การใช้เลซิตินถั่วเหลืองในอาหารไก่เนื้อต่อประสิทธิภาพการย่อยได้ โลหิตวิทยา สมรรถนะการผลิต ลักษณะซาก คุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อ

Utilization of Crude Soy Lecithin in Broiler Chicken Diets on Digestible Efficiency, Hematology, Productive Performance, Carcass Characteristics, Quality and Nutritive Value of Meat

มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี[1*], ศักดา ประจักษ์บุญเจษฎา[2], พิมพ์ผกา บุญธรรม[1],
ปนัดดา อินทะสะระ[1], ปรียานุช สุดทอง[1], จักรกฤษ จันตรา[1], วรางคณา กิจพิพิธ[1]
Manatsanun Nopparatmaitree[1*], Sakda Prajukboonjatsada[2], Pimpaka Buntham[1],
Panadda Intasara[1], Preyanuch Sudtong[1], Jukkrit Juntra[1], Warangkana Kitpipit[1]
Received: 19 February 2018; Accepted: 2 July 2018

บทคัดย่อ

เลซิตินถั่วเหลืองเป็นเศษเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง นอกเหนือจากการเป็นแหล่งพลังงาน ยังทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่มีส่วนช่วยในการดูดซึมไขมัน วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้มุ่งศึกษาการใช้ เลซิตินถั่วเหลืองในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการผลิต การย่อยได้ของโภชนะ ค่าทางโลหิตวิทยา ลักษณะซาก คุณภาพและคุณค่าทางโภชนะในเนื้อ โดยใช้ไก่เนื้อพันธุ์ Ross 308® จำนวน 200 ตัว วางแผน การทดลองสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) จำนวน 2 ทรีทเมนต์ (5 ซ้ำต่อทรีทเมนต์) ประกอบด้วยลูกไก่ 20 ตัวต่อหน่วยทดลอง โดยอาหารทดลองประกอบด้วยอาหารที่มีข้าวโพดและกากถั่วเหลืองเป็นพื้นฐาน (อาหารควบคุม) และ อาหารที่ใช้เลซิตินถั่วเหลืองทดแทนน้ำมันปาล์ม (5:95) ผลการทดลอง พบว่าการใช้เลซิตินถั่วเหลืองทดแทนน้ำมันปาล์ม (5:95) ในอาหารช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ การย่อยได้แบบปรากฏของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ พลังงานรวม ไขมันรวม และ พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้แบบปรากฏแตกต่างจากลุ่มควบคุม (P<0.05) นอกจากนี้การใช้เลซิตินถั่วเหลืองทดแทนน้ำมันปาล์ม (5:95) ในอาหารช่วยลด H/L ratio คอเลสเตอรอลรวม LDL และ ไตรกลีเซอไรด์ในเลือดแตกต่างจากกลุ่มควบคุม (P<0.05) แต่ไม่มีผลต่อตัวชี้วัดด้านลักษณะเลือดอื่นๆ (P>0.05) อย่างไรก็ตามการใช้เลซิตินถั่วเหลืองทดแทนน้ำมันปาล์ม (5:95) ในอาหารไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิต ลักษณะซาก คุณภาพเนื้อ และผลตอบแทน ทางเศรษฐกิจ (P>0.05) ทั้งนี้การใช้เลซิตินถั่วเหลืองทดแทนน้ำมันปาล์ม (5:95) ในอาหารมีผลต่อการเพิ่มไขมันรวม คอเลสเตอรอลรวม และกรดไขมันในเนื้อ คือ กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวรวม กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนรวม กรดลิโนเลอิก กรดลิโนเลนิก และกรดอะราชิโดนิกในเนื้อ (P<0.05)

คำสำคัญ: ไก่เนื้อ ซาก เลซิตินถั่วเหลือง การย่อยได้ กรดไขมัน สมรรถภาพการผลิต

Abstract

Soy-lecithin is by product from the processing of soybean oil which, apart from being a source of energy, also serves as an emulsifier and facilitates fat absorption. The purpose of this research was to investigate the effect of crude soy lecithin in broiler chicken diets on productive performance, apparent nutrient digestibility, blood

[1] *คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี ตำบลสามพระยา อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี 76120*
[2] *ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรี ตำบลสามพระยา อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี 76120*
[1] *Faculty of Animal Science and Agricultural Technology, Silpakorn University, Phetchaburi IT Campus, Sampraya, Cha-am, Phetchaburi, 76120. Thailand.*
[2] *Phetchaburi Animal Research and Development Center, Sampraya, Cha-am, Phetchaburi, 76120.*
* *Corresponding author E-mail: Nopparatmaitree_m@su.ac.th or Nopparatmaitree_m@silpakorn.edu,*

parameters, carcass traits, and the quality and nutritive value of the meat. Two hundred (Ross 308®) 1 day old of broiler chicks were randomly divided into 2 treatments (5 replications per treatment) with 20 chicks in each experimental unit. Dietary treatment included the corn-soybean meal base diet (control diet), and dietary substitution of crude soy lecithin for crude palm oil (CSL for CPO (5:95)). The results of this study showed that substitution CSL for CPO (5:95) in the diet increased the digestibility of dry matter, organic matter, ether extract, gross energy and apparent nutrient metabolism compared with the control group (P<0.05). Furthermore, substitution of CSL for CPO (5:95) in the diet decreased to H/L ratio, total cholesterol, LDL and triglyceride in blood compared with the control group (P<0.05) but did not affect the other blood characteristics (P>0.05). However, substitution of CSL for CPO (5:95) in diet did not effect productive performance, carcass characteristics, meat quality, and economic benefit return (P>0.05). In addition, substitution CSL for CPO (5:95) in diets resulted in significant increases in ether extract, total cholesterol and fatty acid in meat, mainly MUFA, PUFA, Linoleic acid, Linolenic acid, and Arachidonic acid in meat (P<0.05).

Keywords: Broiler, Carcass, Crude crude soy lecithin, Digestibility, Fatty acid, Performance

บทนำ

ไขมันนิยมเติมลงในอาหารไก่เนื้อเพื่อเพิ่มระดับพลังงานในอาหาร การเพิ่มกรดไขมัน การเพิ่มวิตามินที่ละลายได้ในไขมันและพัฒนาการดูดซึมโภชนะที่ละลายในไขมัน[1] หากแต่มีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้ประโยชน์ได้ของไขมัน เช่น ความยาวของสายของกรดไขมัน และความอิ่มตัวของกรดไขมัน โดยความสามารถในการย่อยสลายไขมันที่เพิ่มขึ้นอาจทำให้การเติมระดับให้ไขมันในอาหารสัตว์ลดลงแต่ยังมีปริมาณใกล้เคียงกับระดับความต้องการของไก่เนื้อ[2] ซึ่งกลยุทธ์นี้อาจนำไปสู่การลดต้นทุน หากแต่ปัจจุบันการใช้ไขมันในอาหารสัตว์กลับพบปัญหาในการใช้ประโยชน์สำหรับไก่เนื้อช่วงแรก กล่าวคือ ในกระบวนการย่อยไขมันต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของกรดน้ำดีและเอนไซม์ไลเปส ซึ่งเป็นกลไลการทำงานทางสรีรวิทยาที่จำเป็นต่อการย่อยไขมันที่มีประสิทธิภาพซึ่งจะไม่ได้เกิดขึ้นอย่างเหมาะสม ในไก่อายุน้อยและใช้เวลาพัฒนาต่อเนื่องเป็นเวลา หลายสัปดาห์หลังจากการฟักไข่ โดยเอนไซม์ ไลเปสจะหลั่งน้อยมากให้ช่วงหลังฟักและเพิ่มขึ้น 20 เท่า ในช่วง 4-21 วัน ทั้งนี้เนื่องจากไก่เนื้อ ในช่วงแรกยังผลิตกรดน้ำดีและเอนไซม์ไลเปส ยังไม่เพียงพอ[3] ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ในการเสริมสารอิมัลซิไฟเออร์จากภายนอกร่วมกับการผลิตอาหารสัตว์ ซึ่งเลซิติน (lechitin) มีศักยภาพและมีความน่าสนใจ[4] เพื่อแก้ไขปัญหาข้างต้น ทั้งนี้ในปัจจุบัน พบว่า ในกระบวนการกลั่นน้ำมันถั่วเหลือง (refining process) มีเลซิตินถั่วเหลือง (crude soy lecithin: CSL)[5] เป็นเศษเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตประมาณ 1.5 ถึง 3.1 เปอร์เซ็นต์[6] อีกทั้งยังมีองค์ประกอบของสารประกอบกลุ่มฟอสโฟลิปิด (phospholipid) เช่น ฟอสฟาติดิลโคลีน (phosphatidylcholine) ฟอสฟาติดิลเอทาโนลามีน (phosphatidyl-ethanolamine) และฟอสฟาติดิลอิโนซิทอล (phosphatidylinnositol) เป็นต้น[7] โดยฟอสโฟไลปิดมีความจำเป็นต่อเซลล์ทุกชนิดในร่างกาย เนื่องจากเป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ อีกทั้ง พบว่า เลซิตินถั่วเหลืองยังอุดมไปด้วยกรดไขมัน ลิโนเลอิก (C18:2n-6) กรดไขมันลิโนเลนิก (C18:3n-3) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวอื่น[6] นอกจากนี้เลซิตินถั่วเหลืองยังมีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) มีองค์ประกอบของส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophillic) และไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) โดยการเกิดอิมัลชัน (emulsion) การลดแรงตึงผิว (surface tension) ของของเหลว และป้องกันไม่ให้อิมัลชันแยกเป็นชั้น[8] รวมถึงกระบวนการสร้างไมเซลล์ (micells) ซึ่งที่ทำหน้าที่สนับสนุนกรดน้ำดีในการช่วยทำให้ไขมันถูกย่อยและดูดซึมได้ดีขึ้น[9] กอปรกับนโยบายไทยแลนด์ 4.0 ในปัจจุบันมีการส่งเสริมให้ภาคการเกษตร ยุคใหม่มุ่งเน้นการยกระดับและผลิตผลิตภัณฑ์อาหารให้มีมูลค่าสูง เช่น อาหารสร้างเสริมสุขภาพ (functional food) ที่มนุษย์บริโภคเข้าไปแล้วให้ประโยชน์หรือคุณสมบัติอื่นๆ ต่อสุขภาพ นอกเหนือจากคุณค่าทางโภชนาการพื้นฐาน ผู้วิจัยจึงประยุกต์ใช้เลซิตินถั่วเหลืองเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์เป็นอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ (healthy food) ด้วยการเพิ่มสารโภชนเภสัชภัณฑ์ (nutracuetical) ลงในอาหารสัตว์เพื่อให้มีการสะสมในผลิตภัณฑ์สู่การผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสร้างเสริมสุขภาพสำหรับผู้บริโภค[10]

จากการศึกษาก่อนหน้าในต่างประเทศ มีการนำใช้เลซิตินในอาหารไก่เนื้อหลายรูปแบบ เช่น ไลโซเลซิติน (lysolechitin)[25] ไลโซฟอสฟาติดิลโคลีน (lysophosphatidyl choline)[8] ไลโซฟอสฟาลิปิด(lysophosphaipid)[9,1] รวมถึง เลซิติน ถั่วเหลือง[27]นำสู่การทดลองครั้งนี้ซึ่งเป็นการทดลองลำดับต้นๆในประเทศไทยเพื่อแสวงหาแนวทางความเป็นไปได้ของการใช้ประโยชน์ของเลซิตินถั่วเหลืองโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้เลซิตินถั่วเหลืองทดแทนน้ำมันปาล์ม

ในอาหารต่อการย่อยได้ของโภชนะสัณฐานวิทยาลำไส้เล็ก สมรรถนะการผลิต คุณภาพซาก และเนื้อโลหิตวิทยา คอเลสเตอรอล และ การสะสมกรดไขมันโอเมก้าในเนื้อของไก่เนื้อ เพื่อเป็นแนวทางเลือกอย่างง่ายสำหรับการพัฒนา ขีดความสามารถของเกษตรกรสู่การเสริมสร้างความเข้มแข็งและยั่งยืนของการเลี้ยงปศุสัตว์ ในอนาคตสู่ความมั่นคงทางด้านอาหารต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การออกแบบการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการกำกับดูแลการเลี้ยงและใช้สัตว์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรมหาวิทยาลัยศิลปากร โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) โดยการทดลองครั้งนี้ใช้น้ำมันปาล์ม (crude palm oil) เป็นแหล่งไขมันที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร โดยแบ่งออกเป็น 2 ทรีทเมนต์ ทรีทเมนต์ละ 5 ซ้ำ รวมทั้งหมด 10 หน่วยทดลอง คือ ทรีทเมนต์ที่ 1 อาหารไก่เนื้อ ที่ใช้น้ำมันปาล์มในสูตรอาหาร (CSL 0:CPO 100) และ ทรีทเมนต์ที่ 2 อาหารไก่เนื้อที่ใช้เลซิตินถั่วเหลืองทดแทนน้ำมันปาล์ม(CSL 5:CPO 95) (เลซิตินถั่วเหลือง ประกอบด้วย Acetone insoluble 62 %, Hexane insoluble 0.13,%, Moisture 0.07%, และ Acid value 20.20 mg KOH/mg) โดยใช้ไก่เนื้อสายพันธุ์การค้า Ross 308® อายุ 1 วัน จำนวน 200 ตัว (เพศผู้ 100 ตัว และ เพศเมีย 100 ตัว) สุ่มเข้าสู่การทดลองจำนวน 20 ตัวต่อหน่วยทดลอง ทำการจัดการเลี้ยงไก่เนื้อ ในคอกขนาด 2.0 x 3.0 เมตร ภายในโรงเรือนแบบเปิดที่มีการจัดการแสงและอุณหภูมิตามสภาพแวดล้อมในระหว่างช่วงเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม 2559 โดยไก่เนื้อได้รับน้ำสะอาดและอาหารกินแบบเต็มที่ตลอดเวลา (*ad libitum*) โดยใช้ระยะเวลาเลี้ยงไก่เนื้อทั้งหมด 42 วัน และใช้อาหารไก่เนื้อ 3 ระยะ คือ ระยะแรก (1-21 วัน) มีโปรตีนหยาบ 23 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ 3,200 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ระยะสอง (22-35 วัน) มีโปรตีนหยาบ 20 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ 3,200 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม และระยะท้าย (35-42 วัน) มีโปรตีนหยาบ 18 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ 3,200 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัมตาม NRC (1994)[11]

2. การย่อยได้รวมของโภชนะในอาหารไก่เนื้อ

วัดการย่อยได้ของโภชนะแบบปรากฏ (apparent nutrient digestibility) ในไก่เนื้อช่วงอายุ 14–21 วัน โดยทำการผสมไทเทเนียม ไดออกไซด์ (TiO_2) 0.3 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารทดลอง โดยทำการปรับสัตว์ (adjustment period) ในช่วงไก่เนื้ออายุ 14–18 วัน และเก็บตัวอย่าง (sampling period) ในช่วงไก่เนื้ออายุ 19–21 วัน สุ่มเก็บอาหารของไก่เนื้อทดลองในถุงกันความชื้นและสุ่มเก็บมูลของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารทดลองผสม TiO_2 ในถุงที่มี H_2SO_4 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นเก็บตัวอย่างอาหารและมูลที่ – 20 องศาเซลเซียส ตามวิธีของ Zampiga et al. (2016)[1] จากนั้นเตรียมตัวอย่างตัวอย่างอาหารและมูลด้วยการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสและบดละเอียด แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่าวัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ เยื่อใยรวม ไขมันรวม เถ้า และพลังงาน ตามวิธีของ AOAC (1990)[12] อีกทั้งยังวิเคราะห์หาปริมาณ TiO_2 ด้วยวิธีสเปคโตโฟโตเมตริค ตามวิธีของ Myer et al., (2004)[13] โดยใช้ตัวอย่าง 1 กรัมทั้งอาหารและมูลใส่ลง ในหลอดแก้วร่วมกับกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) 96 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 13 มิลลิลิตร โปรตัสเซี่ยมซัลเฟต (K_2SO_4) ปริมาณ 3.5 กรัม และคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) ปริมาณ 0.4 กรัม จากนั้น ทำการย่อยโดยใช้ macro-Kjeldahl apparatus ที่อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ทำการเติมน้ำกลั่นแล้วทำการกรองของเหลวเพื่อขจัดตะกอนแล้วอ่านข้อมูลการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ 410 นาโนเมตรด้วยเครื่อง สเปคโตโฟโตมิเตอร์ UV/Vis (Jusco model 7800) ส่วนกราฟมาตรฐานเตรียมขึ้นจากข้อมูลการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ประกอบด้วย TiO_2 0, 2, 4, 6, 8, และ 10 มิลลิกรัม จากนั้น นำค่าคุณค่าทางโภชนะและปริมาณของ TiO_2 ทั้งของมูลและอาหารมาคำนวณหาค่าการย่อยได้ของโภชนะแบบปรากฏ หาจาก 100x {(% TiO_2 ในอาหาร/% TiO_2 ในมูล) x (% โภชนะในมูล/% โภชนะในอาหาร)} ตามวิธีของ Kluth and Rodehutscord (2006)[14] และคำนวณหาพลังงาน ที่ใช้ประโยชน์ได้แบบปรากฏ (apparent metabolizable energy: AME) จากสูตร AME = GE ในอาหาร- (GE ในมูล x (% Cr_2O_3 ในอาหาร/% Cr_2O_3 ในมูล) ตามวิธีของ Jansen et al. (2016)[15]

3. โลหิตวิทยาของไก่เนื้อและองค์ประกอบของกรดไขมันในเลือด

วันสุดท้ายการทดลองทำการอดอาหารไก่เนื้อประมาณ 12 ชั่วโมง แล้วสุ่มไก่หน่วยทดลองละ 4 ตัว เพื่อเก็บตัวอย่างเลือด โดยเจาะเลือดไก่บริเวณปีก (wing vein) ตัวละ 2 มิลลิลิตร เพื่อนำมาวัดความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดง อัดแน่น (hematocrit, Hct) ค่าเม็ดเลือดแดง (red blood cell; RBC) ค่าเม็ดเลือดขาว (white blood cell; WBC) เม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิล (heterophil, H) และลิมโฟซัยท์ (lymphocyte, L) เพื่อนำไปหาสัดส่วน H/L Ratio นำซีรั่มไปวิเคราะห์ค่าคอเลสเตอรอล (cholesterol) และ ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) โดยใช้เครื่องตรวจเลือดอัตโนมัติ (Advia 120, Bayer, Tarrytown, NY) ด้วยวิธี enzymatic colorimetric medthod (CHOD-PAP method) ตามวิธี Zhou and Kim (2017)[16]

4. สมรรถนะการผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการผลิตไก่เนื้อ

ทำการเลี้ยงไก่เนื้อเพื่อวัดสมรรถนะ การผลิต โดยใช้ระยะเวลาทั้งหมด 42 วัน โดยการทดลองนี้ทำการให้อาหารและน้ำสะอาดอย่างเต็มที่ จากนั้นทำการจดบันทึกปริมาณอาหาร ที่กินได้ น้ำหนักของไก่เนื้อ และจำนวนสัตว์ตายตลอดช่วงการทดลองเพื่อคำนวณหาสมรรถนะการผลิต คือ ปริมาณการกินได้เฉลี่ยต่อวัน (average daily feed intake: ADFI) น้ำหนักตัว ที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (average body weight gain: BWG) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain: ADG) และประสิทธิภาพการใช้อาหาร (feed conversion ratio: FCR (feed:gain)) หาจาก [ADFI/ADG] ตามวิธีของ Allahyari-Bake and Jahanian (2017)[3] รวมถึงคำนวณหาอัตราการเลี้ยงรอด (viability) รวมถึงดัชนีประสิทธิภาพการผลิต (productive index: PI)) หาจาก [(อัตราการเลี้ยงรอด x น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น x 100)/(FCR x จำนวนวันที่เลี้ยง)] ตามวิธีของ Khaksefidi and Rahimi (2005) นอกจากนี้ทำการคำนวณหาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (economic benefit return) คือ ต้นทุนค่าอาหารต่อตัว (feed cost per gain) มูลค่าจากการขายต่อตัว (salable bird return กำไรสุทธิต่อตัว (net profits return per bird) และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อการลงทุน (return of investment) ตามวิธีของมนัสนันท์ และคณะ (2558)[17]

5. เปอร์เซ็นต์ซาก คุณภาพเนื้อ และคุณค่าโภชนะของเนื้อไก่

เมื่อไก่เนื้อทดลองอายุ 42 วัน ทำการอดอาหารอย่างน้อย 6 ชั่วโมง แล้วสุ่ม ไก่เนื้อ 2 ตัวต่อหน่วยทดลอง (เพศผู้ และ เพศเมีย) เพื่อฆ่าชำแหละและตัดแต่งชิ้นส่วน จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักซากและน้ำหนักชิ้นส่วน แล้วคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ซาก (carcass percentage) และค่าเปอร์เซ็นต์ซากเย็น (chill carcass percentage) รวมทั้งคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตัดแต่ง (cutting percentage) ตามวิธีของสัญชัย (2553)[18] จากนั้นนำตัวอย่างเนื้ออกไปวัดค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) ประกอบด้วย dip loss, boiling loss, trawling loss และ roasting loss ตามวิธีของสัญชัย (2543) [18] อีกทั้งทำการวัดค่าความ เป็นกรด-ด่างของเนื้อหน้าอกในที่ 45 นาที (pH 45 min.) และที่ 24 ชั่วโมง (pH 24h) โดยใช้ pH meter รุ่น pH 211, Hanna, Padua, Italy ตามวิธีของ Liu et al., 2012[19] รวมทั้งทำการวัดค่าสีของเนื้อไก่หลังเก็บรักษาเนื้ออกไก่ที่ 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง คือ ค่าความสว่าง (lightness: L*), ค่าสีแดง (redness: a*) และค่าสีเหลือง (yellowness: b*) ตามวิธีของ สัญชัย (2543) [18] และ Zampica *et al.* (2017)[1] นอกจากนี้ยังนำตัวอย่างเนื้ออกที่ได้มาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสและบดละเอียด จากนั้นนำตัวอย่างเนื้อไก่มาวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการหาค่า วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนหยาบ และไขมันรวมตามวิธีของ AOAC (1990)[12] และวิเคราะห์หาปริมาณคอเลสเตอรอลด้วยวิธี C45,994.10 ตามวิธีของ AOAC (1990)[12] และองค์ประกอบของกรดไขมัน (individual fatty acid content) ด้วย GLC ตามวิธีของ Lepage and Roy (1986)[20] และคำนวณหาค่าดัชนีการเกิดภาวะไขมันสะสมในเส้นเลือด (atherogenic index: AI) จากสมการ AI = ((C12:0) + (4xC14:0) + (C16:0))/ (MUFA+ PUFA), Δ-9 desaturase (16) index จากสมการ Δ-9 desaturase (16) index = C16:1n7/ (C16:0+ C16:1n7)*100, และ Δ-9 desaturase (18) index จากสมการ Δ-9 desaturase (18) index = C18:1c9/ (C18:0+ C18:1c9)*100 ตามวิธีของ He et al., (2015)[21] นอกจากนี้คำนวณหา Iodine value จากสูตร {Iodine value = (% C16:1 × 0.950) + (% C18:1 × 0.860) + (% C18:2 × 1.732) + (% C18:3 × 2.616) + (% C20:1 × 0.785) + (% C22:1 × 0.731) และคำนวณหาสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวต่อกรดไขมันไม่อิ่มตัว จากสูตร{SFA to USFA = (C16:0 + C18:0 + C20:0 + C21:0 + C22:0 + C24:0)/(C16:1 + C16:2 + C16:3 + C18:1 + C18:2 + C18:3 + C20:1 + C20:3 + C20:4 + C20:5 + C22:4 + C22:6)} ตามวิธีของ Zhai *et al.* (2008)[39]

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบ ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีทเมนท์ ที่อิสระต่อกันด้วยวิธี Student's t-test ตามวิธีของ Steel and Torrie (1992) โดยใช้โปรแกรม R version 3.3.1 ตามวิธีของ R Core Team (2016) กำหนดค่านัยสำคัญที่ใช้ในการทดสอบที่ $P<0.05$

ผลการทดลอง

1. ผลการใช้ CSL ในอาหารไก่เนื้อต่อการย่อยได้ปรากฏของโภชนะของไก่เนื้อ

การใช้เลซิตินถั่วเหลืองทดแทนน้ำมันปาล์ม (CSL 5 ต่อ CPO 95) ในอาหารไก่เนื้อ พบว่า ไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่ใช้ CSL 5 ต่อ CPO 95 มีการย่อยได้แบบปรากฏของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ พลังงานรวม ไขมันรวม และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้แบบปรากฏสูงกว่าไก่เนื้อกลุ่มควบคุม ($P<0.05$) ดังแสดงใน Table 1 โดยที่ การใช้ CSL 5 ต่อ CPO 95 ในอาหารไก่เนื้อ ไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการย่อยได้แบบปรากฏของเยื่อใยหยาบ และโปรตีนหยาบระหว่างไก่เนื้อ ทุกกลุ่มการทดลอง ($P>0.05$)

2. ผลการใช้ CSL ในอาหารไก่เนื้อต่อโลหิตวิทยา

ไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่ใช้ CSL 5 ต่อ CPO 95 มีอัตราส่วนเม็ดเลือดขาวชนิด Heterophil ต่อ Lymphocyte (H/L ratio) ระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ระดับคอเลสเตอรอลรวมและ LDL ในเลือดต่ำกว่าไก่เนื้อกลุ่มควบคุม (*P*<0.05) ดังแสดงใน Table 2 อีกทั้งการใช้ CSL 5 ต่อ CPO 95 ในอาหารไก่เนื้อไม่ส่งผลต่อจำนวนเม็ดเลือดแดง จำนวนเม็ดเลือดขาว และจำนวน เม็ดเลือดแดงอัดแน่น ระหว่างไก่เนื้อทุกกลุ่ม การทดลอง (*P*>0.05)

3. ผลการใช้ CSL ในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถนะการผลิตและผลตอบแทน ทางเศรษฐกิจ

การทดลองครั้งนี้ พบว่า ไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่ใช้ CSL 5 ต่อ CPO 95 มีสมรรถนะ การผลิตคือ ปริมาณการกินได้เฉลี่ยต่อ อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ประสิทธิภาพการใช้อัตราการเลี้ยงรอด และดัชนีประสิทธิภาพการผลิตในทุกช่วงอายุ คือ 0 ถึง 21วัน 22 ถึง 35 วัน 35 ถึง42วัน และ 0ถึง42วัน ใกล้เคียงกันระหว่างไก่เนื้อทุกกลุ่มการทดลอง (*P*>0.05) ดังแสดงใน Table 3 นอกจากนี้การใช้ CSL 5 ต่อ CPO 95 ในอาหารไก่เนื้อไม่ส่งผลต่อผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ คือ ต้นทุนค่าอาหารต่อตัว มูลค่าจากการขายต่อกำไรสุทธิต่อตัว และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อการลงทุนระหว่างไก่เนื้อทุกกลุ่มการทดลอง (*P*>0.05)

4. ผลการใช้ CSL ในอาหารไก่เนื้อต่อคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณค่า ทางโภชนาการของเนื้อ

การใช้เลซิตินถั่วเหลืองทดแทนน้ำมันปาล์ม (CSL 5 ต่อ CPO 95) ในอาหารไก่เนื้อไม่มีผลต่อคุณภาพซาก ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ซากและเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตัดแต่ง รวมถึงคุณภาพเนื้อทั้งค่า pH1 และ pH24 ค่าคะนนสีของเนื้อ และค่าการสูญเสียน้ำเมื่อเปรียบเทียบกับไก่เนื้อกลุ่มควบคุม (*P*>0.05) ดังแสดงใน Table 4 ส่วน ไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่ใช้ CSL 5 ต่อ CPO 95 มีปริมาณไขมันรวมในเนื้อสูงกว่าไก่เนื้อกลุ่มควบคุม (*P*<0.05) ส่วนโภชนะอื่นในเนื้อไก่มีค่าใกล้เคียงกันทุกกลุ่มการทดลอง (*P*>0.05) นอกจกนี้ยัง พบว่า ไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่ใช้ CSL 5 ต่อ CPO 95 มีปริมาณคอเลสเตอรอลรวม กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวรวม กรดไขมัน ไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนรวมในเนื้อไก่สูงกว่าไก่เนื้อ กลุ่มควบคุม (*P*<0.05) ดังแสดงใน Table 4 เมื่อพิจารณาองค์ประกอบกรดไขมัน พบว่า ไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่ใช้ CSL 5 ต่อ CPO 95 มีปริมาณกรดปาล์มโตเลอิก กรดแวคเคนิก กรดโอเลอิก กรดลิโนเลอิกกรดลิโนเลนิก และกรดอะราชิโดนิกสูงกว่าไก่เนื้อกลุ่มควบคุม (*P*<0.05) โดยไม่มีผลต่อปริมาณของกรดไขมัน โอเมก้า 3 6 และ 9 (*P*>0.05) ทั้งนี้ พบว่า ไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่ใช้ CSL 5ต่อ CPO 95 มีค่าไอโอดีนสูงกว่าไก่เนื้อกลุ่มควบคุม (*P*<0.05) นอกจากยังนี้ พบว่า การใช้เลซิตินถั่วเหลืองทดแทนน้ำมันปาล์ม (CSL 5 ต่อ CPO 95) ในอาหารไก่เนื้อมีผลต่อการลดสัดส่วนของ กรดไขมันโอเมก้า 3 ต่อกรดไขมันโอเมก้า 6 และสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวต่อกรดไขมัน ไม่อิ่มตัวในเนื้อไก่ รวมทั้งลดค่าดัชนีการเกิดภาวะไขมันสะสมในเส้นเลือดของเนื้อไก่อีกด้วย (*P*<0.05) ทั้งนี้ผลการทดลองครั้งนี้ยังแสดง ให้เห็นถึงผลการใช้เลซิตินถั่วเหลืองทดแทนน้ำมันปาล์ม (CSL 5 ต่อ CPO 95) ในอาหาร ไก่เนื้อต่อการเพิ่มค่าดัชนี Δ-9 desaturase (16) และค่าดัชนี Δ-9 desaturase (18) ของเนื้อไก่ สูงกว่าเนื้อไก่ของไก่เนื้อกลุ่มควบคุม (*P*<0.05) ซึ่งค่าค่าดัชนีการเกิดภาวะไขมันสะสมใน เส้นเลือดที่ลดลง และค่าดัชนี Δ-9 desaturase (16) และ ค่าดัชนี Δ-9 desaturase (18) ที่เพิ่มขึ้นล้วนแสดงให้เห็นถึงความปลอดภัย ต่อผู้บริโภคในการเลือกรับประทานเนื้อไก่ที่มาจากไก่เนื้อได้รับอาหารผสมเลซิตินถั่วเหลืองทดแทนน้ำมันปาล์ม (CSL 5 ต่อ CPO 95)

Table 1 Effect of crude soy lecithin in broiler chicken diets on apparent nutrient digestibility and metabolism

Apparent nutrient digestibility and metabolism	Level of dietary substitution CSL for CPO		*Pr*>T
	0:100	5:95	
Apparent nutrient digestibility			
- Dry matter (%)	78.38±2.69	84.35±2.61	0.026
- Organic matter (%)	79.69±2.27	85.13±2.49	0.029
- Crude fiber (%)	51.63 ± 6.82	49.95 ± 4.36	0.737
- Ether extract (%)	88.55 ± 0.40	91.38 ± 0.39	0.021
- Crude protein (%)	80.71±2.95	81.41±1.43	0.729
- Gross energy (%)	84.40±1.80	88.14±1.68	0.018
Apparent metabolizable energy	3,634.80±50.73	3,640.10±29.17	0.049

วิจารณ์

การที่เลซิตินถั่วเหลืองมีองค์ประกอบของสารประกอบกลุ่มฟอสโฟลิปิด เช่น ฟอสฟาติดิลโคลีน หรือ สารกลุ่มไลโซเลซิติน[7] ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์และทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อในการกระจายตัวและเพิ่มพื้นที่ผิวของไขมันในการสัมผัสกับเอนไซม์ไลเปสร่วมกับการทำงานของน้ำดีซึ่งผลิตจากตับ[16] เพื่อช่วยในการสลายโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์และสนับสนุนการก่อตัวของไมเซลล์ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาการสลายไขมัน (Lipolysis)[5] ซึ่งการทดลองครั้งนี้แสดงผลของ เลซิตินถั่วเหลืองต่อการพัฒนาประสิทธิภาพการย่อยได้แบบปรากฏของวัตถุแห้งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Upadhaya et al. (2017)[24,]; Zhou and Kim (2017)[17]; Zhou et al. (2015)[17] Jansen et al. (2015)[5] และการเพิ่มการย่อยได้แบบปรากฏของอินทรียวัตถุ การเพิ่มการย่อยได้แบบปรากฏของพลังงานรวม สอดคล้องกับ ผลการทดลองของ Zhou and Kim (2017)[16]; Zhou et al. (2015)[17] การเพิ่มการย่อยได้แบบปรากฏของไขมันรวม สอดคล้องกับผลการทดลองของ Upadhaya et al. (2017) [24]; Zhou and Kim (2017) [17]; Zhou et al. (2015) [17] และการเพิ่มการย่อยได้แบบปรากฏของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้แบบปรากฏของไก่เนื้อ สอดคล้องกับผลการทดลองของ Zhang et al. (2011)[8] นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่รายงานถึงผลของ ไลโซเลซิตินต่อการเพิ่มความสูงของวิลลัสของลำไส้ส่วนเจจูนัม[4,25,26] และ การแบ่งเซลล์ของ เยื่อบุผิวลำไส้เล็กส่วนดูโอดีนัม[25] ซึ่งการเพิ่มขึ้นของเยื่อบุผิวลำไส้เล็กมีผลต่อการเพิ่มการดูดซึมโภชนะของไก่เนื้อเพื่อนำสู่การใช้ประโยชน์ต่อไป

แม้ว่าการทดลองครั้งนี้จะแสดงผลค่อนข้างเด่นชัดของการใช้เลซิตินถั่วเหลืองต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยได้ของโภชนะ หากแต่การทดลองครั้งนี้ กลับพบว่า การใช้เลซิตินถั่วเหลืองไม่มีผลต่อสมรรถนะการผลิตของไก่เนื้อ สอดคล้องกับผลการทดลองของ Khonyoung et al., (2011)[25] นอกจากนี้ Zimpaka et al., (2017)[1] พบว่า การเสริมไลโซเลซิตินในอาหารไก่เนื้อไม่มีผลต่อน้ำหนักตัว ปริมาณการกินได้ อัตราการเจริญเติบโต และ อัตราการตายของไก่เนื้อ Huang et al., (2017)[27] ที่แสดงให้เห็นว่าการใช้เลซิตินถั่วเหลือง 0 ถึง 1 เปอร์เซ็นต์ไม่มีผลต่อน้ำหนักตัวไก่เนื้อ หากแต่เมื่อใช้เลซิตินถั่วเหลือง 2 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลต่อน้ำหนักตัวไก่เนื้อที่ลดลง ทั้งนี้ยัง พบว่า มีหลายงานทดลองที่ใช้ไลโซเลซินคินและฟอสฟาติดิลโคลีนต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว[2,8,17,26] อัตราการเจริญเติบโต[3,26] ปริมาณการกินได้ต่อวัน[3,26] และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของ ไก่เนื้อ [2,3,8,16,26] ซึ่งสาเหตุที่ผลการทดลองครั้งนี้ให้ผลแตกต่างจากหลายงานวิจัย อาจเป็นผลจากงานทดลองที่กล่าวถึงมักใช้ ฟอสโฟลิพิดเลซิตินและ ฟอสโฟลิพิดชนิดอื่นๆบริสุทธิ์

Table 2 Effect of crude soy lecithin in broiler chicken diets on hematology

Hematology	Level of dietary substitution CSL for CPO		*Pr*>T
	0:100	5:95	
Hematological characteristics			
- Hematocrit (%)	36.00±3.36	34.67±2.31	0.618
- Hemoglobin (g/dL)	12.97±1.42	12.87±0.20	0.915
- Red blood Cell (x 10^6 /uL)	2.35±0.24	2.31±0.21	0.837
- White blood Cell (1uL)	16,033.00±6,013.60	14,166.00±1,761.60	0.135
- Heterophil (%)	21.33±17.04	15.00±1.00	0.586
- Lymphocyte (%)	74.00±16.37	78.33±5.86	0.688
- H/L Ratio	0.34±0.13	0.19±0.02	0.029
Serum biochemical profile			
- Cholesterol (mg/dl)	177.67±9.87	139.67±20.60	0.045
- HDL (mg/dL)	74.33±19.73	72.33±10.60	0.719
- LDL (mg/dL)	91.67±10.07	59.33±12.10	0.024
- Triglyceride (mg/dl)	64.00±5.57	51.67±4.93	0.045

Table 3 Effect of crude soy lecithin in broiler chicken diets on productive performance

Productive performance and economic benefit return	Level of dietary substitution CSL for CPO		*Pr*>T
	0:100	5:95	
Productive performance			
---------- 0-21 day ----------			
- ADG (kg/bird/day)	0.04±0.00	0.04±0.00	0.133
- ADFI (kg/bird/day)	0.06±0.00	0.06±0.00	0.558
- FCR	1.53±0.05	1.58±0.06	0.327
- Viability (%)	100.00±0.00	100.00±0.00	-
- Productive index	231.94±10.27	214.92±7.13	0.078
---------- 22-35 day ----------			
- ADG (kg/bird/day)	0.09±0.00	0.08±0.00	0.052
- ADFI (kg/bird/day)	0.15±0.00	0.16±0.01	0.112
- FCR	1.86±0.05	2.01±0.09	0.012
- Viability (%)	100.00±0.00	96.67±2.89	0.184
- Productive index	481.14±31.73	384.09±29.17	0.114
---------- 35-42 day ----------			
- ADG (kg/bird/day)	0.07±0.01	0.07±0.00	0.410
- ADFI (kg/bird/day)	0.19±0.01	0.18±0.01	0.417
- FCR	2.74±0.36	2.58±0.09	0.884
- Viability (%)	98.68±12.58	100.00±0.00	0.974
- Productive index	261.651±94.94	261.192±22.97	0.639
---------- 0-42 day ----------			
- ADG (kg/bird/day)	0.06±0.00	0.06±0.00	0.169
- ADFI (kg/bird/day)	0.11±0.00	0.11±0.00	0.298
- FCR	1.83±0.08	1.84±0.04	0.159
- Viability (%)	98.68±11.98	96.67±0.00	0.742
- Productive index	323.54±58.09	315.23±25.24	0.293
Economic benefit return			
- FCG (Baht/bird)	76.09±0.28	76.50±2.25	0.206
- SBR (Baht/bird)	95.96±4.38	95.96±0.89	0.121
- NPR (Baht/bird)	19.66±4.64	19.25±1.41	0.256
- ROI (%)	25.84±5.82	25.16±2.32	0.153

ส่วนการทดลองครั้งนี้เป็นการวิจัยที่มุ่งศึกษาการใช้ประโยชน์จากศษเลซิตินถั่วเหลืองเหลือทิ้ง ที่ผลิตเป็นผลพลอยได้ของการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองที่ยังไม่มีการทำให้บริสุทธิ์ ซึ่งเลซิตินถั่วเหลือง พบส่วนประกอบที่เรียกว่า กัม (gum) โดยน้ำมันถั่วเหลืองดิบจะมีกัมอยู่ 2 เปอร์เซ็นต์โดยหากมีการทำให้เศษเลซิตินถั่วเหลืองเหลือทิ้งมีความบริสุทธิ์แล้วจะเหลือเลซิติน 0.02 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มต้นทุน 10 เท่า ดังนั้นผู้ผลิตจึงนิยมผลิตโดยไม่ทำบริสุทธิ์ จึงทำให้มีฟอสโฟลิพิดเลซิตินและฟอสโฟลิพิดชนิดอื่นๆ รวมกัน 25-44 เปอร์เซ็นต์ รวมถึงน้ำมันอื่นที่ไม่ใช่ฟอสโฟลิพิด 10-45 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่ไม่ใช่น้ำมันอีก 15-30 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้การทดลองนี้ ยังพบว่า การใช้เลซิตินถั่วเหลืองไม่มีผลต่อคุณภาพซาก สอดคล้องกับหลายงานวิจัย Zimpaka *et al*., (2017)[1] Neto *et al*., (2011)[28]; Aguilar *et al*., (2013)[29] และไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตัดแต่ง[16,35] รวมถึงไม่มีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำ[16,24] ค่า pH ของเนื้อไก่[1,16] หากแต่ยังมีหลายงานวิจัยที่แสดงผลต่อ การเพิ่มความสว่างในเนื้อไก่[24] ผลต่อการเพิ่มขนาดชิ้นส่วนเนื้ออกและน่อง[26]

Table 4 Effect of crude soy lecithin in broiler chicken diets on carcass and cutting percentage

Carcass and cutting percentage (%)	Level of dietary substitution CSL for CPO		*Pr*>T
	0:100	5:95	
Thai carcass percentage	83.05±0.69	81.29±4.43	0.564
Carcass percentage	74.66±0.89	72.32±4.66	0.478
Chill carcass percentage	74.51±0.89	72.18±4.65	0.441
Boneless breast	31.00±0.37	28.38±1.97	0.083
Pectoralis major	26.03±0.40	23.37±1.66	0.054
Pectoralis minor	5.48±0.18	4.97±0.31	0.069
Wing stick	7.61±0.64	7.32±0.62	0.602
Tulip	4.67±0.32	4.82±0.10	0.486
Thigh	16.84±0.97	17.70±2.06	0.550
Drumstick	11.97±0.39	12.67±0.04	0.087
Skeletal bone	17.53±1.30	17.50±1.43	0.982

นอกจากนี้ผลการทดลองครั้งนี้ ยังแสดงผลของการใช้เลซิตินถั่วเหลืองต่อ การเพิ่มการลดสัดส่วนของเม็ดเลือดขาวชนิด เฮทโทโรฟิวล์ต่อลิมโฟไซต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ไก่เนื้อที่ได้รับเลซิตินถั่วเหลืองในอาหารมี ภาวะความเครียดน้อยกว่าไก่เนื้อกลุ่มควบคุม ซึ่งขัดแย้งกับผลการลดลงที่แสดงให้เห็นว่าไก่เนื้อที่ได้รับเลซิตินถั่วเหลืองในอาหารผลการย่อยได้ของโภชนะเพิ่มขึ้น ซึ่งน่าจะส่งผลต่อการเพิ่มกระบวนการเมทาบอลิซึมและเกิดความร้อนสะสมภายในร่างกายของไก่เนื้อและหากมีความร้อนสะสมมากขึ้นร่วมกับสภาพอากาศมีความร้อนและความชื้นสัมพัทธ์สูงก็อาจนำไปสู่สภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนของไก่เนื้อ[30] ทั้งนี้ โดยสภาวะปกติภาวะความเครียดเนื่องจาก ความร้อนเป็นสิ่งเร้าและร่างกายจะตอบสนองผ่านการทำงานของ Hypothlamic pituitary adenal axis (HPA- axis) ในการทำงานผ่านระบบประสาทและต่อมไร้ท่อโดยส่งสัญญาณไปยังไฮโปรทาลามัสที่มีการสร้างและหลั่ง คอร์ติโคโทรฟินรีลิสซิ่งฮอร์โมนที่มีผลต่อการกระตุ้นต่อมใต้สมองผลิตฮอร์โมนอะดีโนคอร์ติโคโทรฟินไปมีผลต่อต่อมหมวกไตให้มีการผลิตฮอร์โมนคอร์ติซอล ซึ่งความเครียดที่เกิดขึ้นส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นและทำให้ได้ผลผลิตเป็นอนุมูลอิสระและอนุมูลจะเข้าทำลายผนังของเซลล์ เนื่องจากผนังเซลล์ จะประกอบด้วยไขมัน ส่งผลทำให้มีปริมาณของอนุมูลอิสระมากขึ้นทำให้เกิดสภาวะไม่สมดุลและทำให้เกิดสภาวะ Oxidative Stress ซึ่งสภาวะนี้อนุมูลอิสระที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่สร้างผลเสียต่อร่างกาย คือ สาเหตุที่ทำความเข้มข้นของน้ำในเซลล์เพิ่มสูงขึ้น การลดลงของโซเดียมและโพแทสเซียมไอออน การเกิดแรงดันออสโมติค และส่งผลให้เซลล์สูญเสียน้ำ[31] ดังนั้นไก่เนื้อจำเป็นต้องใช้พลังงานจำนวนมากมารักษาสมดุลของน้ำในเซลล์และอุณหภูมิของร่างกาย จากผลการทดลองครั้งนี้สามารถอธิบายได้ว่าไก่เนื้อ ที่ได้รับเลซิตินถั่วเหลืองนั้นจะได้รับสารสำคัญ คือ ฟอสฟาทิดิลโคลีน ฟอสฟา

ทิดิลเอทาโนลามีน ฟอสฟาทิดิลอิโนซิทอล และกรดฟอสฟาทิดิก เลซิตินประกอบด้วยให้วิตามินบี 2 ชนิดคือ อิโนซิทอล และโคลีน[32]เช่น Acetylcholine ที่มีความจำเป็นสำหรับการสังเคราะห์โปรตีนและฮอร์โมนจากต่อมหมวกไต อีกทั้งยังเป็นสารที่ให้กลุ่มเมธิล (Methyl donor) เช่นเดียวกันกับ บีเทนและกรดอะมิโนเมทไธโอนีน เป็นต้น[33] ทำให้ช่วยลดระดับโฮโมซีสทีนในพลาสมาและช่วยการทำงานของตับที่เกี่ยวข้องกับไขมันให้ดีขึ้นอีกทั้งยังช่วยรักษาความสมดุลภายในเซลล์ (Osmo-protectant) ดังนั้นไก่เนื้อที่ได้รับเลซิตินถั่วเหลืองในอาหารจึงเกิดความเครียดเนื่อง จากความร้อนจึงน้อยกว่าไก่เนื้อกลุ่มควบคุม

Table 5 Effect of crude soy lecithin in broiler chicken diets on meat quality and nutrient composition in meat

Meat quality and nutrient composition in meat	**Level of dietary substitution CSL for CPO**		***Pr*>T**
	0:100	**5:95**	
pH1	5.87±0.12	5.97±0.24	0.116
pH24	5.60±0.26	5.63±0.06	0.210
Color at 45 min after slaughter			
- L* (Lightness)	52.86±6.83	56.60±1.749	0.409
- a* (Redness)	0.66±0.44	0.88±0.48	0.579
- b* (Yellowness)	10.33±1.02	11.23±1.92	0.512
Color at 24 hour after chill storage at 4 ºC			
- L* (Lightness)	45.11±2.61	48.97±4.28	0.254
- a* (Redness)	1.10±0.40	0.60±0.38	0.191
- b* (Yellowness)	10.51±1.33	10.95±0.89	0.659
Water holding capacity (%)			
- Cooking loss	22.03±2.99	21.97±4.07	0.983
- Trawling loss	19.44±1.78	18.34±2.23	0.201
- Roasting loss	23.54±2.98	20.34±3.70	0.308
- Drip loss	6.43±1.51	5.17±0.76	0.265
Nutrient composition			
- Dry matter (%)	29.050±0.700	30.075±2.075	0.488
- Organic matter (%)	98.780±0.140	98.627±0.035	0.189
- Crude protein (%)	22.185±0.435	21.690±0.310	0.191
- Ether extract (%)	4.275±0.065	4.390±0.150	0.002
- Total carbohydrate (%)	0.710±0.060	0.70±0.070	0.201
- Gross energy (kcal/kg)	1326.000±15.160	1360.700±22.100	0.182

Table 6 Effect of crude soy lecithin in broiler chicken diets cholesterol and fatty acid in meat

Cholesterol and fatty acid in meat (g/100 g total fat)	Level of dietary substitution CSL for CPO		*Pr*>T
	0:100	5:95	
Cholesterol	55.075±0.765	58.513±2.349	0.049
Total SFA[1]	1.815±0.145	1.665±0.505	0.646
- Myristic acid (C14:0)	0.035±0.005	0.035±0.015	1.000
- Pentadecanoic acid (C15:0)	0.010±0.001	0.010±0.001	0.543
- Palmitic acid (C16:0)	1.355±0.095	1.120±0.320	0.289
- Margaric acid (C17:0)	0.010±0.003	0.015±0.005	0.158
- Stearic acid (C18:0)	0.395±0.045	0.470±0.160	0.479
- Arachidodic acid (C20:0)	0.010±0.003	0.015±0.005	0.158
Total MUFA[2]	2.580±0.210	3.140±0.06	0.011
- Myristoleic acid (C14:1)	0.010±0.001	0.010±0.001	0.447
- Palmitoleic acid (C16:1n7)	0.255±0.005	0.330±0.010	0.003
- Vaccenic acid (C18:1n7c)	2.130±0.190	2.465±0.114	0.049
- Oleic acid (C18:1n9)	0.140±0.01	0.185±0.015	0.012
- Eicosenoic acid (C20:1n9)	0.025±0.050	0.030±0.01	0.481
- Nervonicacid (C24:1w9)	0.010±0.001	0.010±0.001	0.859
Total PUFA[3]	1.482±0.057	2.402±0.427	0.020
- Linoleic acid (C18:2n6)	1.280±0.110	1.755±0.275	0.048
- Linolenic acid (C18:3n3)	0.075±0.005	0.130±0.030	0.035
- C20:3n6	0.020±0.001	0.020±0.001	0.589
- DGLA (C20:3n6)	0.010±0.003	0.015±0.005	0.158
- Arachidonic acid (C20:4n6)	0.040±0.005	0.055±0.005	0.006
Total n3[4]	0.065±0.005	0.115±0.065	0.254
Total n6[5]	1.360±0.110	1.860±0.790	0.338
Total n9[6]	0.175±0.015	0.210±0.090	0.542
n3/n6 ratio[7]	0.063±0.071	0.047±0.006	0.025
SFA/USFA ratio[8]	0.45±0.012	0.30±0.024	0.034
Iodine value	4.63±0.026	6.00±0.017	0.042
Atherogenic index	0.367±0.014	0.222±0.027	0.001
Δ-9 Desaturase (16) index	15.880±0.675	22.486±0.917	0.006
Δ-9 Desaturase (18) index	26.254±0.829	28.158±0.251	0.019

[1] Total SFA = Total saturated fatty acid, [2] Total MUFA = Total monounsaturated fatty acid, [3]Total PUFA = Total poly-unsaturated fatty acid, [4]Total n3= Omega-3 fatty acid, [5]Total n6= Omega-6 fatty acid, [6]Total n9= Omega-9 fatty acid, [7]n3/n6 ratio= Omega-3 fatty acid/Omega-6 fatty acid, [8]SFA/USFA ratio= saturated fatty acid/unsaturated fatty acid

การทดลองนี้ยังแสดงผลการใช้เลซิตินถั่วเหลืองต่อการลดระดับคอเลสเตอรลรวม[16,27,34,38]คอเลสเตอรอลชนิด LDL [9,16,24,27,35,38]และไตรกลีเซอไรด์ในเลือด[9,15,16,38] นอกจากนี้การทดลองนี้ยัง พบว่า การใช้เลซิตินถั่วเหลือง มีผลต่อการเพิ่มการสะสมไขมันรวมสอดคล้องกับ Haung *et al*., (2007)[27]; Roi *et al*., (2010)[35]และเพิ่มระดับคอเลสเตอรอลในเนื้อไก่ รวมถึงยังช่วยเพิ่มการสะสมกรดไขมันไม่อิ่มตัว เชิงเดี่ยวรวม กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนรวม และการสะสมกรดไขมันที่เป็นประโยชน์ เช่น กรดลิโนเลอิก กรดลิโนเลนิก และกรดอะราชิโดนิก เป็นต้น ในเนื้อไก่ ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วย ข้อสันนิษฐานทางวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ ฟอสฟาติดิลโคลีนในเลซิตินถั่วเหลืองจะถูกหลั่งเข้าไปในเซลล์ตับ ซึ่งไขมันในเซลล์ตับจะถูกทำให้แตกตัวจากโมเลกุลใหญ่เป็นโมเลกุลที่เล็กลงและสามารถดูดซึมได้ง่ายลดจำนวนไขมันที่เกาะอยู่ตามผนังเซลล์ตับออกไปได้และทำให้ไม่เกิดโรค Fatty liver syndrome[36] โดยฟอสฟาติดิลโคลีนเป็นส่วนประกอบสำคัญในการสร้างเยื่อหุ้มเซลล์และกล้ามเนื้อของไก่เนื้อที่กำลังอยู่ในช่วงวัยของการเจริญเติบโต และฟอสโฟลิพิดประกอบด้วยส่วนของลิพิดไบเลเยอร์ ซึ่งในชั้นของลิพิดไบเลเยอร์นั้นจะประกอบไปด้วยกลุ่มของฟอสเฟต ซึ่งในกลุ่มนี้จะถูกสร้างมาจากกลุ่มของฟอสฟาติดิลโคลีน[7] ซึ่งฟอสฟาติดิลโคลีนเป็นสารที่เป็นส่วนประกอบของเลซิตินจัดเป็นอิมัลซิไฟเออร์มีหน้าที่ในการทำหน้าที่เป็นตัวสลายไขมัน หรือคอเลสเตอรอลด้วยเอนไซม์ lecithin cholesterol acyl-transferase (LCAT) ที่จะช่วยเปลี่ยนคอเลสเตอรอลให้เป็นคอเลสเตอรอลเอสเตอร์เก็บไว้ในแกนกลางของ High density lipoprotein (HDL) เพื่อนำไขมันไปสลายที่ตับ[37] อีกทั้งการลดลงของคอเลสเตอรลรวม คอเลสเตอรอลชนิด LDL และไตรกลีเซอไรด์ในเลือด สามารถอธิบายได้เนื่องจากหากมีการเก็บสะสมไตรเอซิลกลีเซอไรด์เพื่อใช้เป็นพลังงานสำรองในระยะ fasting หรือ starvation triacylglyceride ได้จากพลังงานส่วนเกินที่ได้รับจากอาหาร ซึ่งหากไก่เนื้อได้รับมากกว่าพลังงานมากจะทำให้เกิดการสะสมไขมันมากกว่าปกติ เนื้อเยื่อไขมันได้รับไตรเอซิล-กลีเซอไรด์จากไคโลไมครอน (chylomicron) และ VLDL ไตรเอซิลกลีเซอไรด์จากกระแสเลือดไม่ได้เข้าสู่เซลล์โดยตรง แต่จะถูกสลายเป็นกรดไขมันก่อนโดยเอนไซม์ lipoprotein lipase ในหลอดเลือดฝอย เอนไซม์ lipoprotein lipase สังเคราะห์ในเนื้อเยื่อไขมัน และ parenchymal cell ถูกกระตุ้นด้วยอินซูลินให้หลั่งจากเซลล์มาอยู่ที่ endothelium เพื่อทำหน้าที่ระดับกลูโคสในกระแสเลือดจะเพิ่มขึ้นตับอ่อนจะปล่อยอินซูลินออกมาเพื่อปรับความสมดุล ทั้งนี้อินซูลินยังกระตุ้นให้เซลล์สังเคราะห์ไขมัน (synthesis of lipid), โปรตีน และไกลโคเจนเก็บที่กล้ามเนื้อและตับเพื่อเป็นแหล่งพลังงานสำรอง สอดคล้องกับ Huang *et al*. (2008)[27] พบว่า การเสริมเลซิตินในอาหาร ไก่เนื้อสามารถเพิ่มการหลังฮอร์โมนอินซูลิน TSH T3 และ T4 โดยกรดไขมันจากการย่อยไลโปโปรตีนเข้าสู่เซลล์และถูกสังเคราะห์กลับเป็น triacylglyceride ใหม่เพื่อเก็บสะสม โดยการสังเคราะห์ triacylglyceride ในเนื้อเยื่อไขมันใช้วิธี glycerol phosphate pathway โดยได้ glycerol-3- phosphate จากไกลโคไลซีสเป็นสารตั้งต้น เนื้อเยื่อไขมันไม่ใช่ glycerol ในการสังเคราะห์ไขมันเพราะไม่มีเอนไซม์ glycerokinase สำหรับเปลี่ยนกลีเซอรอลไปเป็น glycerol-3-PO นอกจากนี้เลซิตินถัวเหลืองมีผลต่อการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกระบวนการสร้างไขมัน ในตับ (lipogenesis) เช่น acetyl-CoA carboxylase (ACC), malic enzyme (ME), fatty acid synthase (FAS) และ stearoyl-CoA (Δ9) desaturase 1 (SCD1) เป็นต้น ซึ่งยีนเหล่านี้ จะควบคุมการเผาผลาญไขมันในตับซึ่งจะผูกกับโปรตีนที่ลดไตรกลีเซอไรด์และช่วยเพิ่มระดับคอเลสเตอรอลที่ดีในกระแสเลือด ตับต้องการ ฟอสฟาติดิลโคลีนเพื่อผลิต lipoproteins โดยยีนเหล่านี้ควบคุมกระบวนการสร้างไขมัน นอกจากนี้ intestinal fatty acid binding protein (I-FABP) จะช่วยทำให้กรดไขมันละลายน้ำได้ดีขึ้น sterol regulatory element-binding protein) (SREBP) จะทำหน้าที่กระตุ้นการสังเคราะห์กรดไขมันในตับ SREBP-1c ควบคุมยีนที่จำเป็นสำหรับการเผาผลาญกลูโคส และการสร้างกรดไขมันและไขมันและการแสดงออกของมันถูกควบคุม โดยอินซูลิน (Huang, 2008)[27]

สรุป

การทดลองใช้เลซิตินถั่วเหลืองในอาหารไก่เนื้อ มีศักยภาพในการเพิ่มการย่อยได้ปรากฏของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ พลังงานรวม ไขมันรวม และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้แบบปรากฏ ทั้งยังช่วยลดระดับคอเลสเตอรลรวม คอเลสเตอรอลชนิด LDL และไตรกลีเซอไรด์ในเลือด ทั้งยังสามารถการเพิ่มการสะสมไขมันรวม และเพิ่มระดับคอเลสเตอรอลในเนื้อไก่ รวมถึงยังช่วยเพิ่มการสะสมกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวรวม กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนรวม ค่าไอโอดีน และ การสะสมกรดไขมันที่เป็นประโยชน์ เช่น กรดลิโนเลอิก กรดลิโนเลนิก และกรดอะราชิโดนิก เป็นต้น ในเนื้อไก่ หากแต่ไขมันที่เพิ่มขึ้นนั้นมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคในการเลือกรับประทานเนื้อไก่ดังแสดงตามค่าดัชนีการเกิดภาวะไขมันสะสมในเส้นเลือด สัดส่วนของกรดไขมันโอเมก้า 3 ต่อกรดไขมันโอเมก้า 6 และสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวต่อกรดไขมันไม่อิ่มตัวในเนื้อไก่ที่ลดลง รวมทั้งค่าดัชนี Δ-9 desaturase (16) และค่าดัชนี Δ-9 desaturase (18) ที่เพิ่มขึ้น นอกจากนั้นการใช้เลซิตินถั่วเหลืองในอาหารไก่เนื้อไม่ได้แสดงผลที่เด่นชัดต่อสมรรถภาพการผลิต ลักษณะซาก

และคุณภาพของเนื้อ ซึ่งผลจากการทดลองครั้งนี้จักเป็นข้อมูลสำหรับพัฒนางานวิจัยเพื่อแสวงหาแนวทางการใช้เลซิตินถั่วเหลืองในอาหารไก่เนื้อให้ได้ศักยภาพสูงสุดในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรมหาวิทยาลัยศิลปากร ที่สนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรีที่เอื้อเฟื้อสถานที่เลี้ยงสัตว์ทดลอง

เอกสารอ้างอิง

1. Zampiga M, Meluzzi A, Sirri F. 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.
2. Upadhaya SD, Park JW, Park JH, Kim IH. Efficacy of 1,3-diacylglycerol as a fat emulsifier in low-density diet for broilers, Poult Sci 2017;96(6):1672–1678.
3. Allahyari-Bake S, Jahanian R. Effects of dietary fat source and supplemental lysophosphatidylcholine on performance, immune responses, and ileal nutrient digestibility in broilers fed corn/soybean meal or corn wheat soybean meal-based diets, Poult Sci 2017; 96(5):1149–1158.
4. Brautigan DL, Li R, Kubicka E, Turner SD, Garcia JS, Weintraut ML, Wong EA. Lysolecithin as feed additive enhances collagen expression and villus length in the jejunum of broiler chickens, Poult Sci 2017;96(8):2889–2898.
5. Jansen M, Nuyens F, Buyse J, Leleu S, Campenhout LV. Interaction between fat type and lysolecithin supplementation in broiler feeds, Poult Sci 2015;94 (10):2506–2515.
6. Borsatti LS, Vieira L, Stefanello C, Kindlein L, Oviedo-Rondón EO. Apparent metabolizable energy of by-products from the soybean oil industry for broilers: acidulated soapstock, glycerin, lecithin, and their mixture, Poult Sci 2018;97(1): 124–130.
7. Marchesini G, Segato S, Stefani AL, Tenti S, Dorigo M, Gerardi G, Bernardini D, Andrighetto I. Lecithin: a by-product of biodiesel production and a source of choline for dairy cows, Italian J Anim Sci 2012;11 (2):203-207.
8. Zhang B, Haitao L, ZhaoD, Guo Y, Barri A. 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 2011); 163(2–4):177-184.
9. Zhou PY, Li HL, Hossain MM, Kim IH. Effect of emulsifier (lysophospholipid) on growth performance, nutrient digestibility and blood profile in weaning pigs, Anim Feed Sci and Tech 2015;207:190-195.
10. Cahaldora P, De Blas JC, Garria-Rebollar P, Alvarez C, Mendez J. Short communication. Effects of type and level of supplementation with dietary n-3 fatty acid on yolk fat composition and n-3 fatty acid retention in hen eggs, Spanish J Agri Res 2005;3:209-212.
11. Nutrient Requirement Council. Nutrient Requirement of Poultry. 9th ed. Washington DC. 1994;
12. AOAC. *Official methods of analysis.* 17th ed. Gaithhersburg: Assoc. off Anlysis chemistry. 2000;
13. Myers WD, Ludden PA, Nayigihugu V, Hess BW. Technical Note: A procedure for the preparation and quantitative analysis of samples for titanium dioxide, J Anim Sci 2004;82:179–183.
14. Kluth H, Rodehutscord M. Comparison of amino acid digestibility in broiler chicken, terkey, and Pekin ducks, Poult Sci 2006;85:1953-1960.
15. Jansen MF, Nuyens F, Buyse J, Leleu S, Van Campenhout L. Interaction between fat type and lysolecithin supplementation in broiler feeds, Poult Sci 2016;94:2506–2515.
16. Zhao PY, Kim IH. Effect of diets with different energy and lysophospholipids levels on performance, nutrient metabolism, and body composition in broilers, Poult Sci 2017;96(5):1341–1347.
17. มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี วรางคณา กิจพิพิธ ชวลิต ผึ้งปฐม ภรณ์ ศราวุธ ม่วงเผือก เอกกมล กมลลาภวรกุล นาฏยา แบ่งลาภ เสาวภา เขียนงาม. ผลของการเสริมซินไบโอติกส์ต่อสมรรถนะการผลิตไก่เนื้อและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ, วารสารเกษตร 2558;31(3):221-230.

18. สัญชัย จตุรสิทธา. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 3. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัย เชียงใหม่. 2553;
19. Liu X, Yan H, Lv L, Xu Q, Yin C, Zhang K, Wang P, Hu J. Growth performance and meat quality of broiler chickens supplemented with *Bacillus licheniformis* in drinking water, Asian-Aust J Anim Sci 2012;25(5):682-689.
20. Lepage G, Roy CC. Direct transeste-rification of all classes of lipids in a one-step reaction, J Lipid Res 1986;27:114–120.
21. He LW, Meng QX, Li DY, Zhang YW, Ren LP. Meat quality, oxidative stability and blood parameters from Graylag geese offered alternative fiber sources in growing period, *Poult Sci* 2015;94:750–757.
22. Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. Principles and Procedure Statistics. 2nd Edn. Singapore: McGrew-Hill Book Co., Inc. 1992;
23. R Core Team. R. A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, 2016; Vienna. Austria. URLhttp:/www.R-project.org/
24. Upadhaya S.D, Lee JS, Jung KJ, Kim IH. Influence of emulsifier blends having different hydrophilic-lipophilic balance value on growth performance, nutrient digestibility, serum lipid profiles, and meat quality of broilers, Poult Sci 2018;97(1):255–261.
25. Khonyoung D, Yamauchi K, Suzuki K. Influence of dietary fat sources and lysolecithin on growth performance, visceral organ size, and histological intestinal alteration in broiler chickens, Livest Sci 2015;176:111-120.
26. Boontiam W, Jung B, Kim YY. Effects of lysophospholipid supplementation to lower nutrient diets on growth performance, intestinal morphology, and blood metabolites in broiler chickens, Poult Sci 2017;96(3): 593–601.
27. Huang J, Yang D, Gao S, Wang T. Effects of soy-lecithin on lipid metabolism and hepatic expression of lipogenic genes in broiler chickens, Livest Sci 2008;118(1–2):53-60.
28. Neto GAC, Pezzato AC, Sartori JR, Mori C, Cruz VC, Fascina VB, Pinheiro DF, Madeira LA, Gonçalvez JC. Emulsifier in broiler diets containing different fat sources, Braz J Poult Sci 2011;13:119-125.
29. Aguilar YM, Becerra JC, Bertot RR, Pelaez Jc, Liu G, Hurtado CB. Growth performance, carcass traits and lipid profile of broiler chicks fed with an exogenous emulsifier and increasing levels of energy provided by palm oil, J Food Agri and Envi 2013;11(1):629-633.
30. มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี และ วรางคณา กิจพิพิธ. การศึกษาผลของบริเวณและชั้นที่เลี้ยงภายในโรงเรือนแบบปิดต่อสภาพแวดล้อม ดัชนีความเครียดเนื่องจากความร้อน และอัตราการตายของไก่เนื้อมแก่นเกษตร 2559;43 (ฉบับพิเศษ 1):517-522.
31. Lima VLM, Coelho LCBB, Kennedy JF, Owen JS, Dolphin PJ. Lecithin-cholesterol acyl-transferase (LCAT) as a plasma glycoprotein: an overview, Carb Polym 2004;55(2):179-191.
32. Aveldaño MI, Bazán NG, Molecular species of phospha-tidylcholine, ethanolamine, serine, and inositol in microsomal and photoreceptor membranes of bovine retina, J Lipid Res 2013;24(5):620-627.
33. Zeisel SH, Corbin KD. Choline. Present Knowledge in Nutrition. 10th. 405-418.
34. Malapure CD, Kawitkar SB, Deshmukh GB, Bendale LN. Influence of dietary supplementation of phospholipids and lyso-phospholipids on performance of broilers, Indian J Anim Nutr 2011;28:316-319.
35. Roy A, Haldar S, Mondal S, Ghosh TK. Effects of supplemental exogenous emulsifier on performance, nutrient metabolism, and serum lipid profile in broiler chickens, Vate Med Int 2010;1-9.
36. Rotunda AM, Kolodney MS. Mesotherapy and phosphatidylcholine injections: Historical clarification and review. Derm Sur 2006;32(4):465–480.
37. Christie, WW and X. Han. Lipid Analysis Isolation, Separation, Identification and Lipidomic Analysis. 4th edition. 2010;446.
38. Siyal FA, El-Hack MEA, Alagawany M, Wang MC, Wan X, He J, Wang M, L, Zhong X, Wang T, Dhama K. Effect of soy lecithin on growth performance,

nutrient digestibility and hepatic antioxidant parameters of broiler chickens, Int J pharmacol 2017;13(4):396-402.

39. Zhai, WS, Neuman, L, Latour, MA, Hester, PY. The Effect of Male and Female Supplementation of l-Carnitineon Reproductive Traits of White Leghorns, Poult Sci 2008;87(6):1171–118.