

ผลการเสริมเลซิทินถั่วเหลืองในอาหารไก่ไข่ต่อการย่อยได้ของโภชนะ สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่

Effect of soya lecithin supplementation in laying hen diets on nutrient
digestibility, productive performance, and egg quality

มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี^{1*}, อณัญญา ปานทอง² และ วรangkana กิจพิพิ¹

Manatsanun Nopparatmaitree^{1*}, Anunya Panthong² and Warangkana Kitpipit¹

บทคัดย่อ: เลซิทินถั่วเหลืองประกอบด้วยสารประกอบของ ฟอสโฟไลปิด ไตรกลีเซอไรด์ กรดไขมัน สเตอรอล สารสี และ วิตามินอี สามารถแยกได้จากน้ำมันถั่วเหลืองดิบในกระบวนการการแยกกัม (Degumming) โดยการทดลองครั้งนี้ ไก่ไข่พันธุ์ Hisex brown® จำนวน 200 ตัว ถูกสุ่มเข้าสู่แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) ประกอบด้วย 2 ทรีทเมนต์ และ 5 ซ้ำต่อทรีทเมนต์ (n=20) อาหารทดลองประกอบด้วยอาหารที่มีข้าวโพดและกากถั่วเหลืองเป็นพื้นฐาน (กลุ่มควบคุม) และ อาหารพื้นฐานที่ใช้เลซิทินถั่วเหลืองทดแทนน้ำมันปาล์ม (5:95) ผลการทดลองครั้งนี้พบว่า การใช้เลซิทินถั่วเหลืองทดแทนน้ำมันปาล์ม (5:95) ในอาหารสามารถเพิ่มการย่อยได้ปรากฏ ของไขมันรวมและพลังงานรวมแตกต่างจากกลุ่มควบคุม ($P<0.01$) อีกทั้งการใช้เลซิทินถั่วเหลืองทดแทนน้ำมันปาล์ม (5:95) ในอาหารสามารถเพิ่มอัตราการผลิตไข่ต่อวัน น้ำหนักไข่ มวลไข่รวม ปริมาณการกินได้ และ ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ต่อการผลิตไข่ 1 กิโลกรัม แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ($P<0.05$) แต่ไม่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพของไข่ไก่ ($P>0.05$)

คำสำคัญ: ไก่ไข่, การย่อยได้, เลซิทินถั่วเหลือง, และ สมรรถนะการผลิต

ABSTRACT: Soya lecithin consists of a mixture of phospholipids, triglycerides fatty acids, sterols, pigments, and tocopherols removed from the crude soybean oil in the degumming process. This experiment, Two hundred laying hen (Hisex brown®) were randomly divided into completely randomized design with 2 treatments and 5 replication per treatment (n=20). Dietary treatment included the corn-soybean meal base diet (control diet: without soya lecithin supplementation), and corn-soybean meal base diet substitution soya lecithin for crude palm oil (CSL for CPO (5:95)). The results of this study showed that substitution CSL for CPO (5:95) in diet increased to digestibility of ether extract, and gross energy different to control group ($P<0.01$). Furthermore, substitution CSL for CPO (5:95) in diet increase to hen day production, egg weight, egg mass, feed intake and FCR per 1 kg of egg different to control group ($P<0.05$) but does not affect the physical quality of eggs ($P>0.05$)).

Keywords: probiotics, diarrhoea, weaning pigs

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.

² คณะสัตวศาสตร์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเพชรบุรี ต. สามพระยา อ.ชะอำ จ. เพชรบุรี 76120
Faculty of Animal Science, Petchaburi Collage of Agricultural and Technology, Sam Phraya, Cha-Am, Phetchaburi, 76120

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

บทนำ

กระบวนการกลั่นน้ำมันถั่วเหลืองให้บริสุทธิ์ (Refining process) ภายหลังจากการหีบน้ำมัน (Pressing) หรือการสกัดน้ำมันด้วยสารละลาย (Solvent extraction) คือ ขั้นตอนการแยกกัม (Degumming) มีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดยางเหนียวในน้ำมันถั่วเหลืองดิบซึ่งนิยมเรียกว่า เลซิธินถั่วเหลือง (Crude soya lecithin: CSL) โดยในขั้นตอนนี้สามารถแยกเศษเลซิธินถั่วเหลืองเหลือทิ้งได้ประมาณ 1.5 ถึง 3.1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเลซิธินถั่วเหลืองเหล่านี้ประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ปนอยู่กับสารประกอบอื่น เช่น สารกลุ่มฟอสโฟลิพิด (Phospholipid) สารประกอบเชิงซ้อนของลิพิดและโปรตีน (Fat-protein complex) และสารสี เป็นต้น (Jansen et al., 2015) ทั้งมีรายงานถึงกรดไขมันต่างๆที่เป็นองค์ประกอบในเลซิธินถั่วเหลือง เช่น ลิโนเลอิก (C18:2n-6) ลิโนเลนิก (C18:3n-3) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวอื่น เป็นต้น (Borsatti et al., 2018) อีกทั้งยังพบฟอสโฟลิพิด (Phospholipid) หลายชนิด เช่น ฟอสฟาติดีลโคลีน (Phosphatidyl-choline) ฟอสฟาติดีลเอทานอลามีน (Phosphatidylethanolamine) และฟอสฟาติดีลอินซิทอล (Phosphatidylinositol) เป็นต้น (Marchesini et al., 2012) โดยฟอสโฟไลปีมีความสำคัญอย่างมากเนื่องจากเป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ อีกทั้งยังมีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) กล่าวคือ มีส่วนที่ชอบน้ำ (Hydrophilic) และ ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) เป็นส่วนประกอบและสามารถเกิดอิมัลชัน (Emulsion) การลดแรงตึงผิวของของเหลว (Surface tension) และการป้องกันไม่ให้มีอิมัลชันแยกชั้น (Zhang et al., 2011) ทั้งนี้สารอิมัลซิไฟเออร์จะทำงานร่วมกับกรดน้ำดีในการอิมัลชันและสร้างไมเซลล์ (micells) เพื่อช่วยให้ไขมันถูกย่อยและดูดซึมได้ดีขึ้น (Zhou et al., 2015) กอปรกับประเทศไทยที่ตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้นที่มีค่าดัชนีความเนื่องจากความร้อนสูง (High heat stress index) เนื่องจากความผันแปรของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างวันสูงมาก ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อเกิดสภาวะความเครียดเนื่องจากความร้อน (Heat stress) และกระทบต่อสมรรถภาพการ

ผลิตของสัตว์ที่ลดลง (Attia et al., 2018) จึงนับเป็นความท้าทายอย่างมากของอุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่ไข่ ดังนั้นในการประกอบสูตรอาหารในช่วงอากาศร้อนที่มีปริมาณการกินได้ต่ำจึงนิยมเลือกไขมันเป็นแหล่งพลังงานในอาหารเนื่องจากให้พลังงานสูงกว่าคาร์โบไฮเดรต (มนัสนันท์และคณะ, 2561a) หากแต่การใช้ประโยชน์ได้ของไขมันเกี่ยวข้องกับหลายปัจจัย เช่น ความยาวและความอิมตัวของสายของกรดไขมัน เป็นต้น ทั้งนี้การเพิ่มความสามารถในการย่อยได้ของไขมันจะแปรผกผันกับการลดระดับการเติมไขมันในอาหารสัตว์เพื่อให้ได้โภชนาเท่าเดิมตามความต้องการของสัตว์ ซึ่งกลยุทธ์นี้อาจนำไปสู่การลดต้นทุนค่าอาหารได้ (Upadhaya et al., 2017)

จากแนวคิดข้างต้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการวิจัยการเสริมสารอิมัลซิไฟเออร์จากภายนอกในอาหารสัตว์เพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์ของไขมันในสูตรอาหาร ซึ่งเลซิธินถั่วเหลืองมีความน่าสนใจและน่าจะมีศักยภาพในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงมุ่งเพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ของเลซิธินถั่วเหลืองทดแทนน้ำมันปาล์มในอาหารไก่ไข่ต่อการย่อยได้ปรากฏของโภชนา สมรรถภาพการผลิต และคุณภาพทางกายภาพของไข่ไก่ เพื่อเป็นทางเลือกอย่างง่ายสำหรับการพัฒนาขีดความสามารถของเกษตรกรผู้การเสริมสร้างความเข้มแข็งและยั่งยืนของการเลี้ยงไก่ไข่ต่อไป

วิธีการศึกษา

การออกแบบการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ใช้ไก่ไข่สายพันธุ์ Hisex brown® อายุประมาณ 40 สัปดาห์ จำนวน 200 ตัว เลี้ยงบนกรงตับ ชั่งเดียวในโรงเรือนแบบเปิดระหว่างเดือน กรกฎาคม ถึง กันยายน 2560 ทำการสุ่มไก่ไข่เข้าสู่หน่วยทดลอง (n=20) ภายได้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) แบ่งออกเป็น 2 ทรีทเมนต์ ทรีทเมนต์ละ 5 ซ้ำ รวมทั้งหมด 10 หน่วยทดลอง ประกอบด้วย ทรีทเมนต์ที่ 1 คือ อาหารไก่ไข่ที่ใช้เลซิธินถั่วเหลืองทดแทนน้ำมันปาล์ม (CSL 0:CPO 100) และทรีทเมนต์ที่ 2 คือ อาหารไก่ไข่ที่ใช้เลซิธินถั่วเหลืองทดแทนน้ำมันปาล์ม (CSL 5:CPO 95) (เลซิธิน ถั่ว

เหลือง ประกอบด้วย Acetone insoluble 62 %, Hexane insoluble 0.13,%, Moisture 0.07%, และ Acid value 20.20 mg KOH/mg) โดยการทดลองนี้ให้อาหารไก่ไข่ระยะให้ไข่ที่มีข้าวโพดกากถั่วเหลืองเป็นพื้นฐานมีค่าโปรตีนหยาบประมาณ 18.00 เปอร์เซนต์ และ ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ประมาณ 2,850.00 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (NRC, 1994)

การวัดสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่

ทำการปรับสัตว์โดยเลี้ยงไก่ไข่บนกรงดับ 5 สัปดาห์ก่อนเข้าสู่การทดลองเพื่อวัดสมรรถภาพการผลิตโดยใช้เวลาทั้งหมด 12 สัปดาห์ ทั้งนี้ให้ไก่ไข่ได้รับอาหารตามมาตรฐานสายพันธุ์วันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) และได้รับน้ำสะอาดอย่างเต็มที่ จดบันทึกปริมาณอาหารที่กินได้ จำนวนไข่ และน้ำหนักไข่ทุกวัน แล้วคำนวณหาจำนวนไข่ต่อตัว (Egg number) อัตราการไข่ (Egg production) น้ำหนักไข่ (Egg weight) มวลไข่ (Egg mass) $\{(Egg\ mass = Average\ egg\ weight \times Egg\ production)/100\}$ รวมถึงคำนวณหาปริมาณการกินได้ (Feed intake) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ 1 กิโลกรัม (Feed conversion ratio per 1 kg of egg) (FCR = Feed intake/Egg mass) และ ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักไข่ 1 กิโลกรัม (Feed cost per 1 kg of egg) (FCE = FCR x ต้นทุนค่าอาหาร) ตามวิธีของ มนัสนันท์และคณะ (2561b)

การย่อยได้ของโภชนาการปรากฏอาหารในไก่ไข่

ทำการวัดการย่อยได้ของโภชนาการปรากฏอาหารในไก่ไข่ โดยใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO₂) 0.3 เปอร์เซนต์ผสมในอาหารให้ไก่ไข่ให้กินในช่วง 10 วันสุดท้ายของการทดลอง ทั้งนี้แบ่งการทดลองเป็น 2 ช่วง คือ ช่วง 7 วันแรกเป็นระยะปรับตัว (Adjustment period) และ ช่วง 3 วันสุดท้าย ระยะเก็บตัวอย่าง (Sampling period) โดยสุ่มเก็บอาหารของไก่ไข่ที่ทดลองในถังกั้นความชื้นและสุ่มเก็บมูลของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองผสม TiO₂ ในถังกั้นที่มี H₂SO₄ ความเข้มข้น 3 เปอร์เซนต์ จากนั้นนำตัวอย่างอาหารและมูลเก็บที่ -20 องศาเซลเซียสตามวิธีของ Zampiga et al. (2016) แล้วอบตัวอย่างอาหารและมูลด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสให้แห้งแล้วบดละเอียด จากนั้นนำตัวอย่าง

ไปวิเคราะห์หาค่าวัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ เยื่อใยรวม ไขมันรวม เถ้า และพลังงานรวม ตามวิธีของ AOAC (2000) อีกทั้งยังวิเคราะห์ หาปริมาณ TiO₂ ด้วยวิธีสเปคโตรโฟโตเมตริก ตามวิธีของ Myer et al., (2004) จากนั้นนำค่าคุณค่าทางโภชนาการและปริมาณของ TiO₂ ทั้งของมูลและอาหารมาคำนวณหาค่าการย่อยได้ปรากฏของสิ่งแห้ง (Apparent dry matter digestibility) และค่าการย่อยได้ปรากฏของโภชนาการ (Apparent nutrient digestibility) ตามวิธีการของ Kluth and Rodehutsord (2006)

การวัดคุณภาพทางกายภาพของไข่ไก่

ทำการวัดคุณภาพทางกายภาพของไข่ไก่ใน 7 วันสุดท้ายของการทดลอง โดยสุ่มเก็บตัวอย่างไข่ไก่จำนวน 5 ฟองต่อวันในแต่ละหน่วยทดลองเพื่อวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของไข่ไก่ทันทีหลังจากทำการเก็บไข่ คือ น้ำหนักไข่ น้ำหนักไข่ขาว น้ำหนักไข่แดง และ น้ำหนักเปลือกไข่ ตามวิธีของ Romanoff and Romanoff (1949) นอกจากนี้ทำการวัดความหนาของเปลือกไข่ (Egg shell thickness) ด้วย Micrometer (Mitumotoya, No. 044N, 0.01-5 mm), ความสูงไข่ขาว (Albumin height) และ คำนวณหาค่า Haugh unit อีกทั้งทำการวัดค่าคะแนนสีของไข่แดง (Yolk color) ด้วยพัดสีที่มีค่าคะแนน 10-15 (Hoffman-la Roche Ltd, Basal, Switzerland)) ตามวิธี มนัสนันท์และคณะ (2561b)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลมาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ด้วยวิธี Student's t-test ตามวิธีของ Steel and Torrie (1992) โดยใช้โปรแกรม R version 3.3.1 ตามวิธีของ R Core Team (2016) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารที่ใช้เลซินีนถั่วเหลืองทดแทนน้ำมันปาล์ม (CSL 5:CPO 95) มีประสิทธิภาพการย่อยได้ปรากฏของไขมันรวมและพลังงานรวมสูงกว่าไก่ไข่กลุ่มควบคุมที่ได้รับอาหารที่น้ำมันปาล์ม (CPO 100) ($P < 0.01$) โดยไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการย่อยได้ปรากฏของวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ เยื่อใยหยาบ และโปรตีนหยาบ ($P > 0.05$) ดังแสดงใน

Table 1 นอกจากนี้อาจการทดลองครั้งนี้ พบว่า ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารที่ใช้เลซิตินถั่วเหลืองทดแทนน้ำมันปาล์ม (CSL 5:CPO 95) มีอัตราการผลิตไข่และน้ำหนักไข่สูงกว่าไก่ไข่กลุ่มควบคุม ($P<0.01$) รวมทั้งมีปริมาณการกินได้ มวลไขรวม และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ 1 กิโลกรัมสูงกว่าไก่ไข่กลุ่มควบคุม ($P<0.05$) ดังแสดงใน Table 2 ทั้งนี้การใช้เลซิตินถั่วเหลืองทดแทนน้ำมันปาล์ม (CSL 5:CPO 95) ในสูตรอาหารของไก่ไข่ไม่ส่งผลต่อคุณภาพทางกายภาพไข่ไก่ น้ำหนักเปลือกไข่ น้ำหนักไข่แดง น้ำหนักไข่ขาว ความสูงไข่ขาว Haugh unit คะแนนสีไข่และความหนาแน่นเปลือกไข่ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันกับไก่ไข่กลุ่มควบคุม ($P>0.05$) ดังแสดงใน Table 3 ทั้งนี้เนื่องจากเลซิตินถั่วเหลืองมีองค์ประกอบของสารประกอบกลุ่มฟอสโฟลิปิด เช่น ฟอสฟาติดิลโคลีน หรือ สารกลุ่มไลโซเลซิติน เป็นต้น ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์และทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อในการกระจายตัวและเพิ่มพื้นที่ผิวของไขมันในการสัมผัสกับเอนไซม์ไลเปสร่วมกับการทำงานของน้ำดีที่ผลิตจากตับเพื่อช่วยในการสลายโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์และสนับสนุนการก่อตัว

ของไมเซลล์ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาการสลายไขมัน (Lipolysis) ซึ่งการทดลองครั้งนี้แสดงผลของเลซิตินถั่วเหลืองต่อการพัฒนาประสิทธิภาพการย่อยได้แบบปรากฏของของพลังงานรวมและไขมันรวมสอดคล้องกับผลการทดลองของ Zhou and Kim (2017); Zhou et al. (2015) และผลการทดลองของ Upadhaya et al. (2017) Zhou et al. (2015) ตามลำดับ ซึ่งเมื่อมีการย่อยและดูดซึมปริมาณไขมันและอนุพันธ์ของไขมันชนิดต่างๆ สูงขึ้น ไขมันจะเข้าสู่กระบวนการย่อยสลายกรดไขมัน (Fatty acid catabolism) ภายในไมโทคอนเดรียส่งผลต่อการเพิ่มพลังงาน ATP จากการสลายไขมันในกระบวนการดังกล่าว ดังนั้นเมื่อมีพลังงานเพิ่มขึ้นพลังงานต่างๆ เหล่านี้ ก็ถูกนำมาสะสมและนำไปใช้ในการดำรงชีพการเจริญเติบโตของตัวไก่และการสร้างผลผลิต (Zhai et al., 2008) นำไปสู่การเพิ่มเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ต่อวัน สอดคล้องกับ Artit et al., 2016 และ Mandalawi et al., (2015) พบว่า การเสริมเลซิตินสามารถเพิ่มน้ำหนักไข่ และ ปริมาณผลผลิตไข่ รวมถึงเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ได้ของอาหารไก่ไข่อีกด้วย

Table 1 Effect of dietary substitution CSL for CPO in laying hen diets on apparent nutrient digestibility

Apparent nutrient digestibility (%)	Level of dietary substitution CSL for CPO		Pr>/t/
	0:100	5:95	
Dry matter	81.278±1.117	82.61±1.148	0.6926
Organic matter	84.953±1.132	85.831±1.23	0.353
Crude fiber	44.678±1.758	46.343±1.687	0.229
Ether extract	87.591±0.486	89.932±0.790	0.001**
Crude protein	82.678±1.928	83.677±1.591	0.454
Gross energy	85.508±0.173	86.940±0.559	0.002**

**Mean with symbol with in same row differ significantly ($P<0.01$)

Table 2 Effect of dietary substitution CSL for CPO in laying hen diets on productive performance

Productive performance	Level of dietary substitution CSL for CPO		Pr>/t/
	0:100	5:95	
Hen day production (%)	78.560±0.928	81.377±0.559	0.002**
Egg weight (g)	57.383±0.7721	62.590±2.447	0.006**
Egg mass (egg/hen/day)	45.074±0.249	50.947±2.345	0.014*
Feed intake (egg/hen/day)	116.130±0.5793	118.910±0.688	0.016*
Feed conversion ratio per 1 kg of egg	2.576±0.026	2.339±0.1029	0.016*
Feed cost per 1 kg of egg (THB/1 kg of egg)	42.515±0.735	38.594±1.693	0.116

* Mean with symbol with in same row differ significantly ($P<0.05$), ** Mean with symbol with in same row differ significantly ($P<0.01$)

Table 3 Effect of dietary substitution CSL for CPO in laying hen diets on egg quality

Egg quality	Level of dietary substitution CSL for CPO		Pr>/t/
	0:100	5:95	
Shell weight (g)	7.600±0.114	7.703±0.116	0.253
Albumin weight (g)	35.413±0.701	36.347±1.071	0.195
Yolk weight (g)	15.930±0.409	16.277±1.139	0.588
Yolk color score	11.263±0.082	12.013±0.371	0.272
Haugh unit	91.283±0.673	92.737±2.364	0.725
Shell thickness (mm)	0.293±0.004	0.287±0.009	0.264

สรุป

การใช้เลซีตินถั่วเหลืองทดแทนน้ำมันปาล์ม (CSL 5:CPO 95) ในอาหารไก่ไข่ช่วยเพิ่มการย่อยได้ของโภชนาแบบปรากฏของไขมันรวมและพลังงานรวม รวมถึงสามารถเพิ่มอัตราการผลิตไข่ น้ำหนักไข่สูงกว่าไก่ไข่ ปริมาณการกินได้ มวลไข่รวม และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ 1 กิโลกรัม โดยไม่มีผลกับคุณภาพทางกายภาพของไข่ไก่

เอกสารอ้างอิง

มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี, สิทธิศักดิ์ จันทพงษ์พันธุ์, พรพัชรา นารโท ศรีณย์ หุ่นจันทร์อรอุมา รุ่งจักรวาลชัย อดิญา ปานทอง และ

วรารคณา กิจพิพิธ. 2561a. ผลการเสริมบีเทนในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตโลหิตวิทยา คุณภาพไข่ ระดับคอเลสเตอรอลและกรดไขมันในไข่แดง. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร. 35(3):30-43.

มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี, อดิญา ปานทอง, ธนวุฒิตองประสงค์, จักรกฤษ จันตรา, สิทธิศักดิ์ จันทพงษ์พันธุ์, ศรีณย์ หุ่นจันทร์ และ วรารคณา กิจพิพิธ. 2561b. ผลการเสริมสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนาในอาหารไก่ไข่ต่อการย่อยได้ของโภชนา สมรรถภาพการผลิตโลหิตวิทยาและการผลิตไข่ไก่เพื่อสุขภาพ. เกษตร 46(5):887-900.

- Attia, Y.A., A.E. Abd El-Hamid, M.C. Oliveira, K.I. Kamel, E.M. Qota, M.A. Al-Harhi, and T.A. Sadaka. 2018. Soya lecithin and season affect the productive performance, nutrient digestibility, and blood constituents of growing rabbits. *J. Anim. and Feed Sci.* 27(1): xxx-xxx.
- Borsatti, L.S., L. Vieira, C. Stefanello, L. Kindlein, and E.O. Oviedo-Rondón. 2018. Apparent metabolizable energy of by-products from the soybean oil industry for broilers: acidulated soapstock, glycerin, lecithin, and their mixture. *Poult. Sci.* 97(1): 124-130.
- Henny, A., S.A. Qurni, N.A. Ismail, A.N. Atiqah, S. Nurhazirah, and L.T. Chwen. 2016. Effect of dietary soy lecithin on laying performance, egg quality and meat texture of aged layer hen. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* 39(3):365-372.
- Jansen, M., F. Nuyens, J. Buyse, S. Leleu, and L.V. Campenhout. 2015. Interaction between fat type and lysolecithin supplementation in broiler feeds. *Poult. Sci.* 94(10):2506-2515.
- Kluth, H., and M. Rodehutschord. 2006. Comparison of amino acid digestibility in broiler chicken, turkey, and Pekin ducks. *Poult. Sci.* 85:1953-1960.
- Mandalawi, H.A., R. Lazaro, M. Redon, J. Herrera, D. Menoyo, and G.G. Mateos. 2015. Glycerin and lecithin inclusion in diets for brown egg-laying hens: Effects on egg production and nutrient digestibility. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 209:145-156.
- Marchesini, G., S. Segato, A.L. Stefani, S. Tenti, M. Dorigo, G. Gerardi, D. Bernardini, and I. Andrighetto. 2012. Lecithin: a by-product of biodiesel production and a source of choline for dairy cows. *Italian J. Anim. Sci.* 11(2):203-207.
- Myers, W.D., P.A. Ludden, V. Nayigihugu, and B.W. Hess. 2008. Technical Note: A procedure for the preparation and quantitative analysis of samples for titanium dioxide. *J. Anim. Sci.* 82:179-183.
- Nutrient Requirement Council. 1994. Nutrient Requirement of Poultry. 9th ed. Washington DC.
- R Core Team. 2016. R. A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Austria. URL <http://www.R-project.org/>
- Romanoff, A.L., and A.J. Romanoff. 1949. The avian egg. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Upadhaya, S.D., J.W. Park, J.H. Park, and I.H. Kim. 2017. Efficacy of 1,3-diacylglycerol as a fat emulsifier in low-density diet for broilers. *Poult. Sci.* 96(6):1672-1678.
- Zampiga, M., A. Meluzzi, and F. Sirri. 2016. Effect of dietary supplementation of lysophospholipids on productive performance, nutrient digestibility and carcass quality traits of broiler chickens, *Ital. J. Anim. Sci.* 2016;15(3):521-528.
- Zhai, W.S., L. Neuman, M.A. Latour, and P.Y. Hester. 2008. The effect of male and female supplementation of l-carnitine on reproductive traits of white Leghorns. *Poult. Sci.* 87(6):1171-1181.
- Zhang, B., L. Haitao, D. Zhao, Y. Guo, and A. Barri. 2011. Effect of fat type and lysophosphatidyl-choline addition to broiler diets on performance, apparent digestibility of fatty acids, and apparent metabolizable energy content. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 163(2-4):177-184.
- Zhao, P.Y., and I.H. Kim. 2017. Effect of diets with different energy and lysophospholipids levels on performance, nutrient metabolism, and body composition in broilers. *Poult. Sci.* 96(5):1341-1347.