Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University
Volume 5 Number 2 March – April 2018 ISSN 2408 - 1248

ผลของการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนในอาหารของไก่ไข่ (ระยะท้าย) ต่อการย่อยได้ของโภชนะ สมรรถนะการผลิต คุณภาพไข่ คอเลสเตอรอลและการสะสมของกรดไขมันโอเมก้าในไข่ไก่*

Effects of dietary perilla mint seed supplementation in laying hen (late period) diets on digestibility, performance, eggs quality, cholesterol, and enrichment of omega fatty acid in eggs

มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี (Manatsanun Nopparatmaitree)**
อณัญญา ปานทอง (Anunya Panthong)***
จารุวรรณ ธูปแช่ม (Jaruwan Thubcham)**
ธนิษฐา โมราวงษ์ (Thanidtha Morawong)**
ทับทิมทิพย์ อินกอง (Thabthimthip Inkong)**
ชลธิชา ดวงดี (Chonticha Duongdee)**
อิศรพงษ์ เผือกเงิน (Isaraphong Phuekngern)**
และ วรางคณา กิจพิพิธ (Warangkana Kitpipit)**

บทคัดย่อ

เมล็ดงาขี้ม้อน (*Perilla frutescence* Britton var. japonica Hara, Labiatae) ประกอบด้วยกรดไขมันโอเมก้า 3 สูงโดยมีสัดส่วนประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ของกรดไขมันทั้งหมด การทดลองนี้มุ่งศึกษาผลการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนในอาหารไก่ไข่ โดยใช้ไก่ไข่สายพันธุ์ Hisex Brown® จำนวน 240 ตัว อายุ 60 สัปดาห์ ทำการเลี้ยงในโรงเรือนเปิดภายใต้สภาพแวดล้อมตามธรรมชาติวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) ประกอบด้วย 4 ทรีทเมนต์ 4 ซ้ำ (n=15) ดังนี้ การเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 0, 10, 30 และ 50 กรัมต่อกิโลกรัม โดยทดลองทั้งหมด 56 วัน ไก่ไข่ได้รับอาหารแบบจำกัด 110 กรัมต่อตัวต่อวันและให้น้ำสะอาดแบบเต็มที่ ผลการทดลอง พบว่า การเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนในอาหารไก่ไข่ไม่มีผลต่อการย่อยได้โภชนะ (P>0.05) ทั้งยังพบว่าการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 10 ถึง 50 กรัม/กิโลกรัม มีศักยภาพในการเพิ่มผลผลิตไข่ต่อวัน น้ำหนักไข่เฉลี่ย มวลไข่

* การวิจัยและพัฒนารูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่ร่วมกับการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนลงในอาหารเพื่อผลิตไข่ไก่สุขภาพอันเป็น การบูรณาการการผลิตปศุสัตว์ กับการใช้ประโยชน์จากฐานทรัพยากรชีวภาพในเชิงเศรษฐกิจ

** คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี ต. สามพระยา อ.ชะอำ จ. เพชรบุรี 76120

Faculty of Animal Science and Agricultural Technology, Silpakorn University, Phetchaburi IT Campus, Sam Phraya, Cha-Am, Phetchaburi, 76120. Thailand. E-mail: Nopparatmaitree_m@silpakorn.edu

*** 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

ประสิทธิภาพการใช้อาหารต่อการผลิตไข่ 1 กิโลกรัม และน้ำหนักไข่แดง (P<0.01) นอกจากนี้ยัง พบว่าการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนในอาหารไก่ไข่ส่งผล ทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลรวม และ HDL ในเลือดของไก่ไข่สูงขึ้น (P<0.01) แต่ระดับ LDL ของทุกกลุ่มการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน (P>0.05) อีกทั้งการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนส่งผลต่อการเพิ่มการสะสมคอเลสเตอรอลรวม กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน และกรดไขมันไม่อิ่มตัวสายยาวเชิงซ้อน (MUFA, PUFA และ LC- PUFA) เช่น Oleic acid (C18:1 **ω**-9), ALA (C18:2 **ω**-3), LA (C18:3 **ω**-6) และ DHA (C22:6 **ω**-3) (P<0.01) โดยการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนทั้ง 3 ระดับ ยังทำให้มีการสะสมรวมถึงกรดไขมันโอเมก้า-3 กรดไขมันโอเมก้า-6 กรดไขมันโอเมก้า-9 และสัดส่วนของกรดไขมันโอเมก้า-3 ต่อ โอเมก้า-6 ในไข่ไก่สูงกว่ากลุ่มควบคุม (P<0.01) การทดลองนี้สรุปว่าเมล็ดงาขี้ม้อนสามารถใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสำหรับไก่ไข่และการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนที่ระดับ 10 กรัมต่อกิโลกรัมในอาหารไก่ไข่มีศักยภาพการในการผลิตไข่ไก่ที่มีการสะสมของกรดไขมันชนิด DHA และ โอเมก้า-3

คำสำคัญ: การย่อยได้ กรดไขมัน ไข่ไก่ เมล็ดงาขี้ม้อน สกัดน้ำมัน สมรรถภาพการผลิต และ อาหารไก่ไข่

Abstract

Perilla mint seeds (*Perilla frutescence* Britton var. japonica Hara, Labiatae) contains the highest proportion of omega 3 fatty acid that occupies approximately 60 % of total fatty acids. The experiment was conducted to examine the utilization of perilla (*Perilla frutescens*) seeds in laying hen diets. Two hundred and forty (Hisex Brown®), sixty weeks of age were raised under ambient temperature and assigned in a completely randomized design (CRD) with four dietary treatments and four replications per treatment (n=15). Each treatment contained different levels of perilla mint seeds as 0, 10, 30, and 50 g/kg. Diets were restricted (110 g/h/d) throughout the study for 56 days and drinking water was offered ad libitum to the birds.The results showed that no significantly different (P>0.05) of nutrients digestibility was observed among levels of perilla mint seed. However, Experiment diet with three level of perilla mint seed supplementation had effect on hen day production, egg weight, egg mass, feed conversion ratio per 1 kg of egg, and yolk weight (P<0.05). Moreover, supplementing perilla mint seed resulted in increased but different cholesterol and HDL in blood (P<0.05) when compared with the control but did not effect on LDL cholesterol (P>0.05). In addition, supplementation of three level of perilla mint seed in diets resulted in significant increase of total cholesterol, MUFA, PUFA, and LC- PUFA in egg yolk, mainly oleic acid (C18:1 **ω**-9), LA (C18:2 **ω**-3), ALA (C18:3 **ω**-6) and DHA (C22:6 **ω**-3) in egg yolk (P<0.01). Furthermore, a result also showed that three levels of perilla mint seed on diets have effected on increase of **ω**-3, **ω**-6, and **ω**-9 fatty acid and **ω**-3 per **ω**-6, ratio in egg yolks

Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University
Volume 5 Number 2 March – April 2018 ISSN 2408 - 1248

(*P*>0.01). The results implied that perilla mint seed could be used as suitable alternative feedstuffs in laying hen diets and showed that the use of diet supplemented with 10 g/kg of perilla mint seed is effective on enhancing of DHA and **ω**-3 fatty acid enrich in egg.

Keywords: Digestibility, Egg, Fatty acid, Layer hen diets, Performance, and Perilla mint seed

บทนำ

งาขี้ม้อน (*Perilla frutescens*) พืชวงศ์กะเพราหรือวงศ์สะระแหน่ที่มีกระจายแพร่หลายในประเทศจีน ญี่ปุ่น เกาหลี เวียดนาม อินเดีย และภาคเหนือของไทย (Heci, 2001) ส่วนใหญ่ใช้เป็นอาหารและยาแผนโบราณ (Kurowska *et al.*, 2003) เนื่องจากพบสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) น้ำมันหอมระเหย(Volatile oils) ไตรเทอร์ปีน (Triterpenes) สารประกอบฟีนอล (Phenolic compound) กรดไขมันจำเป็น และอื่นๆ (Yu *et al.*, 2016) อีกทั้งงาขี้ม้อนสามารถสกัดน้ำมันได้ 31 ถึง 51 เปอร์เซ็นต์ และมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (Polyunsaturated fatty acid: PUFA) ได้แก่ กรดลิโนเลนิก (Alpha linolenic acid: ALA, C18:3 **ω**-3) ประมาณ 55 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ กรดลิโนเลิก (Linoleic acid: LA, C18:2 **ω**-6) 18 ถึง 22 เปอร์เซ็นต์ และ กรดโอเลอิก (Oleic acid, C18:1 **ω**-9) 0.08 ถึง 0.17 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งยังมีวิตามินอีที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติ (Ihara *et al*., 1998) กอปรกับในปี พ.ศ. 2567 ถึง 2568 โลกกำลังเข้าสู่ยุคสังคมผู้สูงอายุ (Aging society) ทำให้มีความต้องการอาหารที่มีประโยชน์เพื่อเสริมสร้างสุขภาพ (Healthy food) ซึ่งไข่ไก่เป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนะที่สมบูรณ์และราคาต่อหน่วยถูกที่สุดและเพื่อให้สอดคล้องต่อการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสอดคล้องกับนโยบายไทยแลนด์ 4.0 ที่ส่งเสริมให้ภาคเกษตรกรรมยกระดับการผลิตอาหารให้มีมูลค่าสูง คือ เป็นโภชนเภสัชภัณฑ์ (Nutraceutical) ที่มีสรรพคุณและประโยชน์ต่อสุขภาพ ประโยชน์ทางยา ป้องกันโรค รักษาโรค หรือ ชะลอความชรา จึงมีแนวคิดในการประยุกต์ใช้ความรู้ในการเพิ่มวัตถุดิบที่มีสารพฤกษเคมี (Phytochemical) ปริมาณสูงลงในอาหารสัตว์เพื่อให้มีการเก็บสะสมสารต่างๆในผลิตภัณฑ์ นำสู่การผลิตสร้างผลผลิตที่มีคุณสมบัติเป็นอาหารสร้างเสริมสุขภาพ (Functional food) (Cachaldora *et al*., 2008; Fraeye *et al*., 2012) ปัจจุบันมีหลายงานวิจัยที่ศึกษาแนวทางการเติมแหล่งของกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3, 6, และ 9 ในอาหาร เนื่องจากมีประโยชน์ต่อผู้บริโภคหลายด้าน เช่น การป้องกันหลอดเลือดอุดตัน การเกิดโรคหัวใจ (Gogus and Smith, 2010) การบำรุงและพัฒนาสมอง (Yashohara *et al*., 2009) จากการวิจัยของ El-Sohemy and Archer (1997) พบว่า เมื่อสัตว์ได้รับอาหาร **ω**-3 PUFA การทำงานของไฮดรอกซี 3-3-Methylglutaryl coenzyme A (HMG-CoA) reductase ส่งผลต่อการลดการสังเคราะห์คอเลสเตอรอล (Cholestero-genesis) อีกทั้ง Spady (1993) พบว่า กรดลิโนเลนิกสามารถสร้างเป็น EPA และ DHA ในตับและกรดไขมันที่ถูกสังเคราะห์แล้วขนส่งมาเก็บสะสมในไข่แดง (Jiang *et al*., 1991) โดยสัตว์สามารถเปลี่ยนกรดลิโนเลอิกและกรดลิโนเลนิกไปเป็นกรดอะแรคชิโดนิก (Arachidonic acid, C20:4 **ω**-6) โดยการสร้างพันธะคู่ (Desaturation) และอาศัยเอนไซม์ **Δ**-6-Desaturase แล้วเพิ่มความยาว (Elongation) ของสายโซ่กรดไขมันด้วยการต่อคาร์บอนทีละคู่โดยอาศัยเอมไซม์อีลองเกส (Elongase) (Bézard *et al*., 1994) โดยถ้ากรดไขมันตั้งต้นคือกรดลิโนเลนิก

เอนไซม์ Δ-5-Desaturase จะทำหน้าที่เติมพันธะคู่ให้กับกรดอะแรคชิโดนิกเป็น Eicosapentaenoic acid: EPA (C20: ω-5) เพื่อเข้าสู่กระบวนการสร้างกรดไขมัน Docosacexaenoic acid: DHA แต่หากกรดไขมันตั้งต้นคือกรดลิโนเลอิก เอนไซม์ Δ-5-Desaturase ทำหน้าที่สร้างพันธะคู่ให้กับกรดไขมัน C20:3 ω-7 ได้เป็นกรดอะแรคชิโดนิก (C20:4 ω-7) เท่านั้น (Trautwein, 2001) ดังนั้นการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนที่มีกรดลิโนเลนิก กรดลิโนเลิกและกรดโอเลอิกสูงในอาหารไก่ไข่จึงมีน่าจะมีศักยภาพในการสร้าง EPA และ DHA ในตับและขนส่งมาเก็บสะสมในไข่แดง

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาลำดับต้นๆในประเทศไทยที่มุ่งศึกษาการใช้นำใช้ประโยชน์จากเมล็ดงาขี้ม้อนและพัฒนาสูตรอาหารสำหรับการเลี้ยงไก่ไข่เพื่อมุ่งเป้าหมายในการผลิตไข่ไก่สุขภาพ (Functional eggs) ที่มีการสะสมของโภชนสารที่เป็นประโยชน์ รวมทั้งเพิ่มมูลค่าของไข่ไก่ให้สูงขึ้น อันเป็นการบูรณาการการผลิตปศุสัตว์กับการใช้ประโยชน์จากฐานทรัพยากรชีวภาพในเชิงเศรษฐกิจ (Bioeconomy)

วิธีการศึกษา

การออกแบบการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ใช้ไก่ไข่สายพันธุ์ Hisex Brown® อายุประมาณ 60 สัปดาห์ จำนวน 240 ตัว สุ่มเข้าสู่แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomize design: CRD) ประกอบด้วย 4 ทรีทเมนต์ ทรีทเมนต์ละ 4 ซ้ำ รวมทั้งหมด 16 หน่วยทดลอง (n=15) โดยมีทรีทเมนต์ทดลองที่แตกต่างกัน คือ ทรีทเมนต์ที่ 1 อาหารควบคุม ส่วนทรีทเมนต์ที่ 2, 3, และ 4 คือ อาหารควบคุมร่วมกับเมล็ดงาขี้ม้อนที่ระดับ 10 30 และ 50 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยทำการจัดการการเลี้ยงไก่ไข่ทดลองทั้งหมดบนกรงตับภายในโรงเรือนแบบเปิดในระหว่างเดือนพฤศจิกายน ถึง ธันวาคม และให้อาหารไก่ไข่ระยะให้ไข่ที่มีข้าวโพดและกากถั่วเหลืองเป็นพื้นฐานมีค่าโปรตีนหยาบ 18 เปอร์เซ็นต์ ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ 2,850 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัมตามคำแนะนำของ NRC (1994) และได้รับน้ำสะอาดอย่างเต็มที่

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะและการวัดการย่อยได้ของโภชนะของอาหารในไก่ไข่

การวัดค่าการย่อยได้ของโภชนะในอาหารไก่ไข่ภายในตัวสัตว์ (*In vivo*) ด้วยวิธีการวัด การย่อยได้รวม (Total tract nutrient digestibility) โดยใช้สารบ่งชี้ (Indicator marker) คือ โครมิกซ์ ออกไซด์ (Cr_2O_3) 0.3 เปอร์เซ็นต์ในอาหารทดลองตามวิธีของ Fenton and Fenton (1979) โดยใช้ระยะเวลาทดสอบ 15 วัน แบ่งออกเป็น 2 ช่วงดังนี้ ช่วงที่ 1 คือ 0-10 วันแรกเป็นช่วงปรับสัตว์ (Adaptation period) และช่วงที่ 2 คือ 11-15 วันสุดท้ายเป็นช่วงเก็บตัวอย่างทดลอง (Experimental period) โดยทำการสุ่มเก็บอาหารทดลองในถึงเก็บตัวอย่างและเก็บมูลไก่ไข่ในแต่ละหน่วยทดลองลงในถุงที่มี H_2SO_4 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ แล้วรวบรวมตัวอย่างมูลมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ - 20 องศาเซลเซียส เพื่อรอวิเคราะห์ตามวิธีของ Mountzouris *et al.* (2011); Giang *et al.* (2012) จากนั้นทำการเตรียมตัวอย่างโดยนำตัวอย่างมูลมาละลายที่อุณหภูมิห้องและนำเข้าอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสจนแห้งแล้วทำการบดแล้วเก็บตัวอย่างใส่ในถุงกันความชื้นเพื่อนำไปวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนะ คือ วัตถุแห้ง (Dry matter), โปรตีนหยาบ (Crude protein), ไขมันรวม (Ether extract), เยื่อใยหยาบ (Crude fiber) และ พลังงานรวม (Gross energy) ตามวิธีของ AOAC (2000) รวมถึงวิเคราะห์ค่าโครมิกซ์ออกไซด์ (Cr_2O_3) ในตัวอย่างอาหารไก่ไข่ทดลองและตัวอย่างมูลตามวิธีของ AOAC

(2000) แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาคำนวณหาค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (Apparent dry matter digestibility) จากสูตร ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง = **[**{(% Cr_2O_3ในมูล - % Cr_2O_3 ในอาหาร) x 100**}/**{% Cr_2O_3ในมูล}] และ ค่าการย่อยได้ ของโภชนะรวม (Apparent nutrient digestibility) จากสูตร ค่าการย่อยได้ของโภชนะรวม =100-[100x{(% Cr_2O_3 ในอาหาร/% Cr_2O_3 ในมูล) x (% โภชนะในมูล/% โภชนะในอาหาร)}] ตามวิธีของ Sharifi *et al.* (2012)

การวัดสมรรถนะการผลิตของไก่ไข่

ทำการเลี้ยงไก่ไข่บนกรงตับขังเดี่ยวโดยใช้เวลาทั้งหมด 56 วัน โดยจัดการให้อาหารไก่ไข่วันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) ประมาณ 110 กรัมต่อตัวต่อวันและให้ไก่ไข่ได้รับน้ำสะอาดอย่างเต็มที่ ทำการจดบันทึกปริมาณอาหารที่กินได้ จำนวนผลผลิตไข่ และน้ำหนักไข่ในแต่ละวันตลอดช่วงการทดลองแล้วคำนวณหาอัตราการผลิตไข่ต่อวัน (Hen day production) น้ำหนักไข่เฉลี่ย (Average egg weight) น้ำหนักไข่รวมเฉลี่ย (Egg mass) จากสูตร {(Egg mass = Average egg weight x Hen day production)/100}) ตามวิธีของ Zhao *et al*. (2003) รวมถึงคำนวณหาปริมาณการกินได้ (Feed intake) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ 1 กิโลกรัม (Feed conversion ratio per 1 kg of egg) จากสูตร {FCR = (Feed intake/Egg mass)} ตามวิธีของ Nopparatmaitree *et al.* (2014)

การวัดองค์ประกอบของกรดไขมันในเลือด

ในวันสุดท้ายการทดลอง ทำการอดอาหารไก่ไข่ประมาณ 12 ชั่วโมงแล้วสุ่มไก่ไข่จากแต่ละหน่วยทดลอง หน่วยทดลองละ 4 ตัว เพื่อเก็บตัวอย่างเลือดจากเส้นเลือดดำบริเวณปีก (Wing vein) ตัวละประมาณ 2 มิลลิลิตร เพื่อวิเคราะห์คอเลสเตอรอลรวม (Total cholesterol), High density lipoprotein (HDL),Low density lipoprotein (LDL) และไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) โดยใช้เครื่องตรวจเลือดอัตโนมัติ (Advia 120, Bayer, Tarrytown, NY) ด้วยวิธี Enzymatic colorimetric medthod (CHOD-PAP method) ตามวิธี Zhang, *et al.* (2015)

การวัดคุณภาพของไข่ไก่และองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่ไก่

ในช่วง 5 วันสุดท้ายของการทดลองทำการสุ่มเก็บตัวอย่างไข่ไก่ในในแต่ละหน่วยทดลองจำนวน 5 ฟองต่อวันเพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของไข่ไก่ คือ น้ำหนักไข่ (Egg weight),ความหนาแน่นของเปลือกไข่ (Shell density), ความสูงไข่ขาว (Albumin height), ค่าคะแนนสีของเปลือกไข่(Shell color), ความหนาแน่นของเปลือกไข่ (Shell density), ค่าคะแนนสีของไข่แดง (Yolk color) ด้วยพัดสีที่มีค่าคะแนน 10-15(Hoffman-la Roche Ltd, Basal,Switzerland) และคำนวณหาค่าHaugh Unit จากสูตร(H.U. = 100 log {albumin height in millimeter + 7.57 x 1.7 weight of egg in gram$^{0.37}$}) ตามวิธีของ Laudadio and Tufarelli (2011) และทำการรวบรวมตัวอย่างไข่แดงเพื่อวิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอลรวม โดยใช้ Cholesterol Assay Kit (Beijing Biological Technology Co., Beijing, China) วิเคราะห์ปริมาณของกรดไขมันโดยใช้ Gas chromatography (HP6890; Agilent, Waldbronn, Germany) ตามวิธีของ Lepage andRoy(1986)และคำนวณหาค่าดัชนีการเกิดภาวะไขมันสะสมในเส้นเลือด(Atherogenic index:AI) จากสูตร {AI = ((C12:0) + (4xC14:0) + (C16:0))/ (MUFA+PUFA)}, **Δ**-9 desaturase (16) Index จากสูตร [{**Δ**-9 desaturase (16) Index = {C16:1n7/ (C16:0 + C16:1n7) x 100}], และ **Δ**-9 desaturase (18) จากสูตร

[{Δ-9 desaturase (18) Index = {C18:1c9 / (C18:0 + C18:1c9) x 100}] ตามวิธีของ He *et al*. (2015) นอกจากนี้คำนวณหาค่าไอโอดีน (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)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA ด้วย General linear model (GLM) โดยใช้แบบหุ่น $y_{ij}= \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$ เมื่อ y_{ij} แทน ค่าสังเกตจากทรีทเมนต์ กำหนดให้ μ คือ ค่าเฉลี่ยร่วม (Common mean) ส่วน τ_i คือ อิทธิพลของทรีทเมนต์ (Treatment effect)ที่ i เมื่อ i = การเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนที่ระดับ 0 10 30 และ 50 กรัมต่อกิโลกรัม, ซ้ำที่ j เมื่อ j = 1, 2, 3, และ 4 ส่วน ε_{ij} คือ ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง รวมทั้งทำการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่าง กลุ่มข้อมูล (Mean comparisons) ด้วยวิธี Tukey' s studentized range test (HSD) และวิเคราะห์แนวโน้มของข้อมูล (Trend analysis) ด้วยวิธี Orthogonal polynomial 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

การทดลองครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของเมล็ดงาขี้ม้อน พบว่า เมล็ดงาขี้ม้อนประกอบด้วย วัตถุแห้ง 87.99 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนหยาบ 20.76 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 37.19 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยหยาบ 0.68 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 3.64 เปอร์เซ็นต์ อินทรียวัตถุ 96.36 เปอร์เซ็นต์ พลังงานรวม 5,738.15 กิโลแคลลอรี่ต่อกิโลกรัม แคลเซี่ยม 0.64 เปอร์เซ็นต์ และฟอสฟอรัสรวม 0.32 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของอาหารไก่ไข่ทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 1 นอกจากนี้การทดลองนี้ยังศึกษาผลของการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนในอาหารไก่ไข่ต่อการย่อยได้โภชนะของไก่ไข่ พบว่า การเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนทั้ง 4 ระดับไม่มีผล ต่อการย่อยได้แบบปรากฏของวัตถุแห้ง เยื่อใยหยาบ ไขมันรวม พลังงานรวม และ โปรตีนหยาบ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 2

ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนทั้ง 4 ระดับคือ ที่ระดับ 0, 10, 30, และ 50 กรัมต่อกิโลกรัม มีปริมาณการกินได้เฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันระหว่างกลุ่มการทดลอง ($P>0.05$) แต่เมื่อพิจารณาถึงสมรรถนะ ด้านอื่น พบว่า ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนที่ระดับ 10 และ 30 กรัมต่อกิโลกรัม มีผลผลิตไข่ต่อวัน น้ำหนักไข่เฉลี่ย มวลไข่ ประสิทธิภาพการใช้อาหารดีกว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารควบคุม ($P<0.05$) ทั้งยังสังเกต พบว่า น้ำหนักไข่เฉลี่ย มวลไข่ ประสิทธิภาพการใช้อาหารเพิ่มขึ้นแบบเส้นโค้งกำลังสองตามการเพิ่มระดับของการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนในอาหารไก่ไข่ (Quadratic, $P<0.05$) ส่วนผลผลิตไข่ต่อวันเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรงแปรผันตรงตามการเพิ่มระดับของการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนในอาหารไก่ไข่ (Linear, $P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3

Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University
Volume 5 Number 2 March – April 2018 ISSN 2408 - 1248

ตารางที่ 1: คุณค่าทางโภชนะของอาหารไก่ไข่เสริมเมล็ดงาขี้ม้อนและเมล็ดงาขี้ม้อน

คุณค่าทางโภชนะ(%)	ระดับการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนในอาหารไก่ไข่ (g/kg)				เมล็ดงาขี้ม้อน
	0	10	30	50	
วัตถุแห้ง	84.935	85.564	85.394	84.843	87.99
โปรตีนหยาบ	17.66	17.31	17.87	17.66	20.76
ไขมันรวม	3.69	3.90	3.96	4.09	37.19
เยื่อใยหยาบ	0.242	0.177	0.181	0.209	0.68
เถ้า	8.00	7.44	7.87	8.47	3.64
อินทรียวัตถุ	92.00	92.56	92.13	91.53	96.36
พลังงานรวม (kcal/kg)	3,699.30	3,611.25	3,600.00	3,629.60	5,738.15
แคลเซี่ยม	4.55	4.21	4.12	4.37	0.64
ฟอสฟอรัสรวม	0.525	0.520	0.521	0.533	0.32

ตารางที่ 2: ผลการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนในอาหารไก่ไข่ต่อการย่อยได้แบบปรากฏของโภชนะ

การย่อยได้แบบปรากฏของโภชนะ (%)	ระดับการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนในอาหารไก่ไข่ (g/kg)				SEM	*P*-value
	0	10	30	50		
วัตถุแห้ง	89.61±1.62	88.53±1.74	89.50±0.31	87.51±1.24	0.249	0.324
เยื่อใยหยาบ	49.17±2.42	48.12±2.89	47.54±1.43	48.55±2.78	0.680	0.543
ไขมันรวม	86.91±2.72	85.02±2.60	87.13±2.98	87.23±3.14	1.278	0.789
พลังงานรวม	85.78±2.12	86.25±2.91	85.12±2.78	84.98±2.52	0.542	0.658
โปรตีนหยาบ	81.23±2.35	81.45±2.89	81.87±2.45	82.24±2.12	0.125	0.459

การเพิ่มระดับของการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนในอาหารแปรผันตรงกับการเพิ่มของน้ำหนักไข่ น้ำหนักไข่แดง และน้ำหนักเปลือกของไก่ไข่ (Linear, $P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3 ส่วนสีเปลือกไข่ น้ำหนักเปลือกไข่ ความหนาแน่นของเปลือก ความสูง ไข่ขาว สีไข่แดง และความสดของไข่ขาว (Haugh unit) ของไข่ไก่ทุกกลุ่มการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน ($P<0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนที่ระดับ 10 30 และ 50 กรัมต่อกิโลกรัม มีน้ำหนักไข่แดง สูงกว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม ($P<0.05$) ส่วนน้ำหนักไข่ไก่ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนที่ระดับ 30 และ 50 กรัมต่อกิโลกรัมมีค่าสูงสุด ($P>0.05$)

การเพิ่มระดับของการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนในอาหารที่ระดับ 0 10 30 และ 50 กรัมต่อกิโลกรัมส่งผลต่อการเพิ่มระดับของคอเลสเตอรอลรวม (121 vs 139 162 และ 184 mg/dL ตามลำดับ) และ HDL (49 vs 57 60 และ 66 mg/dL ตามลำดับ) ในเลือดไก่แปรผันตรงต่อการเพิ่มระดับของเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนในอาหาร (Linear, $P<0.01$) ส่วนการเพิ่มระดับของเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนในอาหารส่งผลต่อการเพิ่มระดับของไตรกลีเซอไรด์ในเลือดไก่ไข่ (679 vs 997 995 และ 993 mg/dL ตามลำดับ) แบบเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic, $P<0.01$) หากแต่ไก่ไข่ทุกกลุ่มการทดลองมีระดับ LDL ในเลือดใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 1 โดยไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนที่ระดับ 10 30 และ 50 กรัมต่อกิโลกรัม ส่งผลให้มีการสะสมของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน กรดไขมันโอเลอิก รวมถึงกรดไขมันโอเมก้า-3 โอเมก้า-6 โอเมก้า-9 และค่าไอโอดีนเพิ่มขึ้นแปรผันตรงตามการเพิ่มระดับของการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนในอาหารไก่ไข่ (Linear, $P<0.01$) ส่วนระดับของคอเลสเตอลรอล (Quadratic, $P<0.05$)

กรดลิโนเลอิก DHA กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน และ และสัดส่วนของกรดไขมันโอเมก้า-3 ต่อ โอเมก้า-6 เพิ่มขึ้นแบบเส้นโค้งกำลังสองตามการเพิ่มระดับของการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนในอาหารไก่ไข่ (Quadratic, $P<0.01$) ส่วนกรดไขมันอิ่มตัวลดลง (Quadratic, $P<0.01$) และ สัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวต่อกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Linear, $P<0.01$) แปรผันตรงตามการเพิ่มระดับของการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนในอาหารไก่ไข่ ดังแสดงในตารางที่ 4 นอกจากนี้การทดลองครั้งนี้ยังพบว่า การเพิ่มระดับของการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนในอาหารที่ระดับ 10, 30, และ 50 กรัมต่อกิโลกรัมส่งผลต่อการลดค่าดัชนีการเกิดภาวะไขมันสะสมในเส้นเลือด Atherogenic index (AI) ของไข่ไก่ (Linear, $P<0.01$) ซึ่งหมายถึงการเพิ่มความปลอดภัยของผู้บริโภคไข่ไก่ต่อความเสี่ยงของการเกิดภาวะไขมันสะสมในเส้นเลือด นอกจากนี้การทดลองครั้งนี้ยังคำนวณหา ค่าดัชนี **Δ**-9 desaturase (16) และ ค่าดัชนี **Δ**-9 desaturase (18) ของไข่ไก่ ซึ่งเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงการสร้างพันธะคู่ให้กับกรดไขมันอิ่มตัว C16:0 และ C18:0 ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 9 และ 10 นับจากปลายด้านหมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl end) ให้เป็นกรดปาล์มิโตเลอิก (C16:1) และกรดโอเลอิก (C18:1) พบว่า การเพิ่มระดับของการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนในอาหารไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนี **Δ**-9 desaturase (16) ของไข่ไก่ ($P>0.05$) หากแต่การเพิ่มระดับของการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนในอาหารส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าดัชนี **Δ**-9 desaturase (18) ของไข่ไก่ (Linear, $P<0.01$)

อภิปรายผล

การทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นถึง ศักยภาพของเมล็ดงาขี้ม้อนในการเพิ่มสมรรถนะการผลิตของไก่ไข่ระยะท้าย ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ จากรายงานของ Kopcewicz (1972) พบว่า พืชในพืชวงศ์สะระแหน่มักพบสารประกอบกลุ่มไฟโตเอสโตรเจน (Phytoestrogen) โดยไฟโตเอสโตรเจนนั้นมีส่วนโครงสร้างบางส่วนคล้ายกับ Estradiol ซึ่งเป็นเอสโตรเจนที่พบในร่างกายโดยเอสโตรเจนที่พบในพืชสามารถออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทส่วนกลางและสามารถกระตุ้นพัฒนาการของอวัยวะสืบพันธุ์ของไก่ไข่ โดยสามารถจับกับตัวรับเอสโตรเจน (Estrogen receptor) และทำให้เกิดผลคล้ายกับเอสโตรเจนได้ (Yu *et al.,* 2016) จากรายงานของ Aydin and Cook (2004) พบว่า ไฟโตเอสโตรเจน Lignans และ Isoflavones สามารถช่วยในการพัฒนาศักยภาพของระบบสืบพันธุ์ การให้ผลผลิตไข่ การพัฒนาคุณภาพไข่ รวมถึงองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่ นอกจากนี้ Kim *et al.* (2015) พบว่า การสร้างเอสโตรเจนอาจเป็นผลมาจากอิทธิพล PUFAที่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของผลผลิตไข่และมวลไข่ ทั้งนี้มีหลายงานทดลองที่สามารถยืนยันสนับสนุน เช่น Chen *et al.,* (2014) พบว่า การเพิ่มระดับการเสริมเมล็ดแฟลกซ์ (Flax seed) ในอาหารห่านมีผลต่อการเพิ่มผลผลิตไข่และช่วยพัฒนาประสิทธิภาพการใช้อาหารของห่านให้เพิ่มขึ้นแปรผันตรงตามการเพิ่มระดับการเสริมเมล็ดแฟลกซ์ ($P<0.05$) และมีการทดลองเสริมน้ำมันปลาในอาหารไก่ไข่ พบว่า การเสริมน้ำมันปลา 2.5 เปอร์เซ็นต์สามารถกระตุ้นการเพิ่มจำนวนฟอลลิเคิลสีเหลืองขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรในรังไข่ ($P<0.05$) (Ebeid *et al.,* 2006) นอกจากนี้ Taheri *et al.* (2014) พบว่า ไก่ไข่ที่ได้รับอาหารที่มีสัดส่วนของกรดไขมันโอเมก้า-3 ต่อ โอเมก้า-6 สูง (16.71) มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตที่สูงกว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารที่มีสัดส่วนของกรดไขมันโอเมก้า-3 ต่อ โอเมก้า-6 ต่ำ(2.35) ($P<0.05$) และสามารถเพิ่มจำนวนฟอลลิเคิลสีเหลืองในรังไข่มากกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) (Rahman *et al.,* 2015)

Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University
Volume 5 Number 2 March – April 2018 ISSN 2408 - 1248

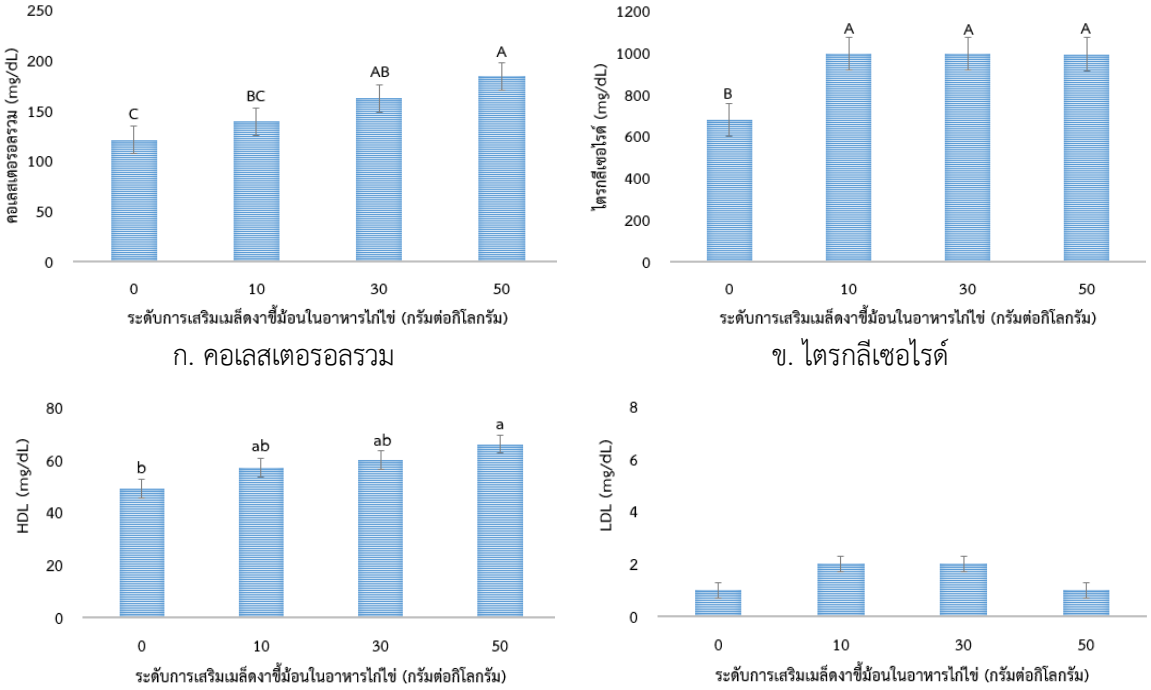
ตารางที่ 3: ผลการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถนะการผลิตและคุณภาพทางกายภาพของไข่ไก่

ตัวชี้วัด	ระดับการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนในอาหารไก่ไข่ (g/kg)				SEM	*P*-value	Trend analysis
	0	10	30	50			
สมรรถนะการผลิตของไก่ไข่							
ปริมาณการกินได้ต่อวัน (g/day)	107.87±3.29	114.46±2.50	110.96±6.95	108.79±0.48	1.17	0.2699	NS
อัตราการไข่ต่อวัน (%)	81.01^{C}±2.03	91.92^{A}±2.81	88.27^{AB}±1.54	83.06^{BC}±0.66	0.62	0.0006	Q
น้ำหนักไข่เฉลี่ย (g)	58.44^{b}±1.33	62.42^{a}±0.79	60.99^{ab}±0.50	61.97^{a}±1.55	0.32	0.0102	L
มวลไข่ (g)	47.33^{C}±0.11	57.36^{A}±1.03	53.84^{AB}±0.51	51.54^{B}±0.04	0.17	<0.001	Q
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ 1 กิโลกรัม	2.28^{a}±0.06	2.00^{b}±0.01	2.06^{b}±0.15	2.15^{ab}±0.01	0.02	0.0131	Q
ต้นทุนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ 1 กิโลกรัม(บาท/ไข่ 1 กก.)	33.05^{ab}±0.93	29.93^{b}±0.12	31.96^{ab}±2.30	34.44^{a}±0.13	0.36	0.0125	Q
คุณภาพทางกายภาพของไข่ไก่							
น้ำหนักไข่ต่อฟอง	58.77^{C}±1.14	60.61^{BC}±0.83	65.50^{A}±0.28	63.95^{AB}±2.65	0.43	0.0022	L
คะแนนสีเปลือก	18.91±1.64	19.86±0.87	19.32±0.96	20.45±1.28	0.35	0.4811	NS
น้ำหนักเปลือก	7.80^{B}±0.20	7.54^{B}±0.01	8.23^{A}±0.15	8.26^{A}±0.08	0.04	0.0003	L
ความหนาแน่นเปลือก	109.91±4.31	104.73±1.03	108.56±2.42	110.89±2.06	0.79	0.0983	NS
น้ำหนักไข่แดง	15.27^{B}±0.11	16.51^{A}±0.64	16.24^{A}±0.01	16.95^{A}±0.02	0.09	0.0013	L
น้ำหนักไข่ขาว	35.95±1.31	36.70±0.35	39.39±2.27	38.74±2.59	0.63	0.4854	NS
ความสูงไข่ขาว	8.33±0.28	8.82±0.02	8.75±0.31	8.62±0.72	0.12	0.581	NS
Haugh unit	91.67±0.34	92.44±0.41	90.90±1.57	90.21±4.00	0.40	0.624	NS
คะแนนสีไข่แดง	12.67±0.08	12.53±0.02	12.54±0.02	12.68±0.15	0.02	0.226	NS

NS= Not significantly (P>0.05), L = Linear and Q = Quadratic, $^{a, b, c}$ อักษรที่แตกต่างกันภายในแถวเดียวกันหมายถึงแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05), $^{A, B, C}$ อักษรที่แตกต่างกันภายในแถวเดียวกันหมายถึงแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.01)

นอกจากนี้การทดลองครั้งนี้ยังแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเมล็ดงาขี้ม้อนในอาหารไก่ไข่ระยะท้าย จากรายงานของ Liu *et al.,* 2012) พบว่า เมล็ดงาขี้ม้อนมีองค์ประกอบของกรดไขมันหลายชนิด โดยมีกรดไขมันหลัก คือ กรดปาล์มิติก (C17:0), กรดสเตียริก (C18:0), กรดโอเลอิก (C18:1), กรดลิโนเลอิก (C18:2) และกรดลิโนเลนิก (C18:3) ซึ่งการทดลองครั้งนี้ทำการศึกษาในแม่ไก่ไข่ระยะท้ายซึ่งเป็นไก่ไข่ที่ผ่านการให้ผลผลิตไข่มานาน กอปรกับโดยปกติไก่ไข่มักจะถูกจำกัดปริมาณการกินได้ ซึ่งส่งผลให้แหล่งพลังงานสำรองในร่างกายลดลง ทำให้จำนวนผลผลิตและคุณภาพผลผลิตลดลง ดังนั้นการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนซึ่งเป็นวัตถุดิบที่เป็นแหล่งไขมันจึงเป็นการช่วยเพิ่มกรดไขมันที่มีประโยชน์สำหรับไก่ไข่ระยะท้าย ส่งผลทำให้ให้ผลผลิตและมวลไข่เพิ่มขึ้น ซึ่งการทดลองนี้ยังได้แสดงผลของการเพิ่มขึ้นของไตรกลีเซอไรด์ที่สามารถทำหน้าที่เป็นพลังงานสะสมในสัตว์ ทั้งนี้ในระหว่างกระบวนการสร้างฟองไข่ พบว่า กรดไขมัน DHA ในไข่แดงทำหน้าที่เป็นแหล่งของพลังงาน (Noble and Cocchi, 1990) และ เป็นองค์ประกอบของไขมันในเยื่อหุ้มเซลล์ระหว่างการพัฒนาเยื่อหุ้มเซลล์ของลูกไก่ (Cherian *et al.*, 1997) ดังนั้นในระหว่างการพัฒนาของตัวอ่อน (Embryogenesis) แม่ไก่จึงมีความต้องการ DHA เพิ่มขึ้นในถุงไข่แดงและ Phospholipids ของเยื่อหุ้มเซลล์เพื่อพัฒนาการเจริญเติบโตของตัวอ่อน (Cherian and Sim,

1992) นอกจากนี้เมล็ดงาขี้ม้อนยังมีสารประกอบฟีนอลและฟลาโวนอยด์ที่มีคุณสมบัติในการป้องกันการเกิดออกซิเดชัน (Lee *et al.*, 2013) ส่งผลต่อการพัฒนาคุณภาพทางกายภาพของไข่ไก่ คือ การเพิ่มค่า Haugh unit ที่เป็นดัชนีวัดความสดใหม่และยังช่วยในการยืดอายุการเก็บรักษา เป็นต้น



ภาพที่ 1 ผลการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนในอาหารไก่ไข่ต่อองค์ประกอบของไขมันในเลือดไก่ไข่

[a, b,] อักษรที่แตกต่างกันภายในแถวเดียวกันหมายถึงแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$), [A, B, C] อักษรที่แตกต่างกันภายในแถวเดียวกันหมายถึงแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$)

การทดลองครั้งนี้ได้แสดงให้เห็นว่าไก่ไข่ที่ได้รับเมล็ดงาขี้ม้อนไม่ได้เพิ่มปริมาณของ LDL หากแต่ทำให้คอเลสเตอรอลรวม และ HDL ในเลือดเพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงคุณประโยชน์ของงาขี้ม้อนในการเพิ่มระดับของคอเลสเตอรอล ซึ่งเป็นไขมันที่มีความจำเป็นสำหรับเซลล์สมองและเซลล์ประสาท โดยคอเลสเตอรอลที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดคือ HDL ซึ่งมีประโยชน์สำหรับหลอดเลือดแดงเพราะจะป้องกันไม่ให้ไตรกลีเซอไรด์ และ LDL ไปพอกสะสมในหลอดเลือดแดง จึงเป็นดัชนีชี้วัดการลดความเสี่ยงในการเกิดภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง เช่น โรคหลอดเลือดสมองหรือ หลอดเลือด หัวใจตีบ เป็นต้น ทั้งนี้จากการที่เมล็ดงาขี้ม้อนอุดมไปด้วย EPA และ DHA จากรายงานของ Connor (2001) พบว่า กรดไขมันทั้งสองชนิดมีผลต่อการลดไตรกลีเซอไรด์และเพิ่มคอเลสเตอรอลชนิด HDL ในเลือด ซึ่งการเพิ่มขึ้นของคอเลสเตอรอลรวม และ HDL สามารถอธิบายได้จากความสัมพันธ์ของการแสดงออกของ HMG-CoA reductase mRNA กับ ระดับคอเลสเตอรอลในเลือด โดย Watanabe *et al.* (2000) พบว่า หนูทดลองที่ได้รับน้ำมันงาขี้ม้อนมีผลต่อการแสดงออกของ HMG-CoA reductase mRNA โดยหนูทดลองที่อายุมากกว่า HMG-CoA reductase mRNA จะสูงกว่าหนูทดลองอายุน้อย ดังนั้นเมื่อร่างกายมีปริมาณของคอเลสเตอรอลสูงจึงอาจมีการปรับสภาพและ

Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University
Volume 5 Number 2 March – April 2018 ISSN 2408 - 1248

เกิดกระบวนการ Reverse cholesterol transport เกิดขึ้นเพื่อขนส่งคอเลสเตอรอลมากำจัดที่ตับ โดยกระบวนการนี้อาศัยคอเลสเตอรอลชนิด HDL ที่มีคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนไขมันและ Apolipoprotein กับ ไลโปโปรตีนชนิดอื่น ซึ่งคอเลสเตอรอลถูกส่งเข้ายังเซลล์ตับ ดังนั้นในกระบวนการนี้จึงทำให้ HDL_3 มีขนาดใหญ่ขึ้นหลังรับการแลกเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ ส่งผลทำให้มีระดับไตรกรีเซอไรด์สูงขึ้นสอดคล้องกับคอเลสเตอรอลที่เพิ่มขนาดขึ้นที่เรียกใหม่ว่า HDL_2 (ภัทรบุตร, มปป.)

นอกจากนี้ผลการทดลองครั้งนี้ แสดงให้เห็นถึงผลของการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนต่อการเพิ่มการสะสมของคอเลสเตอรอลในไข่ไก่ ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ คือ โดยปกติแล้วร่างกายสามารถสังเคราะห์คอเลสเตอรอลได้เองและสามารถนำคอเลสเตอรอลเขาสู่เซลล์ต่างๆ โดยอาศัยไลโปโปรตีนผ่านทางตัวรับ (Receptor) เช่น LDL receptor เป็นต้น โดยการควบคุมปริมาณของคอเลสเตอรอลนั้นอาศัยยีน Sterol regulatory element-binding protein) (SREBP) ซึ่งเป็น Transcription factor ที่ควบคุมการแสดงออกของยีนที่ควบคุมการสังเคราะห์ LDL receptor ตลอดจนเอนไซม์ที่ควบคุมในการสังเคราะห์คอเลสเตอรอล เช่น Cholesterol 3-hydroxy-3-methy glutaryl coenzyme A (HMG-coA) synthase และ HMG-coA reductase เป็นต้น (ภัทรบุตร, มปป.) นอกจากนี้ยังมีหลายงานวิจัยที่ยืนยันถึงปริมาณของคอเลสเตอรอลที่ผันแปรกับการแสดงออกของ Glycerol 3-phosphate dehydrogenase (G3PDH) mRNA และ Cholesterol 7α hydroxylase (Cyp7) mRNA ซึ่ง Cyp7 ทำหน้าที่กระตุ้นการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลเป็นกรดน้ำดี (Clarke and Jump, 1993) ซึ่งผลการทดลองนี้แสดงความสอดคล้องกับหลายงานวิจัยที่ผ่านมาที่ทดลองในหนูทดลองให้ได้รับอาหารที่มี ω-3 PUFA พบว่า มีการทำงานของเอนไซม์ HMG-CoA reductase (Bavelaar and Beynen,2004; El-Sohemy and Archer, 1997) และอัตราการสังเคราะห์คอเลสเตอรอล (Cholesterogenesis) ในไมโครโซม (Microsome) ในเซลล์ตับสูงกว่าหนูทดลองที่ได้รับอาหารที่มี ω-6-PUFA (Bavelaar and Beynen, 2004; El-Sohemy and Archer, 1997) อีกทั้งยัง พบว่า การให้อาหารที่มี ω-3 PUFA สามารถเพิ่มการทำงานของ LDL receptor ในหนู (Ventura *et al*., 1989) นอกจากนี้การทดลองของ Watanabe *et al*. (2000) พบว่า การเสริมน้ำมันงาขี้ม้อนในหนูทดลองโตเต็มวัยสามารถกระตุ้น Hepatic LDL receptor mRNA ได้ดีกว่าหนูอายุน้อย นอกจากนี้ผลการทดลองอย่างไรก็ตาม Chang *et al.* (2009) ให้ผลการทดลองที่ตรงข้ามกัน คือ การเสริมน้ำมันงาขี้ม้อนสามารถทำให้น้ำหนักตับลดลง ระดับของไขมันในเลือด เช่น ไตรกลีเซอไรด์ คอเลสเตอรอลรวม HDL และ LDL ลดลง ($P<0.05$) รวมถึงสัดส่วนของ HDL ต่อ LDL ลดลง

การทดลองครั้งนี้ยังได้แสดงให้เห็นว่าไก่ไข่ที่ได้รับเมล็ดงาขี้ม้อนส่งผลทำให้คอเลสเตอรอลรวมในไข่แดงเพิ่มขึ้น รวมทั้งการมีสะสมและเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของกรดไขมัน MUFA PUFA และ LC- PUFA เช่น ลิโนเลอิก ลิโนเลนิก และ DHA รวมถึง กรดไขมันโอเมก้า-3 กรดไขมันโอเมก้า-6 กรดไขมันโอเมก้า-9 ในไข่แดง รวมถึงสามารถเพิ่มกรดไขมันไม่อิ่มตัวโดยสามารถพิจารณาจากค่าiodine value และ ยังสามารถช่วยลด

ตารางที่ 4 ผลการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนในอาหารไก่ไข่ต่อคอเลสเตอรอลและองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดง

กรดไขมันในไข่แดง (g/100 g total fat)	ระดับการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนในอาหารไก่ไข่ (g/kg) 0	10	30	50	SEM	*P*-value	Trend analysis
คอเลสเตอรอลรวม	1,230.18^{b} ±43.124	1,378.47^{a} ±44.327	1,316.77^{a} ±39.542	1,345.13^{a} ±35.089	9.75	0.035	Q
Total SFA[1]	*8.27*^{A}±0.320	*8.00*^{AB}±0.300	*7.69*^{B}±0.350	*7.51*^{B}±0.340	*0.001*	*0.046*	*Q*
-Myristic acid	0.09±0.004	0.07±0.004	0.07±0.004	0.07±0.004	0.0003	0.801	NS
-Pentadecanoic acid	0.02±0.001	0.02±0.001	0.02±0.001	0.02±0.001	0.0001	0.921	NS
-Palmitic acid)	6.31^{A}±0.220	5.94^{AB}±0.210	5.77^{B}±0.180	5.77^{B}±0.240	0.024	0.002	Q
-Margaric acid	0.05±0.003	0.05±0.003	0.05±0.003	0.05±0.003	0.0004	0.887	NS
-Stearic acid	1.78±0.290	1.90±0.270	1.76±0.200	1.58±0.310	0.001	0.191	NS
-Arachidodic acid	0.01±0.001	0.01±0.001	0.01±0.001	0.01±0.001	0.001	0.681	NS
-Heneicosanoic acid	0.01±0.001	0.01±0.001	0.01±0.001	0.01±0.001	0.001	0.893	NS
Total MUFA[2]	*10.74*^{B}±0.018	*11.64*^{AB}±0.024	*11.68*^{AB}±0.022	*12.51*^{AB}±0.020	*0.625*	*0.001*	*L*
-Myristoleic acid	0.02±0.001	0.01±0.001	0.01±0.001	0.01±0.001	0.001	1.287	NS
-Palmitoleic acid	0.81^{A}±0.050	0.70^{B}±0.060	0.74^{AB}±0.040	0.71^{B}±0.040	0.010	0.001	Q
-Heptadecanoic acid	0.03±0.002	0.04±0.002	0.04±0.002	0.04±0.002	0.002	0.823	NS
-Vaccenic acid	0.55^{B}±0.050	0.59^{AB}±0.030	0.60^{AB}±0.010	0.63^{A}±0.020	0.021	0.024	L
-Oleic acid	9.24^{B} ±0.020	10.22^{AB}±0.030	10.20^{AB}±0.020	11.04^{A}±0.040	0.024	0.001	L
-Eicosenoic acid	0.07±0.001	0.06±0.001	0.07±0.001	0.06±0.001	0.002	0.694	NS
-Nervonic acid	0.02±0.001	0.02±0.001	0.02±0.001	0.02±0.001	0.002	0.569	NS
Total PUFA[3]	*4.77*^{A}±0.050	*5.00*^{AB} ±0.054	*5.01*^{AB}±0.056	*5.34*^{A}±0.041	0.013	0.001	Q
-Linoleic acid	3.91^{B}±0.011	4.18^{AB}±0.010	4.10^{AB}±0.012	4.39^{A}±0.015	0.019	0.001	Q
-Linolenic acid	0.02±0.001	0.02±0.001	0.02±0.001	0.02±0.001	0.030	0.495	NS
-Eleostearic acid	0.08±0.004	0.08±0.004	0.12±0.004	0.15±0.004	0.003	0.725	NS
-C20:3n6	0.04±0.001	0.03±0.001	0.03±0.001	0.02±0.001	0.001	0.935	NS
-C20:2n6	0.04±0.001	0.04±0.001	0.04±0.001	0.04±0.001	0.001	0.275	NS
-Arachidonic acid	0.48^{A}±0.05	0.45^{B}±0.06	0.44^{B}±0.06	0.46^{AB}±0.05	0.019	0.001	Q
-DHA	0.20^{B}±0.022	0.24^{AB}±0.024	0.26^{AB}±0.020	0.26^{A}±0.024	0.008	0.001	Q
Total **ω**-3[4]	0.28^{D} ±0.031	0.32^{C} ±0.030	0.38^{B} ±0.037	0.41^{A}±0.041	0.0170	0.001	L
Total **ω**-6[5]	3.40^{B}±0.041	4.27^{AB} ±0.045	4.16^{AB} ±0.042	4.47^{A} ±0.052	0.0321	0.001	L
Total **ω**-9[6]	9.33^{B}±0.061	10.30^{AB}±0.061	9.29^{B}±0.059	11.12^{A}±0.054	0.0217	0.001	L
ω-3/ **ω**-6 ratio	0.08^{B}±0.004	0.09^{A}±0.004	0.09^{A}±0.004	0.09^{A}±0.004	0.0028	0.001	Q
SFA/USFA ratio	0.53^{A}±0.034	0.48^{B}±0.041	0.46^{B}±0.022	0.42^{B}±0.029	0.045	0.001	L
Iodine value	16.07^{b}±0.044	17.30^{b}±0.051	17.20^{b}±0.049	18.41^{c}±0.062	0.045	0.011	L
Atherogenic index	0.43^{A}±0.05	0.38^{B}±0.05	0.37^{B}±0.05	0.35^{B}±0.05	0.0211	0.01	L
Δ-9 desaturase (16) index	11.38±0.028	10.54±0.025	11.36±0.020	10.95±0.021	*0.589*	*0.214*	NS
Δ-9 desaturase (18) index	83.84^{B}±0.027	84.32^{AB}±0.032	85.28^{AB}±0.034	87.48^{A}±0.024	0.874	0.011	L

Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University
Volume 5 Number 2 March – April 2018 ISSN 2408 - 1248

NS= Not significantly (P>0.05), L = Linear and Q = Quadratic, [a, b, c] อักษรที่แตกต่างกันภายในแถวเดียวกันหมายถึงแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05), [A, B, C] อักษรที่แตกต่างกันภายในแถวเดียวกันหมายถึงแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.01), [1] Total SFA = กรดไขมันอิ่มตัวรวม, [2] Total MUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวรวม, [3]Total PUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนรวม, [4]Total n3= กรดไขมันโอเมก้า-3, [5]Total n6= กรดไขมันโอเมก้า-6, [6]Total n9= กรดไขมันโอเมก้า-9,

สัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวต่อกรดไขมันไม่อิ่มตัวและลดค่าดัชนีการเกิดภาวะไขมันสะสมในเส้นเลือด (Atherogenic index) ของไข่ไก่ ซึ่งถือว่าเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับผู้บริโภคจากรายงานของ พิไลวรรณ (มปป). พบว่า กรดไขมันโอเมก้า-3 และ โอเมก้า-6 สามารถถูกใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ Eicosanoids ที่มีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนและสารตั้งต้นของสารสื่อประสาท เช่น Prostaglandin (PGD), Prostacyclin (PGI), Thromboxane (TX), และ Leukotriene (LT) เป็นต้น ซึ่งความเกี่ยวข้องในการควบคุมระบบการแข็งตัวของเลือด การหดตัวของหลอดเลือด และเกิดการอักเสบต่อต้านกับเชื้อโรค นอกจากนี้สัดส่วนของโอเมก้า-3 และโอเมก้า-6 ที่สมดุลมีความสำคัญต่อระบบหัวใจและหมุนเวียนโลหิต เนื่องจากกรดไขมันโอเมก้า-3 เอนไซม์ Cyclooxygenase เปลี่ยนให้กลายเป็นSeries 3 Eicosanoids เช่น PGE3, PGD3, และ PGI3 เป็นต้น และถูกเอนไซม์ Lipoxygenase เปลี่ยนให้กลายเป็น Series 5 Leukotriene ซึ่ง Eicosanoids จากโอเมก้า-3 จะส่งผลต่อการทำงานของร่างกายในทางตรงกันข้ามกันกับ Eicosanoids จากโอเมก้า-6 (นฤดมและกล้าณรงค์, 2545) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดงนั้นน่าจะเกิดจากสัดส่วนของกรดไขมันในเมล็ดงาขี้ม้อนที่โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กรดลิโนเลอิก และ กรดลิโนเลนิก โดยกรดลิโนเลนิกเป็นสารตั้งต้นในการเปลี่ยนแปลงรูปแบบและระดับของกรดไขมันโอเมก้า 3 กล่าวคือ ในวิถีการสังเคราะห์เป็นกรดไขมัน (Fatty acid biosynthesis) ส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่ตับมีการเพิ่มความยาวของสายกรดไขมันที่มีคาร์บอนมากกว่า 16 ที่เกิดขึ้นในไมโครโซม Leyton *et al.* (1987) พบว่า ในอาหารที่มีปริมาณกรดลิโนเลนิกสูงสามารถดูดซึมได้ดีและส่งผลให้ไตรกลีเซอไรด์ในตับและเนื้อเยื่อไขมันสูง ในทางตรงข้ามกัน Maniongui *et al.* (1993) รายงานว่ากรดไขมัน 22:6 **ω**-3 สามารถสลายได้ด้วยกระบวนการ **β**-oxidation ในเพอร์ออกซิโซม (Peroxisomal **β**-oxidation) และได้ผลผลิต เป็น EPA นอกจากนี้ยังพบว่าระดับของกรดลิโนเลนิกในอาหารมีความสัมพันธ์กับการสร้าง Eicosanoids จากกรดไขมัน 20:5 **ω**-3 และ ลดการเมแทบอไลซ์กรดไขมัน 20:4 **ω**-6 เป็น Eicosanoids (Nair *et al*., 1997) จากรายงานของ Spady (1993) พบว่า กรดลิโนเลนิกสามารถสร้างเป็น EPA และ DHA ในตับ และกรดไขมันถูกสังเคราะห์แล้วขนส่งมาเก็บสะสมในไข่แดง (Jiang *et al*., 1991) นอกจากนี้ Ihara *et al.* (1998) พบว่า แหล่งน้ำมันงาขี้ม้อนที่มีลิโนเลนิกเป็นสารตั้งต้นมีผลต่อการเพิ่มระดับ 20:4 **ω**-6 ในซีรั่ม ฟอสฟาติดิลโคลีน และฟอสฟาติดิลเอททาโนลามีนของตับ และการสังเคราะห์ 18: 3 **ω**-3 เป็น 20: 5 **ω**-3 และ 22: 6 **ω**-3 เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงของฟอสฟาติดิลโคลีน และ ฟอสฟาติดิลเอททาโนลามีนของตับของหนูทดลอง

ผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเมล็ดงาขี้ม้อนซึ่งเป็นพืชพื้นถิ่นที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอาหารไก่ไข่เพื่อพัฒนารูปแบบการเลี้ยงไก่ไข่และการผลิตไข่ไก่ที่มีการสะสมกรดไขมันที่มีประโยชน์และเพิ่มมูลค่าของไข่ไก่ด้วยหลักการ “Green products from locally to globally markets”สู่การยกระดับการผลิตไข่ไก่เป็นไข่ไก่สุขภาพด้วยวิธีอย่างง่ายที่เกษตรกรสามารถผลิตเองได้และการเพิ่มขีดความสามารถของชุมชนต่อไป รวมถึงการพัฒนาการใช้ฐานทรัพยากรธรรมชาติทางเศรษฐกิจ

สรุป

การเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนในอาหารไก่ไข่มีศักยภาพในการเพิ่มผลผลิตไข่ต่อวัน น้ำหนักไข่เฉลี่ย มวลไข่ ประสิทธิภาพการใช้อาหารต่อการผลิตไข่ 1 กิโลกรัม และน้ำหนักไข่แดง รวมถึงส่งผลทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลรวม และ HDL ในเลือดของไก่ไข่สูงขึ้น แต่ระดับ LDL ของไก่ไข่ทุกกลุ่มการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน และการเสริมเมล็ดงาขี้ม้อนทำให้มีการสะสมของปริมาณคอเลสเตอรอล MUFA PUFA และ LC- PUFA เช่น กรดโอเลอิก กรดลิโนอิก กรดลิโนเลนิก และ DHA รวมถึง กรดไขมันโอเมก้า 3 กรดไขมัน โอเมก้า 6 กรดไขมันโอเมก้า 9 สัดส่วนของกรดไขมันโอเมก้า3 ต่อ โอเมก้า 6 และ iodine valueในไข่ไก่เพิ่มขึ้นด้วย รวมถึงความสามารถในการเพิ่มค่าดัชนี Δ-9 desaturase (18) ทั้งยังสามารถลดสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวต่อกรดไขมันไม่อิ่มตัวและลดค่าดัชนีการเกิดภาวะไขมันสะสมในเส้นเลือด (Atherogenic index) ของไข่ไก่ จากการทดลองนี้แนะนำให้เสริมเมล็ดงาขี้ม้อนที่ระดับ 10 กรัมต่อกิโลกรัมในอาหารไก่ไข่ระยะท้ายเพื่อพัฒนาสมรรถนะและศักยภาพการผลิตไข่ไก่เพื่อสุขภาพ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกองทุนวิจัยและสร้างสรรค์คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากรที่สนับสนุนทุนวิจัยประจำปี 2560 และขอขอบคุณคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากรที่อนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ รวมทั้งขอขอบคุณวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเพชรบุรีที่เอื้อเฟื้อสถานที่เลี้ยงไก่ไข่

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

นฤดม บุญหลง และ กล้าณรงค์ ศรีรอต. (2545). **"อาหารเพื่อมนุษยชาติ"** เอกสารประกอบการสอน. หมวดวิชาศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิไลวรรณ ศิริพฤกษ์พงษ์. (มปป). **"ชีวเคมีของลิปิดและโรคหลอดเลือดหัวใจ"** เอกสารประกอบการสอน. ภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ภัทรบุตร มาศรัตน์. (มปป). **"เมแทบอลิซึมของไลโปโปรตีน"** เอกสารประกอบการสอน. ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล.

มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี ศักดา ประจักษ์บุญเจษฎา ทับทิมทิพย์ อินกอง ชลธิชา ดวงดี และ วรางคณา กิจพิพิธ. (2560). "ผลของการเสริมบีเทนแอนไฮดรัสในน้ำดื่มของไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการผลิต การย่อยได้ของโภชนะ ลักษณะเลือด ลักษณะซาก คุณภาพและคุณค่าทางโภชนะของเนื้อ" **วารสารเกษตร.** 33(1),: 91-107.

ภาษาต่างประเทศ

AOAC, 2000. **Official methods of analysis.** 17th ed. The Association of official analytical chemists, Gaithhersburg, MD, USA.

Aydin, R. and M.E. Cook. (2004). "The effect of dietary conjugated linoleic acid on egg fatty acids and hatchability in Japanese quail" **Poultry Science,** 83,: 2016–2022.

Bavelaar, F.J., and A.C. Beynen. (2004). "Relationships between the intake of **ω**-3 polyunsaturated fatty acids by hens and the fatty acid composition of their eggs." **International Journal of Poultry Science**, 3,: 690–696.

Bézard, J., and others (1994). "The metabolism and availability of essential fatty acids in animal and human tissues." **Reproduction Nutrition Development,** 34,: 539–568.

Cachaldora, P., and others (2008). "Double enrichment of chicken eggs with conjugated linoleic acid and **ω**-3 fatty acids through dietary fat supplementation." **Animal Feed Science and Technology**, 144,: 315–326.

Chang, H.H., C.S. Chen, and J.Y. Lin. (2009). "Dietary perilla oil lowers serum lipids and ovalbumin **ω**-specific IgG1, but increases total IgE levels in ovalbumin **ω**-challenged mice" Food and Chemical Toxicology, 47, (4): 848–854.

Chen, W., and others (2014). "Effects of dietary flaxseed meal on production performance, egg quality, and hatchability of Huoyan geese and fatty acids profile in egg yolk and thigh meat from their offspring." **Livestock Science,** 164,: 102–108.

Cherian, G., and J.S. Sim. (1992). "**Ω**-3 fatty acid and cholesterol content of newly hatched chicks from linolenic acid enriched eggs." **Lipids** 27,: 706–710.

Cherian, G., and others (1997). "Effects of the maternal dietary 18:3**ω**-3 acids on the accretion of long chain polyunsaturated fatty acids in the tissue of developing chick embryo." **Biology of Neonate,** 72,: 165–174.

Choi, Y.S., and M. Sugano. (1988). "Effects of dietary alpha- and gamma-linolenic acid on lipid metabolism in young and adult rats." **Annals of Nutrition and Metabolism,** 32,: 169–176.

Clarke, S.D., and D.B. Jump. (1993). "Regulation of gene transcription by polyunsaturated fatty acids." **Progress in Lipid Research**, 32,: 139–149.

Connor, W.E. 2001. n-3 Fatty acid from fish and fish oil: panacea or nostrum?. **The American Journal of Clinical Nutrition,** 74(4): 415-416.

Ebeid, T., and others (2006). "**Ω-3 enriched egg production affects growth of ovarian follicles and immune response in laying hens."** XII European Poultry Conference, 10–14 September Verona, Italy. (Proceedings).

El-Sohemy, and M.C. Archer. (1997). "Regulation of mevalonate synthesis in rat mammary glands by dietary **ω**-3 and **ω**-6 polyunsaturated fatty acids." **Cancer Research,** 57,: 3685–3687.

Fenton, T.W., and M. Fenton. (1979). "An improved method for chromic oxide determination in feed and feces." **Canadian Journal of Animal Science** 59: 631-634.

Fraeye, I., and others (2012). "Dietary enrichment of eggs with **ω**-3 fatty acids: A review." **Food Research International,** 48(2),: 961-969.

Giang, H.H., and others (2012). "Growth performance, digestibility, gut environment and health status in weaned piglets fed a diet supplemented with a complex of lactic acid bacteria alone or in combination with *Bacillus subtilis* and Saccharomyces boulardii." **Livestock Science,** 143,: 132-141

Gogus, U., and C. Smith. (2010). "**Ω**-3 Omega 3 fatty acids: A review of current knowledge." **International Journal of Food Science and Technology,** 45,: 417-436.

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." **Poultry Science,** 94,:750–757.

Heci, Y. (2001). "Valuable ingredients from herb perilla: a mini review" **Innovative Food Science and Emerging Technologies,** 29–30,: 32–33.

Ihara, M., and others (1998). "Comparative effects of short and long-term feeding of safflower oil and perilla oil on lipid metabolism in rats." **Comparative Biochemistry and Physiology,** 121(2),: 223–231.

Jiang, Z.R., D.U. Ahn, and J.S. Sim. (1991). "Effects of feeding flax and two types of sunflower seeds on fatty acid compositions of yolk lipid classes." **Poultry Science**, 70,: 2467–2475.

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 & Nutrition,** 10(4),: 10-26.

Kopcewicz J. (1972). "Estrogens in the short-day plants *Perrilla ocimoides* and *Chenopodium rubrum* grown under inductive and noninductive light conditions." **Zeitschrift für Pflanzenphysiologie,** 67, (4): 373-376.

Kurowska, E.M., and others (2003). "Bioavailability of **ω**-3 essential fatty acids from perilla seed oil." **Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids,** 68,: 207–212.

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." **Livestock Science,** 140,: 184-188.

Lee, J.H., and others (2013). "Identification, characterisation, and quantification of phenolic compounds in the antioxidant activity-containing fraction from the seeds of Korean perilla (*Perilla frutescens*) cultivars." **Food Chemistry,** 136,: 843–852.

Lemahieu, C., and others (2015). "Impact of different **ω**-3 polyunsaturated fatty acid (**ω**-3 PUFA) sources (flaxseed, *Isochrysis galbana*, fish oil and DHA Gold) on **ω**-3 LC-PUFA enrichment (efficiency) in the egg yolk." **Journal of Functional Foods.** 19,: 821-827.

Lepage, G., and C. C. Roy. (1986). "Direct transesterification of all classes of lipids in a one-step reaction." **The Journal of Lipid Research,** 27,**:** 114–120.

Leyton, J., P.J. Drury, and M.A. Crawford. (1987). "Differential oxidation of saturated and unsaturated fatty acids *in vivo* in the rat." **British Journal of Nutrition,** 57,: 383–393.

Liu, R.L., and others (2012). "Microwave-assisted one-step extraction derivatization for rapid analysis of fatty acids profile in herbal medicine by gas chromatography-mass spectrometry." **Analystic,** 137,: 5135–5143.

Maniongui, C., and others (1993). "Age-related changes in D6 and D 5 desaturase activities in rat liver microsomes." **Lipids,** 28,: 291–297.

Mountzouris, K.C., and others (2010). "Effect of probiotic inclusion level in broiler nutrition on growth performance, nutrient digestibility, plasma immunoglobulin, and cecal microflora composition." **Poultry Science**, 89,: 588-593.

Nair, S.S.D., and others (1997). "Prevention of cardiac arrhythmia by dietary (**ω**-3) polyunsaturated fatty acids and their mechanism of action." **Journal of Nutrition,** 127,: 383–393.

Noble, R.C., and M. Cocchi. (1990). "Lipid metabolism and neonatal chicken." **Progress in Lipid Research,** 29,: 107–140.

Nopparatmaitree M., and others (2014). "Evaluation of asparagus trimmed waste in laying hens diet on nutrient digestibility and productive performance." **Silpakorn University Science and Technology Journal**, 8, (1): 72-84.

Nutrient Requirement Council. (1994). **"Nutrient Requirement of Poultry".** 9th ed. NRC, Washington, D.C.

R Core Team. (2016). **"R: A Language and Environment for Statistical Computing."** R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Austria. URLhttp:/www.R-project.org/

Rahman Alizadeh, M., and others (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." **Animal Feed Science and Technology,** 206,: 67-75.

Sharifi, S.D., and others (2012). "Effects of flavomycin and probiotic supplementation to diets containing different sources of growth performance, intestinal morphology, apparent metabolizable energy, and fat digestibility in broiler chickens." **Poultry Science,** 91,: 918-927.

Spady, D.K. (1993). "Regulatory effects of individual **ω**-6 and **ω**-3 polyunsaturated fatty acids on LDL transport in the rat." **The Journal of Lipid Research** 34,: 1337–1346.

Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. (1992). **"Principles and Procedure Statistics."** 2nd Edn. McGrew-Hill Book Co., Inc. Singapore.

Taheri Gandomani, V., and others. (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." **Livestock Science**, 167,: 236–248.

Trautwein, E.A. (2001). **"Ω-3 fatty acid-Physiological and technical aspects for their use in food."** European Journal of Lipid Science and Technology, 103,: 45-55.

Ventura, M.A., L.A. Woollett, and D.K. Spady. (1989). "Dietary fish oil stimulates hepatic low density lipoprotein transport in the rat." **Journal of Clinical Investigation,** 84,: 528-537.

Watanabe, M.I., and others (2000). "Comparative effects of safflower oil and perilla oil on serum and hepatic lipid levels, fatty acid compositions of serum and hepatic phospholipids, and hepatic mRNA expressions of 3-hydroxy-3-methylglutaryl CoA reductase, LDL receptor, and cholesterol 7alpha-hydroxylase in young and adult rats." **Food Research International**, 33, (10): 893–900.

Yashohara, B.M., and others (2009). "Ω-3 fatty acid: A comprehensive review of their role in health and disease." **Postgraduate Medical Journal**, 85,: 84-90.

Yu, H., and others (2017). "Phytochemical and phytopharmacological review of Perilla frutescens L. (Labiatae), a traditional edible-medicinal herb in China." **Food and Chemical Toxicology,** 108,: 375-391.

Zhai, W.S., and others (2008). "The Effect of male and female supplementation of l-carnitine on reproductive traits of white leghorns." **Poultry Science.** 87(6):1171–1181.

Zhang, L., and others (2015). "Effects of pre-encapsulated and pro-encapsulated *Enterococcus faecalis* on growth performance, blood characteristics, and cecal microflora in broiler chickens". **Poultry Science,** 94,(11): 2821–2830.

Zhao, L., and others (2003). "Effects of dietary supplementation with fermented Gingko leaves on performance egg quality lipid metabolism and egg-yolk fatty acid composition in laying hens." **Livestock Science,** 155,: 77-85.

Zhu, F.X., and others (2014). "Rosmarinic acid extract for antioxidant, antiallergic, and alpha-glucosidase inhibitory activities, isolated by supramolecular technique and solvent extraction from perilla leaves." **Journal of Agricultural and Food Chemistry,** 62,: 885–892.