



การผลิตไข่ไก่เชิงออกแบบจากไข่ไก่ที่ได้รับอาหารสัตว์ฟังก์ชั้นที่เสริมด้วยพรีไบโอติกส์และซินไบโอติกส์ จากเศษเหลือทิ้งจากการตัดแต่งหน่อไม้ฝรั่ง

มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี^{1,*} สิทธิชัย บันลือ¹ ศิลป์ชัย วชิรอมรเลิศ¹ อณัญญา ปานทอง² และวรางคณา กิจพิพิธ³

¹คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี ตำบลสามพระยา อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี 76120; ²คณะสัตวศาสตร์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเพชรบุรี ตำบลสามพระยา อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี 76120;

³วิทยาลัยสัตวแพทยศาสตร์อัครราชกุมารี มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ตำบลไทยบุรี อำเภอนครหลวง จังหวัดนครราชสีมา 80160

บทคัดย่อ: ไข่ไก่เชิงออกแบบ คือ ไข่ไก่ที่ได้รับการดัดแปลงจากไข่ไก่โดยทั่วไปเพื่อยกระดับคุณภาพหรือคุณค่าทางโภชนาการ การศึกษาครั้งนี้มุ่งการประเมินผลของพรีไบโอติกส์และซินไบโอติกส์จากการเสริมเศษเหลือทิ้งจากการตัดแต่งหน่อไม้ฝรั่งเพื่อเป็นอาหารฟังก์ชั้นสำหรับไข่ไก่ ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพไข่ ค่าโลหิตวิทยา ค่าชีวเคมีของซีรัม คอเลสเตอรอลและองค์ประกอบกรดไขมันในไข่แดงของไข่ไก่ ในการทดลองไข่ไก่สายพันธุ์ Hisex brown[®] อายุ 35 สัปดาห์ จำนวน 560 ตัวถูกสุ่มเข้าสู่วิจัยการทดลองแบบ 2x3 แฟกตอเรียลร่วมกับทรีทเมนต์ควบคุม {(2X3)+1} ภายใต้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) ที่ประกอบด้วย 2 ปัจจัย และ 1 กลุ่มควบคุม ได้แก่ ปัจจัย A คือ ชนิดของสารเสริม (พรีไบโอติกส์และซินไบโอติกส์) และ ปัจจัย B คือ ระดับของเศษเหลือทิ้งจากการตัดแต่งหน่อไม้ฝรั่ง (1, 3 และ 5%) โดยแต่ละทรีทเมนต์มี 4 ซ้ำ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ไข่ไก่จะได้รับอาหารทดลองและน้ำอย่างเต็มที่ ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลร่วมของปัจจัย A และ ปัจจัย B ต่อ Σ SFA, Σ MUFA, Σ PUFA, กรดไขมันโอเมก้า 6, กรดไขมันโอเมก้า 9, Δ -9 desaturase (16) index, Atherogenic index, Thrombo-genicity index and h/H ratio ($P < 0.01$) รวมถึง Δ -6 activity: 20:3(n-6)/18:2(n-6), Δ -5 activity: 20:4 (n-6)/20:3(n-6) and Δ -5+ Δ -6 activity: 20:4(n-6)/18:2(n-6) ($P < 0.01$). อีกทั้งยังพบว่าการเพิ่ม Δ -5+ Δ -6 activity: 22:6(n-3)/18:3 (n-3) ($P < 0.01$) ของกลุ่มไข่ไก่ที่ได้รับโปรไบโอติกส์ 2 g/kg สูงกว่ากลุ่มไข่ไก่ที่ได้รับโปรไบโอติกส์ 0 g/kg นอกจากนี้ระดับการเสริม TABP ช่วยเพิ่ม DHA (Linear, $P < 0.01$), กรดไขมันโอเมก้า 3 (Linear, $P < 0.01$), Δ -9 activity: 16:1(n-7)/16:0 (Linear, $P < 0.01$) and Δ -6 activity: 22:6(n-3)/20:5 (n-3) (Linear, $P < 0.01$). อีกทั้งการเสริมพรีไบโอติกส์และโปรไบโอติกส์ในอาหารช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลรวมและ LDL รวมทั้งคอเลสเตอรอลรวมในไข่แดง ทั้งยังช่วยเพิ่มกรดไขมันและดัชนีชี้วัด ความเป็นอาหารฟังก์ชั้นของไข่แดงเมื่อทำการเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P < 0.01$). ข้อสรุปจากการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการเสริมซินไบโอติกส์จาก TABP 1% ร่วมกับโปรไบโอติกส์ในอาหารไข่ไก่สามารถผลิตไข่ไก่เชิงออกแบบเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ

คำสำคัญ: ไข่ไก่ ไข่ไก่เชิงออกแบบ ซินไบโอติกส์ พรีไบโอติกส์ หน่อไม้ฝรั่ง อาหารสัตว์ฟังก์ชั้น

*ผู้รับผิดชอบบทความ

สัตวแพทยมหาวิทยาลัย. 2564. 16(1): 23-41.

E-mail address: Nopparatmaitree_m@silpakorn.edu

Designer Eggs Production of Laying Hens Fed Functional Feed Supplemented with Prebiotics and Synbiotics from Trimmed Asparagus By-products

Manatsanun Nopparatmaitree^{1,#}, Sittichai Bunlue¹, Silchai Washiraomornlert¹,
Anunya Panthong², and Warangkana Kitpipit³

¹Faculty of Animal Sciences and Agricultural Technology, Silpakorn University, Phetchaburi IT Campus, Sam Phraya, Cha-am, Phetchaburi, 76120; ²Faculty of Animal Science, Phetchaburi Collage of Agricultural and Technology, Sam Phraya, Cha-am, Phetchaburi, 76120; ³Akkhraratchakumari Veterinary College, Thaiburi, Thasala, Nakhon Si Thammarat, 80160

Abstract: Designer eggs are those in which the content has been modified from the standard egg to improve the quality or nutritive value. This study was concentrated on estimating the effect of prebiotics and synbiotics from trimmed asparagus by-products supplementation to functional feed for laying hens on productive performance, egg quality, blood parameter, serum biochemistry, cholesterol and fatty acid profile in yolk of laying hens. A total of five hundred and sixty 35-week-old layers (Hisex brown[®]) randomly divided into {(2X3)+1} factorial in completely randomized design with two factors and one control. Factor A was type of feed additives (prebiotic and symbiotic). Factor B was probiotic TABP level (1, 3 and 5%). Each treatment consisted of 4 replications (n = 20). During 12 weeks of experiment, diets and drinking water were offered *ad libitum* to the birds. Results showed the interaction between factor A and B on Σ SFA, Σ MUFA, Σ PUFA, Σ Omega 6, Σ Omega 9, Δ -9 desaturase (16) index, Atherogenic index, Thrombogenicity index and h/H ratio ($P<0.01$) and also Δ -6 activity: 20:3(n-6)/18:2(n-6), Δ -5 activity: 20:4(n-6)/20:3(n-6) and Δ -5+ Δ -6 activity: 20:4(n-6)/18:2(n-6) ($P<0.01$). In addition, increasing Δ -5+ Δ -6 activity: 22:6(n-3)/18:3(n-3) was observed ($P<0.01$) for birds fed 2 g/kg of probiotics group than for those fed the 0 g/kg of probiotics group. Furthermore, Level of TABP was significantly increased DHA (Linear, $P<0.01$), Σ Omega 3 (Linear, $P<0.01$), Δ -9 activity: 16:1(n-7)/16:0 (Linear, $P<0.01$) and Δ -6 activity: 22: 6(n-3)/ 20: 5 (n-3) (Linear, $P<0.01$). Moreover, Supplementation of prebiotics and synbiotics in diets caused a significant decrease in total cholesterol and LDL in serum and total cholesterol in yolk also increase in fatty acid and functional food index of yolk compared to the control group ($P<0.01$). The conclusion of this study suggests that supplementation of synbiotics from 1% of TABP with probiotics in laying hen diets can produce designer eggs as a heathy food.

Keywords: Laying hen, Designer eggs, Synbiotics, Prebiotics, Asparagus, Functional diets

[#]Corresponding author

J. Mahanakorn Vet. Med. 2021 16(1): 23-41.

E-mail address: Nopparatmaitree_m@silpakorn.edu

บทนำ

ปัจจุบันการเลี้ยงไก่ไข่ให้ความสนใจในการผลิตไข่ลักษณะพิเศษที่มีการเสริมคุณค่าของสารอาหารที่มีอยู่แล้วในไข่หรือลดระดับของสารอาหารอื่นที่ไม่พึงประสงค์เพื่อผลิตไข่ไก่ที่คำนึงถึงสุขภาพของผู้บริโภค โดยไข่ไก่ดังกล่าว เรียกว่า designer eggs, functional eggs หรือ diet eggs (Raj Manohar, 2015) ซึ่งไข่ไก่เชิงออกแบบ (designer eggs) สามารถผลิตด้วยการเสริมโภชนาการส่งเสริมสุขภาพ (nutritionally enhanced) ในอาหารไก่ไข่เพื่อผลิตไข่ไก่ที่มีการสะสมสารสำคัญเพื่ออาหารฟังก์ชันหรืออาหารเชิงหน้าที่ (functional food) ที่มีประโยชน์สำหรับผู้บริโภค (Mahima et al., 2012) เช่น การลดระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดง การลดระดับ LDL-cholesterol ในซีรัม และการสะสมกรดไขมันที่มีประโยชน์ เป็นต้น (Muduli et al., 2018) จากการที่องค์การอนามัยโลกคาดการณ์ว่า ในปี 2030 จะมีการเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจ (cardiovascular disease: CVD) เพิ่มขึ้นเป็น 40% ของจำนวนผู้เสียชีวิตทั้งหมด (Kim et al., 2017) รวมถึงภาวะเสี่ยงต่อการเกิดโรค non-alcoholic fatty acid liver disease (NAFLD) ที่เป็นสาเหตุหลักในการเกิดโรคตับอันเกิดการสะสมคอเลสเตอรอลในเลือด (hypercholesterolemia) จากการบริโภคอาหาร (Younossi et al., 2016) ดังนั้นไข่ไก่ที่มีการออกแบบคุณค่าทางโภชนาการจึงเป็นแหล่งอาหารทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับผู้บริโภค ทั้งนี้มีรายงานวิจัยทางการแพทย์ได้เสนอดัชนีแสดงถึงความเป็นอาหารเพื่อสุขภาพโดยชี้วัดจากคุณภาพของไขมันในอาหาร เช่น ดัชนีชี้วัดภาวะเสี่ยงโรค cardiovascular disease (atherogenic index) (Niroumand et al., 2015) ดัชนีชี้วัดภาวะยับยั้งการเกิดโรค metabolic disease (Δ -9 desaturase index) (Flowers, 2009) สัดส่วนของกรดไขมัน hypocholesterolemic to hypercholesterolemic (h/H ratio) และ ดัชนีชี้วัดการเกิดลิ่มเลือด (thrombogenicity index: TI) (Loponte et al., 2018) รวมถึง desaturating

activity ของไขมัน (Boschetti et al., 2016) เป็นต้น ซึ่งดัชนีเหล่านี้มีความน่าสนใจหากแต่ยังมีการประยุกต์ใช้ค่อนข้างน้อยสำหรับงานวิจัยด้านการผลิตอาหารจากปศุสัตว์ในประเทศไทย

นอกจากนี้วิธีการผลิตอาหารสัตว์ในยุคปัจจุบันมิได้มุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพด้านการใช้ประโยชน์ของอาหารเพื่อการพัฒนาสมรรถภาพการผลิตเพียงอย่างเดียว หากแต่ยังมีกลยุทธ์การผลิตอาหารสัตว์เป็นอาหารสัตว์ฟังก์ชัน (functional diets) ด้วยการประยุกต์ใช้สารเสริมในอาหารสัตว์ที่มีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ต่างๆ ทั้งนี้ซินไบโอติกส์ (synbiotic) จัดเป็นสารเสริมอาหารสัตว์ที่น่าสนใจอย่างมาก เนื่องจากเกิดการผสมผสานหน้าที่ของโปรไบโอติกส์ (probiotic) และ พรีไบโอติกส์ (prebiotic) (de Verse and Screzenmeir, 2008) โดยหลายงานวิจัยก่อนหน้านี้ชี้ให้เห็นถึงความสามารถของซินไบโอติกส์จากการผสมผสานหน้าที่ของโปรไบโอติกส์และพรีไบโอติกส์ต่อกระบวนการหมักที่สมบูรณ์ในท้องทางเดินอาหาร (Farnworth, 2001) รวมทั้งการเสริมซินไบโอติกส์ช่วยเพิ่มความอยู่รอดของโปรไบโอติกส์ในลำไส้ส่วนบนและสามารถเพิ่มจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในลำไส้ (Tako et al., 2004; Calik et al., 2017) นอกจากนี้ Awad et al. (2009) ได้รายงานถึงการใช้ประโยชน์ของซินไบโอติกส์ต่อการเพิ่มความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ในไส้ติ่ง (caecum) ประชากรจุลินทรีย์ในลำไส้และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสัตว์ที่สูงกว่าการใช้โปรไบโอติกส์เพียงอย่างเดียว โดยโปรไบโอติกส์หรือเชื้อจุลินทรีย์มีชีวิต (live microorganism) ที่มีประโยชน์และนิยมใช้ในอาหารสัตว์ ได้แก่ *Lactobacillus* sp. *Pidicoccus* sp. *Saccharomyces* sp. และ *Bacillus* sp. เป็นต้น ทั้งนี้โปรไบโอติกส์เหล่านี้สามารถเพิ่มสมรรถภาพการผลิตไข่และคุณภาพไข่ (Neijat et al., 2019; Mikulski et al., 2012) รวมถึงผลต่อการเพิ่มความสามารถในการสร้าง bile salt hydrolase (BSH) (Kim et al., 2017; Ooi and Liong, 2010) เพื่อลดคอเลสเตอรอลชนิด low density

lipoprotein (LDL) คอเลสเตอรอลรวม ไตรกลีเซอไรด์ และการเพิ่มคอเลสเตอรอลชนิด high density lipoprotein (HDL) (Kowalczyk et al., 2017; Miremadi et al., 2014; Mikulski et al., 2012) ส่วนพรีไบโอติกส์ (prebiotics) หรืออาหารเสริมชีวนะ โดยพรีไบโอติกส์พบมากในพืชหลายชนิด เช่น หน่อไม้ฝรั่ง กระเทียม หัวหอม และแก่นตะวัน เป็นต้น โดยพืชเหล่านี้มีองค์ประกอบของ โอลิโกแซคคาไรด์ (oligosaccharide) สูง เช่น อินนูลิน (Inulin) และ ฟรุคแทน (fructan) เป็นต้น (Locke, 2012) ซึ่งโครงสร้างเหล่านี้มีคุณสมบัติที่ไม่สามารถย่อยได้ (non digestible) หรือดูดซึมในลำไส้เล็กได้ แต่สามารถย่อยได้ด้วยการหมักโดยจุลินทรีย์ที่จำเพาะเพื่อใช้ประโยชน์ สำหรับเป็นอาหารเพื่อการเจริญเติบโต อีกทั้งมีหลักฐาน ที่แสดงให้เห็นว่าพรีไบโอติกส์สามารถปรับเปลี่ยนระดับ ไขมันในเลือดและการลดความเสี่ยงของโรคหลอดเลือด หัวใจด้วย (Sharma and Puri, 2015) ทั้งนี้ในภาค ตะวันตกของไทยมีหน่อไม้ฝรั่งเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญที่มี ราคาสูงและผลผลิตดีเหมาะกับพื้นที่แล้ง โดยใน กระบวนการผลิตหน่อไม้ฝรั่งต้องมีการคัดเลือกและตัด แต่งให้ได้หน่อไม้ฝรั่งที่สมบูรณ์และมีคุณภาพก่อนส่งขาย หรือแปรรูป ส่งผลให้มีเศษเหลือทิ้งจากการตัดแต่ง หน่อไม้ฝรั่ง (trimmed asparagus by product: TABP) จำนวนมาก จากรายงานของ Viera-Alcaide et al. (2020) พบว่า หน่อไม้ฝรั่งมีฟรุคแทนประมาณ 0.5 ถึง 2 % (น้ำหนักแห้ง) และมีฟรุคแทนสำรองคิดเป็นประมาณ 25 % (น้ำหนักสด) ที่สะสมในรากซึ่งเป็นส่วนของเศษ เหลือทิ้งจากกระบวนการตัดแต่ง ดังนั้นเศษเหลือทิ้งจาก การตัดแต่งหน่อไม้ฝรั่งจึงมีความน่าสนใจอย่างยิ่งในการ นำมาประยุกต์ใช้เป็นพรีไบโอติกส์ธรรมชาติทางเลือกใหม่ สำหรับการผลิตสัตว์

จากผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ก่อนหน้าของ Nopparatmaitree et al. (2021) ที่แสดงถึงผลการเสริม ชินไบโอติกส์จาก TABP ที่ระดับ 1% ร่วมกับโปรไบโอ ดิกส์ในอาหารไก่ไข่ต่อการพัฒนาการย่อยได้และมิถุข

วิทยาของลำไส้เล็กของไก่ไข่และคุณสมบัติของโปรไบโอ ดิกส์และพรีไบโอติกส์ของเศษเหลือเหลือทิ้งจากการตัด แต่งหน่อไม้ฝรั่ง จึงนำมาสู่การอธิบายสมมุติฐานเพิ่มเติม เกี่ยวกับการใช้โปรไบโอติกส์และพรีไบโอติกส์ร่วมกัน เพื่อให้มีการผสานหน้าที่ในการทำงาน (synergism effect) ในรูปแบบของซินไบโอติกส์เพื่อประยุกต์ใช้เป็น อาหารเชิงหน้าที่สำหรับสัตว์ (*functional feed*) สำหรับ การผลิตไข่ไก่เชิงออกแบบเพื่อสุขภาพ (*functional designer food*) โดยการทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลการเสริมพรีไบโอติกส์ (การเสริม TABP) และซิน ไบโอติกส์ (การเสริม TABP ร่วมกับการเสริมโปรไบโอ ดิกส์) รวมถึงผลของระดับของการเสริม TABP ในอาหาร ไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต ค่าโลหิตวิทยา ค่าชีวเคมีใน ซิรัม คุณภาพทางกายภาพของไข่ และองค์ประกอบของ กรดไขมันในไข่แดง

วิธีการศึกษา

การออกแบบการทดลอง

การทดลองครั้งนี้จัดกลุ่มการทดลองแบบ 2x3 แฟค ตอเรียลร่วมกับทรีทเมนต์ควบคุม {(2X3)+1} ภายใต้ แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) ตามวิธีของ Marini (2003) ประกอบด้วย 7 ทรีทเมนต์ (6 ทรีทเมนต์คอมบิเนชัน+1 ทรีทเมนต์ควบคุม) ทรีทเมนต์ละ 4 ซ้ำ รวมทั้งหมด 28 หน่วยทดลอง โดยใช้ไก่เพศเมียสายพันธุ์ Hisex brown® อายุ 35 สัปดาห์ จำนวน 560 ตัว สุ่มเข้าสู่แต่ละหน่วย ทดลองจำนวน 20 ตัว เพื่อศึกษาปัจจัยทดสอบ 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ การเสริมพรีไบโอติกส์ (TABP) และ ชินไบโอติกส์ (TABP+โปรไบโอติกส์ 2 กรัมต่อกิโลกรัม โดยโปรไบโอติกส์รวมที่ใช้ในการทดลองนี้ประกอบด้วย

Lactobacillus acidophilus 1.0x10¹⁰ cfu,

Lactobacillus plantarum 1.0x10¹⁰ cfu,

Pediococcus pentosaceus 1.0x10⁹ cfu,

Streptococcus faecium 1.0x10¹⁰ cfu,

Saccharomyces cerevisiae 10×10^9 cfu,

Bacillus subtilis 1.0×10^{10} cfu,

Bacillus licheniformis 1.0×10^{10} cfu,

เติมสื่อจนครบ 1 กิโลกรัม

และ ปัจจัย B คือ ระดับของการเสริม TABP ประกอบด้วย 1, 3, และ 5 % ในสูตรอาหารไก่ไข่ โดย TABP ในการทดลองครั้งนี้ได้จากเกษตรกรผู้ปลูกหน่อไม้ฝรั่งสายพันธุ์แม่เรือชิงตันในโครงการตามพระราชประสงค์หุบกะพง อำเภอบางคนที จังหวัดเพชรบุรี ดังนี้

ทรีทเมนต์ที่ 1 อาหารไก่ไข่ควบคุม (Control) ไม่เสริม TABP และโปรไบโอติกส์

ทรีทเมนต์ที่ 2 อาหารไก่ไข่ที่เสริมโปรไบโอติกส์ (การเสริม TABP 1 % และไม่เสริมโปรไบโอติกส์)

ทรีทเมนต์ที่ 3 อาหารไก่ไข่เสริมโปรไบโอติกส์ (การเสริม TABP 3 % และไม่เสริมโปรไบโอติกส์)

ทรีทเมนต์ที่ 4 อาหารไก่ไข่เสริมโปรไบโอติกส์ (การเสริม TABP 5 % และไม่เสริมโปรไบโอติกส์)

ทรีทเมนต์ที่ 5 อาหารไก่ไข่เสริมซินไบโอติกส์ (การเสริม TABP 1 % และเสริมโปรไบโอติกส์ 2 g/kg)

ทรีทเมนต์ที่ 6 อาหารไก่ไข่เสริมซินไบโอติกส์ (การเสริม TABP 3 % และเสริมโปรไบโอติกส์ 2 g/kg)

ทรีทเมนต์ที่ 7 อาหารไก่ไข่เสริมซินไบโอติกส์ (การเสริม TABP 5 % และเสริมโปรไบโอติกส์ 2 g/kg)

สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่และคุณภาพทางกายภาพของไข่ไก่

เลี้ยงไก่ไข่ทดลองภายใต้โรงเรือนแบบเปิดที่มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ตามสภาพแวดล้อม โดยไก่ไข่ได้รับอาหารและน้ำสะอาดแบบเต็มที่ (*ad libitum*) ด้วยอาหารไก่ไข่ระยะให้ไข่ที่มีข้าวโพดและกากถั่วเหลืองเป็นพื้นฐานมีค่าโปรตีนหยาบ 18 เปอร์เซ็นต์ และ ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ 2,850 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมตามคำแนะนำของ NRC (1994) ทั้งนี้การวัดสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ (อายุ 35 ถึง 47 สัปดาห์) โดยแบ่งเป็น 3 ช่วง ช่วงละ 28 วัน รวมทั้งหมด 84 วัน

โดยจัดบันทึกปริมาณอาหารที่กินได้ จำนวนผลผลิตไข่ และน้ำหนักไข่ในแต่ละวัน แล้วนำข้อมูลจากทั้ง 3 ช่วงมาคำนวณหาสมรรถภาพการผลิตรวม (overall productive performance) คือ อัตราการไข่ (hen day production) น้ำหนักไข่เฉลี่ย (average egg weight) มวลไข่ (egg mass) {(egg mass = average egg weight x hen day production)/ 100)} รวมถึงคำนวณหาปริมาณการกินได้ (feed intake) และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ 1 กิโลกรัม (feed conversion ratio per 1 kg of egg) (FCR = feed intake/egg mass) ตามวิธีของ Xiao et al. (2019) เมื่อไก่ไข่อายุครบ 39, 43 และ 47 สัปดาห์ ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างไข่ไก่จำนวน 5 ฟองต่อวันตลอดสัปดาห์ในแต่ละหน่วยทดลองเพื่อวิเคราะห์คุณภาพของไข่ไก่ คือ ชั่งน้ำหนักไข่ (egg weight) และวัดความสูงไข่ขาว (albumin height) ทำการวัดค่าคะแนนสีของเปลือกไข่ (shell color) และค่าคะแนนสีของไข่แดง (yolk color) ด้วยพัดสีที่มีค่าคะแนน 10-15 (Hoffman-la roche Ltd, Basal, Switzerland) และคำนวณหาค่า Haugh unit จากสูตร Haugh Unit = $100 \log (\text{albumen height in millimeter} + 7.57 \times 1.7 \text{ weight of egg in gram}^{0.37})$ ตามวิธี Laudadio and Tufarelli (2011)

ค่าโลหิตวิทยาของไก่ไข่

เมื่อไก่ไข่อายุครบ 47 สัปดาห์ (สิ้นสุดการทดลอง) ทำการอดอาหารเป็นเวลา 12 ชั่วโมง และสุ่มไก่ไข่จากแต่ละหน่วยทดลอง (จำนวน 4 ตัว) เพื่อเก็บตัวอย่างเลือดโดยเจาะเลือดใกล้บริเวณ Jugular vein ปริมาตร 5 มิลลิลิตร แบ่งตัวอย่างเลือดลงในหลอดเก็บเลือดที่เคลือบ EDTA เพื่อรอวิเคราะห์โลหิตวิทยาต่อไป ตัวอย่างเลือดอีกส่วนหนึ่งเก็บใส่หลอดเก็บตัวอย่างจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ $3500 \times g$ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที เพื่อเก็บตัวอย่างซีรัม ตามวิธีของ Chen et al. (2018) ในส่วนของขั้นตอนการวิเคราะห์ นำตัวอย่างเลือดมาวัดความเข้มข้นของเม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโอฟิล (heterophil:

H) และ ลิมโฟไซต์ (lymphocyte: L) วิเคราะห์ โดย Cell-dyn 3500 (Abbott Laboratories, IL, USA) และ คำนวณหาสัดส่วน H/L Ratio ตามวิธี Reisinger et al. (2012) รวมทั้งวิเคราะห์คอเลสเตอรอล (cholesterol) และ ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) จากตัวอย่างซีรัม โดยใช้ เครื่องตรวจเลือดอัตโนมัติ (Advia 120, Bayer, Tarrytown, NY) ด้วยวิธี enzymatic colorimetric method (CHOD-PAP method) ตามวิธี Zhao and Kim (2017)

คอเลสเตอรอลและองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดง

เมื่อไก่ไข่อายุครบ 47 สัปดาห์ ทำการสุ่มเก็บ ตัวอย่างไข่ไก่จำนวน 5 ฟองต่อวันตลอดสัปดาห์ในแต่ละ หน่วยทดลอง โดยเก็บรวบรวมตัวอย่างไข่แดงไว้ที่ อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบ ของกรดไขมัน (individual fatty acid content) ตามวิธี ของ Lepage and Roy (1986) นำข้อมูลปริมาณของ กรดไขมันมาใช้ในการคำนวณหา Iodine value และ คำนวณหาสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวต่อกรดไขมันไม่อิ่มตัว (saturated fatty acid to unsaturated fatty acid: SFA to USFA) ตามวิธีของ Zhai et al. (2008) รวมทั้งคำนวณหาดัชนีคุณภาพไขมัน คือ ค่าดัชนีการเกิด ภาวะไขมันสะสมในเส้นเลือด (atherogenic index: AI) จากสูตร $AI = [(C12:0) + (4 \times C14:0) + (C16:0)] / (MUFA + PUFA_{n6} + PUFA_{n3})$ คำนวณหาดัชนีชี้วัด ภาวะยับยั้งการเกิดโรค metabolic disease คือ $\Delta-9$ desaturase (16) index จากสูตร $\Delta-9$ desaturase (16) index = $\{C16:1n7 / (C16:0 + C16:1n7)\} \times 100$ และ $\Delta-9$ desaturase (18) index จากสูตร $\Delta-9$ desaturase (18) index = $\{C18:1n9 / (C18:0 + C18:1n9)\} \times 100$ ตามวิธีของ He et al. (2015) นอกจากนี้ทำการคำนวณดัชนีการทำให้เกิดลิ่มเลือด (thrombogenicity index: TI) จากสูตร $TI = [(C14:0) + 16:0 + C18:0] / \{(0.5 \times MUFA) + (0.5 \times PUFA_{n6}) + (3 \times PUFA_{n3}) + (PUFA_{n3} / PUFA_{n6})\}$ และสัดส่วนของ กรดไขมัน hypocholesterolemic to hyper

cholesterolemic (h/H ratio) จากสูตร $h/H \text{ ratio} = \{(C18:1n9 + C18:2n6 + C20:4n6 + C18:3n3 + C20:5n3 + C22:6n3) / (C14:0 + 16:0)\}$ ตามวิธีของ Loponte et al. (2018)

การคำนวณ Desaturase activities

Desaturase activities สามารถคำนวณได้จาก สัดส่วนของสารผลิตภัณฑ์ต่อสารตั้งต้นสำหรับกรดไขมันที่ ถูกเปลี่ยนโดยเอนไซม์แต่ละตัว โดยกิจกรรมของ $\Delta-9$ -C16 และ $\Delta-9$ -C18 สามารถคำนวณได้จากสูตร $[16:1 (n-7)/16:0]$ and $[18:1 (n-9)/18:0]$ ตามลำดับ ตามวิธีของ Warensjo et al. (2005) ส่วน $\Delta-5$ และ $\Delta-6$ desaturases มีความสำคัญในกระบวนการสร้าง n-3 และ n-6 PUFA ทั้งนี้การวัด desaturase activities ใน วิถี n-6 PUFA สามารถคำนวณได้จากสูตร $\Delta-6 = [20:3 (n-6)/18:2 (n-6)]$, $\Delta-5 = [ARA [20:4 (n-6)]/20:3 (n-6)]$ และ $\Delta-6 + \Delta-5 = [20:4 (n-6)/18:2 (n-6)]$ ตามวิธี ของ Boschetti et al. (2016) นอกจากนี้ desaturase activities ในวิถี n-3 PUFA สามารถคำนวณได้จากสูตร $\Delta-6 + \Delta-5$ activities $[20:5 (n-3)/18:3 (n-3)]$, $[22:6 (n-3)/18:3 (n-3)]$, และ $\Delta-6$ activity $[22:6 (n-3)/20:5 (n-3)]$ ตามวิธีของ Sirri et al. (2011); Gray et al. (2013)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่ได้ด้วย general linear model (GLM) และเปรียบเทียบความ แตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มข้อมูลด้วย Turkey's honestly significant test และ วิเคราะห์ orthogonal ระหว่างกลุ่มควบคุม กับ กลุ่มการทดลองอื่น และ กลุ่มพ รีไบโอติกส์ กับ กลุ่มซินไบโอติกส์ด้วย orthogonal contrast รวมทั้งวิเคราะห์แนวโน้มของข้อมูล (trend analysis) ด้วย orthogonal polynomial ตามวิธีของ Steel and Torrie (1992) โดยใช้โปรแกรม R version 3.5.1 ตามวิธีของ R Core Team (2018)

ผลการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ไม่พบอิทธิพลร่วมของการเสริมและไม่เสริมโปรไบโอติกส์ร่วมกับระดับการเสริม TABP ในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่และคุณภาพทางกายภาพของไข่ไก่ รวมถึงโลหิตวิทยา ได้แก่ จำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดเฮมโทโรฟิลและลิมโฟไซต์และสัดส่วน H/L Ratio ($P>0.05$) อีกทั้งยังพบว่า ปัจจัยหลัก A คือ การเสริมและไม่เสริมโปรไบโอติกส์ และ ปัจจัยหลัก B คือ ระดับการเสริม TABP ในอาหารไก่ไข่ว่านไม่ส่งต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่และคุณภาพทางกายภาพของไข่ไก่ รวมถึงโลหิตวิทยา ได้แก่ จำนวนเม็ดเลือดขาวชนิด เฮมโทโรฟิลและลิมโฟไซต์ และสัดส่วน H/L Ratio ($P>0.05$) ดังแสดงใน Table 1 และ Table 2 นอกจากนี้ยังไม่มีพบอิทธิพลร่วมของการเสริมและไม่เสริมโปรไบโอติกส์ร่วมกับระดับการเสริม TABP ในอาหารไก่ไข่และไม่พบอิทธิพลของปัจจัยหลัก A และ B ค่าชีวเคมีของเลือดของไก่ไข่ และปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อ ($P>0.05$) ทั้งนี้ไก่ไข่ที่ได้รับการเสริมพรีไบโอติกส์ (TABP ที่ระดับ 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ และ ไม่เสริมโปรไบโอติกส์) และไก่ไข่ที่ได้รับการเสริมซินไบโอติกส์ (TABP ที่ระดับ 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการเสริม โปรไบโอติกส์ 2 กรัมต่อกิโลกรัมในอาหาร) มีปริมาณคอเลสเตอรอลรวมและคอเลสเตอรอลชนิด LDL ในเลือดของไก่ไข่ รวมถึง ปริมาณคอเลสเตอรอลรวมในเนื้ออกไก่สูงกว่าไก่ไข่กลุ่มควบคุม ($P<0.01$) ดังแสดงใน Table 2

นอกจากนี้การทดลองครั้งนี้พบอิทธิพลร่วมของการเสริมและไม่เสริมโปรไบโอติกส์ร่วมกับระดับการเสริม TABP ในอาหารไก่ไข่ต่อกรดปาร์มิติก กรดสเตียริก กรดโอเลอิก กรดลิโนเลอิก กรดอะราซิโดนิก Σ SFA Σ MUFA Σ PUFA กรดไขมันโอเมก้า 6 และ 9 ในไข่แดง ($P<0.01$) โดยอิทธิพลร่วมของการเพิ่มระดับการเสริม TABP ที่ระดับ 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการไม่เสริมโปรไบโอติกส์ (พรีไบโอติกส์) หรือ อิทธิพลร่วมการเพิ่มระดับการเสริม TABP ที่ระดับ 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับ

การเสริมโปรไบโอติกส์ 2 กรัมต่อกิโลกรัม (ซินไบโอติกส์) ในอาหารไก่ไข่แปรผันตรงต่อการเพิ่มขึ้นของกรดสเตียริก กรดโอเลอิก และ กรดไขมันโอเมก้า 9 ในไข่แดงแบบเส้นตรง (Linear, $P<0.01$) และแปรผันตรงต่อการเพิ่มขึ้นของกรดปาร์มิติก กรดลิโนเลอิก กรดอะราซิโดนิก Σ SFA Σ MUFA Σ PUFA และ กรดไขมันโอเมก้า 6 ในไข่แดงแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic, $P<0.01$) นอกจากนี้ยังพบว่า ไก่ไข่ที่ได้รับการเสริมพรีไบโอติกส์ (TABP ที่ระดับ 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ และ ไม่เสริมโปรไบโอติกส์) และ การเสริมซินไบโอติกส์ (TABP ที่ระดับ 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการเสริม โปรไบโอติกส์ 2 กรัมต่อกิโลกรัมในอาหาร) ในอาหารไก่ไข่ส่งผลให้มีองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดงที่แตกต่างกับไข่แดงของไก่ไข่กลุ่มควบคุม ($P<0.05$) อีกทั้งยังพบว่า การเสริมและไม่เสริมโปรไบโอติกส์ร่วมกับระดับการเสริม TABP ในอาหารไก่ไข่ไม่มีอิทธิพลร่วมต่อ DHA และ กรดไขมันโอเมก้า 3 ในไข่แดง ($P>0.05$) ทั้งนี้การเพิ่มระดับของการเสริม TABP ในอาหารไก่ไข่แปรผันตรงต่อการปริมาณ DHA และ กรดไขมันโอเมก้า 3 ในไข่แดงแบบเส้นตรง (Linear, $P<0.01$) ดังแสดงใน Table 2

เมื่อสังเกตดัชนีชี้วัดความเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ คือ Iodine value, Atherogenic index หรือดัชนีชี้ภาวะเสี่ยงโรค Cardiovascular disease, ดัชนี Δ -9 desaturase 16 index หรือ ดัชนีชี้ภาวะยับยั้งการเกิดโรค Metabolic disease, Thrombogenicity index หรือ ดัชนีชี้วัดการเกิดลิ่มเลือด และ h/H ratio ในไข่แดงของไก่ไข่พบว่า ที่อิทธิพลร่วมของการเสริมและไม่เสริมโปรไบโอติกส์ร่วมกับระดับการเสริม TABP ในอาหาร ไก่ไข่ต่อดัชนีชี้วัดความเป็นอาหารเพื่อสุขภาพดังกล่าว ($P<0.01$) โดยอิทธิพลร่วมของการเพิ่มระดับการเสริม TABP ที่ระดับ 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการไม่เสริมโปรไบโอติกส์ (พรีไบโอติกส์) หรือ อิทธิพลร่วมการเพิ่มระดับการเสริม TABP ที่ระดับ 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับ การเสริมโปรไบโอติกส์ 2 กรัมต่อกิโลกรัม (ซินไบโอติกส์)

ในอาหารไก่ไข่แปรรูปตรงต่อการเพิ่มขึ้นของดัชนี Δ -9 desaturase 16 index หรือ ดัชนีชี้วัดภาวะยับยั้งการเกิดโรค Metabolic disease เป็นแบบเส้นตรง (Linear, $P<0.01$) และ h/H ratio เป็นแบบเส้นตรง (Quadratic, $P<0.05$) ในไข่แดง และการลดลงของ Atherogenic index หรือ ดัชนีชี้วัดความเสี่ยงโรค Cardiovascular disease เป็นแบบเส้นตรง (Linear, $P<0.05$) และ Thrombogenicity index หรือ ดัชนีชี้วัดการเกิดลิ่มเลือด เป็นแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic, $P<0.01$) ทั้งนี้การเสริม TABP ที่ระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับโปรไบโอติกส์ 2 กรัมต่อกิโลกรัมในอาหารส่งผลต่อการเพิ่มดัชนีชี้ภาวะยับยั้งการเกิดโรค Metabolic disease และ และ h/H ratio รวมถึงการลดลงของดัชนีชี้ภาวะเสี่ยงโรค Cardiovascular disease และ Thrombogenicity index หรือ ดัชนีชี้วัดการเกิดลิ่มเลือด ($P<0.01$) ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดความเป็นอาหารเพื่อสุขภาพที่สำคัญ ดังแสดงใน Table 2

อีกทั้งการทดลองครั้งนี้ยังพบอิทธิพลร่วมของการเสริมและไม่เสริมโปรไบโอติกส์ร่วมกับระดับการเสริม TABP ในอาหารไก่ไข่ต่อกิจกรรมของ Δ -6 desaturases: 20:3, Δ -6 desaturases: 20:4, Δ -5+ Δ -6 desaturases: 20:4 ในกระบวนการสร้าง n-6 PUFA ($P<0.01$) อีกทั้งยัง พบว่า การเสริมและไม่เสริมโปรไบโอติกส์ร่วมกับระดับการเสริม TABP ในอาหารไก่ไข่ไม่มีอิทธิพลร่วมต่อกิจกรรมของ Δ -5+ Δ -6 desaturases: 22:6 และ Δ -6 desaturases: 22:6 ในกระบวนการสร้าง n-3 PUFA ($P>0.05$) ทั้งนี้การเพิ่มระดับของการเสริม TABP ในอาหารไก่ไข่แปรรูปตรงต่อกิจกรรมของ Δ -6 desaturases: 22:6 ในกระบวนการสร้าง n-3 PUFA เป็นแบบเส้นตรง (Linear, $P<0.01$) นอกจากนี้ยังพบว่า ไก่ไข่ที่ได้รับการเสริมซินไบโอติกส์ (TABP ที่ระดับ 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ การเสริมโปรไบโอติกส์ 2 กรัมต่อกิโลกรัมในอาหาร) มีกิจกรรมของ Δ -5+ Δ -6 desaturases: 22:6 ในกระบวนการสร้าง n-3 PUFA สูงกว่าไก่ไข่ที่ได้รับการเสริมพรีไบโอติกส์ (TABP ที่ระดับ 1,

3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ และ ไม่เสริมโปรไบโอติกส์) ($P<0.01$) อีกทั้ง พบว่า ไก่ไข่ที่ได้รับการเสริมพรีไบโอติกส์และไก่ไข่ที่ได้รับการเสริมซินไบโอติกส์มีกิจกรรมของ Fatty acid desaturase สูงกว่าไก่ไข่กลุ่มควบคุม ($P<0.01$) ดังแสดงใน Table 3

วิจารณ์

การทดลองครั้งนี้ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงผลของการเสริม TABP ในรูปแบบพรีไบโอติกส์และซินไบโอติกส์ในอาหารไก่ไข่ในการส่งเสริมสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่และคุณภาพทางกายภาพของไข่ไก่ สอดคล้องกับหลายงานวิจัยก่อนหน้านี้ Chen et al. (2005a) รายงานว่า น้ำหนักไข่เฉลี่ย ปริมาณการกินได้ และคุณภาพไข่ขาวไม่มีความแตกต่างกันเมื่อไก่ไข่ได้รับพรีไบโอติกส์โอลิโกแซคคาร์ไรด์และอินนูลิน อีกทั้งการเสริมโปรไบโอติกส์ พรีไบโอติกส์ และซินไบโอติกส์ไม่มีผลต่อการผลิตไข่ ปริมาณการกินได้ และประสิทธิภาพการใช้อาหาร (Zarei et al., 2011) ส่วนการทดลองของ Świątkiewicz et al. (2010) รายงานว่าพรีไบโอไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิต ปริมาณไข่ มวลไข่, ปริมาณการกินได้ และประสิทธิภาพการใช้อาหาร นอกจากนี้ การเสริมพรีไบโอติกส์จากอาร์ติโชคไม่มีผลต่อน้ำหนักไข่เฉลี่ยและน้ำหนักไข่แดง (Klementavičiūtė et al., 2018)

นอกจากนี้ผลการศึกษานี้ยังอธิบายถึงผลของพรีไบโอติกส์จากการเสริม TABP และ ซินไบโอติกส์จากการเสริม TABP ร่วมกับโปรไบโอติกส์ต่อการลดปริมาณของคอเลสเตอรอลรวมและคอเลสเตอรอลรวมชนิด LDL ในซีรัม รวมถึงลดปริมาณของคอเลสเตอรอลรวมในไข่แดง ซึ่งมีความสอดคล้องกับหลายงานทดลองก่อนหน้านี้ที่พบว่าสามารถลดปริมาณของคอเลสเตอรอลในซีรัมได้จากการเสริมโปรไบโอติกส์ (Panda et al., 2008) และพรีไบโอติกส์ประเภทโอลิโกแซคคาร์ไรด์และอินนูลินจากชิโครี (Chen et al., 2005b) รวมถึงพรีไบโอติกส์จากสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina platensis*)

Table 1 Effects of prebiotics (TABP) and synbiotics (TABP+ probiotics 2 g/kg) in functional feed and level of TABP supplementation in diets on productive performance and egg physical quality

Productive performance and egg physical quality of laying hens	Control	Prebiotics (TABP)						Synbiotics (TABP+ Probiotics 2 g/kg)						SEM	Orthogonal contrast				Trend analysis	
		Level of TABP in diets						Level of TABP in diets												
		Productive performance						Level of TABP in diets												
		1%	3%	5%	1%	3%	5%	1%	3%	5%	1%	3%	5%		C vs O	A [#]	B ^{##}	AxB ^{###}		
----- Productive performance -----																				
Feed intake (g/day)	120.37	93.91	99.72	95.03	97.20	96.98	98.02	0.86	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Hen day production %	84.68	82.74	86.87	82.02	83.91	83.65	82.15	0.54	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Egg weight (g)	49.36	47.86	48.54	46.35	47.56	46.65	45.07	0.36	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Egg mass (g)	41.53	39.64	42.21	37.37	39.94	39.03	38.14	1.10	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
FCR (g of feed/g of egg mass)	2.42	2.37	2.36	2.50	2.44	2.38	2.42	0.02	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
FCG (Bath per 1 kg of egg)	40.05	39.23	39.05	42.01	40.39	39.24	39.92	0.38	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
----- Egg physical quality -----																				
Shell color (%)	19.39	19.18	18.56	19.15	18.63	19.58	18.71	0.168	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Whole egg weight (g)	57.18	56.09	55.33	56.90	56.68	56.98	55.34	0.232	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Shell weight (g)	7.49	7.43	7.18	7.40	7.55	7.37	7.24	0.036	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Yolk weight (g)	14.61	15.36	14.17	14.22	14.65	14.67	14.20	0.096	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Albumen weight (g)	36.08	36.11	34.66	35.89	33.52	35.67	33.44	0.26	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Albumen height(mm)	9.07	8.88	9.33	9.45	9.00	9.38	8.93	0.078	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Haugh unit	94.77	93.59	96.66	95.14	94.43	95.83	94.51	0.43	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Egg yolk color score	12.90	13.15	13.31	13.43	13.30	13.68	13.61	0.176	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Lightness (L*)	43.69	44.17	44.93	46.02	43.97	44.59	44.19	0.190	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Redness (a*)	18.13	17.90	16.79	16.64	16.70	17.68	17.05	0.46	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Yellowness (b*)	41.16	40.40	39.41	40.53	40.20	40.71	40.29	0.47	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	

NS= Not significantly (P>0.05),

SEM = Standard error of mean,

#Factor A = Probiotics 0 and 2 g/kg, ##Factor B = Level of TABP 0, 1, 3, and 5%, ###Factor AxB= Probiotics 0 and 0.2 g/kg x Level of TABP, TABP= Trimmed asparagus by-product

Table 2 Effects of prebiotics (TABP) and synbiotics (TABP+ probiotics 2 g/kg) in functional feed and level of TABP supplementation in diets on hematology and fatty acid profile in yolk

Blood parameter, serum biochemistry and fatty acid profile in yolk of laying hens	Control	Prebiotics (TABP)		Synbiotics (TABP+ Probiotics 2 g/kg)				SEM	Orthogonal contrast				Trend analysis		
		Level of TABP in diets		Level of TABP in diets					C vs O	A [#]	B ^{##}	AxB ^{###}	B ^{##}	AxB ^{###}	
		1%	3%	5%	5%	1%	3%								5%
		Blood parameter													
----- Serum biochemistry (mg/dl) -----															
Heterophil (%)	38.33	39.33	37.66	37.66	37.66	44.33	43.00	39.00	5.01	NS	NS	NS	NS	NS	
Lymphocyte (%)	52.00	56.66	52.00	57.33	57.33	56.00	55.33	57.33	1.05	NS	NS	NS	NS	NS	
H/L Ratio	0.74	0.70	0.72	0.66	0.66	0.79	0.78	0.72	0.106	NS	NS	NS	NS	NS	
----- Fatty acid profile in meat (g/100 g total fat) -----															
Total cholesterol	153.50 ^A	141.66 ^{AB}	120.33 ^B	126.00 ^B	135.66 ^{AB}	125.66 ^B	129.66 ^B	129.66 ^B	2.64	**	NS	NS	NS	NS	
High density lipoprotein (HDL)	79.66	81.66	82.00	80.67	83.33	84.00	82.33	82.33	1.73	NS	NS	NS	NS	NS	
Low density lipoprotein (LDL)	57.57 ^A	44.22 ^{AB}	21.07 ^B	29.81 ^B	36.07 ^{AB}	26.22 ^B	30.45 ^B	30.45 ^B	0.53	**	NS	NS	NS	NS	
Triglyceride	81.33	78.90	86.31	77.61	81.33	77.200	84.36	84.36	2.72	NS	NS	NS	NS	NS	
Cholesterol	1337.89 ^A	1202.30 ^{AB}	1235.89 ^{AB}	1124.66 ^B	1179.80 ^{AB}	1206.07 ^{AB}	1152.73 ^B	1152.73 ^B	13.39	**	NS	NS	NS	NS	
Myristic acid (C14:0)	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.05	NS	NS	NS	NS	NS	
Palmitic acid (C16:0)	7.390 ^A	6.581 ^C	6.90 ^{BC}	5.991 ^D	6.915 ^{BC}	6.924 ^{BC}	6.064 ^{AB}	6.064 ^{AB}	0.15	**	**	**	Q	Q	
Palmitoleic acid (C16:1n7)	0.992 ^A	0.877 ^B	0.917 ^{AB}	0.890 ^{AB}	0.930 ^{AB}	0.942 ^{AB}	0.962 ^{AB}	0.962 ^{AB}	0.045	**	*	NS	NS	NS	
Stearic acid (C18:0)	1.840 ^B	1.882 ^B	2.052 ^A	2.072 ^A	1.932 ^{AB}	2.070 ^A	1.982 ^{AB}	1.982 ^{AB}	0.07	**	NS	**	Q	L	
Vaccenic acid (C18:1n7c)	0.567 ^C	0.567 ^{BC}	0.672 ^A	0.542 ^C	0.567 ^{AB}	0.642 ^{AB}	0.557 ^C	0.557 ^C	0.031	*	NS	*	Q	Q	
Oleic acid (C18:1n9)	9.952 ^B	9.742 ^B	10.897 ^A	10.797 ^A	10.542 ^A	10.740 ^A	10.550 ^A	10.550 ^A	0.250	**	NS	**	Q	L	
Linoleic acid (C18:2n6)	4.487 ^A	3.802 ^C	3.827 ^C	4.280 ^B	3.887 ^C	3.962 ^C	3.912 ^C	3.912 ^C	0.087	**	NS	**	L	Q	
Linolenic acid (C18:3n3)	0.110	0.130	0.127	0.132	0.117	0.122	0.113	0.113	0.011	NS	NS	NS	NS	NS	
Arachidonic acid (C20:0)	0.010	0.010	0.125	0.125	0.010	0.010	0.010	0.010	0.002	NS	NS	NS	NS	NS	
Eicosenoic acid (C20:1n9)	0.082 ^A	0.080 ^A	0.077 ^A	0.062 ^B	0.070 ^{AB}	0.080 ^A	0.077 ^A	0.077 ^A	0.001	*	NS	*	Q	L	
DGLA (C20:2n6)	0.043 ^A	0.028 ^B	0.023 ^B	0.023 ^B	0.023 ^B	0.030 ^{AB}	0.033 ^{AB}	0.033 ^{AB}	0.005	**	NS	**	NS	L	
(C20:3n6)	0.043 ^B	0.040 ^B	0.043 ^B	0.033 ^B	0.063 ^A	0.043 ^B	0.060 ^A	0.060 ^A	0.006	NS	**	**	Q	Q	
Arachidonic acid (C20:4n6)	0.418 ^{CD}	0.440 ^{BCD}	0.497 ^{AB}	0.390 ^D	0.460 ^{ABC}	0.503 ^{AB}	0.523 ^A	0.523 ^A	0.028	**	**	**	Q	Q	
DHA (C22:6n3)	0.1325 ^B	0.190 ^A	0.193 ^A	0.208 ^A	0.198 ^A	0.200 ^A	0.213 ^A	0.213 ^A	0.013	**	NS	**	L	NS	

^{A, B, C} Means with different superscripts in the same row are significantly different (P<0.01), SEM = Standard error of mean, L = Linear, and Q = Quadratic, NS= Not significantly (P>0.05) * Statistically significant different between groups (P<0.05), **Statistically significant different between groups (P<0.01), [#]Factor A = Probiotics 0 and 2 g/kg, ^{##}Factor B = Level of TABP 0, 1, 3, and 5%, ^{###}Factor AxB= Probiotics 0 and 0.2 g/kg x Level of TABP, TABP=Trimmed asparagus by-product

Table 3 Effects of prebiotics (TAPB) and synbiotics (TAPB+ probiotics 2 g/kg) in functional feed and level of TAPB supplementation in diets on quality of fat index and fatty acid desaturase activity

Quality of fat index and fatty acid desaturase activity	Prebiotics (TAPB)				Synbiotics (TAPB+ Probiotics 2 g/kg)				SEM	Orthogonal contrast				Trend analysis	
	Control	Level of TAPB in diets			Level of TAPB in diets			C vs O		A [#]	B ^{##}	AxB ^{###}			
		1%	3%	5%	1%	3%	5%								
-----Quality of fat index-----															
ΣSFA (g/100 g total fat)	9.410 ^A	8.732 ^B	9.132 ^{AB}	8.237 ^C	9.022 ^{AB}	9.330 ^A	8.232 ^C	0.181	**	**	**	**	Q	Q	
ΣMUFA (g/100 g total fat)	11.662 ^{BC}	11.367 ^C	12.637 ^A	12.367 ^A	12.260 ^A	12.480 ^A	12.127 ^{AB}	0.244	*	NS	*	*	Q	Q	
Σ PUFA (g/100 g total fat)	5.233 ^A	4.630 ^D	4.710 ^{CD}	5.068 ^{AB}	4.748 ^{CD}	4.863 ^{BC}	4.858 ^C	0.090	**	NS	**	**	L	Q	
ΣOmega 3 (g/100 g total fat)	0.243 ^B	0.320 ^A	0.320 ^A	0.340 ^A	0.313 ^A	0.323 ^A	0.328 ^A	0.019	**	NS	**	NS	L	NS	
ΣOmega 6 (g/100 g total fat)	4.990 ^A	4.310 ^D	4.390 ^{CD}	4.727 ^B	4.433 ^{CD}	4.540 ^{CB}	4.530 ^C	0.084	**	NS	**	**	L	Q	
ΣOmega 9 (g/100 g total fat)	10.050 ^B	9.840 ^B	10.990 ^A	10.877 ^A	10.630 ^A	10.837 ^A	10.642 ^A	0.250	**	NS	**	**	Q	L	
SFA/USFA ratio	0.555	0.547	0.525	0.475	0.530	0.540	0.537	0.013	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Iodine value	18.112 ^{AB}	16.715 ^C	17.840 ^B	18.410 ^A	17.597 ^B	17.937 ^{AB}	17.600 ^B	0.243	**	NS	*	**	Q	L	
n3/n6 ratio	0.047 ^B	0.075 ^A	0.072 ^A	0.070 ^A	0.070 ^A	0.072 ^A	0.072 ^A	0.005	**	NS	NS	NS	NS	NS	
Atherogenic index	5.900 ^A	5.242 ^D	5.287 ^{CD}	5.577 ^B	5.28 ^{CD}	5.452 ^{BCD}	5.467 ^{BC}	0.095	**	NS	*	*	L	L	
Δ-9 desaturase (16) index	7.140 ^C	8.312 ^{AB}	8.885 ^A	8.317 ^{AB}	8.555 ^A	8.500 ^A	7.305 ^{BC}	0.001	**	*	**	**	Q	L	
Δ-9 desaturase (18) index	84.395	83.807	84.145	83.887	84.492	83.837	84.172	0.467	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Thrombogenicity index	1.025 ^A	0.965 ^B	0.947 ^B	0.847 ^C	0.957 ^B	0.952 ^B	0.956 ^B	0.026	**	**	*	**	L	Q	
h/H ratio	2.025 ^C	2.147 ^B	2.223 ^B	2.607 ^A	2.175 ^B	2.215 ^B	2.142 ^B	0.048	**	**	*	*	Q	Q	
-----Fatty acid desaturase activity-----															
Δ-9 activity: 16:1(n-7)/16:0	0.135 ^{AB}	0.133 ^B	0.133 ^B	0.150 ^A	0.132 ^B	0.135 ^B	0.137 ^{AB}	0.001	NS	NS	*	NS	L	NS	
Δ-9 activity: 18:1(n-9)/18:0	5.415	5.1775	5.310	5.215	5.455	5.195	5.327	0.042	NS	NS	ND	NS	ND	NS	
Δ-6 activity: 20:3(n-6)/18:2(n-6)	0.010 ^B	0.010 ^B	0.010 ^B	0.010 ^B	0.020 ^A	0.010 ^B	0.018 ^A	0.001	**	**	**	**	Q	Q	
Δ-5 activity: 20:4(n-6)/20:3(n-6)	9.680 ^{AB}	11.418 ^A	11.578 ^A	11.800 ^A	7.285 ^B	11.618 ^A	8.890 ^{AB}	0.281	NS	**	**	**	Q	Q	
Δ-5+ Δ-6 activity: 20:4(n-6)/18:2(n-6)	0.093 ^B	0.118 ^A	0.130 ^A	0.090 ^B	0.120 ^A	0.128 ^A	0.132 ^A	0.001	**	**	**	**	Q	L	
Δ-5+ Δ-6 activity: 20:5(n-3)/18:3(n-3)	0.090	0.078	0.078	0.078	0.089	0.080	0.090	0.001	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Δ-5+ Δ-6 activity: 22:6(n-3)/18:3(n-3)	1.213 ^C	1.467 ^{BC}	1.532 ^{ABC}	1.563 ^{ABC}	1.718 ^{AB}	1.618 ^{AB}	1.898 ^A	0.030	**	**	NS	NS	NS	NS	
Δ-6 activity: 22:6(n-3)/20:5(n-3)	13.332 ^B	19.000 ^A	19.332 ^A	20.668 ^A	19.668 ^A	20.000 ^A	21.333 ^A	0.237	**	NS	**	NS	L	NS	

A, B, C Means with different superscripts in the same row are significantly different (P<0.01), SEM = Standard error of mean, L = Linear, and Q = Quadratic, NS= Not significantly (P>0.05) * Statistically significant different between groups (P<0.05), **Statistically significant different between groups (P<0.01), [#]Factor A = Probiotics 0 and 2 g/kg, ^{##}Factor B = Level of TAPB 0, 1, 3, and 5%, ^{###}Factor AxB= Probiotics 0 and 0.2 g/kg x Level of TAPB, TAPB= Trimmed asparagus by-product

(Selim et al., 2018; Sibel et al. 2016; Ooi and Liong, 2010) อย่างไรก็ตามยังมีหลายงานวิจัยที่ให้ผลในทางตรงข้าม Mohammadian et al. (2013) รายงานถึงผลการเสริมซินไบโอติกส์ในอาหารไก่ไข่ พบว่าไม่สามารถลดคอเลสเตอรอลในซีรัมของไก่ไข่ นอกจากนี้จากรายงานของ Zarei et al. (2011) และ Taherpour et al. (2009) ให้ผลการทดลองที่คล้ายกันคือการเสริมพรีไบโอติกส์ โปรไบโอติกส์ และซินไบโอติกส์ในอาหารไม่มีผลต่อการลดปริมาณคอเลสเตอรอลในไก่ไข่และไก่เนื้อตามลำดับ ทั้งนี้กลไกการลดลงของคอเลสเตอรอลเมื่อเสริมพรีไบโอติกส์ โปรไบโอติกส์ และซินไบโอติกส์ยังไม่ได้ อธิบายอย่างชัดเจน หากแต่มีข้อสันนิษฐานถึงกลไกที่ อธิบายของสารเสริมพรีไบโอติกส์ โปรไบโอติกส์ และซินไบโอติกส์ต่อการลดลงของคอเลสเตอรอล กล่าวคือ Dev et al. (2020) รายงานถึงพรีไบโอติกส์ช่วยเพิ่มความหนืดของระบบทางเดินอาหารและเพิ่มความหนาของชั้นเมือกในลำไส้เล็กซึ่งยับยั้งการดูดซึมคอเลสเตอรอลและนำไปสู่การเผาผลาญคอเลสเตอรอลในตับเพิ่มขึ้น อีกทั้งพรีไบโอติกส์เป็นแหล่งอาหารของโปรไบโอติกส์ที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของโปรไบโอติกส์ส่งผลทำให้มีการเพิ่มขึ้นของการ deconjugation และ การขับกรดน้ำดีออกจากอุจจาระ (Shang et al., 2010) โดย Begley et al. (2006) ได้อธิบายถึงการผลิตเอนไซม์ Bile-salt hydrolase ซึ่งจะไปเร่งปฏิกิริยาการสลาย conjugated bile salts เป็น unconjugated bile salts acid ได้แก่ glycol-bile acids และ tauro-bile acids เป็นต้น ซึ่งดูดซึมได้น้อยกว่า conjugated bile salts ส่งผลให้มีการขับออกของน้ำดีผ่านทางอุจจาระมากขึ้น นอกจากนี้เส้นใยอาหารยังมีผลต่อการรบกวนการดูดซึมกลับของน้ำดีเข้าสู่ตับโดยการเพิ่มการขับออกของน้ำดีส่งผลให้น้ำดีในตับลดลงเกิดการกระตุ้นการสังเคราะห์น้ำดี โดยเอนไซม์ 7- α -hydroxylase นอกจากนี้ยังมีข้อสันนิษฐานเกี่ยวกับกรดไขมันสายยาวต่อการยับยั้งการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลและกระตุ้นการนำดีซึ่งส่งผลต่อการลดลง

ของคอเลสเตอรอลในเลือด (Tang et al., 2017) Mistry et al. (2018) พบว่า การเพิ่มกรดไขมันโอเมก้า 3 ไปยังเซลล์ตับในหลอดทดลองช่วยลดการสังเคราะห์คอเลสเตอรอล โดยการลดกิจกรรมของ HMGCoA reductase สอดคล้องกับ Kim et al. (2018) รายงานถึง SCFA ต่อการยับยั้งกิจกรรม HMGCoA reductase ทั้งนี้ Ooi and Liong, 2010 อธิบายถึงกลไกการเปลี่ยนคอเลสเตอรอลเป็นโคโปรสเตอรอล โดยคอเลสเตอรอลรีดักเตสซึ่งผลิตโดยโปรไบโอติกส์ อีกทั้งยังมีคำอธิบายเกี่ยวกับการยับยั้ง hydroxymethylglutaryl coenzyme A (HMG CoA) reductase ของโปรไบโอติกส์ ซึ่งเอนไซม์ HMG CoA มีความเกี่ยวข้องกับวิถีการสังเคราะห์คอเลสเตอรอล (Tang et al., 2017) ซึ่งเมื่อคอเลสเตอรอลในตับลดลงเอนไซม์ HMG-CoA reductase จะกระตุ้นให้เพิ่มการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลที่ตับใช้ไปและกระตุ้นการสร้าง LDL receptor ในตับ และนำคอเลสเตอรอลจากกระแสเลือดเข้าสู่เซลล์ตับ ส่งผลให้คอเลสเตอรอลในกระแสเลือดลดลง และการสะสมคอเลสเตอรอลลดลง โดยกลไกดังกล่าวนี้ถือเป็นกระบวนการโดยอ้อมของพรีไบโอติกส์ในการลดปริมาณคอเลสเตอรอล ทั้งนี้ผลของซินไบโอติกส์ต่อการลดปริมาณคอเลสเตอรอลนั้นน่าจะเกิดจากการผสมผสานหน้าที่ของโปรไบโอติกส์และพรีไบโอติกส์ Liong et al. (2007) รายงานว่าซินไบโอติกส์สามารถลดปริมาณคอเลสเตอรอลด้วยการเปลี่ยนวิถีของ cholesteryl esters และ lipoprotein transporters (VLDL, LDL และ HDL) จากคำอธิบายข้างต้นชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของซินไบโอติกส์มีส่วนประกอบของโปรไบโอติกส์และพรีไบโอติกส์ที่เป็นทำหน้าที่อาหารของโปรไบโอติกส์ต่อการลดคอเลสเตอรอล ทั้งนี้ยังมีรายงานถึงความสามารถโปรไบโอติกในการใช้คอเลสเตอรอลเพื่อการเผาผลาญอาหารและลดการดูดซึมคอเลสเตอรอลจากระบบทางเดินอาหาร (Dev et al., 2020) อีกทั้งกลไกการดูดซึมคอเลสเตอรอลและสามารถจับคอเลสเตอรอลกับผนังเซลล์ของโปรไบโอติกส์ (Kumar

et al., 2012) ภายในผนัง phospholipid bilayer ของ เซลล์โปรไบโอติกส์ (Lye et al., 2010) โดยโปรไบโอติกส์ที่กำลังเติบโตสามารถเก็บสะสมคอเลสเตอรอลอย่างมีประสิทธิภาพ Mohamed et al. (2019) ทั้งนี้ คอเลสเตอรอลไม่เพียงแต่จะถูกกำจัดออกโดยโปรไบโอติกส์ที่มีชีวิตในระหว่างการเจริญเติบโตเท่านั้นหากแต่ยังถูกกำจัดออกผ่านเซลล์ที่ตายแล้วเช่นกัน (Begley et al., 2006)

การทดลองครั้งนี้ยังชี้ให้เห็นว่าถึงอิทธิพลร่วมของการเสริมและไม่เสริมโปรไบโอติกส์ร่วมกับระดับ การเสริม TABP ในอาหารไก่ไข่ต่อกิจกรรม Fatty acid desaturase รวมทั้งไก่ไข่ที่ได้รับการผลของ ฟรีไบโอติกส์จากการเสริม TABP และซินไบโอติกส์จากการเสริม TABP ร่วมกับโปรไบโอติกส์มีกิจกรรมของ Δ -6 desaturases และ Δ -5+ Δ -6 desaturases ในกระบวนการสร้าง n-6 PUFA รวมถึงกิจกรรมของ Δ -5+ Δ -6 desaturases และ Δ -6 desaturases ในกระบวนการสร้าง n-3 PUFA สูงกว่าไก่ไข่กลุ่มควบคุม ซึ่งสามารถอธิบายถึงการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันกรดลิโนเลอิก กรดอะราชีโดนิก DHA กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว กรดไขมันโอเมก้า 3 และ สัดส่วนของกรดไขมันโอเมก้า 3 ต่อกรดไขมันโอเมก้า 6 สอดคล้องกับการศึกษาของ Boschetti et al. (2016) รายงานว่า การสะสมกรดไขมันชนิด MUFA มีความสัมพันธ์กับการทำงานของ เอนไซม์ Δ -9-desaturase นอกจากนี้กรดไขมัน Arachidonic acid (ARA: C20:4 n-6) และ Docosahexaenoic acid (DHA: C22:6n3) สามารถสังเคราะห์จาก linoleic acid (C18:2 n-6) และ α -linolenic acid (ALA: C18:3 n-3) ตามลำดับ โดย เอนไซม์ Δ -5 และ Δ -6 desaturase โดยสัตว์สามารถเปลี่ยนกรดลิโนเลอิกและกรดลิโนเลนิกไปเป็นกรดอะราชีโดนิก (Arachidonic acid, C20:4 ω -6) ด้วยการสร้างพันธะคู่ (Desaturation) และอาศัยเอนไซม์ Δ -6 Desaturase แล้วเพิ่มความยาวของสายโซ่กรดไขมัน

(Elongation) ด้วยวิธีการต่อคาร์บอนที่ละคู่โดยอาศัย เอนไซม์อีลองเกส (Elongase) (Bézar et al., 1994) ทั้งนี้ถ้ากรดไขมันตั้งต้น คือ กรดลิโนเลนิก เอนไซม์ Δ -5 Desaturase จะทำหน้าที่เติมพันธะคู่ให้กับกรดอะราชีโดนิก เป็น Eicosapentaenoic acid: EPA (C20: ω -5) เพื่อเข้าสู่กระบวนการสร้างกรดไขมัน Docosahexaenoic acid: DHA หากแต่ถ้ากรดลิโนเลอิกเป็นสารตั้งต้น เอนไซม์ Δ -5 Desaturase ทำหน้าที่สร้างพันธะคู่ให้กับกรดไขมัน C20:3 ω -7 ได้เป็นกรดอะราชีโดนิก (C20:4 ω -6) เท่านั้น (Trautwein, 2001) นอกจากนี้ Spady (1993) พบว่า กรดไขมัน EPA และ DHA ที่สะสมในไข่แดงเกิดจากการสังเคราะห์กรดลิโนเลนิกสามารถสร้างเป็น EPA และ DHA ในตับ (Jing et al., 2016) Kris-Etherton et al. (1999) อธิบายถึงความสัมพันธ์ของกรดไขมัน C16:0 กับการเพิ่มขึ้นของคอเลสเตอรอลในกระแสเลือดของผู้บริโภค เช่นเดียวกับ C14:0 ซึ่งมีความสามารถในการเหนี่ยวนำภาวะดังกล่าวมากกว่า C16:0 ในขณะที่ C18:0 ไม่พบผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงทั้ง LDL และ HDL จากการทดลองครั้งนี้สามารถชี้ให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของกรดไขมันในไข่แดงส่งผลต่อการลดดัชนีสภาวะเสี่ยงโรค cardiovascular disease และดัชนีชี้วัดการเกิดลิ้มเลือด รวมถึงการเพิ่มดัชนีชี้วัดภาวะยับยั้งการเกิดโรค metabolic disease (Δ -9 desaturase index) และ สัดส่วนของกรดไขมัน hypocholesterolemic to hypercholesterolemic (h/H ratio) ซึ่งการทดลองครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าไข่แดงของไก่ไข่ที่ได้รับการเสริม TABP ทั้งในรูปของฟรีไบโอติกส์และซินไบโอติกส์มีคุณภาพของไขมันเหมาะสมในการเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ

สรุป

การเสริมและไม่เสริมโปรไบโอติกส์มีอิทธิพลร่วมกันกับระดับการเสริม TABP ต่อการเปลี่ยนแปลงกรดปาร์มิติก กรดสเตียริก กรดโอเลอิก กรดลิโนเลอิก

กรดอะราซิโดนิก Σ SFA, Σ MUFA, Σ PUFA กรดไขมันโอเมก้า 6 และ 9 ในไข่แดงของไก่ไข่ ดัชนีชี้วัดความเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ รวมถึงกิจกรรมของ Δ -6 desaturases: 20:3, Δ -6 desaturases: 20:4, Δ -5+ Δ -6 desaturases: 20:4 ในกระบวนการสร้าง n-6 PUFA ทั้งนี้การเพิ่มระดับของการเสริม TABP ในอาหารช่วยเพิ่มการปริมาณ DHA และ กรดไขมันโอเมก้า 3 ในไข่แดง รวมถึงเพิ่มดัชนีชี้ภาวะยับยั้งการเกิดโรค Metabolic disease และ h/H ratio และช่วยลดดัชนีชี้ภาวะเสี่ยงโรค Cardiovascular disease และดัชนีชี้วัดการเกิดลิ่มเลือด นอกจากนี้การเสริมซินไบโอติกส์ในอาหารไก่ไข่ยังส่งผลทำให้มีกิจกรรมของ Δ -5+ Δ -6 desaturases: 22:6 ในกระบวนการสร้าง n-3 PUFA สูงกว่าไก่ไข่ที่ได้รับการเสริมพรีไบโอติกส์ ทั้งนี้การทดลองครั้งนี้ให้เห็นว่าการเสริมซินไบโอติกส์จาก TABP ที่ระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับโปรไบโอติกส์ในอาหารเป็นระดับที่เหมาะสมในสูตรอาหารไก่ไข่เพื่อการผลิตไข่ไก่เพื่อสุขภาพ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานบริหารการวิจัย นวัตกรรม และการสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยและสร้างสรรค์จากงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2558 และ โครงการตามพระราชประสงค์หุบกะพง อำเภอบางคนที จังหวัดเพชรบุรี ที่อนุเคราะห์ตัวอย่างในการวิจัย รวมถึงขอขอบพระคุณ ศูนย์ฝึกอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี การเกษตร คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากรที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Ahmed, I., Z. Li, X. Duan, D. Gu, T. Dou, Y. Huang, C. Ge, X. Zhang, and J. Jia. 2019. Correlative analysis of lipid contents and

gene expression between chicken breeds: Pak. J. Agri. Sci. 56: 1095-1105.

Awad, W.A., K. Ghareeb, S. Abdel-Raheem, and J. Bohm. 2009. Effects of dietary inclusion of probiotic and synbiotic on growth performance, organ weights, and intestinal histomorphology of broiler chickens. Poult. Sci. 88: 49-56.

Begley, M., C. Hill, and C.G.M. Gahan. 2006. Bile salt hydrolase activity in probiotics. Appl Environ Microbiol. 72: 1729-38.

Bézard, J., J.P. Blond, A. Bernard, and P. Clouet. 1994. The metabolism and availability of essential fatty acids in animal and human tissues. Reprod. Nutr. Dev. 34: 539-568.

Boschetti, E., A. Bordoni, A. Meluzzi, C. Castellini, A. Dal Bosco and F. Sirri. 2016. Fatty acid composition of chicken breast meat is dependent on genotype-related variation of FADS1 and FADS2 gene expression and desaturating activity. Anim. 10: 700-708.

Calik, A., A. Ceylan, B. Ekim, S.G. Adabi, F. Dilber, A.G. Bayraktaroglu, T. Tekinay, D. Özen, and P. Sacakli. 2017. The effect of intra-amniotic and posthatch dietary synbiotic administration on the performance, intestinal histomorphology, cecal microbial population, and short-chain fatty acid composition of broiler chickens. Poult. Sci. 96: 169-183.

Chen, N.N., B. Liu, P.W. Xiong, Y. Guo, J.N. He, C.C. Hou, L.X. Ma, and D.Y. Yu. 2018. Safety evaluation of zinc methionine in laying hens: effects on laying performance,

- clinical blood parameters, organ development, and histopathology. *Poult. Sci.* 97: 1120–1126.
- Chen, Y.C., C. Nakthong, and T.C. Chen. 2005a. Effects of chicory fructans on egg cholesterol in commercial laying hen. *Int. J. Poult. Sci.* 4: 109–14.
- Chen, Y.C., C. Nakthong, and T.C. Chen. 2005b. Improvement of laying hen performance by dietary prebiotic chicory oligofructose and inulin. *Int. J. Poult. Sci.* 4: 103-108.
- De Verse, M., and J. Screzenmeir. 2008. Probiotics, prebiotics, and synbiotics. *Food. Biotechnol.* 111: 1-66.
- Dev, K., N.A. Mir, A. Biswas, J. Kannoujia, J. Begum, R. Kant and A. Manda. 2020. Dietary synbiotic supplementation improves the growth performance, body antioxidant pool, serum biochemistry, meat quality, and lipid oxidative stability in broiler chickens. *Anim. Nutr.* 6: 325-332.
- Farnworth, E.R. 2001. Probiotics and prebiotics, In: Wildman, R.E.C.(Ed.), *REC Handbook of nutraceuticals and functional food*, CRC press, Boca raton, USA, 407-422.
- Flowers, M.T. 2009. The delta9 fatty acid desaturation index as a predictor of metabolic disease. *Clin. Chem.* 55: 2071-2073.
- Gilliland, S.E., C.R. Nelson, and C. Maxwell. 1985. Assimilation of cholesterol by *Lactobacillus acidophilus*. *Appl Environ Microbiol.* 49: 377–81.
- Gray, R.G., E. Kousta, M.I. McCarthy, I.F. Godsland, S. Venkatesan, V. Anyaoku, and D.G. Johnston. 2013. Ethnic variation in the activity of lipid desaturases and their relationships with cardiovascular risk factors in control women and an at-risk group with previous gestational diabetes mellitus: across-sectional study. *Lipids Health Dis.* 12: 25.
- 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.
- Jing, S., Zhao., and J.D. Hous e. 2016. Performance and tissue fatty acid profile of broiler chickens and laying hens fed hemp oil and Hemp Omega™. *Poult. Sci.* 96: 1809-1819.
- Kim, S.J., S.H. Park, H.S. Sin, S.H. Jang, S.W. Lee, S.Y. Kim, B. Kwon, K.Y. Yu, S.Y. Kim, and D.K. Yang. 2017. Hypocholesterolemic effects of probiotic mixture on diet-induced hypercholesterolemic rats. *Nutr.* 9: 293.
- Kim, Y.A., J.B. Keogh, and P.M. Clifton. 2018. Probiotics, prebiotics, synbiotics and insulin sensitivity. *Nutr. Res. Rev.* 31: 35–51.
- Klementavičiūtė, J., R. Gružas, A. Racevičiūtė-Stupelienė, A. Mieželienė, G. Alenčikienė, V. Buckiūnienė, A. Daukšienė, L. Kudlinskienė, J. Lionikienė, G. Stanytė, V. Šašytė, and V. Valaitienė. 2018. Jerusalem artichoke (*Helianthus*

- tuberosus* L.) influence on laying hen's eggs' quality characteristics . Vet Med Zoot. 76: 46-50.
- Kowalczyk, V.E., E.R. Grela, W. Samolińska, R. Klebaniuk, B. Kiczorowska, R. Krusiński, A. Winiarska-Mieczan, K. Kępk, M. Kwiecień. 2017. Blood metabolic profile of broiler chickens fed diets with different types and levels of inulin. Med. Weter. 73: 774-780.
- Kris-Etherton P.M., S. Yu-Poth, J. Sabate, H.E. Ratcliffe, G. Zhao, and T.D. Etherton. 1999. Nuts and their bioactive constituents: effects on serum lipids and other factors that affect disease risk. Am. J. Clin. Nutr. 70: 504-11.
- Kumar, M., R. Nagpal, R. Kumar, R. Hemalatha, V. Verma, A. Kumar, C. Chakraborty, B. Singh, F. Marotta, S. Jain and H. Yadav. 2012. Cholesterol-lowering probiotics as potential biotherapeutics for metabolic diseases. Ex. Diabetes Res. 2012: 1-14.
- 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.
- Liong, M.T., F.R. Dunshea, and N.P. Shah. 2007. Effects of a synbiotic containing *Lactobacillus acidophilus* ATCC4962 on plasma lipid profiles and morphology of erythrocytes in hypercholesterolaemic pigs on high-and low-fat diets. Br J. Nutr. 98: 736-44.
- Locke, S. 2012. Prebiotic versus probiotic. (Accessed 2 nd February 2013) http://probioticsversusprebiotics.blogspot.com/2012_07_01_archive.html.
- Loponte, R., F. Bovera, G. Piccolo, L. Gasco, G. Secci, V. Iaconisi and G. Parisi. 2018. Fatty acid profile of lipids and caeca volatile fatty acid production of broilers fed a full fat meal from *Tenebrio molitor* larvae. Ital. J. Anim. Sci. 18: 168-173.
- Lye, H.S., G. Rusul and M.T. Liong. 2010. Mechanisms of cholesterol removal by Lactobacilli under conditions that mimic the human gastrointestinal tract. Int. Dairy J. 20:169-175.
- Mahima, A., K. Verma, A. Kumar, V. Kumar and A. Rahal. 2012. Designer Eggs: A Future Prospective. Asian J. Poult. Sci. 6: 97-100.
- Marini, R.P. 2003. Approaches to Analyzing Experiments with Factorial Arrangements of Treatments Plus Other Treatments. Hortscience. 38: 117-120.
- Mikulski, D., J. Jankowski, J. Naczemski, M. Mikulska, and V. Demey. 2012. Effects of dietary probiotic (*Pediococcus acidilactici*) supplementation on performance, nutrient digestibility, egg traits, egg yolk cholesterol, and fatty acid profile in laying hens. Poult. Sci. 91: 2691-2700.

- Mistry, R.H., F. Gu, H.A. Schols, H.J. Verkade, and U.J.F. Tietge. 2018. Effect of the prebiotic fiber inulin on cholesterol metabolism in wildtype mice. *Sci. Rep.* 8: 13238.
- Mohamed, G.S, M. El-sahn, S.A. El-Sohaimy, and M.M. Youssef. 2019. Review article role and mechanisms lowering cholesterol by dietary of probiotics and prebiotics: A review. *Res. J. Appl. Sci.* 19: 737-746.
- Mohammadian, A., S.M. Mehdizadeh, H. Lotfollahian, F. Mirzaei, and H. Noroozian. 2013. Influence of dietary probiotic (Biomim IMBO) on performance of laying hen. *Agric Sci.* 4: 23–26.
- Muduli, S.A., A. Champati and H.K Popalghat. 2018. Designer egg: A new approach in modern health care. *TPI. Journal.* 7: 320-326.
- National Research Council. 1994. Nutrient requirement of poultry. 9th Edn. National Academy Press, Washington, DC.
- Neijat, M., R.B. Shirley, J. Barton, P. Thiery, A. Welshe, and E. Kiarie. 2019. Effect of dietary supplementation of *Bacillus subtilis* DSM29784 on hen performance, egg quality indices, and apparent retention of dietary components in laying hens from 19 to 48 weeks of age. *Poult. Sci.* 98: 5622-5635.
- Niroumand, S. M. Khajedaluee. M. Khadem-Rezaian, M. Abrishami, M. Juya, G. Khodaei, and M. Dadgarmoghaddam. 2015. Atherogenic Index of Plasma (AIP): A marker of cardiovascular disease. *Med. J. Islam. Repub. Iran.* 29: 240.
- Nopparatmaitree, M., V.Chumsangchotisakun, M. Nava, A. Panthong and W. Kitpipit 2021. Effects of functional feed of prebiotics and synbiotics from supplementation of trimmed asparagus by-products on nutrient digestibility, volatile fatty acid, cecal microbiota, and small intestinal histology of laying hens. *Khon Kean Agriculture Journal.* 49: 241-257. (In Thai)
- Ooi, L.G., and M.T. Liong. 2010. Cholesterol-lowering effects of probiotics and prebiotics: a review of *in vivo* and *in vitro* findings. *Int. J. Mol. Sci.* 11: 2499–2522.
- Panda, A.K., M.R. Reedy, S.V. Rama Rao, and N.K. Praharaj. 2003. Production performance, serum/yolk cholesterol and immune competence of White Leghorn layers as influenced by dietary supplementation with probiotic. *Trop. Anim. Health. Prod.* 35: 85–94.
- Panda, A.K., S. Rama Rao, M.V.L.N. Raju, and S.S. Sharma. 2008. Effect of probiotic (*Lactobacillus sporogenes*) feeding on egg production and quality, yolk cholesterol and humoral immune response of White Leghorn layer breeders. *J. Sci. Food Agric.* 88: 43–47.
- R Core Team. 2018. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>

- Raj Manohar, G. 2015. Designer egg production- an overview. *Int. J. Sci. Environ. Tech.* 4: 1373 – 1376.
- Reisinger, N., A. Ganner, S. Masching, G. Schatzmayr, and T.J. Applegate. 2012. Efficacy of a yeast derivative on broiler performance, intestinal morphology and blood profile. *Livest. Sci.* 143: 195-200.
- Selim, S., E. Hyssein and R. Abou-Elkhair. 2018. Effect of *Spirulina platensis* as a feed additive on laying performance, egg quality and hepatoprotective activity of laying hens. *Europ. Poult. Sci.* 82: 1-14.
- Shang, H.M., T.M. Hu, Y.J. Lu, and H.X. Wu. 2010. Effects of inulin on performance, egg quality, gut microflora and serum and yolk cholesterol in laying hens. *Br. Poult. Sci.* 51: 791–796.
- Sharma, S., and S. Puri. 2015. Prebiotics and Lipid Metabolism: A Review. *Altern. Ther. Health. Med.* 21: 34-42.
- Sibel, C.D., B. Mikail, E. Zeynep, G.C. Akpinar, K. Altug and D. Vesile. 2016. Performance, egg quality and serum parameters of Japanese quails fed diet supplemented with *Spirulina platensis*. *Fresenius Environ. Bull.* 25: 5857-5862.
- Sirri, F., C. Castellini, M. Bianchi, M. Petracci, A. Meluzzi, and A. Franchini. 2011. Effect of fast-, medium- and slow-growing strains on meat quality of chickens reared under the organic farming method. *Anim.* 5: 312–319.
- Spady, D.K. 1993. Regulatory effects of individual ω -6 and ω -3 polyunsaturated fatty acids on LDL transport in the rat. *J. Lipid Res.* 34: 1337–1346.
- Steel, R.G.D., and J.H. Torrie. 1992. Principles and Procedure Statistics. 2nd Edn. McGraw-Hill Book Co., Inc., Singapore.
- Świątkiewicz, S., J. Koreleski, and A. Arczewska. 2010. Laying performance and eggshell quality in laying hens fed diets supplemented with prebiotics and organic acids. *Czech J. Anim. Sci.* 55: 294–306.
- Taherpour, K, H. Moravej, M. Shivazad, M. Adibmoradi, and B. Yakhchali. 2009. Effects of dietary probiotic, prebiotic and butyric acid glycerides on performance and serum composition in broiler chickens. *Afr. J. Biotechnol.* 8: 2329–2334.
- Tako, E., P.R. Ferket, and Z. Uni. 2004. Effects of in ovo feeding of carbohydrates and beta-hydroxy-beta-methylbutyrate on the development of chicken intestine. *Poult. Sci.* 83: 2023-2028
- Tang, S.G.H., C.C. Sieo, K. Ramasamy, W.Z. Saad, H.K. Wong, and Y.W. Ho. 2017. Performance, biochemical and haematological responses, and relative organ weights of laying hens fed diets supplemented with prebiotic, probiotic and symbiotic. *Vet. Res.* 13: 248.
- Viera-Alcaide, I., A.Hamdi, R. Rodríguez-Arcos, R. Guillén-Bejarano and A. Jiménez-Araujo. 2020. Asparagus cultivation co-products: from waste to chance. *J. Food Sci. Nutr.* 6(1): 100057.

- Warensjo, E., U. Riserus, and B. Vessby. 2005. Fatty acid composition of serum lipids predicts the development of the metabolic syndrome in men. *Diabetologia*. 48: 1999–2005.
- Xiao, Y.Q., D. Shao, Z.W. Sheng, Q. Wang, and S.R. Shi. 2019. A mixture of daidzein and Chinese herbs increases egg production and eggshell strength as well as blood plasma Ca, P, antioxidative enzymes, and luteinizing hormone levels in post-peak, brown laying hens. *Poult. Sci.* 98: 3298-3303
- Younossi, Z. M., A. B. Koenig, D. Abdelatif, Y. Fazel, L. Henry, and M. Wymer. 2016. Global epidemiology of nonalcoholic fatty liver disease-Meta-analytic assessment of prevalence, incidence, and outcomes. *Hepatology*. 64: 73-84.
- Yu, S., J. Derr, T.D. Etherton, and P.M. Kris-Etherton. 1995. Plasma cholesterol-predictive equations demonstrate that stearic acid is neutral and monounsaturated fatty acids are hypocholesterolemic. *Am. J. Clin. Nutr.* 61: 1129–1139.
- Zarei, M., M. Ehsani, and M. Torki. 2011. Dietary inclusion of probiotics, prebiotics and synbiotic and evaluating performance of laying hens. *Am. J. Agric. Biol. Sci.* 6: 249-255.
- 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.
- 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.

