

ผลการเสริมสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะในอาหารไก่ไข่ต่อการย่อยได้ ของโภชนะ สมรรถภาพการผลิต โลหิตวิทยา และการผลิตไข่ไก่เพื่อสุขภาพ Effects of nutritional emulsifier supplementation in laying hen diets on digestibility, productive performance, hematology, and factional egg production

มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี^{1*}, อณัญญา ปานทอง², ธนวดี ทองประสงค์¹, จักรกฤษ จันตรา¹,
สิทธิศักดิ์ จินพงษ์พันธุ์¹, ศรัณย์ หุ่นจันทร์¹ และ วรangkana กิจพิพิธ¹

Manatsanun Nopparatmaitree^{1*}, Anunya Panthong², Thanawadee Thongprasong¹,
Jukkrit Juntra¹, Sitthisak Jeenpongpan¹, Saran Hoonjun¹ and Warangkana Kitpipit¹

บทคัดย่อ: การศึกษาผลการเสริมสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะในอาหารไก่ไข่ต่อการย่อยได้แบบปรากฏของโภชนะ สมรรถภาพการผลิต โลหิตวิทยา คุณภาพและคุณค่าทางโภชนะของไข่ไก่ ระดับคอเลสเตอรอลและการสะสมกรดไขมัน โอเมก้าในไข่แดง โดยใช้ไก่ไข่พันธุ์ Hisex brown[®] จำนวน 200 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) จำนวน 2 ทรีทเมนต์ ทรีทเมนต์ละ 5 ซ้ำ (n=20) อาหารทดลองประกอบด้วยอาหารที่มีข้าวโพดและกากถั่วเหลืองเป็นพื้นฐานและอาหารพื้นฐานเสริมสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะที่ระดับ 400 กรัม/ตันอาหาร ผลการทดลองครั้งนี้พบว่า การเสริมสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะที่ระดับ 400 กรัม/ตันสามารถเพิ่มการย่อยได้แบบปรากฏของไขมันรวมและพลังงานรวมแตกต่างจากกลุ่มควบคุม (P<0.05) อีกทั้งสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะสามารถเพิ่มอัตราการผลิตไข่ต่อวันแตกต่างจากกลุ่มควบคุม (P<0.05) แต่ไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตอื่น (P>0.05) นอกจากนี้ยังพบว่า การเสริมสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะในอาหารช่วยลดสัดส่วนของ H/L ratio คอเลสเตอรอลรวม ไตรกลีเซอไรด์ และระดับน้ำตาลกลูโคส (P<0.05) อีกทั้งช่วยเพิ่มคอเลสเตอรอลชนิด HDL และกรดไขมันอิสระในเลือด (P<0.05) อีกทั้งยัง พบว่า การเสริมสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะช่วยเพิ่มระดับโปรตีนในไข่แดง พลังงานรวมในไข่ทั้งฟองและการสะสมกรดไขมันลิโนเลอิก DHA โอเมก้า 3 และ Iodine value ในไข่แดง (P<0.05)

คำสำคัญ : ไก่ไข่, กรดไขมัน, ไข่ไก่, สมรรถภาพการผลิต, อิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะ

ABSTRACT: The experiment was conduct to determine the effects of nutritional emulsifier supplementation in laying hen diets on digestibility, performance, egg quality, hematology, nutritive value of eggs, cholesterol and enrichment of omega fatty acid in yolk. 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

¹ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี ตำบลสามพระยา อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี 76120

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

² คณะสัตวศาสตร์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเพชรบุรี ตำบลสามพระยา อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี 76120

Faculty of Animal Science, Petchaburi Collage of Agricultural and Technology, Sam Phraya, Cha-Am, Phetchaburi, 76120

* Corresponding author: Nopparatmaitree_m@silpakorn.edu

diet (without nutritional emulsifier supplementation), and basal diet supplemented with 400 g/ton diet from nutritional emulsifier. The results of this study showed that nutritional emulsifier supplementation at 400 g/ton increased to digestibility of ether extract, and gross energy different to control group ($P<0.05$). Furthermore, nutritional emulsifier supplementation increase to hen day production different to control group ($P<0.05$) but does not affect the others productive performance ($P>0.05$). Accumulation of nutritional emulsifier supplementation in diet significantly decreased the H/L ratio, total cholesterol triglyceride, and glucose level when compared with the control ($P>0.05$) and resulted in significant increases HDL and free fatty acid ($P>0.05$). In addition, supplementing three levels of nutritional emulsifier in diets resulted in significant increases in crude protein in yolk, gross energy in whole egg and fatty acid in yolk, mainly linoleic acid, DHA, omega 3, and Iodine value ($P<0.05$).

Keywords: Laying hens, Fatty acid, Eggs, Productive performance, Nutritional emulsifier

บทนำ

การพัฒนาตามวิถีแห่งโลกาภิวัตน์ (Globalization) ทำให้การเข้าถึงอาหารซึ่งเป็นหนึ่งในปัจจัยสี่และการใช้ชีวิตอย่างสะดวกสบายมากขึ้น หากแต่กลับพบปัญหาสุขภาพของประชาชนที่ป่วยและเสียชีวิตจากโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่มีแนวโน้มสูงขึ้น โดยเฉพาะปัญหาการมีไขมันในเลือดสูง การเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งกว่าร้อยละ 90 มีสาเหตุจากพฤติกรรมการบริโภค ทำให้คนไทยจึงหันมาใส่ใจในการดูแลสุขภาพและมีความต้องการอาหารที่มีประโยชน์เพื่อเสริมสร้างสุขภาพ (Healthy food) หรืออาหารโภชนเภสัชภัณฑ์ (Nutraceutical food) เพื่อลดการเกิดโรคมากขึ้น กอปรกับในปี 2567 ถึง 2568 ประเทศไทยจะเข้าสู่ยุคสังคมผู้สูงอายุ (Aging society) ทำให้มีความต้องการอาหารสำหรับผู้สูงอายุเพิ่มขึ้น จากข้อมูลของ FAO (2014) พบว่า ไข่ไก่จัดเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดีที่สุดในแง่ค่า Biological value เป็น 100 รวมทั้งเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่สมบูรณ์และราคาต่อหน่วยถูกที่สุดโดยคนไทยบริโภคไข่ไก่ประมาณ 200 ฟอง/คน/ปี หากแต่ระบบการผลิตไข่ไก่กลับพบปัญหาหลายด้าน กล่าวคือ การเลี้ยงไข่ไก่ประสบปัญหาโรคผลผลิตต่ำ รวมถึงความเสี่ยงต่อการเกิดสภาวะความเครียดเนื่องจากความร้อนของการเลี้ยงไข่ไก่ในเขตศูนย์สูตรที่มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูง ซึ่งไข่ไก่มีการสะสมความร้อน ความชื้น และไม่สามารถระบายจากตัวไก่ได้ ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ การเจริญเติบโต

และการสร้างผลผลิตที่ลดลง ปัจจุบันมีข้อเสนอแนะในการจัดการอาหารไก่ไข่ในช่วงฤดูร้อน โดยการปรับสูตรอาหารให้มีไขมันมากขึ้น การเลือกใช้วัตถุดิบไขมัน เนื่องจากให้พลังงานสูงกว่าคาร์โบไฮเดรต อีกทั้งไขมันยังเพิ่มความน่ากินของอาหาร ลดปริมาณฝุ่นในอาหาร หากแต่กลับพบปัญหาที่สัตว์ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้จากไขมันให้ได้เต็มที่ (Firman et al., 2008) ส่งผลต่อการสะสมของไขมันอิสระ ไตรกลีเซอไรด์ และคอเลสเตอรอลในเลือด และผลิตภัณฑ์จากสัตว์ที่จะนำไปบริโภคเป็นอาหาร (Zhou et al., 2015) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ใช้สารเสริมอาหารสัตว์ที่มีคุณสมบัติในการเพิ่มการใช้ประโยชน์ของไขมัน โดยสารกลุ่มตัวประสานหรืออิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) มีความน่าสนใจเนื่องจากโมเลกุลของอิมัลซิไฟเออร์มีส่วนที่ชอบน้ำ (Hydrophilic) และชอบไขมัน (Lipophilic) โดยอิมัลซิไฟเออร์ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวของไขมันในการสัมผัสกับเอนไซม์ไลเปสเพื่อช่วยสลายโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์เป็นกรดไขมันและกลีเซอรอลและสนับสนุนการก่อตัวของ Micelles ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของลิพิด (Lipolysis) (Upadhaya et al., 2017) ซึ่งสารอิมัลซิไฟเออร์มีหลายชนิด เช่น ไลโซฟอสฟาติดีลโคลีน (Lysophosphatidylcholine) ไลโซฟอสโฟลิปิด (Lysophospholipid) และเลซิทีน (Lecithin) เป็นต้น การเลือกใช้นั้นสามารถพิจารณาจากสัดส่วนของส่วนที่ชอบน้ำกับส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophilic-lipophile balance, HLB) (Mun et al., 2007) ทั้งนี้

จากรายงานก่อนหน้านี้ พบว่า มีการเสริมสารกลุ่ม อิมัลซิไฟเออร์ในสูตรอาหารสามารถเพิ่มสมรรถภาพ การผลิต (Attia et al., 2015; Zhang et al., 2011; Beemster et al., 2002) การย่อยได้ของไขมันและ พลังงาน (Zhang et al., 2011; Mandalawi et al., 2015; Allahyari-Bake and Jahanian.,2017) และ ลดคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือด (Mashaghi et al., 2013) นอกจากนี้แนวคิดใน การเพิ่มการใช้ประโยชน์ได้ของอาหารยังนิยมเติม แอลคาร์นิทีนซึ่งมีส่วนสำคัญในกระบวนการย่อย สลายกรดไขมัน (Fatty acid catabolism) โดยทำ หน้าที่ขนส่งกรดไขมันสายยาวเข้าสู่เมททริกซ์ใน ไมโทคอนเดรียเพื่อออกซิโดส์กรดไขมันโดยวัฏจักร เบต้าออกซิเดชัน (β -oxidation) เป็นพลังงาน อีกทั้ง ยังมีส่วนในการสังเคราะห์กรดไขมันและองค์ประกอบ ของกรดไขมันเพื่อสะสมในผลิตภัณฑ์อีกด้วย (Meng et al., 2018) ทั้งนี้มีหลายงานทดลอง พบว่า การเสริมแอลคาร์นิทีน (L-carnitine) ในสูตรอาหารสามารถ เพิ่มการใช้ประโยชน์ได้ของไขมัน และพลังงาน (Murali et al., 2015) และลดคอเลสเตอรอลและ ไตรกลีเซอไรด์ในเลือด (Fariborz el al., 2014)

ซึ่งจากคุณสมบัติที่สัมพันธ์ประสานกันของสาร กลุ่มอิมัลซิไฟเออร์และแอลคาร์นิทีนในกระบวนการ เมทาบอลิซึมของไขมันรวมถึงผลการทดลองข้างต้นที่ ให้ผลชัดเจน นำสู่แนวคิดในการใช้ประโยชน์ของสาร อิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะ (ประกอบด้วยไลโซฟอสฟา- ทิดิลโคลีน (Lysophosphatidylcholine) >30 เปอร์เซ็นต์ แอลคาร์นิทีน (L-carnitine) เอนไซม์ และ สีส โดยควบคุมความชื้นไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์) ในสูตรอาหารเพื่อการประสานส่งเสริมคุณสมบัติ (Synergistic effect) ของสารประกอบอิมัลซิไฟเออร์ ที่ให้โภชนะ โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์ ได้ของไขมันในสูตรอาหารไก่ไข่ การลดการสะสมของ ไขมันในเลือดของไก่ไข่ และการเพิ่มโภชนะสารที่ สำคัญ รวมถึงการปรับปรุงสัดส่วนคุณค่าทางโภชนะ ในผลิตภัณฑ์ไข่ไก่เพื่อผลิตเป็นอาหารเสริม สุขภาพ (Healthy food) สำหรับผู้บริโภคที่มีประโยชน์ ต่อสุขภาพ (Van Elswyk, 1997) ดังนั้นการทดลองนี้ จึงมุ่งศึกษาผลของการเสริมสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้ โภชนะในอาหารไก่ไข่ต่อการย่อยได้ของโภชนะ

ปรากฏ สมรรถภาพการผลิต โภชิตวิทยา คุณภาพทาง กายภาพ และคุณค่าทางโภชนะของไข่ไก่ระดับ คอเลสเตอรอลและการสะสมกรดไขมันโอเมก้าใน ไข่แดง

วิธีการศึกษา

การออกแบบการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่ม สมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) แบ่งออกเป็น 2 ทรีทเมนต์ ทรีทเมนต์ละ 5 ซ้ำ รวม ทั้งหมด 10 หน่วยทดลอง ดังนี้ ทรีทเมนต์ที่ 1 คือ อาหารไก่ไข่ควบคุม และ ทรีทเมนต์ที่ 2 คือ อาหารไก่ ไข่เสริมสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะ (Nutritional emulsifier) ที่ระดับ 400 กรัม/ตันอาหาร ทั้งนี้ใช้ไก่ไข่ สายพันธุ์ Hisex brown® อายุประมาณ 20 สัปดาห์ จำนวน 200 ตัว สุ่มเข้าสู่แต่ละหน่วยทดลอง (n=20) ทำการเลี้ยงไก่ไข่บนกรงตับภายใต้การจัดการและแสง ธรรมชาติในโรงเรือนแบบเปิดระหว่างเดือนเมษายน ถึงมิถุนายน 2560 ร่วมกับการเสริมสารอิมัลซิไฟเออร์ ที่ให้โภชนะ ลงในอาหารไก่ไข่ระยะให้ไข่ที่มีข้าวโพด กากถั่วเหลืองเป็นพื้นฐานมีค่าโปรตีนหยาบ 18 เปอร์เซ็นต์ ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ 2,850 กิโลแคลอรี/กิโลกรัมตามคำแนะนำของ NRC (1994)

การวัดสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่

เลี้ยงไก่ไข่บนกรงตับขังเดี่ยวและทำการปรับ สัตว์ก่อนเข้าสู่งานทดลอง 5 สัปดาห์ แล้วทำการวัด สมรรถภาพการผลิตโดยใช้เวลาทั้งหมด 12 สัปดาห์ โดยให้อาหารไก่ไข่วันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) และให้ ไก่ไข่ได้รับน้ำสะอาดอย่างเต็มที่ จดบันทึกปริมาณ อาหารที่กินได้ จำนวนผลผลิตไข่ และน้ำหนักไข่ใน แต่ละวัน แล้วนำปริมาณการไขมาคำนวณหาอัตรา การไข่ (Hen day production) น้ำหนักไข่เฉลี่ย (Average egg weight) น้ำหนักไขรวมเฉลี่ย (Egg mass) $\{(Egg\ mass = Average\ egg\ weight \times Hen\ day\ production)/100\}$ ตามวิธีของ Mandalawi et al. (2015) รวมถึงนำปริมาณอาหารที่กินได้มาคำนวณ หาปริมาณการกินได้ (Feed intake) ประสิทธิภาพการ เปลี่ยนอาหารเป็นไข่ 1 กิโลกรัม (Feed conversion

ratio per 1 kg of egg) (FCR = Feed intake/Egg mass) ตามวิธีของ Elgin and Loernz (2015)

การย่อยได้รวมของโภชนะในอาหารไก่ไข่

วัดค่าการย่อยได้รวมของโภชนะในอาหารไก่ไข่ ในช่วง 10 วันสุดท้ายของการทดลอง โดยทำการผสมไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) 0.3 เปอร์เซ็นต์ในอาหารทดลองเพื่อทดสอบการย่อยได้ของโภชนะแบบปรากฏอาหารในไก่ไข่ โดยทำการปรับสัตรี (Adjustment period) 7 วัน และ เก็บตัวอย่าง (Sampling period)

ในช่วง 3 วันสุดท้าย โดยสุ่มเก็บอาหารของไก่ไข่ทดลองในถังกั้นความชื้นและสุ่มเก็บมูลของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารทดลองผสม TiO_2 ในถงที่มี H_2SO_4 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำตัวอย่างอาหารและมูลเก็บที่ -20 องศาเซลเซียส ตามวิธีของ Zampiga et al. (2016) จากนั้นเตรียมตัวอย่างตัวอย่างอาหารและมูลด้วยการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสและบดละเอียด แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่าวัตถุแห้ง โปรตีนหยาบเยื่อใยรวม ไขมันรวม แ่ก และพลังงานรวมตามวิธีของ AOAC (2000)

Table 1 Ingredient composition and chemical analysis of the experimental diets

Ingredient composition (%)	Nutritional emulsifier supplementation in diets	
	Control diet	400 g/ton of feed
Corn	49.990	49.990
Soybean meal (48% CP)	21.530	21.530
Rice bran oil	9.680	9.680
Limestone (CaCO_3)	13.860	13.860
Dicalcium phosphate	1.880	1.880
Salt	0.300	0.300
DL-Methionine (99%)	0.116	0.116
L- Lysine (99%)	0.083	0.083
Premix*	2.500	2.500
Nutritional emulsifier (g/ton of feed)	0.000	400.000
-----Analyzed chemical content-----		
Dry matter (%)	91.900	91.810
Gross energy (Kcal/kg)	3,805.199	3,848.228
Crude protein (%)	18.291	18.184
Ether extract (%)	11.600	12.751
Calcium (%)	5.650	5.640
Total Phosphorus (%)	0.750	0.750

*¹ Each one kilogram of vitamin–mineral premix contained 10,000 IU of vitamin A, 3,000 IU of vitamin D3, 150IU of vitamin E, 3 mg of vitamin K3, 0.02 mg of vitamin B12, 0.2 mg of biotin, 6.5 mg of riboflavin, 4 mg of folic acid, 10 mg of calcium pantothenate, 39.9 mg of niacin, 2.2 mg of thiamine, 4.5 mg of pyridoxine, 1000 mg of choline chloride, 125 mg of antioxidant, 66 mg of manganese oxide, 70mg of zinc oxide, 80 mg of ferrous sulfate, 10 mg of copper sulfate, 0.3 mg of sodium selenite, 0.4 mg of sodium Iodate

อีกทั้งยังวิเคราะห์หาปริมาณ TiO_2 ด้วยวิธีสเปคโตรโฟโตเมตริก ตามวิธีของ Myer et al., (2004) โดยใช้ตัวอย่าง 1 กรัม ทั้งอาหารและมูลใส่ลงในหลอดแก้วร่วมกับกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) 96 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 13 มิลลิลิตร, โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) ปริมาณ 3.5 กรัม และคอปเปอร์ซัลเฟต (CuSO_4) ปริมาณ

0.4 กรัม จากนั้นทำการย่อยโดยใช้ Macro-Kjeldahl apparatus ที่อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมงทำการเติมน้ำกลั่นแล้วทำการกรองของเหลวเพื่อขจัดตะกอนแล้วอ่านข้อมูลการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ 410 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ UV/Vis (Jusco model 7800) ส่วนกราฟ

มาตรฐานเตรียมขึ้นจากข้อมูลการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ประกอบด้วย TiO_2 ที่ระดับ 0, 2, 4, 6, 8, และ 10 มิลลิกรัม จากนั้นนำค่าความค่าทางโภชนาและปริมาณของ TiO_2 ทั้งของมูลและอาหารมาคำนวณหา ค่าการย่อยได้ของโภชนาหารรวม (Apparent nutrient digestibility) จากสูตร ค่าการย่อยได้ของโภชนาหารรวม = $100 \times \{(\% \text{TiO}_2 \text{ ในอาหาร} / \% \text{TiO}_2 \text{ ในมูล}) \times (\% \text{โภชนาในมูล} / \% \text{โภชนาในอาหาร})\}$ ตามวิธีการของ Kluth and Rodehutschord (2006)

การวัดโลหิตวิทยาของไก่ไข่และองค์ประกอบของกรดไขมันในเลือด

วัดค่าโลหิตวิทยาของไก่ไข่และองค์ประกอบของกรดไขมันในเลือดในวันสุดท้ายของการทดลองทำการอดอาหารไก่ไข่ประมาณ 12 ชั่วโมงแล้วสุ่มไก่หน่วยทดลองละ 4 ตัว เพื่อเก็บตัวอย่างเลือดโดยเจาะเลือดไก่บริเวณปีก (Wing vein) ตัวละ 2 มิลลิลิตร เพื่อนำมาวัดความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (Hematocrit: Hct) ค่าเม็ดเลือดแดง (Red blood cell: RBC) ค่าเม็ด เลือดขาว (White blood cell; WBC) เม็ดเลือดขาว ชนิดเฮเทอโรฟิล (Heterophil: H) และ ลิมโฟไซต์ (Lymphocyte: L) เพื่อนำไปหาสัดส่วน H/L Ratio นำชี้รั่มไปวิเคราะห์ค่าคอเลสเตอรอล (Cholesterol) และไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) โดยใช้เครื่องตรวจเลือดอัตโนมัติ (Advia 120, Bayer, Tarrytown, NY) ด้วยวิธี Enzymatic colorimetric method (CHOD-PAP method) ตามวิธี Zhou and Kim (2017)

การวัดคุณภาพทางกายภาพ คุณค่าทางโภชนาและองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่ไก่

วัดคุณภาพทางกายภาพของไข่ไก่ใน 7 วันสุดท้ายของการทดลอง โดยสุ่มเก็บตัวอย่างไข่ไก่จำนวน 5 ฟอง/วันในแต่ละหน่วยทดลองมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของไข่ไก่ คือ น้ำหนักไข่ (Egg weight), ความหนาของเปลือกไข่ (Egg shell thickness) (หาค่าเฉลี่ย 3 ด้านของเปลือกไข่ คือ ด้านแหลม ด้านข้าง และด้านป้าน) ด้วย Micrometer (Mitumotoya, No. 044N, 0.01-5 mm), ความสูงไข่ขาว (Albumin height),ตามวิธี Perez-Bomilla

et al., (2012)) ทำการวัดค่าคะแนนสีของเปลือกไข่ (Shell color) และค่าคะแนนสีของไข่แดง (Yolk color) ด้วยพัดสีที่มีค่าคะแนน 10-15 (Hoffman-la Roche Ltd, Basal, Switzerland) คำนวณค่าความหนาแน่นของเปลือกไข่ (Shell density) และคำนวณหาค่า Haugh Unit ตามวิธี Laudadio and Tufarelli (2011) ทำการเก็บรวบรวมตัวอย่างไข่ขาว ไข่แดง และไข่รวม แล้วมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อวัดองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่ไก่ โดยการนำตัวอย่างไข่ขาว ไข่แดง และไข่รวม ไปวิเคราะห์หาค่าวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีนหยาบ และไขมันรวมตามวิธีของ AOAC (2000) ส่วนตัวอย่างของไข่แดงอีกส่วนในแต่ละหน่วยทดลองมาวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมัน (Individual fatty acid content: GLC) ตามวิธีของ Lepage and Roy (1986) แล้วคำนวณหาค่าดัชนีการเกิดภาวะไขมันสะสมในเส้นเลือด (Atherogenic index: AI) Δ -9 desaturase (16) Index และ Δ -9 desaturase (18) index ตามวิธีของ He et al., (2015) รวมทั้งคำนวณหา Iodine value จากสูตร และคำนวณหาสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวต่อกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Saturated fatty acid to Unsaturated fatty acid: SFA to USFA) ตามวิธีของ Zhai et al. (2008) ดังสมการ

- Haugh Unit = $100 \log (\text{Albumen height in millimeter} + 7.57 \times 1.7 \text{ Weight of egg in gram}^{0.37})$

- Atherogenic index = $[(\text{C12:0}) + (4 \times \text{C14:0}) + (\text{C16:0})] / (\text{MUFA} + \text{PUFA})]$

- Δ -9 desaturase (16) Index = $\{(\text{C16:1n7} / (\text{C16:0} + \text{C16:1n7})) \times 100,$

- Δ -9 desaturase (18) Index = $\{(\text{C18:1c9} / (\text{C18:0} + \text{C18:1c9})) \times 100$

- Iodine value = $(\% \text{C16:1} \times 0.950) + (\% \text{C18:1} \times 0.860) + (\% \text{C18:2} \times 1.732) + (\% \text{C18:3} \times 2.616) + (\% \text{C20:1} \times 0.785) + (\% \text{C22:1} \times 0.731)$

- SFA to USFA = $[(\text{C16:0} + \text{C18:0} + \text{C20:0} + \text{C21:0} + \text{C22:0} + \text{C24:0}) / ((\text{C16:1} + \text{C16:2} + \text{C16:3} + \text{C18:1} + \text{C18:2} + \text{C18:3} + \text{C20:1} + \text{C20:3} + \text{C20:4} + \text{C20:5} + \text{C22:4} + \text{C22:6}))]$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทีพเมนต์ที่อิสระต่อกันด้วยวิธี Student's t-test ตามวิธีของ Steel and Torrie (1992) โดยใช้โปรแกรม R version 3.3.1 ตามวิธีของ R Core Team (2016) กำหนดค่านัยสำคัญที่ใช้ในการทดสอบที่ $P < 0.05$ และ $P < 0.01$

ผลการศึกษา

ผลการเสริมสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะในอาหารไก่ไข่ต่อประสิทธิภาพการย่อยได้ของโภชนะ

การเสริมอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 400 กรัม/ตันอาหาร พบว่า ไก่ไข่ที่ได้รับการเสริมอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะมีประสิทธิภาพการย่อยได้แบบปรากฏของไขมันรวมและพลังงานรวมสูงกว่าไก่ไข่กลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) ดังแสดงใน Table 2

โดยที่การเสริมอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะในอาหารไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการย่อยได้แบบปรากฏของวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ เยื่อใยหยาบ และโปรตีนหยาบระหว่างไก่ไข่ทุกกลุ่มการทดลอง ($P > 0.05$)

ผลการเสริมสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต

การทดลองครั้งนี้ พบว่า ไก่ไข่ที่ได้รับการเสริมอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 400 กรัม/ตันอาหาร มีอัตราการผลิตไข่สูงกว่าไก่ไข่กลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) โดยการเสริมอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะในอาหารไก่ไข่ไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ลักษณะอื่น คือปริมาณการกินได้ อัตราการผลิตไข่ น้ำหนักไข่เฉลี่ย น้ำหนักไข่รวม ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ 1 กิโลกรัม และต้นทุนการผลิตไข่ 1 กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับไก่ไข่กลุ่มควบคุม ($P > 0.05$) ดังแสดงใน Table 3

Table 2 Effect of nutritional emulsifier supplementation in laying hen diets on apparent nutrient digestibility

Apparent nutrient digestibility	Nutritional emulsifier supplementation in diets		Pr>T
	Control diet	400 g/ton of feed	
Dry matter (%)	84.368±4.619	85.355±2.601	0.148
Organic matter (%)	83.679±4.277	84.143±2.494	0.230
Crude fiber (%)	48.693±5.132	47.905±3.968	0.532
Ether extract (%)	88.550±0.201	91.380±0.391	0.021*
Crude protein (%)	80.201±2.885	81.921±1.653	0.694
Gross energy (%)	85.400±0.321	88.140±0.240	0.038*

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

ผลการเสริมสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะในอาหารไก่ไข่ต่อโลหิตวิทยา

ไก่ไข่ที่ได้รับการเสริมอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 400 กรัม/ตันอาหาร มีอัตราส่วนเม็ดเลือดขาวชนิด Heterophil ต่อ Lymphocyte (H/L ratio) และระดับกลูโคสลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับไก่ไข่กลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) ส่วนค่าโลหิตวิทยาอื่น ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง ($P > 0.05$) แต่เมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบของกรดไขมันในเลือด พบว่า ไก่ไข่ที่ได้รับการเสริม

อิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 400 กรัม/ตันอาหารมีระดับไตรกลีเซอไรด์ในเลือดต่ำกว่าไก่ไข่กลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) อีกทั้งยัง พบว่า ไก่ไข่ที่ได้รับการเสริมอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 400 กรัม/ตันอาหารมีระดับ HDL และกรดไขมันอิสระในเลือดสูงกว่าไก่ไข่กลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) โดยไก่ไข่ทุกกลุ่มการทดลองมีระดับคอเลสเตอรอลรวมและ LDL ในเลือดใกล้เคียงกัน ($P > 0.05$) ดังแสดงใน Table 4

Table 3 Effect of nutritional emulsifier supplementation in laying hen diets on productive performance

Productive performance	Nutritional emulsifier supplementation in diets		Pr>T
	Control diet	400 g/ton of feed	
Average daily feed intake (g/day)	95.119±7.005	94.193±5.566	0.842
Hen day production (%)	79.336±0.315	81.611±0.224	0.036*
Average egg weight (g)	51.751±0.067	52.021±0.626	0.453
Egg mass (g/day)	41.655±2.125	42.451±0.612	0.252
Feed conversion ratio	2.401±0.053	2.395±0.115	0.081
Feed cost per 1 kg of egg (THB/1 kg of egg)	31.586±0.882	31.601±1.906	0.175

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

Table 4 Effect of nutritional emulsifier supplementation in laying hen diets on hematological value

Hematological value	Nutritional emulsifier supplementation in diets		Pr>T
	Control diet	400 g/ton of feed	
Hematological characteristics			
Hematocrit (%)	27.330±1.240	30.500±3.100	0.390
Hemoglobin (g/dL)	9.860±0.590	10.580±1.290	0.270
RBC (x 10 ⁶ /uL)	1.890±0.030	2.150±0.230	0.090
WBC (1uL)	17,066.660±2,134.310	15,766.660±1,504.800	0.270
Heterophil (%)	53.330±4.980	48.500±8.380	0.520
Lymphocyte (%)	56.330±1.690	59.000±4.960	0.400
H/L Ratio	1.090 ^a ±0.090	0.750 ^b ±0.050	0.007**
Serum biochemical profile			
Cholesterol (mg/dl)	146.000±8.600	155.330±11.890	0.250
HDL (mg/dL)	56.330±1.690	62.330±2.620	0.042*
LDL (mg/dL)	2.660±0.470	2.410±0.500	0.390
Triglyceride (mg/dL)	917.330±17.170	797.240±17.630	0.001**
FFA (uEq/L)	435.710±1.040	460.560±1.300	0.030*
Glucose (mg/dL)	180.290±1.140	178.120 ±1.570	0.020*

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

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

ผลการเสริมสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพทางกายภาพ คุณค่าทางโภชนะของไข่ไก่ และการสะสมคอเลสเตอรอลและกรดไขมันในไข่แดง

ไก่ไข่ที่ได้รับการเสริมอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 400 กรัม/ตันอาหาร พบว่าคุณภาพทางกายภาพไข่ไก่ของไก่ไข่ทุกกลุ่มการทดลอง กล่าวคือ สีเปลือกไข่ (17.667 VS 16.451) น้ำหนักไข่ทั้งฟอง (53.800 VS 53.920 กรัม) น้ำหนักเปลือกไข่ (7.480 VS 7.381 กรัม) ความหนาแน่นเปลือกไข่ (112.273 VS 110.779) น้ำหนักไข่แดง

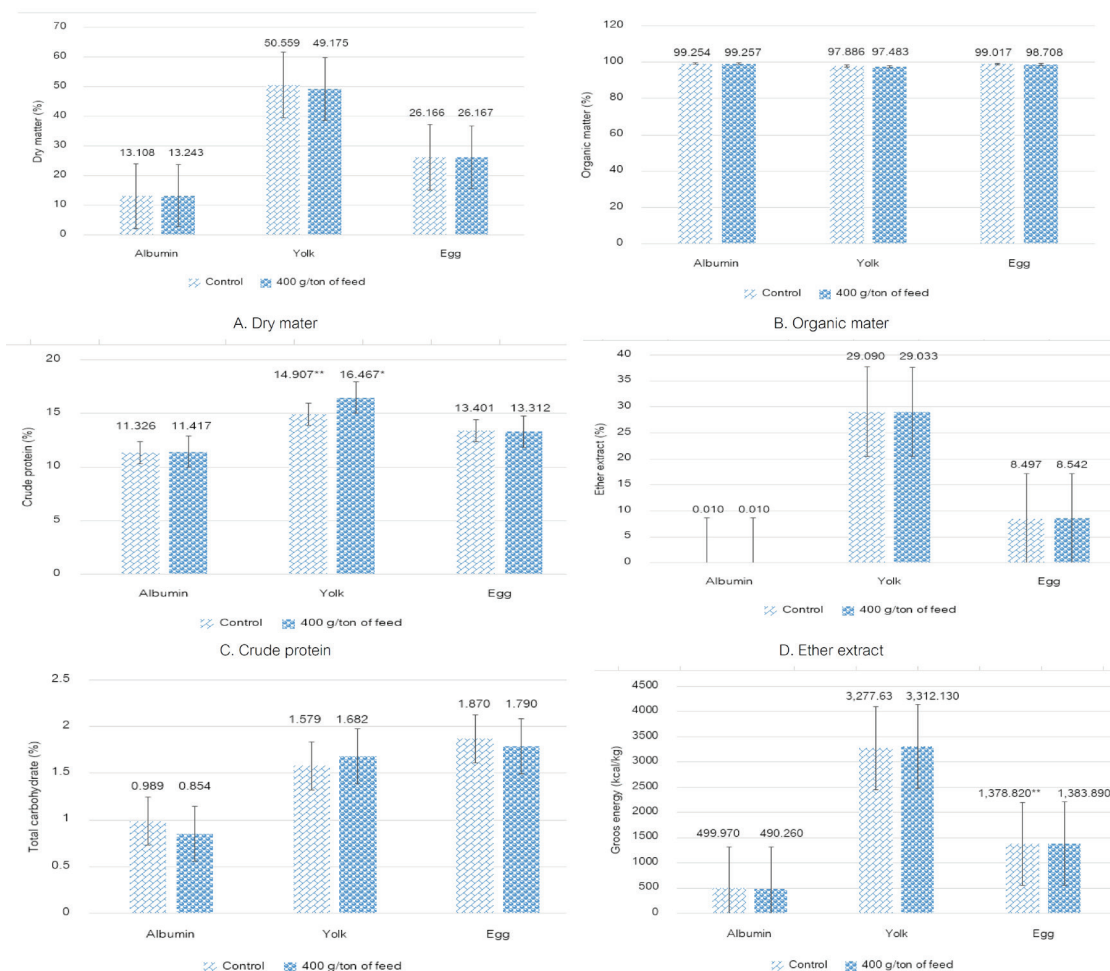
(13.164 VS 13.326 กรัม) น้ำหนักไข่ขาว (33.157 VS 33.254 กรัม) ความสูงไข่ขาว (9.703 VS 9.814 มิลลิเมตร) Haugh unit (98.460 VS 96.810) และคะแนนสีไข่แดง (12.702 VS 12.931) มีค่าใกล้เคียงกัน (P>0.05) เมื่อทำการวัดคุณค่าทางโภชนะในไข่ขาวไข่แดง และไข่ทั้งฟอง พบว่า ไก่ไข่ที่ได้รับการเสริมอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 400 กรัม/ตันอาหารมีค่าโปรตีนหยาบในไข่แดงสูงกว่าไก่ไข่กลุ่มควบคุม (P<0.05) และมีค่าพลังงานรวมในไข่ทั้งฟองสูงกว่าไก่ไข่กลุ่มควบคุม (P<0.05) ส่วนคุณค่าทางโภชนะ คือ วัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ ไขมันรวม

และคาร์โบไฮเดรตในไข่ขาวไข่แดง และไข่ทั้งฟองของไข่ไก่ทุกกลุ่มการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) ดังแสดงใน Figure 1 นอกจากนี้การทดลองพบว่าไข่ไก่ที่ได้รับการเสริมเสริมอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะในอาหารไข่ไก่ที่ระดับ 400 กรัม/ตัน มีระดับคอเลสเตอรอลรวม และการสะสมของกรดไขมันอิ่มตัวกรดปาล์มิติก (Palmitic acid; C16:0) กรดลิโนเลอิก (Linolenic acid; C18:3n3), DHA, และกรดไขมันโอเมก้า 3 สูงกว่าไข่ไก่ที่ได้รับอาหารควบคุม ($P<0.05$) ส่วนระดับกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน รวมถึงค่าดัชนีการเกิดภาวะไขมันสะสมในเส้นเลือด Atherogenic index Δ -9 desaturase (16) index และ Δ -9 desaturase (18) index ในไข่แดงของไข่ไก่ทุกกลุ่มการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) ดังแสดงใน Table 5

วิจารณ์

การทดลองครั้งนี้ทำการเสริมสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะลงในอาหารไข่ไก่สามารถเพิ่มอัตราการย่อยได้ของไขมันและพลังงานรวม ให้ผลการทดลองที่สอดคล้องกับ Allahyari-Bake and Jahanian (2017); Zhang et al., (2015) รวมถึงการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระให้ผลการทดลองที่สอดคล้องกับ Zu et al., (2003) อีกทั้งยังพบว่า ระดับของไตรกลีเซอไรด์ในเลือดลดลง ($P<0.05$) ให้ผลการทดลองที่สอดคล้องกับ Zhou et al., (2017); Zu et al., (2003) นำไปสู่การเพิ่มเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ต่อวันสอดคล้องกับ Mandalawi et al., (2015) รายงานว่าการเสริมเลซิตินสามารถพัฒนาสมรรถภาพการผลิตของไข่ไก่ได้ โดยผลการทดลองที่เกิดขึ้นนั้นสามารถอธิบายได้จากศักยภาพของไลโซฟอสฟาติลโคลีนหรือไลโซเลซิติน (Lysolecithin) และแอลคาร์นิทีนซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในผลิตภัณฑ์อิมัลซิไฟเออร์ที่ให้

โภชนะ กล่าวคือคุณสมบัติของไลโซเลซิตินที่ในโมเลกุลประกอบด้วยทั้งส่วนที่ชอบน้ำ (Hydrophilic) และชอบไขมัน (Lipophilic) ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อในการกระจายตัวและเพิ่มพื้นที่ผิวของไขมันในการสัมผัสกับเอนไซม์ไลเปสในการช่วยสลายโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์เป็นกรดไขมันและกลีเซอรอลและสนับสนุนการก่อตัวของไมเซลล์ (Micelles) ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของลิพิด (Lipolysis) (Upadhaya et al., 2017) ดังนั้นจึงทำให้การย่อยได้ของไขมันรวมและพลังงานรวมของไข่ไก่ในกลุ่มที่ได้รับอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะสูงกว่าไข่ไก่กลุ่มควบคุมทั้งยังส่งผลให้พบปริมาณไขมันและอนุพันธ์ของไขมันชนิดต่าง ๆ ในเลือดสูงขึ้นในกลุ่มไข่ไก่ที่ได้รับอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะ ทั้งนี้เมื่อไขมันเข้าสู่กระแสเลือดเพิ่มขึ้นกรดไขมันต่าง ๆ จะเข้าสู่กระบวนการ ย่อยสลายกรดไขมัน (Fatty acid catabolism) ภายในไมโทคอนเดรีย โดยอาศัยแอลคาร์นิทีนเป็นตัวพา ซึ่งอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะในครั้งนี้ มีองค์ประกอบของแอลคาร์นิทีนที่มีส่วนสำคัญในการขนส่งกรดไขมันสายยาวเข้าสู่เมทริกซ์ของไมโทคอนเดรียและสู่กระบวนการเผาผลาญกรดไขมัน (β -oxidation) ส่งผลต่อการเพิ่มพลังงานในรูปของ Adenosine triphosphate (ATP) จากการสลายไขมันในกระบวนการดังกล่าว ดังนั้นเมื่อมีพลังงานเพิ่มขึ้นพลังงานต่าง ๆ เหล่านี้ก็จะถูกนำมาสะสมและนำไปใช้ในการดำรงชีพการเจริญเติบโตของคัพภะและการสร้างผลผลิต (Zhai et al., 2008) นอกจากนี้จากการที่การย่อยและดูดซึมไขมันมากขึ้นอาจส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณของกรดไขมันโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดไขมันเชิงซ้อนสายยาว (Polyunsaturated fatty acid: PUFA) ซึ่งจากรายงานของ Kim et al. (2015) พบว่า การสร้างเอสโตรเจนอาจเป็นผลมาจากอิทธิพล PUFA และส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของผลผลิตไข่และมวลไข่



*, ** Mean with symbol with in figures differ significantly ($P < 0.05$)

Figure 1 Effect of nutritional emulsifier supplementation in laying hen diets on nutritive value in egg

นอกจากนี้ Gandomani et al. (2014) รายงานว่า สัดส่วนของกรดไขมันโอเมก้า-3 ต่อโอเมก้า-6 ระดับสูง มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตที่สูงขึ้นของไข่และสามารถเพิ่มจำนวนฟอลลิเคิลสีเหลืองในรังไข่มากกว่ากลุ่มควบคุม (Rahman et al., 2015) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองนี้ พบว่า ไข่ที่ได้รับอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนาามีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ต่อวันเพิ่มขึ้นมากกว่าไข่กลุ่มควบคุม อีกทั้งสารในกลุ่มฟอสฟาติดิลโคลีนหรือเลซิทินมีองค์ประกอบของโคลีนในโครงสร้าง ซึ่งโคลีนอิสระสามารถเกิดจากการสลายฟอสฟาติดิลโคลีน โดยเป็นปฏิกิริยาย้อนกลับใน Kennedy pathway โดยโคลีนเหล่านี้สามารถ

เกิดการออกซิเดชันให้ได้บีเทน โดยบีเทนเป็นตัวกลางให้หมู่เมทิลในกระบวนการเมทิลทรานสเฟอเรส เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นผู้ให้หมู่เมทิล (Methyl donor) จึงมีความจำเป็นในปฏิกิริยาชีวเคมีของเมทไธโอนีน (Methionine) และโฮโมซิสทีน (Homocysteine) (Veth, 2010) หรือสามารถสลายฟอสฟาติดิลโคลีนผ่านกระบวนการ Phosphatidyl ethanolamine methyltransferase (PEMT) เป็นเอสอะดีโนซิลเมทไธโอนีน และเอสอะดีโนซิลซิสทีนเพื่อสร้างเป็นเมทไธโอนีน และโฮโมซิสทีน รวมถึงบีเทนต่อไป (Vanch, 2013) ซึ่งความสามารถในการชดเชยเมทไธโอนีนมีบทบาทสำคัญสำหรับการเจริญเติบโต

การเมแทบอลิซึมของเนื้อเยื่อและการสร้างฟองไข่ โดยเมทไธโอนีนจัดเป็นกรดอะมิโนที่มีขนาดเป็นอันดับแรก (First limiting amino acid) ในอาหาร สัตว์ปีกทำหน้าที่เป็นกรดอะมิโนตัวแรกที่ใช้ในการสังเคราะห์โปรตีน ดังนั้นเมื่อมีการสังเคราะห์โปรตีนเพิ่มขึ้นโปรตีนเหล่านี้ก็จะถูกนำไปใช้ในการสร้างผลผลิตไข่ร่วมกับพลังงานเพิ่มขึ้นดังที่ได้กล่าวข้างต้น

อีกทั้งการทดลองครั้งนี้พบว่า ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะมีค่าสัดส่วนของ H/L และระดับกลูโคสในเลือดต่ำกว่าไก่ไข่กลุ่มควบคุม ซึ่งสามารถอธิบายได้จาก Altan et al. (2000) รายงานว่าสัตว์ที่อยู่ในสภาวะเครียดจะมีการหลั่งฮอร์โมนหลายชนิด เช่น คอร์ติซอล (Cortisol) ซึ่งมีผลกดภูมิคุ้มกันโรคของร่างกายทำให้ค่า H/L ratio เพิ่มขึ้น ทั้งยังทำให้ระดับน้ำตาลสูงในกระแสเลือดด้วยกระตุ้นเซลล์ตับให้เปลี่ยนกรดไขมัน และกรดอะมิโนในบางตัวเป็นกลูโคส และเก็บสะสมไว้ในรูปของไกลโคเจน (Gluconeogenesis) เรียกว่า กลูโคส สparing เอฟเฟก (Glucose sparing effect) ซึ่งเป็นขบวนการที่สำคัญ เพราะจะมีผลในการสำรองน้ำตาลกลูโคสไว้ใช้งานได้ตลอดเวลา รวมทั้งโดยปกติแล้วความเครียดของไก่ไข่จากความร้อนส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และทำให้ได้ผลผลิตเป็นอนุมูลอิสระ ทั้งนี้อนุมูลอิสระจะเข้าทำลายผนังของเซลล์เนื่องจากผนังเซลล์จะประกอบด้วยไขมันส่งผลให้มีปริมาณของอนุมูลอิสระมากขึ้นทำให้เกิดสภาวะไม่สมดุลและทำให้เกิดสภาวะ Oxidative stress ซึ่งสภาวะนี้อนุมูลอิสระที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่สร้างผลเสียต่อร่างกาย คือสาเหตุที่ทำให้ความเข้มข้นของน้ำในเซลล์เพิ่มสูงขึ้น การเกิดแรงดันออสโมติกและส่งผลให้เซลล์สูญเสียน้ำ ดังนั้นไก่ไข่จำเป็นต้องใช้พลังงานจำนวนมากมารักษาสสมดุลของน้ำในเซลล์และอุณหภูมิของร่างกาย จากรายงานของ Albuquerque et al. (2017) รายงานว่าบีเทนจะเข้าไปช่วยรักษาสสมดุลน้ำภายในเซลล์ โดยบีเทนเป็นตัวกลางให้หมู่เมทิลในกระบวนการเมตาบอลิซึมเนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นผู้ให้หมู่เมทิล (Methyl donor) จึงมีความจำเป็นในปฏิกิริยาชีวเคมีของเมทไธโอนีน (Methionine) และโฮโมซิสทีน (Homocysteine) ทำให้ช่วยลดระดับโฮโมซิสทีนในพลาสมาและช่วยการทำงานของตับที่เกี่ยวข้องกับ

ไขมันให้ดีขึ้น อีกทั้งยังช่วยรักษาความสมดุลภายในเซลล์ (Osmoprotectant) เมื่อเซลล์ยังอยู่ในภาวะสมดุลเม็ดเลือดจึงเกิดความเสียหายจากปฏิกิริยาออกซิเดชันน้อยกว่า ส่งผลต่อค่าเม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลลดลงลิพิดฟอสฟอรัสเพิ่มและแปรผันตรงต่อค่า H/L ratio เมื่อเปรียบเทียบกับไก่ไข่กลุ่มควบคุม

ทั้งนี้การทดลองครั้งนี้ยัง พบว่า การเสริมสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะมีผลต่อการเพิ่มปริมาณของคอเลสเตอรอล HDL ในเลือด แต่ไม่มีผลต่อคอเลสเตอรอลรวม ($P>0.05$) ซึ่งอธิบายได้โดยฟอสฟาติดีลโคลีน เป็นสารที่เป็นส่วนประกอบของเลซิตินมีหน้าที่ในการทำหน้าที่เป็นตัวสลายไขมัน หรือคอเลสเตอรอลด้วย เอนไซม์ Lecithin cholesterol acyltransferase (LCAT) ที่จะช่วยเปลี่ยนคอเลสเตอรอลให้เป็นคอเลสเตอรอลเอสเทอร์เก็บไว้ในแกนกลางของ High density lipoprotein (HDL) เพื่อนำไขมันไปสลายที่ตับ (Mashaghi et al., 2013) นอกจากนี้การเสริมอิมัลซิไฟเออร์ที่ให้โภชนะช่วยในการสะสมกรดไขมันลิโนเลอิก (C18:3n3) DHA (C22:6n3) และโอเมก้า 3 ในไข่แดง ($P<0.05$) รวมทั้งช่วยในการสะสมคอเลสเตอรอลรวม กรดไขมันอิ่มตัวรวม และกรดปาล์มิติก (C16:0) ในไข่แดง สอดคล้องกับการทดลองของ Zhai et al., (2008) ที่ทำการทดลองเสริมคาร์นิตินในอาหารไก่พันธุ์เพศเมีย พบว่า ไข่แดงมีการสะสมของคาร์นิตินเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังมีการสะสมของกรดไขมัน เช่น กรดลิโนเลอิก กรดลิโนเลนิก และ DHA โดยคาร์นิตินที่เพิ่มขึ้นในไข่แดงมีผลต่อการใช้ประโยชน์ของไขมันสำหรับการเจริญเติบโตของตัวอ่อนที่สามารถใช้กรดลิโนเลอิกและกรดลิโนเลนิกในการส่งผ่านจากไข่แดงสู่ตัวอ่อนในระหว่างการเจริญเติบโตมากกว่ากรดไมริสติกและกรดโอเลอิก โดยการใช้ประโยชน์จากแอลคาร์นิตินต่อการเมตาบอลิซึมไขมันอธิบายได้ตามการศึกษาโดยใช้ Hyperlipidemic animal models (Jia et al., 2014) นอกจากนี้ยังสามารถอธิบายการสะสมของกรดไขมันในไข่แดงได้จากรายงานของ Huang et al. (2008) พบว่า เลซิตินมีผลต่อการเพิ่มการเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ Lipogenesis เช่น Acetyl-CoA Carboxylase (ACC), Malic enzyme (ME), Fatty Acid Synthase (FAS) และ Stearoyl-CoA ($\Delta 9$)

Desaturase 1 (SCD1) เป็นต้น ล้วนมีส่วนช่วยควบคุม การเผาผลาญของไขมันในตับ ช่วยลดไตรกลีเซอไรด์ และเพิ่มระดับ HDL ในกระแสเลือด นอกจากนี้มี

อิทธิพลโดยตรงต่อยีน Sterol regulatory element-binding protein (SREBP) ทำหน้าที่กระตุ้นการ สังเคราะห์กรดไขมันในตับ

Table 5 Effect of nutritional emulsifier supplementation in laying hen diets on enrichment of yolk cholesterol and fatty acid profile

Fatty acid composition in yolk (g/100 g total fat)	Nutritional emulsifier supplementation in diets		Pr>T
	Control diet	400 g/ton of feed	
Cholesterol	1,442.661±31.964	1,631.505±52.185	0.045*
Total SFA ¹	8.480±0.170	9.280±0.095	0.001**
-Myristic acid (C14:0)	0.075±0.005	0.085±0.005	0.225
-Pentadecanoic acid (C15:0)	0.020±0.001	0.020±0.001	0.345
-Palmitic acid (C16:0)	6.420±0.190	6.920±0.050	0.025*
-Margaric acid (C17:0)	0.060±0.005	0.065±0.001	0.225
-Stearic acid (C18:0)	1.890±0.100	2.170±0.070	0.104
-Arachidonic acid (C20:0)	0.010±0.003	0.010±0.005	0.158
Total MUFA ²	12.280±1.040	12.820±0.194	0.526
-Myristoleic acid (C14:1)	0.010±0.003	0.010±0.005	0.158
-Palmitoleic acid (C16:1n7)	0.735±0.065	0.745±0.005	0.800
-Vaccenic acid (C18:1n7c)	10.835±0.895	11.32±0.220	0.529
-Oleic acid (C18:1n9)	0.060±0.066	0.625±0.025	0.341
-Eicosenoic acid (C20:1n9)	0.075±0.015	0.090±0.001	0.225
-Nervonic acid (C24:1n9)	0.025±0.005	0.030±0.003	0.225
Total PUFA ³	5.600±0.425	6.02±0.280	0.415
-Linoleic acid (C18:2n6)	4.753±0.370	5.040±0.020	0.445
-Linolenic acid (C18:3n3)	0.090±0.020	0.125±0.005	0.046*
-C20:3n6	0.045±0.005	0.045±0.005	0.897
-DGLA (C20:2n6)	0.060±0.010	0.070±0.010	0.477
-Arachidonic acid (C20:4n6)	0.555±0.025	0.610±0.050	0.332
-DHA (C22:6n3)	0.125±0.005	0.145±0.005	0.001**
Total n3 ⁴	0.200±0.010	0.220±0.010	0.040*
Total n6 ⁵	5.405±0.425	5.800±0.270	0.428
Total n9 ⁶	0.700±0.080	0.720±0.020	0.622
n3/n6 ratio ⁷	0.037±0.003	0.038±0.001	0.622
SFA/USFA ratio ⁸	0.471±0.240	0.494±0.191	0.421
Iodine value	18.725±0.189	20.456±0.172	0.032*
Atherogenic index	0.385±0.011	0.376±0.0191	0.671
Δ-9 desaturase (16) index	9.750±0.564	9.246±0.001	0.259
Δ-9 desaturase (18) index	24.126±2.797	22.358±0.134	0.369

* Mean with symbol with in same row differ significantly ($P<0.05$), **Mean with symbol with in same row differ significantly ($P<0.01$), ¹ Total SFA = Total saturated fatty acid, ² Total MUFA = Total monounsaturated fatty acid, ³Total PUFA = Total polyunsaturated fatty acid, ⁴Total n3= Omega-3 fatty acid, ⁵Total n6= Omega-6 fatty acid, ⁶Total n9= Omega-9 fatty acid, ⁷n3/n6 ratio= Omega-3 fatty acid/Omega-6 fatty acid, ⁸SFA/USFA ratio= saturated fatty acid/unsaturated fatty acid

สรุป

การเสริมอีมีลซีไฟเออร์ที่ให้โภชนะในอาหารช่วยเพิ่มการย่อยได้ของโภชนะแบบปรากฏของไขมันรวมและพลังงานรวม รวมถึงสามารถเพิ่มอัตราการผลิตไข่ต่อวันสูงกว่าไก่เนื้อกลุ่มควบคุม ทั้งนี้ยังพบว่า การเสริมอีมีลซีไฟเออร์ที่ให้โภชนะในอาหารช่วยลดสัดส่วนของ H/L ratio คอเลสเตอรอลรวม ไตรกลีเซอไรด์ และระดับน้ำตาลกลูโคส รวมทั้งช่วยเพิ่มคอเลสเตอรอลชนิด HDL กรดไขมันอิสระในเลือด โปรตีนในไข่แดง และพลังงานรวมในไข่ทั้งฟอง นอกจากนี้ยังพบว่า การเสริมอีมีลซีไฟเออร์ที่ให้โภชนะช่วยในการสะสมกรดไขมัน Linolenic acid (C18:3n3) DHA (C22:6n3) โอเมก้า 3 และ Iodine value ในไข่แดง แม้ว่าการทดลองครั้งนี้พบว่า ระดับคอเลสเตอรอล กรดไขมันอิ่มตัวรวม และ Palmitic acid (C16:0) จะเพิ่มขึ้นเมื่อเสริมอีมีลซีไฟเออร์ที่ให้โภชนะ หากแต่ไม่ส่งผลต่อค่าดัชนีการเกิดภาวะไขมันสะสมในเส้นเลือด (Atherogenic index: AI) Δ -9 desaturase (16) และ Δ -9 desaturase (18) ดังนั้นไข่ไก่จากไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมอีมีลซีไฟเออร์ที่ให้โภชนะจึงมีความเหมาะสมสำหรับเป็นอาหารเพื่อสุขภาพทางเลือก

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี การเกษตรมหาวิทยาลัยศิลปากร ที่สนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณบริษัทบิองเว็ลจำกัดที่เชื้อเพื่อผลิตภัณฑ์อีมีลซีไฟเออร์ที่ให้โภชนะสำหรับใช้ในการวิจัยครั้งนี้ รวมถึงขอขอบพระคุณ ฟาร์มสัตว์ปีก วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเพชรบุรี ที่เชื้อเพื่อสถานที่เลี้ยงสัตว์ทดลอง ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ และห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ไข่ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์ตัวอย่าง

เอกสารอ้างอิง

- Albuquerque, A., J.A. Neves, M. Redondeiro, M. Laranjo, M.R. Félix, A. Freitas, J.L. Tirapicos, and J.M. Martins. 2017. Long term betaine supplementation regulates genes involved in lipid and cholesterol metabolism of two muscles from an obese pig breed. *Meat Sci.* 124: 25-33
- Allahyari-Bake, S., and R. Jahanian. 2017. 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.* 96: 1149-1158.
- Altan, O., A. Altan, M. Cabuk, and H. Bayraktar. 2000. Effect of heat stress on some blood parameter in broiler. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 24: 145-148.
- AOAC, 2000. Official methods of analysis. 17th ed. The Association of official analytical chemists, Gaithersburg, MD, USA.
- Attia, Y.A., A.S. Hussein, A.E. TagEl-Din, E.M. Qota, A.I. El-Ghany, and A.M. El-Sudany. 2015. Improving productive and reproductive performance of dual-purpose crossbred hens in the tropics by lechitin supplementation. *Trop. Anim. Health. Prod.* 41:461-475.
- Beemster, P., P. Groenen, and R. Sterrers-theunssen. 2002. Involvement of innsital in reproduction. *Nutr. Rev.* 60:80-87.
- Elkin, R.G., and E.S. Lorenz. 2009. Feeding laying hens a bioavailable soy sterol mixture fails to enrich their eggs with phytosterols or elicit egg yolk compositional changes. *Poult. Sci.* 88: 152-158.
- FAO. 2014. FAO statistical yearbook 2014 Asia and the Pacific food and agriculture. Food and agriculture organization of the United Nations regional office for Asia and the Pacific. Bangkok, Thailand.

- Fariborz, K., and Z. Khajali. 2014. L-carnitine supplementation decreases lipid peroxidation and improves cardiopulmonary function in broiler chicken reared at high altitude. *Acta Veterinaria Hungarica*. 62: 489–499.
- Firman, J.D., A. Kamyab, and H. Leigh. 2008. Comparison of fat source in rations of broilers from hatch to market. *Int. J. Poult. Sci.* 7:1152-1155.
- Gandomani, V.T., A.H. Mahdavi, H.R. Rahmani, A. Riasi, and E. Jahanian. 2014. Effects of different levels of clove bud (*Syzygium aromaticum*) on performance, intestinal microbial colonization, jejunal morphology, and immunocompetence of laying hens fed different ω -6 to ω -3 ratios. *Livest. Sci.* 167: 236–248.
- Gangane, G.R., N.Z. Gaikwad, K. Ravikanth, and S. Maini, 2010, The Comparative effects of synthetic choline and herbal choline on hepatic lipid metabolism in broilers, *Veterinary World*, 3: 318-320.
- He, L. W., Q.X. Meng, D.Y. Li, Y.W. Zhang, and L.P. Ren. 2015 Meat quality, oxidative stability and blood parameters from Graylag geese offered alternative fiber sources in growing period. *Poult. Sci.* 94:750–757.
- Huang J, D. Yang, S. Gao, and T. Wang. 2008. Effects of soy-lecithin on lipid metabolism and hepatic expression of lipogenic genes in broiler chickens. *Livest. Sci.* 18: 53-60.
- Jia, R., Y.H. Bao, Y. Zhang, C. Ji, and L.H. Zhao. 2014. Effects of dietary α -lipoic acid, acetyl-L-carnitine, and sex on antioxidative ability, energy, and lipid metabolism in broilers. *Poult. Sci.* 93: 2809–2817.
- Kim, S., Y. Jin, and Y. Park. 2015. Estrogen and ω -3 polyunsaturated fatty acid supplementation have a synergistic hypotriglyceridemic effect in ovariectomized rats. *Genes and Nutr.* 10: 10-26.
- Kluth, H., and M. Rodehutschord. 2006. Comparison of amino acid digestibility in broiler chicken, turkey, and Pekin ducks. *Poult. Sci.* 85:1953-160.
- Laudadio, V., and V. Tufarelli. 2011. Influence of substituting dietary soybean meal for dehulled-micronized lupin (*Lupinus albus* cv. Multitalia) on early phase laying hens production and egg quality. *Livest. Sci.* 140: 184-188.
- Lepage, G., and C.C. Roy. 1986. Direct transesterification of all classes of lipids in a one-step reaction. *J. Lipid. Res.* 27: 114–120.
- Mandalawi, H.A., R. Lazaro, M. Redon, J. Herrera, D. Menoyo, and G.G. Mateos. 2015. Glycerin and lechitin inclusion in diets for brown egg-laying hens: Effects on egg production and nutrient digestibility. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 209:145-156.
- Mashaghi S, T. Jadidi, G. Koenderink, and A. Mashaghi. 2013. Lipid Nanotechnology. *Int. J. Mol. Sci.* 14: 4242–4282.
- Meng, Q., S. Sun, Y. Sun, J. Di, D. Wu, A. Shan, A. Shan, B. Shi, and B. Cheng. 2018. Effects of dietary lechitin and L-carnitine on fatty acid composition and lipid metabolic genes expression in subcutaneous fat and longissimus thoracis of growing-finishing pigs. *Meat Sci.* 136:68-78.
- Mun, S., E.A. Decker, and D.J.M. Clements. 2007. Influence of emulsifier type on in vitro digestibility of lipid droplets by pancreatic lipase. *Food Res. Int.* 40: 770-781.
- Murali P., S. K. George, K. Ally, and M. T. Dipu. 2015. Effect of L-carnitine supplementation on growth performance, nutrient utilization, and nitrogen balance of broilers fed with animal fat. *Veterinary World*. 8:482-486.

- Myers, W.D., P.A. Ludden, V. Nayigihugu, and B.W. Hess. 2004. 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. NRC, Washington, D.C.
- Pérez-Bonilla, A., S. Novoa, J. García, M. Mohiti-Asli, and M. Frikha. 2012. Effects of energy concentration of the diet on productive performance and egg quality of brown egg-laying hens differing in initial body weight. *Poult. Sci.* 91: 3156–3166.
- R Core Team. 2016. R. A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Austria.
- Rahman A. M, A.H. Mahdavi, H.R. Rahmani, and E. Jahanian. 2015. Effects of different levels of clove bud (*Syzygium aromaticum*) on yolk biochemical parameters and fatty acids profile, yolk oxidative stability, and ovarian follicle numbers of laying hens receiving different ω -6 to ω -3 ratios. *Anim. Feed Sci. Tech.* 206: 67-75.
- Steel, R.G.D., and J.H. Torrie. 1992. Principles and Procedure Statistics. 2nd Edn. McGraw-Hill Book Co., Inc., Singapore.
- Upadhaya, S.D., J.S. Lee, K.J. Jung, and I.H. Kim. 2017. 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.* 97: 255–261.
- Van Elswyk, M.E. 1997. Comparison of n-3 fatty acid source in laying hen rations for improvement of whole egg nutritional quality: A review. *Brit. J. Nutr.* 78:s61-69.
- Vance, D.E. 2013. Physiological roles of phosphatidylethanolamine N-methyltransferase, *Biochimica et Biophysica Acta*, 1831: 626–32
- Vetch, M.D. 2010. Choline's key role. *Feedstuffs.* 5: 16.
- Xu, Z.R., M.Q. Wang, H.X. Mao, X.A. Zhan, and C.H. Hu. 2003. Effects of L-carnitine on growth performance, carcass composition, and metabolism of lipids in male broilers. *Poult. Sci.* 82: 408–413.
- 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.* 15:521-528.
- 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.* 87:1171–1181.
- Zhang, B., L. Haitao, D. Zhao, Y. Guo, and A. Barri. 2011. Effect of fat type and lysophosphatidylcholine addition to broiler diets on performance, apparent digestibility of fatty acids, and apparent metabolizable energy content. *Anim. Feed. Sci. Tech.* 163: 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: 1341–1347.
- Zhou, P.Y., H.L. Li, M.M. Hossain, and I.H. Kim. 2015. Effect of emulsifier (lysophospholipid) on growth performance, nutrient digestibility and blood profile in weaning pigs. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 207:190-195.