การวิเคราะห์สหสัมพันธ์และสมการถดถอยระหว่างการย่อยได้ของโภชนะแบบปรากฏ สัณฐานวิทยาของลำไส้เล็กและสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อที่ได้รับสารเสริมชีวภัณฑ์

Correlation and regression analysis between apparent nutrient digestibility, small intestine histomorphology, and productive performance in broiler chickens fed bio product additive

มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี[1*], พิรวิทย์ เชื้อวงษ์บุญ[1] และ วรางคณา กิจพิพิธ[1]

Manatsanun Nopparatmaitree[1*], Phirawit Chuawongboon[1] and Warangkana Kitpipit[1]

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสัมพันธ์ระหว่างการย่อยได้ของโภชนะแบบปรากฏ สัณฐานวิทยาของลำไส้เล็กและสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อที่ได้รับสารเสริมชีวภัณฑ์ โดยไก่เนื้อจะได้รับอาหารการค้า 35 วัน และทำการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินสมรรถภาพการเจริญเติบโตตลอด 35 วัน ในระหว่างวันที่ 14-21 ทำการเก็บอาหารและมูลเพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะเพื่อประเมินการย่อยได้ของโภชนะแบบปรากฏ สุ่มฆ่าไก่ในวันที่ 21 เพื่อเก็บตัวอย่างลำไส้เล็กส่วนดูโอดีนัมและเจจูนัมเพื่อวิเคราะห์ความสูงวิลไล (Villous height: VH), ความลึกของคริปท์ออฟไลเบอร์คูน (Cryptal depth: CD) และสัดส่วนของวิลลัสต่อคริปท์ฯ (Villous height: cryptal depth: VH:CD) ผลการทดลอง พบว่าค่าสหสัมพันธ์ของการย่อยได้แบบปรากฏของเยื่อใยหยาบและไขมันรวมกับความสูงวิลไลและสัดส่วนของวิลลัสต่อคริปท์ฯ ของลำไส้เล็กส่วนเจจูนัมเป็นบวก อีกทั้งค่าสหสัมพันธ์ของความสูงวิลไลและสัดส่วนของวิลลัสต่อคริปท์ฯ ของลำไส้เล็กส่วนดูโอดีนัมและเจจูนัมกับอัตราการเจริญเติบโตเป็นบวกและกับอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่เนื้อเป็นลบ
คำสำคัญ: การย่อยได้ของโภชนะ, สัณฐานวิทยาของลำไส้เล็ก, สมรรถภาพการผลิต, ไก่เนื้อ

ABSTRACT: The objective of this study was to determine if a relationship exists between apparent nutrient digestibility, small intestine histomorphology, and productive performance in broiler chickens fed bio product additives. Broilers were fed commercial-type diets for 35 day, and data were collected for evaluation during 5 week of productive performance. During 14-21 day, Feed and feces collected were used to nutrient analysis and determine apparent nutrient digestibility. Broilers were killed in 21 day and small intestine (duodenum and jejunum) were removed to determine VH, CD and VH:CD. The result showed that the crude fiber and ether extract digestibility was positively correlated with VH and VH:CD. Additionally, the VH and VH:CD was positively correlated with average daily gain and negatively correlated with feed conversion ratio of broilers.
Keywords: Apparent nutrient digestibility, Small intestine histomorphology, Productive performance and Broilers

[1] คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี ต.สามพระยา อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี 76120

Faculty of Animal Science and Agricultural Technology, Silpakorn University, Phetchaburi IT Campus, Sam Phraya, Cha-am, Phetchaburi, 76120, Thailand.

* Corresponding author: Nopparatmaitree_m@su.ac.th or Nopparatmaitree_m@silpakorn.edu

บทนำ

งานวิจัยด้านโภชนศาสตร์สัตว์กระเพาะเดี่ยว (Non-ruminant nutrition) เช่น ไก่เนื้อ ไก่ไข่ และ สุกร เป็นต้น นิยมวัดค่าสมรรถภาพการเจริญเติบโต (Productive performance)เพื่อเป็นดัชนีชี้วัดการตอบสนองของสัตว์ต่ออาหาร ที่สัตว์ได้รับเข้าไป นอกจากนี้ยังมีการวัดค่าการย่อยได้สำหรับการอธิบายถึงการการย่อยได้ของโภชนะชนิดต่างๆ ในอาหารที่สัตว์ได้รับ โดยวิธีการวัดค่าย่อยได้ที่นิยมใช้มี 2 วิธีหลัก คือ การย่อยได้แบบปรากฏ (Apparent digestibility) และการย่อยได้ที่แท้จริง(True digestibility) อีกทั้งยังมีการวัดสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็ก (Small intestine histomorphology) คือ การพัฒนาของวิลไล (Villi) และคริปท์ออฟไลเบอร์คูน (Crypt of lieberkuhn) สำหรับการอธิบายจากถึงความสามารถในการดูดซึมอาหาร ซึ่งตัวชี้วัดทั้งหมดดังกล่าวจะถูกนำมาใช้เชื่อมโยงเพื่ออภิปรายผลในงานวิจัยด้านโภชนศาสตร์สัตว์กระเพาะเดี่ยวอย่างแพร่หลาย นับตั้งแต่ปี 2006 สหภาพยุโรปประกาศยกเลิกการใช้ยาปฏิชีวนะ ในอาหารไก่เนื้อส่งผลทำให้ในปัจจุบันมีการวิจัยและประยุกต์ใช้สารเสริมชีวภัณฑ์ชนิดต่างๆเพื่อเติมในอาหารสัตว์ เช่น โปรไบโอติกส์ พรีไบโอติกส์ ซินไบโอติกส์ กรดอินทรีย์ และเอมไซม์ เป็นต้น เพื่อประโยชน์หลายด้าน กล่าวคือ การช่วยเพิ่มการผลิตกรดไขมันสายสั้น (Sako et al., 1999) ช่วยสร้างสภาพสมดุลจุลินทรีย์ในท่อทางเดินอาหารและสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรคและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรียก่อโรคในเยื่อบุผิวลำไส้ของท่อทางเดินอาหาร (Competitive exclusion) รวมถึงส่งเสริมการพัฒนาของสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็ก อีกทั้งสารชีวภัณฑ์เหล่านี้ยังทำหน้าที่ช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายเพื่อต่อสู้กับเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย อันนำไปสู่การส่งเสริมสุขภาพของสัตว์ (Hassanpour et al., 2013) ช่วยเพิ่มปริมาณการกินได้ ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และสมรรถภาพการเจริญเติบโต

จากการวิจัยก่อนหน้านี้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของการย่อยได้ของโภชนะแบบปรากฏต่อสัณฐานวิทยา ของลำไส้เล็กและสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารเสริมสารเสริมชีวภัณฑ์ (Deng et al., 2012) ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์และวิเคราะห์การถดถอยระหว่างการย่อยได้ของโภชนะแบบปรากฏ ต่อสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็กและสมรรถภาพการผลิตไก่เนื้อ

วิธีการศึกษา

ทำการเก็บข้อมูลจากฝูงไก่เนื้อสายพันธุ์ Ross 308 ที่เริ่มเลี้ยงที่อายุ 1 วัน จำนวน 13,500 ตัว (ตัวผู้ 6,750 ตัว และ ตัวเมีย 6,750 ตัว) แบ่งเป็น 450 หน่วยทดลอง หน่วยทดลองละ 30 ตัว โดยไก่เนื้อทดลองได้รับน้ำและอาหารแบบเต็มที่ตลอดเวลา (*ad libitum*) ด้วยการใช้อาหารไก่เนื้อที่มีคุณค่าทางโภชนะตามคำแนะนำของ NRC (1994) และทำการผสม โปรไบโอติกส์ พรีไบโอติกส์ และ ซินไบโอติกส์ เพื่อใช้เป็นตัวแทนของสารเสริมชีวภัณฑ์ในการเลี้ยงไก่เนื้อสำหรับ เก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลในการทดลองครั้งนี้ จากนั้นทำการวัดการย่อยได้แบบปรากฏของโภชนะทำตามวิธีของ Fenton and Fenton (1979) เมื่อไก่อายุ 14-21 วัน โดยสุ่มเก็บอาหารของไก่เนื้อและสุ่มเก็บมูลของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารทดลองผสมโครมิกซ์ออกไซด์ (Cr_2O_3) จากนั้นนำตัวอย่างอาหารและมูลที่ได้มาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่าวัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ เยื่อใยหยาบ ไขมันรวม เถ้า และพลังงานรวม อีกทั้งยังวิเคราะห์หาปริมาณโครมิกซ์ ออกไซด์ตามวิธีของ AOAC (1995) จากนั้นนำมาคำนวณหาการย่อยได้แบบปรากฏของวัตถุแห้ง (Apparent dry matter digestibility) และ การย่อยได้แบบปรากฏของโภชนะ (Apparent nutrient digestibility) ตามวิธีของ Sharifi et al. (2012) ส่วนการวัดสัณฐานวิทยาลำไส้เล็กเมื่อไก่เนื้ออายุ 21 วัน สุ่มไก่เนื้อจำนวน 2 ตัวต่อหน่วยทดลอง (เพศผู้และเพศเมีย) เพื่อเก็บตัวอย่างลำไส้เล็ก คือ ลำไส้เล็กส่วนดูโอดีนัม (Duodenum)

และ ลำไส้เล็กส่วนเจจูนัม (Jejunum) ตามวิธีของ Danshmand et al. (2011) จากนั้นเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ตามวิธีของ Awad et al. (2009) แล้ววัดความสูงของ วิลไล ความลึกของคริปท์ฯ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงรุ่น Olympus BX 50, 20 x optical magnification) ตามวิธีของ Tsirtsikos et al. (2012) ทำการวัดสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อโดยทำการวัดสมรรถภาพการผลิต โดยจดบันทึกปริมาณอาหารที่กินได้ น้ำหนักของไก่เนื้อ และจำนวนไก่ตายตลอดช่วงการทดลองแล้วคำนวณหาค่าสมรรถภาพการผลิต 0-35 วัน คือ ปริมาณการกินได้เฉลี่ยต่อวัน (Average daily feed intake: ADFI) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (Average daily gain: ADG) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (Feed conversion ratio: FCR (Feed : Gain)) ตามวิธีของ Zhao et al. (2003)

นำข้อมูลต่างๆของแต่ละหน่วยทดลองมาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยและทำการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ด้วยวิธี Pearson's (Pearson's correlation analysis) โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปรระหว่างการย่อยได้ของโภชนะแบบปรากฏ สัณฐานวิทยาของลำไส้เล็กและสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อ และทำการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression) ตามวิธีของ Steel and Torrie (1980) โดยใช้โปรแกรม R version 3.3.1 ตามวิธีของ R Core Team (2013) และสร้างกราฟโดยใช้โปรแกรม Microsoft office 2013 (SU-license)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การทดลองครั้งนี้ได้ทำการคำนวณหาค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการย่อยได้ของโภชนะแบบปรากฏ สัณฐานวิทยาของลำไส้เล็ก และสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อ ดังแสดงในตารางที่ 1 ทั้งยังทำการวิเคราะห์สหสัมพันธ์และการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายของการย่อยได้ของโภชนะแบบปรากฏต่อสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็ก พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างการย่อยได้ของเยื่อใยหยาบแบบปรากฏกับความสูงวิลไล (P<0.01) และสัดส่วนของวิลไลต่อคริปท์ฯของลำไส้ส่วน เจจูนัมเป็นบวกมีค่าเท่ากับ 0.554 และ 0.485 ตามลำดับ (P<0.01) โดยการย่อยได้แบบปรากฏของเยื่อใยหยาบที่เพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซ็นต์ส่งผลต่อการเพิ่มความสูงวิลไลของลำไส้เล็กส่วนเจจูนัม 17.02 ไมโครเมตร (R^2=0.310)นอกจากนี้ยัง พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างการย่อยได้ของไขมันรวมแบบปรากฏกับความสูงวิลไลของลำไส้เล็กส่วนดูโอดีนัม และเจจูนัม รวมถึงสัดส่วนของวิลไลต่อคริปท์ฯของลำไส้ส่วนเจจูนัมเป็นบวกมีค่าเท่ากับ 0.369, 0.614 และ 0.552 ตามลำดับ (P<0.01) โดยการย่อยได้แบบปรากฏของไขมันรวมที่เพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซ็นต์ส่งผลต่อการเพิ่มความสูงวิลไลของลำไส้เล็กส่วนดูโอดีนัม 14.25 ไมโครเมตร (R^2=0.140) อีกทั้งยัง พบว่า การย่อยได้แบบปรากฏของโปรตีนหยาบที่เพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซ็นต์ส่งผลต่อการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน 0.34 กรัมต่อตัวต่อวัน (R^2=0.090) ดังแสดงในตารางที่ 2 และ ภาพที่ 1 ทั้งนี้จากความสัมพันธ์ข้างต้นสามารถอธิบายได้ด้วยสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุน กล่าวคือ ภายในท่อทางเดินอาหาร มีผลทำให้ความเข้มข้นของออกซิเจนภายในลดลงส่งผลต่อกระบวนการออกซิเดชั่นและรีดักชั่นในลำไส้ที่ลดลง ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตและส่งเสริมกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ *Bifidobacteria* sp. ที่เรียกว่า Bifidogenic effect ซึ่งการเสริมสารเสริมชีวภัณฑ์ เช่น โปรไบโอติกส์ พรีไบโอติกส์และซินไบโอติส์ เป็นต้น สามารถช่วยส่งเสริมและเพิ่มกระบวนการหมักย่อยโภชนะในอาหารที่ไก่เนื้อได้รับและนำสู่การผลิตกรดแลคติกและผลิตภัณฑ์เป็นกรดไขมันสายสั้น (Short chain fatty acid) คือ กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิค และกรดบิวทีริก และแก๊ส ส่งผลต่อการสร้างสภาพความเป็นกรดในท่อทางเดินอาหาร (Macfarlane and Macfarlane, 2003) ซึ่งเมื่อท่อทางเดินอาหารมีสภาพที่เป็นกรดทำให้มีผลต่อการส่งเสริมให้แบคทีเรีย ที่ชอบสภาวะกรด เช่น *Bifidobacteria* sp. และ *Lactobacillus* sp. ในท่อทางเดินอาหารเพิ่มขึ้น และจากการเพิ่มขึ้นของแบคทีเรียกลุ่มดังกล่าวจะมีผล

ต่อการยั้บยั้งการตั้งถิ่นฐานของแบคทีเรียที่เป็นโทษ (Bacteriostatic effect) ในท่อทางเดินอาหารของไก่เนื้อให้ลดจำนวนลง เช่น *E. coli* และ *Salmonella* spp. เป็นต้น

นอกจากนี้ยังวิเคราะห์สหสัมพันธ์และสมการถดถอยของสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็กต่อสมรรถภาพการผลิตของ ไก่เนื้อ พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความสูงวิลไลของลำไส้ส่วนดูโอดีนัมกับความลึกของคริปท์ฯ และสัดส่วนของวิลไล ต่อคริปท์ฯของลำไส้ส่วนดูโอดีนัม รวมถึง ความสูงวิลไล ความลึกของคริปท์ฯ และสัดส่วนของวิลไลต่อคริปท์ฯของลำไส้ส่วนเจจูนัม เป็นบวก มีค่าเท่ากับ 0.237 และ 0.462 (P<0.01) รวมถึง 0.682 (P<0.01) 0.204 และ 0.250 (P<0.05) ตามลำดับอีกทั้งยัง พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความลึกของคริปท์ฯของลำไส้ส่วนดูโอดีนัมกับสัดส่วนของวิลไลต่อคริปท์ฯของลำไส้ส่วนดูโอดีนัมและเจจูนัมเป็นลบมีค่าเท่ากับ -0.609 และ -0.543 ตามลำดับ (P<0.01) นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความสูงวิลไลและสัดส่วนของวิลไลต่อคริปท์ฯของลำไส้ส่วนดูโอดีนัมและเจจูนัมกับการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตต่อวันของไก่เนื้อ เป็นบวกมีค่าเท่ากับ 0.313, 0.560 และ 0.454 และ 0.509 ตามลำดับ (P<0.01) โดยความสูงวิลไลของลำไส้ส่วนเจจูนัมที่เพิ่มขึ้น1 ไมโครเมตรส่งผลต่อการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน 0.01 กรัมต่อตัวต่อวัน (R^2=0.210) อีกทั้งสัดส่วนของวิลไลต่อคริปท์ฯ ของลำไส้ส่วนดูโอดีนัมและของลำไส้ส่วนเจจูนัม 1 หน่วยส่งผลต่อการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน 2.77 (R^2=0.310) และ 2.92 (R^2=0.260) กรัมต่อวันตามลำดับ ผลการทดลองครั้งนี้ยังแสดง ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความสูงวิลไลและสัดส่วนของวิลไลต่อคริปท์ฯของลำไส้ส่วนดูโอดีนัมและของลำไส้ส่วนเจจูนัมกับอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่เนื้อเป็นลบ มีค่าเท่ากับ -0.200, -0.554 และ -0.179 และ -0.391ตามลำดับ (P<0.01) โดยสัดส่วนของวิลไลต่อคริปท์ฯของลำไส้ส่วนดูโอดีนัมและของลำไส้ส่วนเจจูนัมที่เพิ่มขึ้น 1 หน่วยส่งผลต่อ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว 0.05 (R^2=0.310) และ 0.04 (R^2=0.260) ตามลำดับ ทั้งนี้จากความสัมพันธ์ข้างต้นสามารถอธิบายได้จากข้อสันนิษฐานถึงการลดลงของจุลินทรีย์ที่เป็นโทษส่งผลและมีอิทธิพลเชิงบวกต่อเซลล์เยื่อบุผิว ที่นำไปสู่การเพิ่มจำนวนเซลล์เยื่อบุผิวที่ดีขึ้น ทั้งยังทำให้การดูดซึมน้ำและสารอาหารที่ดี (Hassanpour et al. 2013) ผ่านการกระตุ้นให้เกิดการแสดงออกของปัจจัยป้องกันลำไส้การเสริมสร้างความแข็งแรงของ Tight junctions และ การรักษาเสถียรภาพโครงร่างเซลล์ของเซลล์เยื่อบุผิว นอกจากนี้สารเสริมชีวภัณฑ์ยังสามารถกระตุ้น Intraepithelial lymphocytes (IEL) เป็นเซลล์ที่ส่งผลสำคัญในลำไส้ที่เป็นตัวกลางในการป้องกันภูมิคุ้มกันเยื่อเมือกกับเชื้อโรคในลำไส้ และกอบเบลทเซลล์ (Goblet cell) ทำหน้าที่สร้าง Mucous gel เพื่อเคลือบ Epithelial surface เป็นการป้องกันเยื่อบุลำไส้จากเชื้อโรค (Deng et al., 2012) การเพิ่มความสูงวิลไลในชั้นมิวโคซาของลำไส้ส่วนดูโอดีนัมส่งผลทำให้มีส่วนประกอบด้วยเซลล์ที่หลายชนิดที่ช่วยกันทำงานเกี่ยวข้องกับการดูดซึมอาหารเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน เช่น เอนเตอโรซัยท์ (Enterocyte) พาเนทเซลล์ (Paneth cell) นิวโรเอนโดครายน์เซลล์ (Neuroendocrine cell) และสเตมเซลล์ (Stem cell) เป็นต้น โดยเซลล์เหล่านี้ทำหน้าที่สร้างน้ำย่อยอาหารโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตจากโมเลกุลใหญ่ให้สามารถดูดซึมเข้าสู่ภายใน ผนังชั้น Submucosa ของลำไส้เล็กที่มีโครงข่ายของหลอดเลือดท่อน้ำเหลืองและเส้นประสาทสำหรับขนส่งสารอาหาร สู่เซลล์เป้าหมายต่างๆ ของร่างกายไก่เนื้อสำหรับใช้ในการเผาผลาญเพื่อการดำรงชีพการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของไก่เนื้อ ดังนั้นผลจากการทดลองครั้งนี้จึงช่วยยืนยัน ถึงความสัมพันธ์ของการย่อยได้ของโภชนะแบบปรากฏ สัณฐานวิทยาของลำไส้เล็ก และสมรรถภาพการผลิต

ของไก่เนื้อ

Table 1 Mean ± SD of apparent nutrient digestibility, small intestine histomorphology, and performance

Variable	Mean ± SD	Minimum	Maximum
Dry matter digestibility (%)	78.76 ± 4.31	60.74	88.27
Crude protein digestibility (%)	76.12 ± 6.53	60.72	88.00
Crude fiber digestibility (%)	49.83 ± 14.99	27.30	76.15
Ether extract digestibility (%)	82.92 ± 9.82	62.37	98.22
Gross energy digestibility (%)	80.26 ± 5.60	61.79	91.02
Duodenum histomorphology			
-Villous height (µm)	1,333.52 ± 381.08	614.00	2,181.00
-Cryptal depth (µm)	219.50 ± 74.23	90.00	439.66
-Villous height : crypt depth	6.34 ± 1.62	1.70	10.50
Jejunum histomorphology			
-Villous height (µm)	1,028.24 ± 365.96	517.05	2,159.00
-Cryptal depth (µm)	186.01 ± 78.06	94.30	487.02
-Villous height : crypt depth	5.77 ± 1.65	0.04	9.93
Average daily feed intake (g/day)	55.55 ± 8.62	38.18	76.55
Average daily gain (g/day)	96.88 ± 15.03	64.69	150.17
Feed conversion ratio	1.75 ± 0.19	1.40	2.43

Table 2 Correlation of apparent nutrient digestibility with small intestine histomorphology, and productive performance of broiler chickens fed bio products additive

Parameters			Apparent nutrient digestibility					Small intestine histomorphology						Productive performance		
								Duodenum			Jejunum					
			DM	CP	CF	EE	GE	VH	CD	VH:CD	VH	CD	VH:CD	ADG	ADFI	FCR
Apparent nutrient digestibility[1]	DM		1.000	0.706**	-.0163	-0.126	0.416**	-0.033	0.072	-0.140	-0.063	0.199	-0.229	-0.004	0.012	-0.001
	CP			1.000	-0.030	0.309*	0.234*	0.084	-0.083	0.161	0.028	0.085	0.003	0.301**	0.153	-0.117
	CF				1.000	0.173	0.011	0.095	-0.09	0.203	0.554**	0.207	0.485*	-0.206	0.027	0.232
	EE					1.000	0.723**	0.369*	0.168	0.261	0.614**	0.302	0.552**	0.327	-0.008	-0.288
	GE						1.000	0.031	-0.144	0.115	0.227	0.101	0.152	0.107	0.046	-0.103
Small intestine histomorphology[2]	Duodenum	VH						1.000	0.237**	0.462**	0.682**	0.204*	0.250*	0.313**	0.179	-0.200**
		CD							1.000	-0.609**	0.299**	0.850**	-0.543**	-0.254**	-0.094	0.304**
		VH:CD								1.000	0.271**	-0.549**	0.766**	0.560**	0.262*	-0.554**
	Jejunum	VH									1.000	0.497**	0.469**	0.454**	0.367**	-0.179
		CD										1.000	-0.407**	-0.068	0.096	0.303**
		VH:CD											1.000	0.509**	0.296**	-0.391**
Productive performance[3]	ADG													1.0000	0.753**	-0.332**
	ADFI														1.000	0.349**
	FCR															1.000

[1] DM= Dry matter, CP= Crude protein, EE=Ether extract, CF =Crude fiber, GE=Gross energy

[2] VH= Villous height, CD= Cryptal depth, VH:CD= Villous height : cryptal depth

[3] ADFI=Average daily feed intake, ADG= Average daily gain, FCR=Feed conversion ratio

* = $P<0.05$ and ** = $P<0.01$

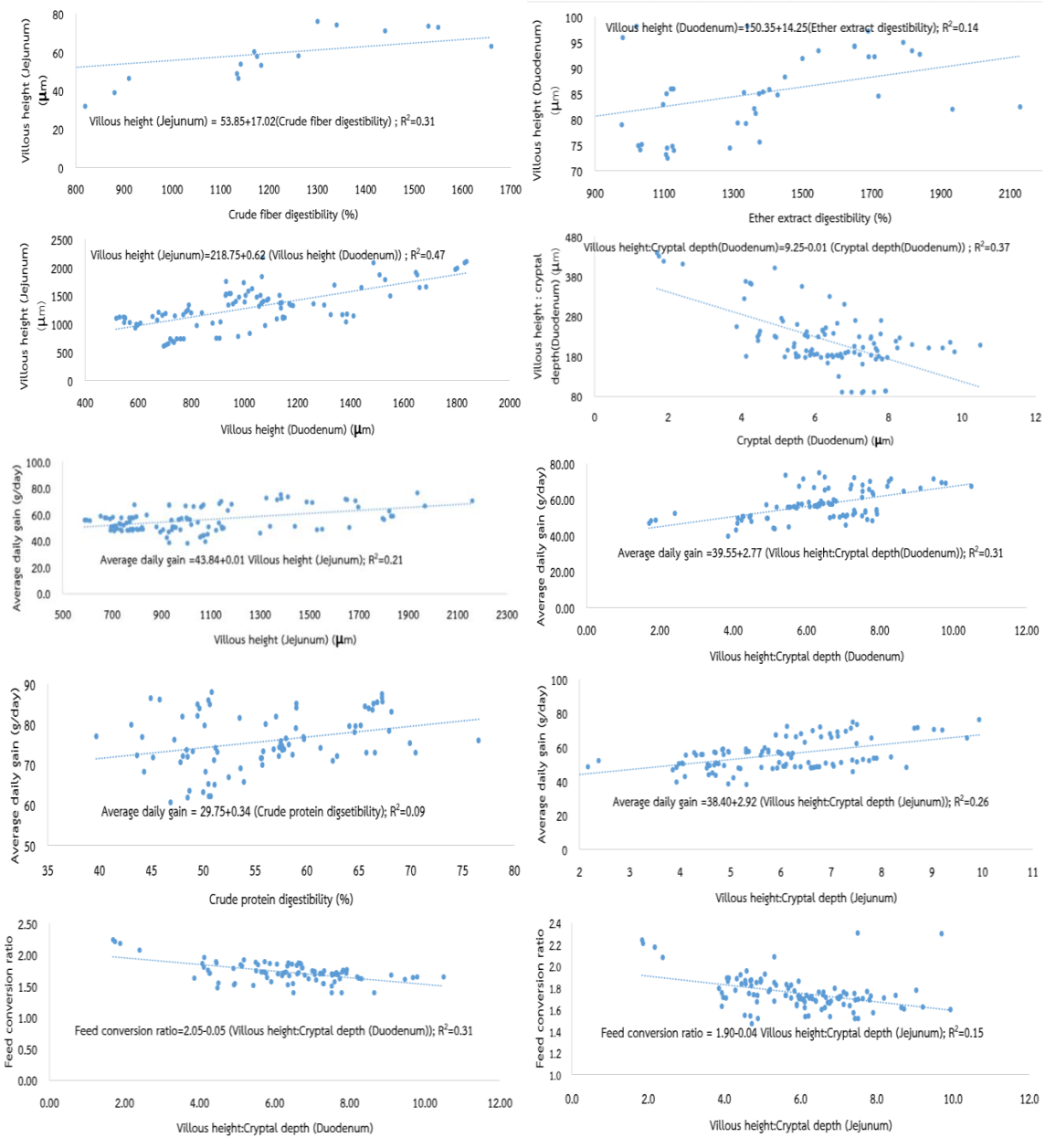

Figure 1 regression analysis between apparent nutrient digestibility, small intestine histomorphology, and productive performance

สรุป

การเสริมสารชีวภัณฑ์ในอาหารของไก่เนื้อสามารถแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของการย่อยได้แบบปรากฏของ เยื่อใยรวมและไขมันรวมต่อการพัฒนาสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็กของไก่เนื้อ ทั้งยังแสดงความสัมพันธ์ของสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็กต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการเป็นอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่เนื้อ อันจักเป็นแนวทางใน การพัฒนาการจัดการอาหารและระบบการเลี้ยงไก่เนื้อโดยการประยุกต์ใช้ที่ได้รับการเสริมสารชีวภัณฑ์เพื่อเพิ่มศักยภาพ ในการผลิตและการใช้ประโยชน์จากอาหารได้สูงขึ้น

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่สนับสนุนการวิจัย เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนด้วยการบูรณาการการวิจัยกับการเรียนการสอนในรายวิชา 710 322 อาหารสัตว์ โดยนักศึกษาปริญญาบัณฑิตมีส่วนร่วม

เอกสารอ้างอิง

AOAC. 1995. Official method of analysis. 19th Edition. Association of official analytical chemist, Washington, DC.

Awad, W.A., K. Ghareeb, S. Abdel-Raheem, and J. BÖhm. 2009. Effects of dietary inclusion of probiotic and symbiotic on growth performance, organ weights, and intestinal histomorphology of broiler chicken. Poult. Sci. 88: 49-55.

Deng, W., X.F. Dong, J.M. Tong, and Q. Zhang. 2012. The probiotic *Bacillus licheniformis* ameliorates heat stress-induced impairment of egg production, gut morphology, and intestinal mucosal immunity in laying hens. Poult. Sci. 91: 575-582.

Fenton, T.W. and M. Fenton. 1979. An improved method for chromic oxide determination in feed and feces. Can. J. Anim. Sci. 59: 631-634.

Hassanpour, H., A. Zamani Moghaddam, M. Khosravi, and M. Mayahi. 2013. Effects of symbiotic on the intestinal morphology and humoral immune response in broiler chickens. Livest. Sci. 153: 116-122.

Mac Farlane, S. and G.T. Mac Farlane. 2003. Regulation of short chain fatty acid production. Proceeding of the nutrition society. 62: 67-72.

National Research Council. 1994. Nutrient requirement of poultry. 9th Edn. National Academy Press, Washington, DC.

R Core Team. 2013. R. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available: http:/www.R-project.org. Accessed Nov. 21, 2017.

Sako, T., K. Matsumoto, and T. Ryuichiro. 1999. Recent progress on research and application of non-digestible galactooligosaccharides. Int. Dairy J. 9: 69-80.

Sharifi, S.D., A. Dibamerhr, H. Lotfollahian, and B. Baurhoo. 2012. Effects of flavomycin and probiotic supplementation to diets containing different sources of growth performance, intestinal morphology, apparent metabolizable energy, and fat digestibility in broiler chickens. Poult. Sci. 91: 918-927.

Steel, R.G.D., and J.H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach. 2nd Edition. McGraw-Hill.

Tsirtsikos, P., K. fegeros, C. Balaskas, A. Kominakis, and K.M. Mountzouris. 2012. Dietary probiotic inclusion level modulates intestinal mucin composition and mucosal morphology on broilers. Poult. Sci. 91: 1860-1868.

Zhao L, X. Zhang, F. Cho D. Sun T. Wang G. Wang 2003. Effects of dietary supplementation with fermented Ginkgo-leaves on performance, egg quality, lipid metabolism, and egg-yolk fatty acid composition in laying hens, Livest. Sci. 155: 77-85.