $242 \times EBW^{0.13}$ and for males: NP_g (g/kg EBG) = $70.53 \times EBW^{0.36}$.

Keywords: Nutrient requirement for maintenance, Nutrient requirement for growth, Boer goats

Registered No.: 67(2)-0214-020

^{1/} Bureau of Animal Nutrition Development, Muang, Pathumthani.

^{2/} Satun Animal Nutrition Research and Development Center, Khuan Kalong, Satun

^{3/} Sa-Keao Animal Nutrition Research and Development Center, Khlonghad, Sa-Keao

^{4/} Yasothorn Animal Nutrition Research and Development Center, Kham Khuean Kaeo, Yasothorn

^{5/} Petchaburi Animal Nutrition Research and Development Center, Cha-Am, Petchaburi

คำนำ

การเลี้ยงแพะเป็นธุรกิจมีบทบาทสำคัญในระบบเศรษฐกิจฐานรากของประเทศไทย อาชีพการเลี้ยงแพะสร้างรายได้และช่วยยกระดับคุณภาพชีวิตของเกษตรกรไทย จากข้อมูลทางสถิติปี พ.ศ. 2560 ประเทศไทยมีเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะเนื้อรวม 50,758 ครัวเรือน เลี้ยงแพะทั้งหมด 625,000 ตัว ในช่วง 10 ที่ผ่านมามีการเลี้ยงแพะเนื้อในประเทศไทยเพิ่มขึ้น 22 เปอร์เซ็นต์ และมีจำนวนเกษตรกรเพิ่มขึ้น 12 เปอร์เซ็นต์ การเลี้ยงแพะเนื้อของเกษตรกรไทยส่วนใหญ่ใช้สำหรับการบริโภคภายในประเทศซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันความต้องการแพะของประเทศเพื่อนบ้านเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีการขยายการเลี้ยงอย่างกว้างขวางและมีแนวโน้มเป็นการเลี้ยงเป็นเชิงพาณิชย์มากขึ้น (กรมปศุสัตว์, 2561) อีกทั้งการผลิตแพะเนื้อยังมีโอกาสในการขยายตลาดได้มาก ภาครัฐมีนโยบายในการส่งเสริมเกษตรกรเพื่อเพิ่มจำนวนแพะเนื้อโดยสนับสนุนให้มีการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มสมรรถนะการเจริญเติบโต รวมถึงการกำหนดให้แพะเป็นสินค้ายุทธศาสตร์ที่สามารถผลิตเป็นสินค้าฮาลาลซึ่งกลุ่มประเทศมุสลิมและประเทศเพื่อนบ้านมีความต้องการสินค้าและผลิตภัณฑ์เนื้อแพะเป็นอย่างมาก

สายพันธุ์แพะที่เหมาะสมเป็นข้อจำกัดของระบบการผลิตแพะเนื้อในประเทศไทย เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้พันธุ์พื้นเมืองซึ่งจะมีสมรรถนะการเจริญเติบโตต่ำ กรมปศุสัตว์ได้มีการนำเข้าแพะเนื้อจากต่างประเทศ เช่น พันธุ์บอร์ เพื่อใช้ปรับปรุงพันธุ์แพะให้มีอัตราการเจริญเติบโตดีขึ้น ในทำนองเดียวกัน ข้อจำกัดด้านอาหารสัตว์หรือการจัดการอาหารสัตว์ที่ไม่เหมาะสมส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตทั้งนี้เนื่องจากอาหารเป็นส่วนประกอบหลักของต้นทุนการเลี้ยงแพะ (ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์) ดังนั้น การใช้พันธุ์แพะที่ดีและมีการจัดการอาหารสัตว์อย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการของแพะนั้นนอกจากช่วยให้แพะเนื้อมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นแล้วยังสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตได้อีกด้วย

NRC (2007) แนะนำว่า ปริมาณความต้องการอาหารแพะเนื้อมีความสัมพันธ์โดยตรงกับน้ำหนักตัว พันธุ์ อายุ ระดับการให้ผลผลิต การจัดการฟาร์มและสภาพแวดล้อม เช่น ถ้าเลี้ยงแพะพันธุ์บอร์ระยะเจริญเติบโตที่มีน้ำหนักตัว 10 20 และ 30 กิโลกรัม แพะต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้วันละ 0.61 1.02 และ 1.38 Mcal และโปรตีนใช้ประโยชน์ได้วันละ 17 29 และ 39 กรัม ตามลำดับ และถ้าแพะนั้นมีอัตราการเจริญเติบโตวันละ 100 กรัม ความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้จะเพิ่มขึ้นอีกวันละ 0.55 0.55 และ 0.56 Mcal และโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพิ่มขึ้นวันละ 41 40 และ 41 กรัม ตามลำดับ

ถึงแม้ว่าการเลี้ยงแพะในประเทศไทยมีมายาวนานแล้วก็ตามแต่การประกอบสูตรอาหารแพะยังใช้ข้อมูลความต้องการโภชนาการของแพะจากต่างประเทศ ในขณะที่ความต้องการโภชนาการของแพะยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น สายพันธุ์ อายุ ขนาดร่างกาย อัตราการเจริญเติบโต คุณภาพอาหารและปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ซึ่งส่งผลให้แพะมีความต้องการโภชนาการแตกต่างกัน ดังนั้น การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความต้องการโปรตีนและพลังงานของแพะพันธุ์บอร์เพศเมียและเพศผู้ที่มีอายุ 4-10 เดือน

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองเพื่อประเมินความต้องการโภชนาการเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการเจริญเติบโตของแพะพันธุ์บอร์เพสเมียและเทศผู้ ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2562 - กุมภาพันธ์ 2563 โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลองย่อยดังนี้ การทดลองย่อยที่ 1 เป็นการทดลองในแพะเทศเมีย ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์สตูล ต.ทุ่งนัย อ.ควนกาหลง จ.สตูล และการทดลองย่อยที่ 2 เป็นการทดลองในแพะเทศผู้ ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์สระแก้ว ต.คลองไผ่เถื่อน อ.คลองหาด จ.สระแก้ว โดยทั้ง 2 การทดลองย่อยนี้มีการดำเนินงานในรูปแบบเดียวกัน รายละเอียดเกี่ยวกับการวางแผนการทดลอง การดำเนินการทดลอง การเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ทางเคมีและการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นวิธีเดียวกันโดยมีขั้นตอน ดังนี้

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (randomized complete block design) มี 5 ซ้ำ สิ่งทดลอง คือ ระดับการให้อาหาร 3 ระดับ ได้แก่ 1) การให้อาหารแบบเต็ม (ad libitum, AL) 2) การให้อาหารในระดับ 70 เปอร์เซ็นต์ของ AL (70%AL) และ 3) การให้อาหารในระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ของ AL (40%AL)

สัตว์ทดลองและการจัดการ

การทดลองย่อยที่ 1 ใช้แพะพันธุ์บอร์เพสเมียอายุ 4-5 เดือน จำนวน 30 ตัว แพะมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 17.57 ± 4.80 กิโลกรัม การทดลองย่อยที่ 2 ใช้แพะพันธุ์บอร์เพสผู้ อายุ 4-5 เดือน จำนวน 30 ตัว ซึ่งมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 17.95 ± 4.66 กิโลกรัม

ก่อนการทดลองทำการถ่ายพยาธิ ฉีดวิตามิน AD₃E ทำวัคซีนและทำการเลี้ยงปรับสัตว์เป็นเวลา 14 วัน หลังจากนั้นแบ่งแพะออกเป็น 5 กลุ่ม (บล็อก) ๆ ละ 6 ตัว (แต่ละกลุ่มมีน้ำหนักตัวใกล้เคียงกัน) แล้วสุ่มแพะจากแต่ละกลุ่ม ๆ ละ 1 ตัว สำหรับใช้เป็นแพะกลุ่มฐาน (base group) และศึกษาซากในวันแรกของการทดลอง จากนั้นสุ่มสิ่งทดลองให้กับแพะที่เหลือในแต่ละกลุ่ม ดังนี้ สุ่มแพะ 3 ตัวจากแต่ละกลุ่มเพื่อให้ได้รับอาหารแบบเต็ม (AL) และศึกษาซากแพะแต่ละตัวตามลำดับดังนี้ ตัวที่ 1 ศึกษาซากหลังจากเริ่มต้นการทดลอง 45 วัน (AL1) ตัวที่ 2 ศึกษาซากหลังจากเริ่มต้นการทดลอง 90 วัน (AL2) และตัวที่ 3 ศึกษาซากหลังจากเริ่มต้นการทดลอง 135 วัน (สิ้นสุดการทดลอง) (AL3) และสุ่มแพะที่เหลืออีก 2 ตัว ให้ได้รับอาหารในระดับ 70 เปอร์เซ็นต์ของกลุ่ม AL และศึกษาซากเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (70%AL) และได้รับอาหารในระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ของกลุ่ม AL และศึกษาซากเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (40%AL)

อาหารและการให้อาหาร

ประกอบสูตรอาหารผสมครบส่วนให้มีคุณค่าทางโภชนาการเพียงพอสำหรับให้สัตว์กลุ่มที่ได้รับอาหารแบบเต็มที่มีอัตราการเจริญเติบโต 200 กรัมต่อวัน (NRC, 1981) โดยมีหญ้าแพงโกลาแห้งเป็นแหล่งอาหารหยาบและมีสัดส่วนอาหารข้น : อาหารหยาบเท่ากับ 65 : 35

ให้อาหารสัตว์วันละ 2 ครั้ง ในเวลา 09.00 น และ 15.00 น บันทึกปริมาณอาหารที่ให้กินทุกวันและปรับปริมาณอาหารสำหรับใช้เลี้ยงสัตว์ในกลุ่มที่ได้รับอาหารแบบจำกัดทุกวันโดยใช้ปริมาณการกินอาหารเฉลี่ยของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารแบบเต็มที่ที่อยู่ในบล็อกเดียวกัน สูตรอาหารแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรอาหารและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมครบส่วนที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบ	น้ำหนักวัตถุดิบ (กิโลกรัม)
หญ้าแพงโกลาแห้ง	35.00
มันเส้นบด	29.50
กากถั่วเหลือง	25.00
ข้าวโพดบด	5.00
กากน้ำตาล	3.00
แร่ธาตุพรีเม็กซ์ ^{1/}	2.50
รวม	100
องค์ประกอบทางเคมี (% dry matter basis)	
วัตถุดิบ (%)	89.89
โปรตีนหยาบ	17.88
ไขมัน	1.11
เถ้า	8.57
ลิกโนเซลลูโลส	19.66
ผนังเซลล์	35.87
ลิกนิน	2.51

หมายเหตุ ^{1/} ปริมาณวิตามินและแร่ธาตุต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของวัตถุดิบ ได้แก่ เหล็ก = 18 กรัม โคบอลต์ = 0.15 มิลลิกรัม แมงกานีส = 18 กรัม คอปเปอร์ = 1.25 กรัม สังกะสี = 20 กรัม ไอโอดีน = 0.05 กรัม ซีลีเนียม = 0.05 กรัม วิตามินเอ = 3,000,000 IU วิตามินดี3 = 1,000,000 IU วิตามินอี = 3,000 IU อีทอคซิควิน = 25 กรัม และ ซิลิคอนไดออกไซด์ = 5 กรัม

การประเมินคุณค่าทางโภชนาของอาหารสัตว์

ศึกษาการย่อยได้ของโภชนาต่าง ๆ ของอาหารโดยใช้วิธี total collection ในช่วง 7 วันสุดท้ายของการทดลองแต่ละช่วง บันทึกปริมาณการกินอาหารและปริมาณมูล สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์ทดลองจากทุกวันที่ใช้เลี้ยงสัตว์ สุ่มเก็บตัวอย่างมูลในอัตรา 10 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณมูลที่รวบรวมได้ในแต่ละวัน นำตัวอย่างที่สุ่มเก็บมาในแต่ละวันมารวมกันแล้วสุ่มย่อยให้ได้ตัวอย่าง 1 กิโลกรัม อบโดยใช้ตูเปาลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง แล้วบดผ่านตะแกรงที่มีรูขนาด 1 มิลลิเมตร สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี

ประเมินค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy, ME) ของอาหารสัตว์โดยใช้สมการตามคำแนะนำของ Galyean et al. (2016) ดังนี้ $ME (Mcal/kg DM) = 0.9611 \times DE (Mcal/kg DM) - 0.2999$

ประเมินปริมาณโปรตีนจุลินทรีย์ (microbial crude protein, MCP) ตามคำแนะนำของ Galyean and Tedeschi (2014) โดยใช้ข้อมูลปริมาณโภชนาที่ย่อยได้ทั้งหมด (total digestible nutrients, TDN) ที่สัตว์กิน (total digestible nutrient intake, TDNI) โดยใช้สมการ ดังนี้ $MCP (g/d) = 42.73 + 0.087 \times TDNI (g/d)$ และประเมินปริมาณโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable protein, MP) โดยมีสมมติฐาน ดังนี้

- 1) กำหนดให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถใช้ประโยชน์โปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (rumen degradable protein, RDP) ในระดับ 85 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณ RDP ที่สัตว์กิน (NRC, 2001)
- 2) กำหนดให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนที่สัดส่วนของโปรตีนแท้ (microbial true protein) ในระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมด และสามารถย่อยและดูดซึมได้ในอัตรา 80 เปอร์เซ็นต์ (NRC, 2001)
- 3) ประเมินปริมาณโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (rumen undegradable protein, RUP) ดังนี้ ปริมาณโปรตีนทั้งหมด (total crude protein) (g/d) = RDP (g/d) + RUP (g/d)
- 4) กำหนดให้สัตว์สามารถย่อย RUP ได้ในระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณ RUP ที่สัตว์กิน (NRC, 2001)

- 5) ปริมาณโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ที่สัตว์กิน (metabolizable protein intake, MPI) คือ ผลรวมของปริมาณโปรตีนจุลินทรีย์ที่ย่อยได้และปริมาณ RUP ที่ย่อยได้

การศึกษาส่วนประกอบของซากและการสุมตัวอย่าง

บันทึกน้ำหนักสัตว์โดยก่อนชั่งน้ำหนักจะต้องอดอาหารนาน 18 ชั่วโมง และอดน้ำนาน 12 ชั่วโมง จะได้ น้ำหนักมีชีวิตหลังอดอาหารและน้ำ (shrunk body weight, SBW, kg) ส่วนข้อมูลน้ำหนักซากไม่รวมเศษอาหารในระบบทางเดินอาหาร (empty body weight, EBW, kg) คำนวณโดยหักกลับน้ำหนักเศษอาหารในระบบทางเดินอาหารออกจาก SBW

ศึกษาลักษณะซากและสุมตัวอย่างเนื้อเยื่อของแพะทดลองตามวิธีการของ จีระศักดิ์และคณะ (2558) โดยแบ่งเนื้อเยื่อออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ 1) เลือด 2) หนัง 3) เนื้อแดง 4) ไขมัน 5) กระดูก 6) อวัยวะภายในที่ไม่ใช่ระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ หัวใจ ตับ ตับอ่อน หลอดลมและปอด ไต กระบังลม ถุงน้ำดี อวัยวะเพศและ 7) อวัยวะภายในที่เป็นระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ หลอดอาหาร กระเพาะรูเมน กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่และขั้วลำไส้ ตัวอย่างจากชิ้นส่วนหัว หาง เอ็นและพังผืดนำไปรวมกับตัวอย่างกระดูก บันทึกปริมาณและสุมตัวอย่างชิ้นส่วนต่าง ๆ ปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักชิ้นส่วน สุมตัวอย่างเลือดทันทีเพื่อป้องกันการแข็งตัว สุมตัวอย่างหนังจากด้านท้อง ด้านข้างและด้านหลังของลำตัวเพื่อใช้เป็นตัวแทนของหนังทั้งผืน

นำตัวอย่างชิ้นส่วนมารวมกันตามกลุ่มของเนื้อเยื่อ จากนั้นนำไปสับย่อยให้มีขนาดเล็กและบดผ่านเครื่องบดที่มีรูตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร จำนวน 3 ครั้ง แล้วสุมตัวอย่างปริมาณ 1 กิโลกรัม อบโดยใช้ตู้เป่าลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง แล้วบดผ่านตะแกรงที่มีรูขนาด 1 มิลลิเมตร สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี

การวิเคราะห์ทางเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างอาหารสัตว์ อาหารเหลือ มูลและเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของแพะ ได้แก่ วัตถุแห้ง (dry matter, DM) โดยการอบด้วยตู้อบชนิด force-air oven ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ตามวิธีที่ 930.15 (AOAC, 2016) วิเคราะห์หาโปรตีนด้วยการหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนด้วยวิธี Kjeldahl แล้วใช้แฟคเตอร์ 6.25 ตามวิธีที่ 5983-2 (ISO, 2009) ไขมัน (ether extract, EE) โดยใช้ปิโตรเลียมอีเธอร์ตามวิธีที่ 2003.05 (AOAC, 2016) เถ้า (ash) โดยเผาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ตามวิธีที่ 942.05 (AOAC, 2016) วิเคราะห์ผนังเซลล์ (neutral detergent fiber, NDF) โดยใช้ sodium sulphite และ alpha amylase ตามวิธีที่ 5.1 ของ Undersander et al. (1993) ลิกโนเซลลูโลส (acid detergent fiber, ADF) ด้วยวิธี 973.18 (AOAC, 2016) ลิกนิน (acid detergent lignin, ADL) ตามวิธีที่ 973.18 (AOAC, 2016) ประเมินคาร์โบไฮเดรตส่วนที่ไม่เป็นโครงสร้าง (non-fibrous carbohydrate, NFC) โดยการคำนวณจากสมการของ NRC (2001) ดังนี้ $NFC = 100 - (\% \text{ ผนังเซลล์} + \% \text{ โปรตีนหยาบ} + \% \text{ ไขมัน} + \% \text{ เถ้า})$ และวิเคราะห์ค่าพลังงาน (gross energy) โดยใช้เครื่อง adiabatic bomb calorimeter

การประเมินความต้องการโภชนา

ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพ

ประเมินความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (net energy requirement for maintenance, NE_m) ตามคำแนะนำของ Lofgreen and Garrett (1968) ดังนี้ $HP = \alpha \times e^{\beta \times MEI}$ โดยที่ HP (heat production, kcal/kg $EBW^{0.75}/d$) หมายถึง พลังงานความร้อนที่แพะผลิตขึ้นซึ่งได้จากสมการดังนี้ $HP = MEI - RE$ โดยที่ MEI (metabolizable energy intake, kcal/kg $EBW^{0.75}/d$) หมายถึง พลังงานใช้ประโยชน์ได้ที่แพะกิน และ RE (retained energy, kcal/kg $EBW^{0.75}/d$) หมายถึง พลังงานที่แพะสะสมในร่างกาย ค่า e หมายถึง ค่า Euler's number (~ 2.718281) ส่วนค่า α และ β เป็นค่าคงที่ของสมการ ทั้งนี้ ค่า α หมายถึง ค่าพลังงาน

ความร้อนที่สัตว์ผลิตขึ้นเมื่อปริมาณการกินพลังงานใช้ประโยชน์ได้เท่ากับศูนย์ ($MEI = 0$) หรือ ความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE_m)

ประเมินความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (metabolizable energy requirement for maintenance, ME_m) ได้จากการคูณสมการ $HP = \alpha \times e^{(\beta \times MEI)}$ และจะได้ค่า ME_m เมื่อค่า $HP = MEI$ (Lofgreen and Garrett, 1968)

ประเมินค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานสุทธิเป็นพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (k_m) ดังนี้ $k_m = NE_m/ME_m$ (Fernandes et al., 2007; NRC, 2001)

ความต้องการพลังงานเพื่อการเจริญเติบโต

ประเมินความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต (net energy requirement for growth, NE_g) หรือพลังงานสุทธิสำหรับใช้ในการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหารในระบบทางเดินอาหาร (empty body weight gain, EBG) จำนวน 1 กิโลกรัม โดยใช้เฉพาะข้อมูลจากแพะกลุ่มที่กินอาหารแบบเต็มท้องทั้ง 3 ระยะ (AL1 AL2 และ AL3) โดยใช้สมการ allometry (Fernandes et al., 2007; ARC, 1980) ดังนี้ $Y = \alpha \times EBW^\beta$ โดยที่ Y หมายถึง ปริมาณพลังงาน (Mcal) EBW หมายถึง น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหารในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ (kg) ส่วนค่า α และ β เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของสมการ

ประเมินค่า NE_g เพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (empty body weight gain, EBG) จำนวน 1 กิโลกรัม สำหรับแพะที่น้ำหนักตัว (EBW) ต่าง ๆ โดยใช้สมการ ดังนี้

NE_g (Mcal/kg EBG) = $\alpha \times \beta \times EBW^{(\beta-1)}$ โดยที่ค่า α และ β ได้จากสมการ allometry (Fernandes et al., 2007; ARC, 1980)

ประเมินความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (metabolizable energy requirement for growth, ME_g) โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่า NE_g และประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการเจริญเติบโต (k_g) ดังนี้ ME_g (kcal/kg EBG) = NE_g/k_g โดยที่ค่า k_g หมายถึง ค่าความชันของสมการถดถอยอย่างง่ายระหว่างอัตราการกินพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (MEI_g , kcal/kg $EBW^{0.75}/d$) โดยที่ MEI_g (kcal/kg $EBW^{0.75}/d$) = MEI (kcal/kg $EBW^{0.75}/d$) - ME_m (kcal/kg $EBW^{0.75}/d$) และอัตราการสะสมพลังงานในร่างกายของแพะ (RE, kcal/kg $EBW^{0.75}/d$) (Almeida et al., 2015; Tedeschi et al., 2002)

ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ

ประเมินความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (net protein requirement for maintenance, NP_m) โดยใช้สมการถดถอยอย่างง่าย (simple linear regression) ระหว่างอัตราการสะสมไนโตรเจนในร่างกาย (nitrogen retention, NR, g/kg $EBW^{0.75}/d$) และอัตราการกินไนโตรเจนของแพะทดลอง (nitrogen intake, NI, g/kg $EBW^{0.75}/d$) โดยค่า NP_m คือ ปริมาณไนโตรเจนที่สัตว์สูญเสียเมื่อค่าอัตราการกินไนโตรเจนเท่ากับศูนย์ (Fernandes et al., 2007) คำนวณเป็นโปรตีนโดยใช้แฟกเตอร์ 6.25

ประเมินความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (metabolizable protein requirement for maintenance, MP_m) โดยใช้สมการถดถอยอย่างง่ายระหว่างอัตราการสะสมโปรตีนในร่างกาย (retained crude protein, RCP, g/kg $EBW^{0.75}/d$) และอัตราการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable protein intake, MPI, g/kg $EBW^{0.75}/d$) โดยค่า MP_m คือ ปริมาณโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ที่สัตว์กินแล้วค่า $RCP = 0$ (Almeida et al., 2020)

ประเมินค่าสัมประสิทธิ์การใช้โปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (Metabolizable protein use efficiency for maintenance, k_{pm}) ดังนี้ $k_{pm} = NP_m/MP_m$ (Fernandes et al., 2007)

ความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต

ประเมินความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต (net protein requirement for growth, NP_g) หรือโปรตีนสุทธิสำหรับการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหารในระบบทางเดินอาหาร (EBG) จำนวน 1 กิโลกรัม โดยใช้เฉพาะข้อมูลจากแพะกลุ่ม AL1 AL2 และ AL3 โดยใช้สมการ allometry (Fernandes et al., 2007; ARC, 1980) ดังนี้ $Y = \alpha \times EBW^\beta$ โดยที่ Y หมายถึง ปริมาณโปรตีน (kg) EBW หมายถึง น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหารในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ (kg) ส่วนค่า α และ β เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของสมการ

ประเมินค่า NP_g เพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (empty body weight gain, EBG) จำนวน 1 กิโลกรัม สำหรับแพะที่น้ำหนักตัว (EBW) ต่าง ๆ โดยใช้สมการ ดังนี้

NP_g (g/kg EBG) = $\alpha \times \beta \times EBW^{(\beta-1)}$ โดยที่ค่า α และ β ได้จากสมการ allometry (Fernandes et al., 2007; ARC, 1980)

ประเมินความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (metabolizable protein requirement for growth, MP_g) โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่า NP_g และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต (k_{pg}) ดังนี้ MP_g (g/kg EBG) = NP_g/k_{pg} โดยค่า k_{pg} หมายถึง ค่าความชันของสมการถดถอยอย่างง่ายระหว่างอัตราการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (MPI_g , g/kg $EBW^{0.75}/d$) โดยที่ MPI_g (g/kg $EBW^{0.75}/d$) = MPI (g/kg $EBW^{0.75}/d$) - MP_m (g/kg $EBW^{0.75}/d$) และอัตราการสะสมไนโตรเจนของแพะ (NR, g/kg $EBW^{0.75}/d$) (Galvani et al., 2014; Fernandes et al., 2007)

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองย่อยที่ 1 แพะพันธุ์บอร์เพคเมีย

ลักษณะทั่วไปของแพะกลุ่มฐานและแบบจำลองทางสถิติ

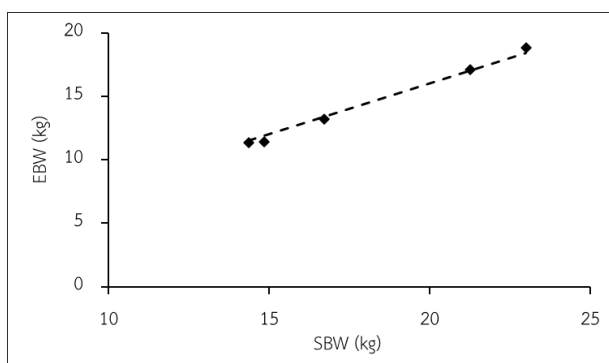
ข้อมูลของแพะกลุ่มฐานใช้ในการสร้างแบบจำลองทางสถิติสำหรับใช้ทำนายน้ำหนัก EBW ปริมาณพลังงานและปริมาณโปรตีนของแพะทดลองตัวอื่น ๆ สำหรับแพะพันธุ์บอร์เพคเมียแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะทั่วไปของแพะกลุ่มฐานเพคเมีย

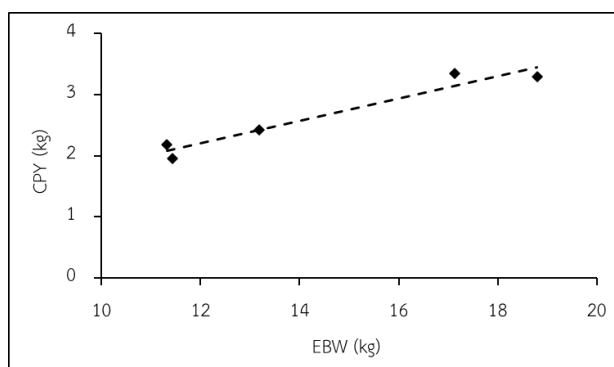
ลักษณะ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
น้ำหนักตัวก่อนฆ่า (kg/head)	19.14	10.11
น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (kg/head)	14.42	7.74
ปริมาณพลังงาน (Mcal/head)	21.66	15.12
ปริมาณโปรตีน (kg/head)	1.82	1.00

ความสัมพันธ์ของลักษณะต่าง ๆ ของแพะเป็นสมการถดถอยอย่างง่าย (simple linear regression) ดังนี้ $Y_i = \alpha + \beta \times X_i$ โดยที่ Y_i หมายถึง EBW และ ปริมาณพลังงาน หรือ ปริมาณโปรตีนของแพะทดลอง และ X_i หมายถึง SBW และ EBW ของแพะทดลอง ส่วนค่า α และ β หมายถึง ค่าจุดตัดแกนตั้ง (y-intercept) และ ค่าความชันของสมการ (slope) ตามลำดับ สำหรับแพะเพคเมียความสัมพันธ์ระหว่างค่า EBW (kg) และค่า SBW (kg) เป็นสมการดังนี้ $EBW = (0.88 (\pm 0.02) \times SBW) - 1.44 (\pm 0.34)$ ($R^2 = 0.99$) (ภาพที่ 1) และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพลังงาน (energy yield, EY, Mcal) และปริมาณโปรตีน (crude protein yield, CPY, kg) และ

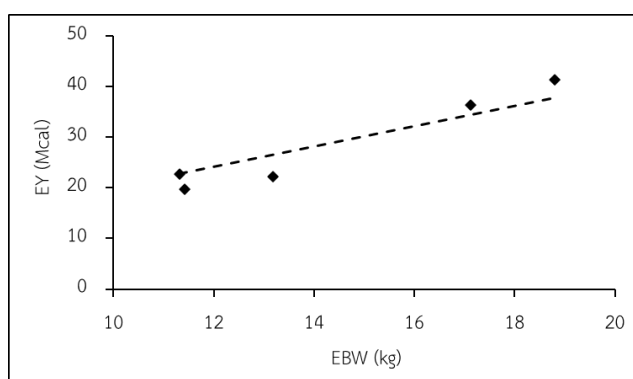
ค่า EBW (kg) เป็นสมการดังนี้ $CPY = (0.18 (\pm 0.03) \times EBW) + 0.01 (\pm 0.39) (R^2 = 0.94)$ (ภาพที่ 2) และ $EY = (2.78 (\pm 0.35) \times EBW) - 11.59 (\pm 5.10) (R^2 = 0.96)$ (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างน้ำหนักตัวก่อนฆ่า (SBW) และน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBW) ของแพะพันธุ์บอร์เพศเมียระยะเจริญเติบโต



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBW) และปริมาณโปรตีน (CPY) ของแพะพันธุ์บอร์เพศเมียระยะเจริญเติบโต

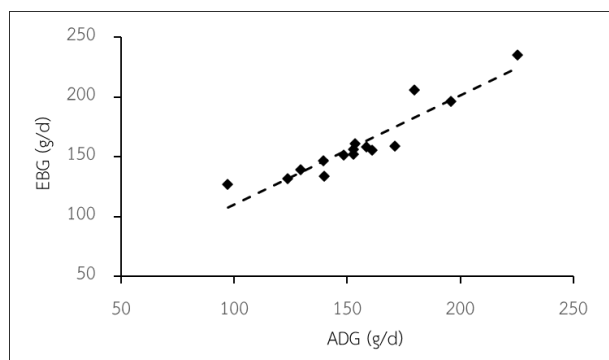


ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBW) และปริมาณพลังงาน (EY) ของแพะพันธุ์บอร์เพศเมียระยะเจริญเติบโต

สมรรถนะการผลิตของสัตว์

อัตราการเจริญเติบโต (ADG, g/d) และอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBG, kg/d) ของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารแบบเต็มที่เป็นแบบสมการถดถอยอย่างง่าย ดังนี้

$$EBG = (0.90 (\pm 0.05) \times ADG) + 12.90 (\pm 4.56) (R^2 = 0.98) \text{ (ภาพที่ 4)}$$



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างอัตราการเจริญเติบโต (ADG) และอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBG) ของแพะพันธุ์บอร์เพสเมียร์ระยะเจริญเติบโต

ระยะเวลาในการเลี้ยงแพะและการจำกัดอาหารมีผลทำให้แพะมีสมรรถนะการผลิต (น้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโต) และปริมาณการกินโภชนะต่าง ๆ ของแพะ โดยแพะมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นเมื่อมีระยะการเลี้ยงเพิ่มขึ้น (AL1 AL2 และ AL3) อย่างไรก็ตาม ที่ระยะการเลี้ยงเท่ากันแพะที่มีระดับการจำกัดอาหารเพิ่มขึ้นมีน้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตลดลง (AL3 70%AL และ 40%AL) (ตารางที่ 3)

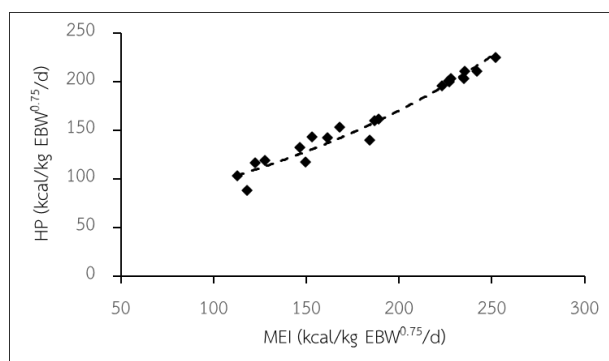
ตารางที่ 3 สมรรถนะการผลิต ปริมาณการกินได้ โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมดและค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารของแพะพันธุ์บอร์เพสเมียร์ระยะเจริญเติบโตที่มีระยะการเลี้ยงและได้รับอาหารในปริมาณแตกต่างกัน

	AL1	AL2	AL3	70%AL	40%AL
น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง (kg)	18.26	17.05	17.53	17.85	17.02
น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหารเริ่มต้นการทดลอง (kg)	14.63	13.56	13.98	14.27	13.54
น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง (kg)	20.76	30.38	37.73	31.97	21.49
น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหารสิ้นสุดการทดลอง (kg)	17.82	27.08	34.68	28.49	18.93
อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัว (g/d)	47.86	111.10	107.45	75.11	23.77
อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (g/d)	59.36	112.67	110.04	75.67	28.65
ปริมาณการกินได้					
วัตถุดิบแห้ง (g/kg EBW ^{0.75} /d)	72.18	79.15	76.19	58.55	40.13
โปรตีนหยาบ (g/kg EBW ^{0.75} /d)	11.53	12.65	12.18	9.36	6.41
โปรตีนใช้ประโยชน์ได้ (g/kg EBW ^{0.75} /d)	6.31	6.93	6.78	4.99	4.99
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (kcal/kg EBW ^{0.75} /d)	198.63	217.82	209.68	161.12	110.43
โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (%)	78.28	75.06	74.80	76.46	83.57
ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (Mcal/kgDM)	3,071	2,965	2,764	2,851	3,186

หมายเหตุ: AL1 AL2 และ AL3 หมายถึงแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารแบบเต็ม (Ad Libitum) และศึกษาซากเมื่อดำเนินการทดลองได้ 45 90 และ 135 วัน (สิ้นสุดการทดลอง) ตามลำดับ; 70%AL และ 40%AL หมายถึง แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารในระดับ 70% และ 40% ของระดับการกี้ยาอาหารแบบเต็ม (Ad Libitum) ตามลำดับ

ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพ

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานความร้อนที่แพะผลิต (HP, kcal/kg EBW^{0.75}/d) และค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ที่แพะกิน (MEI, kcal/kg EBW^{0.75}/d) เป็นสมการเลขชี้กำลังดังนี้ $HP = 55.87 \times e^{(0.006 \times MEI)}$ ($R^2 = 0.99$) (ภาพที่ 5) ดังนั้น พลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE_m) ของแพะมีค่าเท่ากับ 55.87 kcal/kg EBW^{0.75}/d หรือเท่ากับ 49.17 kcal/kg SBW^{0.75}/d และเมื่อคูณสมการ $HP = 55.87 \times e^{(0.006 \times MEI)}$ จนได้ค่า $HP = MEI$ จะได้ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (ME_m) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 104.74 kcal/kg EBW^{0.75}/d หรือเท่ากับ 92.17 kcal/kg SBW^{0.75}/d ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์การใช้พลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (k_m) มีค่าเท่ากับ 0.53



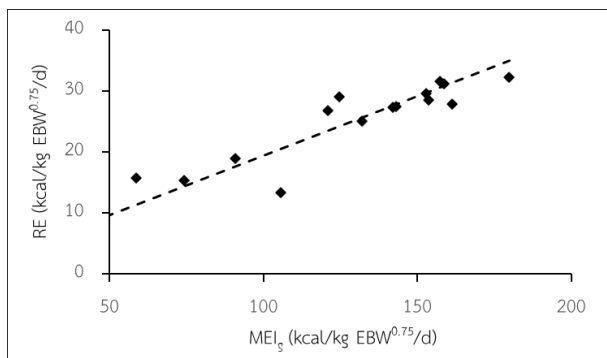
ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างปริมาณการกินพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (MEI) และปริมาณการผลิตพลังงานความร้อน (HP) ของแพะพันธุ์บอร์เพสเมียระยะระยะเจริญเติบโต

ความต้องการพลังงานเพื่อการเจริญเติบโต

ค่าเฉลี่ย ($\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของค่า α และ β ที่ได้จากสมการ allometric ($EY = \alpha \times EBW^\beta$) ระหว่างปริมาณพลังงาน (EY, Mcal) และน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBW, kg) มีค่าเท่ากับ 0.72 (± 0.10) และ 1.34 (± 0.04) ตามลำดับ ดังนั้น แบบจำลองทางสถิติสำหรับการประเมินความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโตของแพะเป็นดังนี้ NE_g (kcal/kg EBG) = $970 \times EBW^{0.34}$ โดยความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโตของแพะพันธุ์บอร์เพสเมียที่อยู่ในระยะเจริญเติบโตและมีน้ำหนักตัวอยู่ระหว่าง 10 - 50 กิโลกรัม อยู่ระหว่าง 2.00 - 3.47 Mcal/kg EBG

สำหรับการประเมินความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (ME_g) ต้องใช้ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต หรือ ค่า k_g ซึ่งหมายถึง ค่าความชัน (slope) ของสมการถดถอยอย่างง่ายระหว่างปริมาณการสะสมพลังงานในร่างกายของแพะ (RE, g/kg EBW^{0.75}/d) และปริมาณการกินพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (MEI_g, g/kg EBW^{0.75}/d) ดังนี้

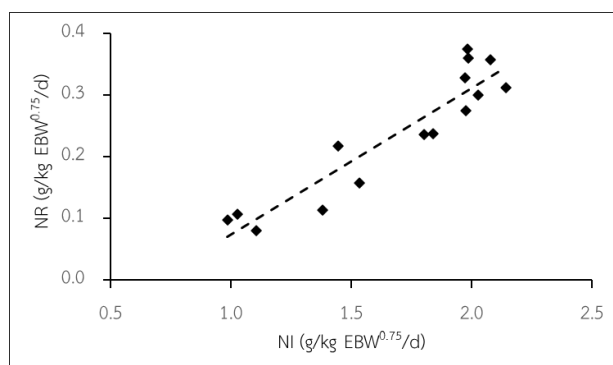
$$RE = 0.20 (\pm 0.01) \times MEI_g \quad (R^2 = 0.98) \quad (\text{ภาพที่ 6}) \quad \text{ดังนั้น ค่า } k_g \text{ มีค่าเท่ากับ } 0.20$$



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างปริมาณการกินพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (MEI_5) และปริมาณการสะสมพลังงาน (RE) ของแพะพันธุ์บอร์เพสเมียระยะเจริญเติบโต

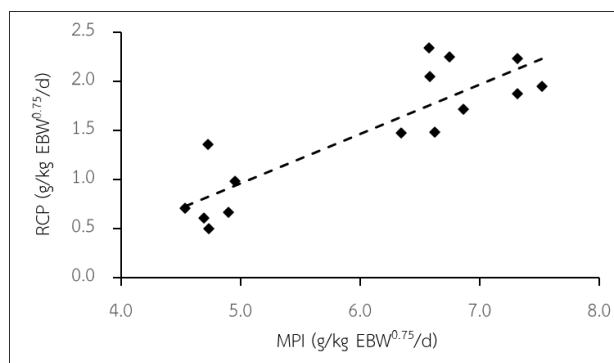
ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสะสมไนโตรเจน ($g/kg\ EBW^{0.75}/d$) และอัตราการกินไนโตรเจน ($g/kg\ EBW^{0.75}/d$) ของแพะเป็นแบบเส้นตรงดังนี้ $NR = (0.24 (\pm 0.03) \times NI) - 0.16 (\pm 0.05)$ ($R^2 = 0.86$) (ภาพที่ 7) ค่าจุดตัดแกนตั้งเท่ากับ -0.16 ดังนั้น ค่า NP_m หรือปริมาณโปรตีนที่มีการสูญเสียเมื่อค่าอัตราการกินไนโตรเจนเท่ากับศูนย์ ($NI = 0$) ของแพะเพศเมียมีค่าเท่ากับ $1.00\ g/kg\ EBW^{0.75}/d$ หรือเท่ากับ $0.88\ g/kg\ SBW^{0.75}/d$



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างปริมาณการกินไนโตรเจน (NI) และปริมาณการสะสมไนโตรเจน (NR) ของแพะพันธุ์บอร์เพสเมียระยะเจริญเติบโต

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ ($MPI, g/kg\ EBW^{0.75}/d$) และอัตราการสะสมโปรตีนในร่างกายสัตว์ ($PR, g/kg\ EBW^{0.75}/d$) เป็นแบบสมการถดถอยอย่างง่ายดังนี้ $PR = (0.50 (\pm 0.08) \times MPI) - 1.56 (\pm 0.48)$ ($R^2 = 0.76$) (ภาพที่ 8) โดยปริมาณการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ที่มียอดอัตราการสะสมไนโตรเจนในร่างกายเท่ากับศูนย์ ($PR = 0$) หรือ MP_m มีค่าเท่ากับ $3.12\ g/kg\ EBW^{0.75}/d$ หรือเท่ากับ $2.75\ g/kg\ SBW^{0.75}/d$ ดังนั้น ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (k_{pm}) มีค่าเท่ากับ 0.32

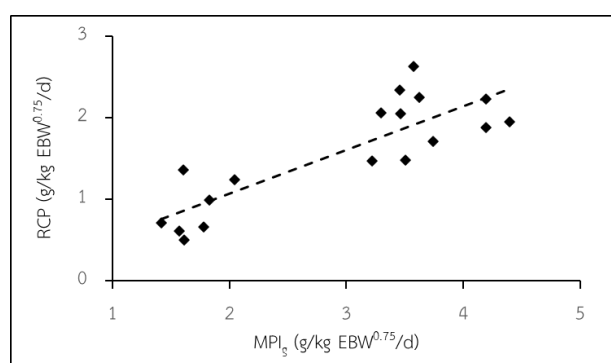


ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างปริมาณการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ (MPI) และปริมาณการสะสมโปรตีน (RCP) ของแพะพันธุ์บอร์เพคเมียระยะเจริญเติบโต

ความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต

ค่าเฉลี่ย ($\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของค่า α และ β ที่ได้จากการสมการ allometric ($CPY = \alpha \times EBW^\beta$) ระหว่างปริมาณโปรตีน (CPY, kg) และน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBW, kg) มีค่าเท่ากับ $0.28 (\pm 0.01)$ และ $0.87 (\pm 0.01)$ ตามลำดับ ดังนั้น แบบจำลองทางสถิติสำหรับการประเมินความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโตของแพะเป็นดังนี้ $NP_g (g/kg EBG) = 242 \times EBW^{-0.13}$ โดยความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโตของแพะพันธุ์บอร์เพคเมียที่อยู่ในระยะเจริญเติบโตและมีน้ำหนักตัวอยู่ระหว่าง 10 -50 กิโลกรัม อยู่ระหว่าง 149 – 183 g/kg EBG

สำหรับการประเมินความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (MP_g) ต้องใช้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้โปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต หรือ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโตหรือค่า k_{pg} ซึ่งหมายถึง ค่าความชัน (slope) ของสมการถดถอยอย่างง่ายระหว่างปริมาณการสะสมโปรตีนในร่างกายของแพะ ($g/kg EBW^{0.75}/d$) และปริมาณการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต ($g/kg EBW^{0.75}/d$) ดังนี้ $RCP = 0.54 (\pm 0.03) \times MPI_g (R^2 = 0.96)$ (ภาพที่ 9) ดังนั้น k_{pg} มีค่าเท่ากับ 0.54



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างปริมาณการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (MPI_g) และปริมาณการสะสมโปรตีน (RCP) ของแพะพันธุ์บอร์เพคเมียระยะเจริญเติบโต

การทดลองย่อยที่ 2 แพะพันธุ์บอร์เพศผู้

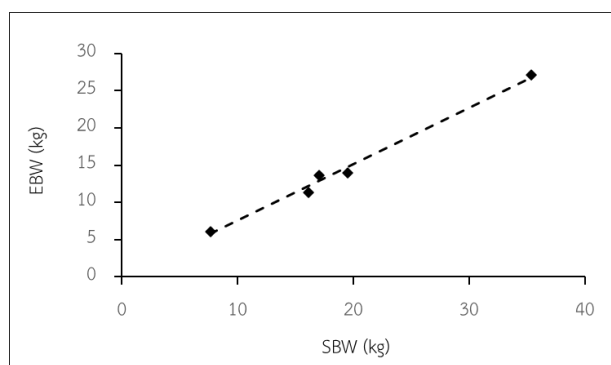
ลักษณะทั่วไปของแพะกลุ่มฐานและแบบจำลองทางสถิติ

ข้อมูลของแพะกลุ่มฐานใช้ในการสร้างแบบจำลองทางสถิติสำหรับใช้ทำนายน้ำหนัก EBW ปริมาณพลังงานและปริมาณโปรตีนของแพะทดลองตัวอื่น ๆ สำหรับแพะพันธุ์บอร์เพศผู้แสดงในตารางที่ 4

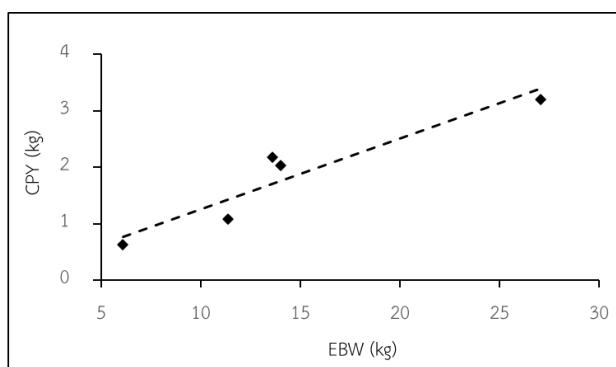
ตารางที่ 4 ลักษณะทั่วไปของแพะกลุ่มฐานเพศผู้

ลักษณะ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
น้ำหนักตัวก่อนฆ่า (kg/head)	18.03	3.89
น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (kg/head)	14.37	3.41
ปริมาณพลังงาน (Mcal/head)	28.42	9.72
ปริมาณโปรตีน (kg/head)	2.64	0.64

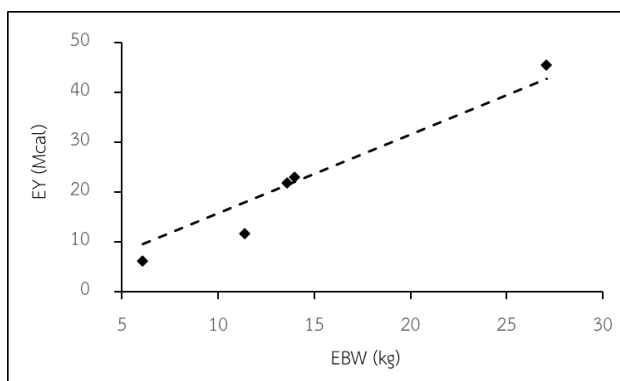
สำหรับแพะเพศผู้ ความสัมพันธ์ระหว่างค่า EBW (kg) และค่า SBW (kg) เป็นสมการถดถอยอย่างง่าย ดังนี้ $EBW = (0.76 (\pm 0.04) \times SBW) - 0.17 (\pm 0.84)$ ($R^2 = 0.99$) (ภาพที่ 10) และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพลังงาน (EY, Mcal) และปริมาณโปรตีน (CPY, kg) และค่า EBW (kg) เป็นสมการถดถอยอย่างง่าย ดังนี้ $CPY = 0.12 (\pm 0.03) \times EBW + 0.06 (\pm 0.41)$ ($R^2 = 0.89$) (ภาพที่ 11) และ $EY = (1.93 (\pm 0.19) \times EBW) - 6.10 (\pm 3.07)$ ($R^2 = 0.97$) (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างน้ำหนักตัวก่อนฆ่า (SBW) และน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBW) ของแพะพันธุ์บอร์เพศผู้ระยะเจริญเติบโต



ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBW) และปริมาณโปรตีน (CPY) ของแพะพันธุ์บอร์เพศผู้ระยะเจริญเติบโต

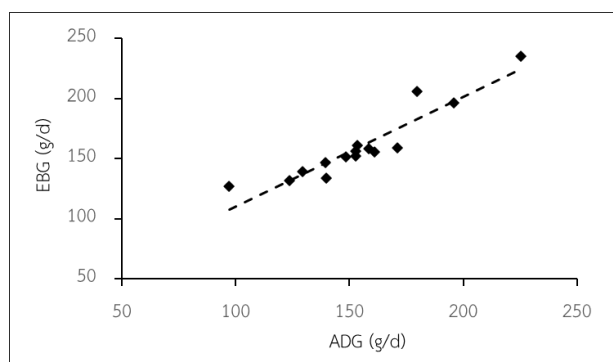


ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBW) และปริมาณพลังงาน (EY) ของแพะพันธุ์บอร์เพศผู้ระยะเจริญเติบโต

สมรรถนะการผลิตของสัตว์

อัตราการเจริญเติบโต (ADG, g/d) และอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBG, kg/d) ของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารแบบเต็มที่เป็นแบบสมการถดถอยอย่างง่ายดังนี้

$$EBG = (0.89 (\pm 0.07) \times ADG) + 13.92 (\pm 10.68) (R^2 = 0.93) \text{ (ภาพที่ 13)}$$



ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างอัตราการเจริญเติบโต (ADG) และอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBG) ของแพะพันธุ์บอร์เพศผู้ระยะเจริญเติบโต

ในทำนองเดียวกับแพะเพศเมีย แพะเพศผู้ที่มีระยะเวลาในการเลี้ยงเพิ่มขึ้น (AL1 AL2 และ AL3) มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น แต่แพะที่มีการจำกัดอาหารเพิ่มขึ้นมีสมรรถนะการผลิตลดลง (AL3 70%AL และ 40%AL) (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 สมรรถนะการผลิต ปริมาณการกินได้ โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมดและค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารของแพะพันธุ์บอร์เพศผู้ระยะเจริญเติบโตที่มีระยะการเลี้ยงและได้รับอาหารในปริมาณแตกต่างกัน

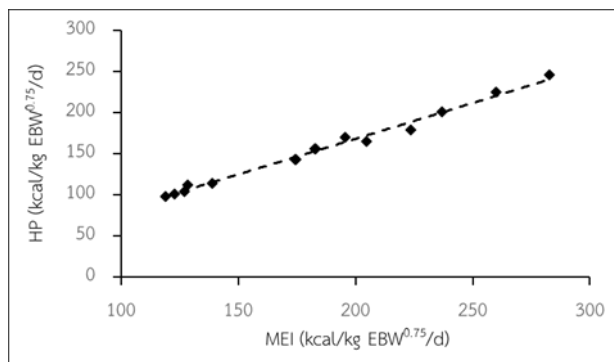
	AL1	AL2	AL3	70%AL	40%AL
น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง (kg)	17.28	18.42	18.20	18.21	17.63
น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหารเริ่มต้นการทดลอง (kg)	12.96	13.83	13.66	13.67	13.23
น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง (kg)	27.18	36.18	46.05	39.07	27.63
น้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหารสิ้นสุดการทดลอง (kg)	23.61	32.32	41.13	35.13	24.23

อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัว (g/d)	174.62	152.85	154.29	120.53	61.79
อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (g/d)	162.30	146.78	156.47	117.19	56.17
ปริมาณการกินได้					
วัตถุแห้ง (g/kg EBW ^{0.75} /d)	149.93	112.84	109.43	81.17	56.75
โปรตีนหยาบ (g/kg EBW ^{0.75} /d)	32.00	22.35	20.86	15.47	10.82
โปรตีนใช้ประโยชน์ได้ (g/kg EBW ^{0.75} /d)	14.46	10.98	9.82	8.77	8.53
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (kcal/kg EBW ^{0.75} /d)	311.39	271.46	266.23	198.24	139.62
โภชนาที่ย่อยได้ทั้งหมด (%)	61.52	69.93	69.30	70.06	70.49
ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (kcal/kgDM)	2,072	2,395	2,425	2,445	2,457

หมายเหตุ: AL1 AL2 และ AL3 หมายถึงแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารแบบเต็มที (Ad Libitum) และศึกษาซากเมื่อดำเนินการทดลองได้ 45 90 และ 135 วัน (สิ้นสุดการทดลอง) ตามลำดับ; 70%AL และ 40%AL หมายถึง แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารในระดับ 70% และ 40% ของระดับการกี้ยอาหารแบบเต็มที ตามลำดับ

ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพ

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานความร้อนที่แพะผลิต (HP, kcal/kgEBW^{0.75}/d) และค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ที่แพะกิน (MEI, kcal/kgEBW^{0.75}/d) เป็นสมการเลขชี้กำลังดังนี้ $HP = 57.32 \times e^{(0.005 \times MEI)}$ ($R^2 = 0.98$) (ภาพที่ 14) ดังนั้น พลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE_m) ของแพะมีค่าเท่ากับ 57.32 kcal/kg EBW^{0.75}/d หรือเท่ากับ 43.56 kcal/kg SBW^{0.75}/d และเมื่อคูณสมการ $HP = 57.32 \times e^{(0.005 \times MEI)}$ จนได้ค่า $HP = MEI$ จะได้ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (ME_m) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 89.71 kcal/kg EBW^{0.75}/d หรือเท่ากับ 68.18 kcal/kg SBW^{0.75}/d ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์การใช้พลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (k_m) มีค่าเท่ากับ 0.62



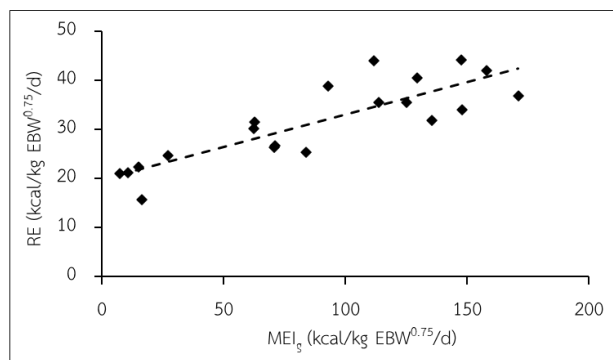
ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างปริมาณการกินพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (MEI) และปริมาณการผลิตพลังงานความร้อน (HP) ของแพะพันธุ์บอร์เพศผู้ระยะเจริญเติบโต

ความต้องการพลังงานเพื่อการเจริญเติบโต

ค่าเฉลี่ย (± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของค่า α และ β ที่ได้จากสมการ allometric ($EY = \alpha \times EBW^\beta$) ระหว่างปริมาณพลังงาน (EY, Mcal) และน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร EBW, (kg) มีค่าเท่ากับ 0.05 (±0.02) และ 2.07 (±0.09) ตามลำดับ ดังนั้น แบบจำลองทางสถิติสำหรับใช้ในการประเมินความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโตของแพะเป็นดังนี้ $NE_g \text{ (kcal/kg EBG)} = 98.85 \times EBW^{1.07}$ โดยความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโตของแพะพันธุ์บอร์เพศผู้ที่อยู่ในระยะเจริญเติบโตและมีน้ำหนักตัวอยู่ระหว่าง 10 - 50 กิโลกรัม อยู่ระหว่าง 0.98 - 5.46 Mcal/kg EBG

สำหรับการประเมินความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (ME_g) ต้องใช้ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต หรือ ค่า k_g ซึ่งหมายถึง ค่าความชัน (slope) ของสมการถดถอยอย่างง่ายระหว่างปริมาณการสะสมพลังงานในร่างกายของแพะ (RE , g/kg $EBW^{0.75}/d$) และปริมาณการกินพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (MEI_g , g/kg $EBW^{0.75}/d$) ดังนี้

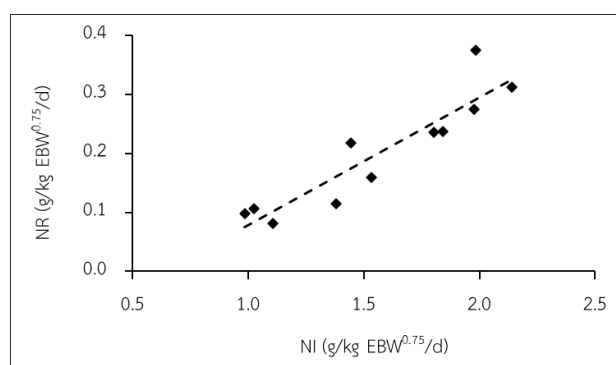
$$RE = 0.23 (\pm 0.02) \times MEI_g (R^2 = 0.84) \text{ (ภาพที่ 15) ดังนั้น ค่า } k_g \text{ มีค่าเท่ากับ } 0.23$$



ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างปริมาณการกินพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (MEI_g) และปริมาณการสะสมพลังงาน (RE) ของแพะพันธุ์บอร์เพศผู้ระยะเจริญเติบโต

ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ

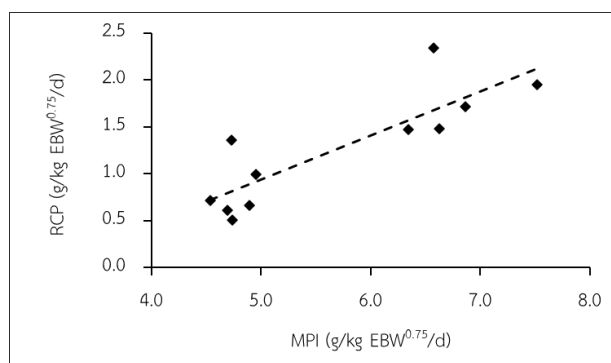
ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสะสมไนโตรเจน (g/kg $EBW^{0.75}/d$) และอัตราการกินไนโตรเจน (g/kg $EBW^{0.75}/d$) ของแพะเป็นแบบเส้นตรงดังนี้ $NR = (0.22 (\pm 0.06) \times NI) - 0.14 (\pm 0.05) (R^2 = 0.84)$ (ภาพที่ 16) ค่าจุดตัดแกนตั้งเท่ากับ -0.14 ดังนั้น ค่า NP_m หรือปริมาณโปรตีนที่มีการสูญเสียเมื่อค่าอัตราการกินไนโตรเจนเท่ากับศูนย์ ($NI = 0$) ของแพะเพศผู้มีค่าเท่ากับ 0.88 g/kg $EBW^{0.75}/d$ หรือเท่ากับ 0.67 g/kg $SBW^{0.75}/d$



ภาพที่ 16 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างปริมาณการกินไนโตรเจน (NI) และปริมาณการสะสมไนโตรเจน (NR) ของแพะพันธุ์บอร์เพศผู้ระยะเจริญเติบโต

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ (MPI , g/kg $EBW^{0.75}/d$) และอัตราการสะสมโปรตีนในร่างกายสัตว์ (PR , g/kg $EBW^{0.75}/d$) เป็นแบบสมการถดถอยอย่างง่ายดังนี้ $PR = (0.47 (\pm 0.10) \times MPI) - 1.40 (\pm 0.56) (R^2 = 0.72)$ (ภาพที่ 17) โดยปริมาณการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ที่มีอัตราการสะสมไนโตรเจน

ในร่างกายเท่ากับศูนย์ ($PR = 0$) หรือ MP_m มีค่าเท่ากับ $2.98 \text{ g/kg EBW}^{0.75}/\text{d}$ หรือเท่ากับ $2.26 \text{ g/kg SBW}^{0.75}/\text{d}$ ดังนั้น ค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (k_{pm}) มีค่าเท่ากับ 0.30



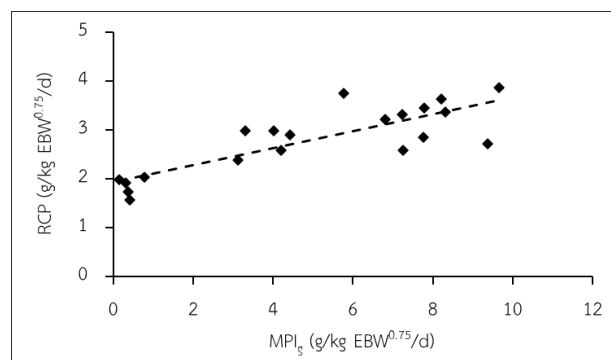
ภาพที่ 17 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างปริมาณการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ (MPI) และปริมาณการสะสมโปรตีน (RCP) ของแพะพันธุ์บอร์เพศผู้ระยะเจริญเติบโต

ความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต

ค่าเฉลี่ย ($\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของค่า α และ β ที่ได้จากการสมการ allometric ($CPY = \alpha \times EBW^\beta$) ระหว่างปริมาณโปรตีน (CPY, kg) และน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBW, kg) มีค่าเท่ากับ $0.05 (\pm 0.04)$ และ $1.36 (\pm 0.19)$ ตามลำดับ ดังนั้น แบบจำลองทางสถิติสำหรับการประเมินความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโตของแพะเป็นดังนี้ $NP_g (\text{g/kg EBG}) = 70.53 \times EBW^{0.36}$ โดยความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโตของแพะพันธุ์บอร์เพศผู้ที่อยู่ในระยะเจริญเติบโตและมีน้ำหนักตัวอยู่ระหว่าง 10 - 50 กิโลกรัม อยู่ระหว่าง 152 - 272 g/kg EBG

สำหรับการประเมินความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (MP_g) ต้องใช้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้โปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต หรือ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโตหรือค่า k_{pg} ซึ่งหมายถึง ค่าความชัน (slope) ของสมการถดถอยอย่างง่ายระหว่างปริมาณการสะสมโปรตีนในร่างกายของแพะ ($\text{g/kg EBW}^{0.75}/\text{d}$) และปริมาณการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต ($\text{g/kg EBW}^{0.75}/\text{d}$) ดังนี้

$$RCP = 0.32 (\pm 0.03) \times MPI_g (R^2 = 0.79) \text{ (ภาพที่ 18) ดังนั้น ค่า } k_{pg} \text{ มีค่าเท่ากับ 0.32}$$



ภาพที่ 18 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างปริมาณการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (MPI_g) และปริมาณการสะสมโปรตีน (RCP) ของแพะพันธุ์บอร์เพศผู้ระยะเจริญเติบโต

ข้อมูลความต้องการพลังงานและโปรตีนของแพะพันธุ์บอร์เพศผู้และเพศเมียที่ได้จากการทดลองนี้ไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้โดยตรงเนื่องจากการทดลองที่ดำเนินการในช่วงเวลาและสถานที่แตกต่างกัน ตารางที่ 6 แสดงสรุปผลความต้องการโภชนาและประสิทธิภาพการใช้โภชนาของแพะพันธุ์บอร์ระยะเจริญเติบโตที่มีอายุอยู่ในช่วง 4 – 10 เดือน และมีน้ำหนักตัวอยู่ในช่วง 10 – 50 กิโลกรัม

ความต้องการพลังงานและโปรตีนเพื่อการดำรงชีพของแพะพันธุ์บอร์ที่ได้จากการทดลองนี้มีค่าค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับความต้องการโภชนาของแพะเนื้อจากรายงานอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพการใช้โภชนาเพื่อการดำรงชีพของแพะจากการทดลองนี้ก็ต่ำมากด้วยเช่นกัน ความแตกต่างของสายพันธุ์ เพศ อายุ องค์ประกอบของร่างกาย ระดับการให้ผลผลิต สภาพแวดล้อมและคุณภาพของอาหารสัตว์เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้แพะมีความต้องการโภชนาและประสิทธิภาพการใช้โภชนามีความแตกต่างกัน (NRC, 2007)

ตารางที่ 6 สรุปความต้องการโภชนาและประสิทธิภาพการใช้โภชนาของแพะพันธุ์บอร์เพศผู้และเพศผู้ระยะเจริญเติบโต

	เพศเมีย	เพศผู้
ความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE_m) (kcal/kg EBW ^{0.75})	55.87	57.32
ความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (ME_m) (kcal/kg EBW ^{0.75})	104.74	89.71
ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีพ (k_m)	0.53	0.62
ความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต (NE_g) (kcal/kg EBG)	$970 \times EBW^{0.34}$	$98.85 \times EBW^{1.07}$
ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อการเจริญเติบโต (k_g)	0.20	0.23
ความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NP_m) (g/kg EBW ^{0.75})	1.00	0.88
ความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (MP_m) (g/kg EBW ^{0.75})	3.12	2.98
ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนเพื่อการดำรงชีพ (k_{pm})	0.32	0.30
ความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต (NP_g) (g/kg EBG)	$242 \times EBW^{0.13}$	$70.53 \times EBW^{0.36}$
ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต (k_{pg})	0.54	0.32

NRC (2007) แนะนำว่า ความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพของแพะเนื้อโดยไม่แยกความแตกต่างของเพศมีค่าเท่ากับ 117 kcal/kg SBW^{0.75} อย่างไรก็ตาม สำหรับแพะเนื้อที่มีสายเลือดพันธุ์บอร์ Almeida et al. (2020) รายงานว่า แพะเนื้อที่มีสายเลือดพันธุ์บอร์อยู่ในช่วง 50 – 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่า NE_m และ ME_m เท่ากับ 80 และ 125 kcal/kg EBW^{0.75} ตามลำดับ โดยมีค่า k_m เท่ากับ 0.64 และมีค่า NP_m และ MP_m เท่ากับ 1.92 และ 3.79 g/kg EBW^{0.75} ตามลำดับ โดยมีค่า k_{pm} เท่ากับ 0.55 นอกจากนี้ Teixeira et al. (2017) รายงานว่า แพะลูกผสมบอร์ 50 เปอร์เซ็นต์ × ชาแนน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ที่อยู่ในระยะเจริญเติบโตและมีน้ำหนักตัวอยู่ระหว่าง 5 – 25 กิโลกรัม มีค่า NE_m และ ME_m เท่ากับ 99 และ 161 kcal/kg EBW^{0.75} ตามลำดับ โดยมีค่า k_m เท่ากับ 0.61 และมีค่า NP_m และ MP_m เท่ากับ 3.12 และ 5.66 g/kg EBW^{0.75} ตามลำดับ โดยมีค่า k_{pm} เท่ากับ 0.55 ในทำนองเดียวกัน Fernandes et al. (2017) รายงานว่า แพะลูกผสมบอร์ 75 เปอร์เซ็นต์ × ชาแนน 25 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ที่อยู่ในระยะเจริญเติบโตและมีน้ำหนักตัวอยู่ระหว่าง 5 – 25 กิโลกรัม มีค่า NE_m และ ME_m เท่ากับ 77 และ 118 kcal/kg EBW^{0.75} ตามลำดับ โดยมีค่า k_m เท่ากับ 0.65 และมีค่า NP_m เท่ากับ 2.44 g/kg EBW^{0.75}

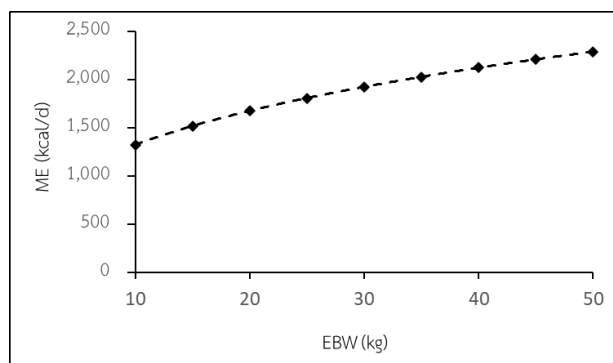
ความต้องการพลังงานเพื่อการเจริญเติบโตของแพะพันธุ์บอร์เพศผู้และเพศเมียจากการทดลองนี้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ความต้องการพลังงานเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น แพะพันธุ์บอร์เพศผู้ระยะเจริญเติบโตมีความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร 1 กิโลกรัม เพิ่มขึ้นจาก 2.01 Mcal เป็น 3.47 Mcal ในทำนองเดียวกัน แพะพันธุ์บอร์เพศผู้มีความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม เพิ่มขึ้นจาก 0.98 Mcal เป็น 5.46 Mcal เมื่อมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นจาก 10 กิโลกรัม เป็น 50 กิโลกรัม

Almeida et al. (2020) รายงานว่า แพะเนื้อ (มีสายเลือดพันธุ์บอร์ไม่น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์) ระยะเจริญเติบโตที่มีน้ำหนักตัวอยู่ระหว่าง 5 – 45 กิโลกรัม มีความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร 1 กิโลกรัม อยู่ในช่วง 1.75 – 3.75 Mcal นอกจากนี้ Fernandes et al. (2017) และ Teixeira et al. (2017) รายงานว่า แพะลูกผสมบอร์ 75 เปอร์เซ็นต์ × ชาแนน 25 เปอร์เซ็นต์ และ แพะลูกผสมบอร์ 50 เปอร์เซ็นต์ × ชาแนน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ที่อยู่ในระยะเจริญเติบโตและมีน้ำหนักตัวอยู่ระหว่าง 5 – 25 กิโลกรัม มีความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร 1 กิโลกรัม อยู่ในช่วง 2.55 – 3.00 Mcal และ 1.72 – 2.75 Mcal ตามลำดับ ในทำนองเดียวกัน Souza et al. (2014) รายงานว่า ในแพะพันธุ์ Canindé เพศผู้ตอนที่อยู่ในระยะเจริญเติบโตและมีน้ำหนักตัว 15 – 25 กิโลกรัม มีความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร 1 กิโลกรัม อยู่ในช่วง 2.96 – 4.84 Mcal

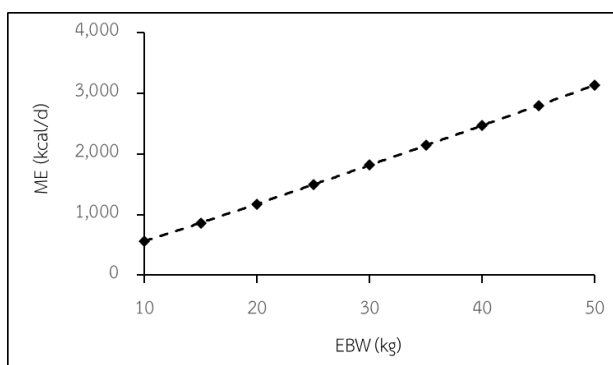
ตารางที่ 7 แสดงค่าความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 100 150 หรือ 200 กรัมต่อวัน ของแพะพันธุ์บอร์เพศเมียและเพศผู้ที่มีน้ำหนักตัว 10 – 50 กิโลกรัม NRC (2007) แนะนำว่า แพะพันธุ์บอร์ที่มีน้ำหนักตัว 20 กิโลกรัม และมีอัตราการเจริญเติบโต 150 กรัมต่อวัน มีความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโตเท่ากับ 830 kcal อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองครั้งนี้ ความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโตของแพะพันธุ์บอร์เพศเมียและเพศผู้มีค่าเท่ากับ 1,906 และ 1,336 kcal ซึ่งสูงกว่าคำแนะนำของ NRC (2007) ถึง 130 และ 61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ความแตกต่างของวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลอาจจะเป็นสาเหตุหลักของความแตกต่างนี้ โดย NRC (2007) ได้กำหนดความต้องการพลังงานเพื่อการเจริญเติบโตเป็นค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 5.52 kcal/g ADG ซึ่งเป็นค่าที่ได้มาจากสมการถดถอยอย่างง่ายระหว่างค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ที่แพะกินและ ADG ของแพะ โดยไม่ได้คำนึงถึงความแตกต่างของเพศ ในขณะที่ค่าความต้องการพลังงานเพื่อการเจริญเติบโตที่ได้จากการทดลองนี้เปลี่ยนแปลงไปตามน้ำหนักของแพะที่เปลี่ยนแปลงไป (ไม่ใช่ค่าคงที่) ดังตัวอย่างที่แสดงใน ภาพที่ 19 (เพศเมีย) และภาพที่ 20 (เพศผู้) ซึ่งจะเห็นได้ว่าความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโตของแพะในอัตรา 150 กรัมต่อวัน เพิ่มขึ้นตามน้ำหนักตัวของแพะที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 7 ความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (ME_g, kcal/d) ของแพะพันธุ์บอร์ระยะเจริญเติบโตที่มีน้ำหนักตัวต่าง ๆ (SBW) และมีอัตราการเจริญเติบโตต่าง ๆ (ADG)

SBW (kg)	เพศเมีย ADG (g/d)			เพศผู้ ADG (g/d)		
	100	150	200	100	150	200
10	1,004	1,506	2,008	424	637	849
15	1,152	1,729	2,305	655	982	1,310
20	1,271	1,906	2,542	891	1,336	1,782
25	1,371	2,057	2,742	1,131	1,697	2,262
30	1,459	2,188	2,917	1,375	2,062	2,750
35	1,537	2,306	3,074	1,621	2,432	3,243
40	1,609	2,413	3,217	1,870	2,806	3,741
45	1,674	2,511	3,349	2,122	3,182	4,243
50	1,735	2,603	3,471	2,375	3,562	4,750



ภาพที่ 19 ความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) เพื่อการเจริญเติบโต (ADG) วันละ 150 กรัม สำหรับแพะพันธุ์บอร์เพสเมียระยะเจริญเติบโตที่มีน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBW) อยู่ระหว่าง 10 – 50 กิโลกรัม



ภาพที่ 20 ความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) เพื่อการเจริญเติบโต (ADG) วันละ 150 กรัม สำหรับแพะพันธุ์บอร์เพสเมียระยะเจริญเติบโตที่มีน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBW) อยู่ระหว่าง 10 – 50 กิโลกรัม

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตของแพะพันธุ์บอร์เพสเมียจะเห็นว่าแพะเพศเมียและแพะเพศผู้มีการตอบสนองแตกต่างกัน โดยแพะเพศเมียมีความต้องการโปรตีนในการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร 1 กิโลกรัม ลดลงตามน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น เช่น แพะเพศเมียที่มีน้ำหนักตัว 10 กิโลกรัม ต้องการโปรตีนสุทธิ 183 กรัม ในขณะที่แพะที่มีน้ำหนักตัว 50 กิโลกรัม มีความต้องการโปรตีนเพียง 149 กรัม ในการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร 1 กิโลกรัม เป็นไปในทำนองเดียวกับ Souza et al. (2017) ที่รายงานว่า อัตราการสะสมโปรตีนของแพะพันธุ์ซาแนนเพศเมียต่ำกว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัว โดยแพะเพศเมียจะมีการสะสมไขมันมากขึ้นเมื่อมีน้ำหนักตัวเพิ่มมากขึ้นแตกต่างกับแพะเพศผู้ซึ่งยังคงมีการสะสมโปรตีนเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น ในทำนองเดียวกัน NRC (2007) รายงานว่า องค์ประกอบทางเคมีของร่างกายแพะที่แตกต่างกันส่งผลให้สัตว์มีความต้องการโภชนาการแตกต่างกัน แพะเพศเมียที่มีอายุเพิ่มขึ้นจะมีการสะสมไขมันมากขึ้นแต่จะมีการสะสมโปรตีนน้อยลงเมื่อเทียบกับแพะเพศผู้ซึ่งจะส่งผลให้ความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตของแพะเพศเมียลดลงตามน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นตรงกันข้ามกับความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตของแพะพันธุ์บอร์เพสเมียซึ่งมีความต้องการโปรตีนเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น

จากการทดลองนี้ พบว่า แพะบอร์เพสเมียที่มีน้ำหนักตัว 10 กิโลกรัม มีความต้องการโปรตีนในการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร 1 กิโลกรัม เท่ากับ 152 กรัม และเพิ่มเป็น 272 กรัม เมื่อแพะมีน้ำหนักตัว 50 กิโลกรัม เช่นเดียวกับรายงานของ Almeida et al. (2020) ที่พบว่า แพะเนื้อระยะเจริญเติบโตที่มีน้ำหนักตัว 5 กิโลกรัม มีความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร 1 กิโลกรัม เท่ากับ 185 กรัม และเพิ่มเป็น 192 กรัม เมื่อแพะมีน้ำหนักตัว 45 กิโลกรัม สอดคล้องกับรายงานของ Fernandes et al. (2017) ที่พบว่า แพะลูกผสมบอร์ 75 เปอร์เซ็นต์ × ซาแนน 25 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ที่อยู่ในระยะเจริญเติบโตและมีน้ำหนักตัว

20 27 และ 35 กิโลกรัม มีความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร 1 กิโลกรัม เท่ากับ 178 182 และ 185 กรัม ตามลำดับ

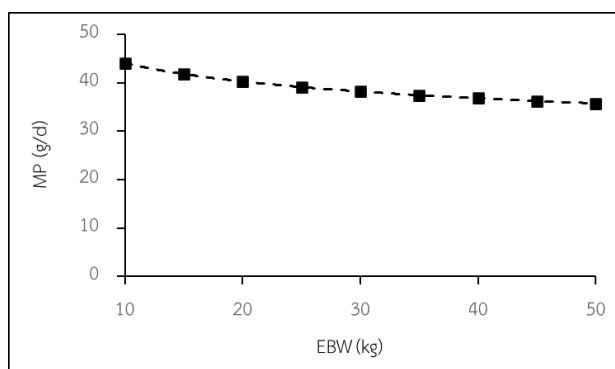
ประสิทธิภาพการใช้โภชนาการเพื่อการเจริญเติบโตของแพะพันธุ์บอร์จากการทดลองนี้ (ตารางที่ 6) ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับรายงานอื่น ๆ เช่น Almeida et al. (2020) ที่รายงานว่า แพะเนื้อระยะเจริญเติบโตที่มี น้ำหนักตัวอยู่ระหว่าง 5 – 45 กิโลกรัม มีค่า k_g และ k_{pg} เท่ากับ 0.30 และ 0.55 ตามลำดับ ในขณะที่ Fernandes et al. (2017) และ Teixeira et al. (2017) รายงานว่า แพะลูกผสมบอร์ 75 เปอร์เซ็นต์ × ชาแนน 25 เปอร์เซ็นต์ และ แพะลูกผสมบอร์ 50 เปอร์เซ็นต์ × ชาแนน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ที่อยู่ในระยะเจริญเติบโต และมีน้ำหนักตัวอยู่ระหว่าง 5 – 25 กิโลกรัม มีค่า k_g เท่ากับ 0.44 และ 0.32 ตามลำดับ

ตารางที่ 8 แสดงความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 100 150 หรือ 200 กรัม ต่อวัน ของแพะพันธุ์บอร์เพศเมียและเพศผู้ที่มีน้ำหนักตัวอยู่ในช่วง 10 – 50 กิโลกรัม

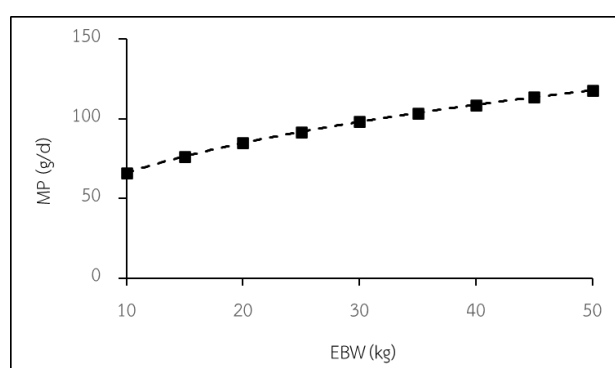
ตารางที่ 8 ความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโต (MP_g , g/d) ของแพะพันธุ์บอร์ระยะเจริญเติบโตที่มีน้ำหนักตัวต่าง ๆ และมีอัตราการเจริญเติบโตต่าง ๆ

SBW (kg)	เพศเมีย			เพศผู้		
	ADG (g/d)			ADG (g/d)		
	100	150	200	100	150	200
10	29	44	59	44	66	88
15	28	42	56	51	76	102
20	27	40	54	56	85	113
25	26	39	52	61	92	122
30	25	38	51	65	98	131
35	25	37	50	69	104	138
40	25	37	49	72	109	145
45	24	36	48	76	113	151
50	24	36	48	79	118	157

NRC (2007) แนะนำว่า แพะพันธุ์บอร์ที่มีน้ำหนักตัว 20 กิโลกรัม และมีอัตราการเจริญเติบโต 150 กรัม ต่อวัน มีความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโตเท่ากับ 61 กรัม อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองครั้งนี้ ความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโตของแพะพันธุ์บอร์เพศเมียและเพศผู้มีค่าเท่ากับ 40 และ 85 กรัม ตามลำดับ โดยความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ของแพะเพศเมียต่ำกว่าคำแนะนำของ NRC (2007) 34 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโตของเพศผู้สูงกว่าคำแนะนำของ NRC (2007) 39 เปอร์เซ็นต์ ความแตกต่างของวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลอาจจะเป็นสาเหตุหลักของความแตกต่าง โดย NRC (2007) ได้กำหนดความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตเป็นค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 0.404 g/g ADG ซึ่งได้จากสมการถดถอยระหว่างปริมาณการกินโปรตีนใช้ประโยชน์ได้และ ADG โดยไม่คำนึงถึงความแตกต่างของเพศ (NRC, 2007) ในขณะที่ค่าความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตที่ได้จากการทดลองนี้เปลี่ยนแปลงไปตามน้ำหนักของแพะที่เปลี่ยนแปลงไป (ไม่ใช่ค่าคงที่) ดังตัวอย่างที่แสดงใน ภาพที่ 21 (เพศเมีย) และภาพที่ 22 (เพศผู้) โดยจะเห็นได้ว่าความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้เพื่อการเจริญเติบโตในอัตรา 150 กรัมต่อวัน ของแพะเพศเมียลดลงตามน้ำหนักตัวของแพะที่เพิ่มขึ้นแต่ของเพศผู้จะเพิ่มขึ้นเมื่อแพะมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 21 ความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ (MP) เพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว (ADG) วันละ 150 กรัม สำหรับแพะพันธุ์บอร์เพคเมียระยะเจริญเติบโตที่มีน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBW) อยู่ระหว่าง 10 – 50 กิโลกรัม



ภาพที่ 22 ความต้องการโปรตีนใช้ประโยชน์ได้ (MP) เพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว (ADG) วันละ 150 กรัม สำหรับแพะพันธุ์บอร์เพคผู้ระยะเจริญเติบโตที่มีน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBW) อยู่ระหว่าง 10 – 50 กิโลกรัม

สรุปผลการทดลอง

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความต้องการโปรตีนและพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของแพะพันธุ์บอร์เพคเมียและเพศผู้ที่อยู่ในระยะเจริญเติบโต ผลการทดลอง สรุปได้ว่า แพะพันธุ์บอร์เพคเมียและเพศผู้มีความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพเท่ากับ 55.87 และ 57.32 kcal/kg EBW^{0.75} ตามลำดับ ความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการดำรงชีพมีค่าเท่ากับ 1.00 และ 0.88 g/kg EBW^{0.75} ตามลำดับ ความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต (NE_g) สำหรับการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่รวมเศษอาหาร (EBG) ของแพะเพศเมียและเพศผู้ระยะเจริญเติบโตที่มีน้ำหนักตัวระหว่าง 10 - 50 กิโลกรัม เป็นสมการดังนี้ NE_g (kcal/kg EBG) = 970 × EBW^{0.34} และ NE_g (kcal/kg EBG) = 98.85 × EBW^{1.07} ตามลำดับ และความต้องการโปรตีนสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต (NP_g) ของแพะเพศเมียและเพศผู้เป็นสมการดังนี้ NP_g (g/kg EBG) = 242 × EBW^{-0.13} และ NP_g (g/kg EBG) = 70.53 × EBW^{0.36} ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

การจัดการอาหารสัตว์แบบแม่นยำ (precision feeding management) ต้องใช้ข้อมูล 2 ส่วน คือ 1) ข้อมูลความต้องการโภชนะของสัตว์ และ 2) ข้อมูลคุณค่าทางโภชนะและข้อจำกัดของวัตถุดิบอาหารสัตว์ ดังนั้น เพื่อให้การเลี้ยงแพะเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดซึ่งนอกจากจะช่วยลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มความสามารถ

ในการแข่งขันให้กับเกษตรกรแล้วยังช่วยลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมด้วยจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการศึกษาวิจัยให้ได้ข้อมูลคุณค่าทางโภชนาและข้อจำกัดของวัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วย

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) รหัสโครงการ PRP6005011950 และขอบคุณเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์สตูล ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์สระแก้ว และกลุ่มวิจัยและพัฒนาการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ที่ให้ความช่วยเหลือจนทำให้การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี นอกจากนี้ ขอขอบคุณคณะกรรมการวิชาการสำนักพัฒนาอาหารสัตว์ที่ได้ให้คำแนะนำในการแก้ไขเพิ่มเติมจนรายงานนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กรมปศุสัตว์. 2561. สถิติปศุสัตว์. ศูนย์สารสนเทศ กรมปศุสัตว์. แหล่งที่มา www.dld.go.th; วันที่สืบค้น 19 กันยายน 2561
- จิระศักดิ์ ขอบแตง วีระพล พูนพิพัฒน์ อานุภาพ เสี่ยงสาย เฉลลา พิทักษ์สินสุข รัชดาวรรณ พูนพิพัฒน์ สุมณ โพธิ์จันทร์ และ วิโรจน์ วนาสิทธิชัยวัฒน์. 2558. ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทย 1. ระยะเจริญเติบโต น้ำหนัก 100-150 กิโลกรัม. หน้า 45-58. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2558. สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- Almeida, A.K., E. Kebreab, K.T. Resende, A.N. Medeiros and I.A.M.A. Teixeira. 2020. Genotype effects on energy and protein requirements in growing male goats. *Animal* 14: s323-s331.
- Almeida, A.K., K.T. Resende, N. St-Pierre, S.P. Silva, D.C. Soares, M.H.M.R. Fernandes, A.P. Souza, N.C.D. Silva, A.R.C. Lima and I.A.M.A. Teixeira. 2015. Energy requirements for growth in male and female Saanen goats. *J. Anim. Sci.* 93: 3932-3940
- AOAC. 2016. Official Methods of Analysis. 20th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA.
- ARC, 1980. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough.
- Blaxter, K.L., and J.A.F. Rook. 1953. The heat of combustion of the tissues of cattle in relation to their chemical composition. *Br. J. Nutr.* 7: 83-91.
- Fernandes, M.H.M.R., K.T. Resende, L.O. Tedeschi, J.S. Fernandes Jr., H.M. Silva, G.E. Carstens, T.T. Berchielli, I.A.M.A. Teixeira and L. Akinaga. 2007. Energy and protein requirements for maintenance and growth of Boer crossbred kids. *J. Anim. Sci.* 85: 1014-1023.
- Galvani, D.B., A.V. Pires, I. Susin, V.N. Gouvêa, A. Berndt, L.J. Chagas, J.R.R. Dórea, A.L. Abdalla and L. O. Tedeschi. 2014. Energy efficiency of growing ram lambs fed concentrate-based diets with different roughage sources. *J. Anim. Sci.* 92: 250-263.

- Galyean, M. L., N. A. Cole, L. O. Tedeschi, and M. E. Branine. 2016. Efficiency of converting digestible energy to metabolizable energy and reevaluation of the California Net Energy System maintenance requirements and equations for predicting dietary net energy values for beef cattle. *J. Anim.Sci.* 94: 1329-1341.
- Galyean, M. L., and L. O. Tedeschi. 2014. Predicting microbial protein synthesis in beef cattle: Relationship to intakes of total digestible nutrients and crude protein. *J. Anim. Sci.* 92: 5099–5111.
- ISO. 2009. ISO 5983-2: 2009. Animal feeding stuffs-Determination of nitrogen content and calculation of crude protein content-Part 2: Block digestion and steam distillation method.
- Lofgreen, G.P. and W.N. Garrett. 1968. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. *J. Anim. Sci.* 27: 793–806.
- NRC. 1981. Nutrient Requirements of Goats: Angora, dairy and meat goats in temperate and tropical countries. Nutrient Requirements of Domestic Animals, No. 15. National Academy of Science, Washington, DC.
- NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Revised Edition. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- NRC. 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, goats cervids and new world Camelids. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Souza, A.P., A.N. Medeiros, F.F.R. Carvalho, R.G. Costa, L.P.S. Ribeiro, A.B. Bezerra, G.L.C. Branco and C.G. Silva Jr. 2014. Energy requirements for maintenance and growth of Canindé goat kids. *Small Rumin. Res.* 121: 255–261.
- Souza, A.P, N.R. St-Pierre, M.H.R.M. Fernandes, A.K. Almeida, J.A.C. Vargas, K.T. Resende and I.A.M.A. Teixeira. 2017. Sex effects on net protein and energy requirements for growth of Saanen goats. *J. Dairy Sci.* 100: 4574–4586.
- Tedeschi, L. O., C. Boin, D. G. Fox, P. R. Leme, G. F. Alleoni, and D. P. D. Lanna. 2002. Energy requirement for maintenance and growth of Nellore bulls and steers fed high-forage diets. *J. Anim. Sci.* 80: 1671–1682.
- Teixeira, I.A.M.A., M.H.M.R. Fernandes, J.M. Pereira Filho, R.C. Canesin, R.A. Gomes, and K.T. Resende. 2017. Body composition, protein and energy efficiencies, and requirements for growth of F1 Boer × Saanen goat kids. *J. Anim. Sci.* 95: 2121–2132.
- Undersander, D., Mertens, D. W., Theix, N. 1993. Forage Analysis Procedures. National Forage Testing Association, Omaha, NE.