

การเสริมเคยแอนตาร์กติก (*Euphausia superba*) ในอาหารไก่ไข่ ต่อการย่อยได้ของโภชนะ สมรรถนะการผลิต คุณภาพทางกายภาพของไข่ไก่ องค์ประกอบกรดไขมัน และเสถียรภาพออกซิเดชันของไขมัน

Effects of Antarctic krill meal (*Euphausia superba*) supplementation in laying hens diet on total tract nutrient digestibility, productive performance, egg physical quality, fatty acid composition and lipid oxidative stability

มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี^{1*}, อณัญญา ปานทอง² และ วรangkana กิจพิพิธ¹

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

บทคัดย่อ: การศึกษาผลของการเสริมเคยแอนตาร์กติก (*Euphausia superba*) ในอาหารไก่ไข่ โดยจะใช้ไก่ไข่สายพันธุ์ ISA-Brown[®] จำนวน 180 ตัว อายุ 30 สัปดาห์ ทำการเลี้ยงในโรงเรือนเปิดภายใต้สภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ประกอบด้วย 4 ทรีทเมนต์ ทรีทเมนต์ละ 3 ซ้ำ ดังนี้ การเสริมเคยแอนตาร์กติกในอาหารที่มีข้าวโพดและถั่วเหลืองเป็นพื้นฐานที่ระดับ 0, 10, 30 และ 50 กรัม/กิโลกรัม โดยไก่ไข่จะได้รับอาหารแบบจำกัด 110 กรัมต่อตัวต่อวัน มีค่าโปรตีนหยาบ 18 เปอร์เซ็นต์ และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 2,850 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ใช้เวลาทดลองไก่ไข่ทั้งหมด 3 ช่วง ช่วงละ 28 วัน และให้น้ำสะอาดแบบเต็ม ที่ ผลการทดลองพบว่า การเสริมเคยแอนตาร์กติกในอาหารไก่ไข่ไม่มีผลต่อค่าการย่อยได้ของสิ่งแห้ง โปรตีน เยื่อใย ไขมัน และพลังงานรวมของไก่ไข่ แต่การเสริมเคยแอนตาร์กติกทุกระดับในอาหารไก่ไข่สามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์การไข่ต่อวันและปริมาณมวลไข่รวมที่สูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) รวมถึงช่วยพัฒนาประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ 1 กิโลกรัมของไก่ไข่ที่ดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อีกทั้งการเสริมเคยแอนตาร์กติกในอาหารทุกระดับมีผลต่อการเพิ่มค่าคะแนนสีของไข่แดง ($P<0.05$) รวมถึงสามารถเพิ่มปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน และกรดไขมันไม่อิ่มตัวสายยาวเชิงซ้อน (PUFA และ LC-PUFA) คือ Linoleic acid (C18:2n6), Linolenic acid (C18:3n3), Arachidonic acid (C20:4n6), Eicosapentanoic acid: EPA (C20:5n3), Doco-sahexaenoic acid: DHA (C22:6n3), DPA (C22:5) ในไข่แดง ($P<0.01$) ซึ่งการเสริมเคยแอนตาร์กติกที่ระดับ 50 กรัม/กิโลกรัม จะทำให้มีการสะสมกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3 ในไข่แดงและช่วยเพิ่มสัดส่วนของกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3 ต่อโอเมก้า 6 สูงสุด ($P<0.01$) นอกจากนี้ยังพบว่าการเสริมเคยแอนตาร์กติกทุกระดับไม่มีผลต่อเสถียรภาพออกซิเดชันของไขมัน (TBARS) ในไข่ไก่ ($P>0.05$) การทดลองนี้สรุปว่า การเสริมเคยแอนตาร์กติกที่ระดับ 50 กรัม/กิโลกรัม ในอาหารไก่ไข่มีศักยภาพในการผลิตไข่ไก่ที่มีการสะสมของสารสีและกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3 ในไข่แดง

คำสำคัญ: เคยแอนตาร์กติก, *Euphausia superba*, สมรรถนะการผลิต, การย่อยได้, กรดไขมัน, อาหาร ไก่ไข่ ไข่ไก่

¹ อาจารย์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี สามพระยา ชะอำ เพชรบุรี 76120

Faculty of Animal Science and Agricultural Technology, Silpakorn University, Phetchaburi IT Campus, Sampraya, Cha-am, Phetchaburi, 76120

² อาจารย์ คณะสัตวศาสตร์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเพชรบุรี สามพระยา ชะอำ เพชรบุรี 76120

Faculty of Animal Science, Petchaburi Collage of Agricultural and Technology, Sampraya, Cha-am, Phetchaburi, 76120

* Corresponding author: Nopparatmaitree_m@su.ac.th

ABSTRACT: An experiment was conducted to examine the utilization of Antarctic krill meal (*Euphausia superba*) in laying hen diets. One hundred and eighty laying hens (ISA-Brown®), 30 weeks of age were raised under ambient temperature and assigned in a completely randomized design (CRD) to four dietary treatments with three replications per treatment. Dietary treatment were, corn-soy basal diet supplemented with 0 (control), 10, 30 and 50 g/kg Antarctic krill meal. All birds were fed with diets containing 18% CP and 2,850 kcal/kg (ME) of laying hens diet to meet nutrient requirements of poultry according to NRC (1994). Diets were restricted (110 g/h/d) throughout the study in 3 period (28 day per period) and drinking water was offered *ad libitum* to the bird. Results showed that nutrients digestibility were not significantly different ($P>0.05$) among the different levels of Antarctic krill meal. Laying hen fed diet supplemented with increasing level of Antarctic krill meal enhanced the overall hen day production, egg mass and feed conversion ratio per 1 kg of egg ($P<0.05$). Also, yolk color score of egg was increased ($P<0.05$) with increasing dietary Antarctic krill meal. In addition, supplementing Antarctic krill meal resulted in significantly increased levels of PUFA and LC- PUFA in egg yolk, mainly Linoleic acid (C18:2n6), Linolenic acid (C18:3n3), Arachidonic acid (C20:4n6), Eicosapentanoic acid: EPA (C20:5n3), Docosahexaenoic acid: DHA (C22:6n3), DPA (C22:5) ($P<0.01$). The highest amounts of n-3 fatty acid and n3 to n6 ratio were obtained from the diet containing 50g/kg Antarctic krill meal. Furthermore, results also shows that four levels of Antarctic krill meal *supplementation* has no effect on lipid oxidation (TBARs) ($P>0.05$). It could be concluded that Antarctic krill meal can be used as suitable alternative feedstuffs in laying hen diets and 50 g/kg of Antarctic krill meal has the potential to enhance pigment and omega-3 fatty acid enrich in egg yolk.

Keywords: Antarctic krill, *Euphausia superba*, performance, digestibility, fatty acid, diet, laying hens and egg

บทนำ

เคยแอนตาร์กติก (*Euphausia superba*) เป็นแพลงตอนสัตว์ใน order *Euphausiacea* จัดเป็น multi-cellular biomass ที่พบมากในมหาสมุทรแอนตาร์กติกและมีปริมาณสูงถึง 500 ล้านตัน (Nicol et al., 1987; Gigliotti et al., 2008) โดยเคยแอนตาร์กติกประกอบด้วยโปรตีน 60-80 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 7-26 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 12-17 เปอร์เซ็นต์ (Grantham, 1977) อีกทั้งเคยแอนตาร์กติกยังมีการสะสมของน้ำมันภายในตัวที่ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acid: PUFA) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนสายยาว (long chain polyunsaturated fatty acid: LC-PUFA) กลุ่มโอเมก้า-3 คือ Alfa linolenic acid: ALA (C18:3n3), Eicosapentanoic acid: EPA (C20:5n3), Docosahexaenoic acid: DHA (C22:6n3) สูง (Yi-Chen and Jaczynski, 2007) โดยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนชนิด โอเมก้า 3 (n3-PUFA และ n3-LC-PUFA) เป็นกรดไขมันที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย (Tou et al., 2007) กล่าวคือ สามารถช่วยลดระดับของคอเลสเตอรอล ป้องกันการเกิดโรคหัวใจ (Trautwein, 2001; Gogus and Smith, 2010) และบำรุงและ

พัฒนาสมอง (Yashohara et al., 2009; Gogus and Smith, 2010; Jordan, 2010) นอกจากนี้เคยแอนตาร์กติกยังเป็นแหล่งสารสีธรรมชาติ (natural pigment) คือ แอสทาแซนทีน (Fujita, 1983) ที่เป็นรงควัตถุสีแดงในกลุ่ม คารโรทีนอยด์ที่มีคุณสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidant) (Shimidzu et al., 1996; Bertram and Vine, 2005) และยับยั้งการทำงานของอนุมูลอิสระ (free radicals) (Lee et al., 2010) อีกทั้งยังมีกรดอะมิโนที่จำเป็นและแร่ธาตุอีกหลายชนิด (Paripatananont and Lovell, 1997) จากภาวการณ์ที่โลกกำลังประสบปัญหาการลดลงของแหล่งอาหารโดยเฉพาะอาหารโปรตีนสำหรับมนุษย์และสัตว์ (มนัสนันท์ และคณะ, 2557) กอปรกับประชากรโลกยังมีพฤติกรรมในการเลือกบริโภคอาหารเพื่อบำรุงร่างกาย (functional food) มากขึ้น (An et al., 2004; Siro et al., 2008) ดังนั้นภาคการผลิตปศุสัตว์จึงต้องมีการปรับตัวเพื่อที่จะผลิตผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์เพื่อสุขภาพ (healthy product) มากขึ้น โดยการใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์และสารอาหารเสริมเพื่อสุขภาพรูปแบบต่างๆ เช่น แหล่งโอเมก้า-3 กลูต้าไธโอน และ แร่ธาตุหลายชนิด เป็นต้น เติมนลงในอาหารสัตว์ให้มีการเก็บสะสมสารสำคัญต่างๆ ในผลิตภัณฑ์จากสัตว์ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นชี้ให้เห็นว่า เคย

แอนตาร์กติคจึงเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการเสริมในอาหารของไก่ไข่เพื่อผลิตไข่ไก่ที่มีสะสมของกรดไขมันโอเมก้า-3 และสารสีแอนทราแซนทีนในไข่แดง

การทดลองครั้งนี้ศึกษาผลของการเสริมเคยแอนตาร์กติค (*Euphausia superba*) ที่เป็นแหล่งของกรดไขมันที่จำเป็น (essential oil) และสารสีแอนทราแซนทีนจากธรรมชาติภายใต้ชื่อผลิตภัณฑ์การค้า Asta-Meal® ในอาหารไก่ไข่ต่อการย่อยได้ของโภชนาการและการผลิต คุณภาพทางกายภาพของไข่ไก่ องค์ประกอบของกรดไขมัน และเสถียรภาพออกซิเดชันของไขมันในไข่ไก่ เพื่อเป็นแนวทางในการนำไข่ไก่เพื่อผลิตไข่ไก่สุขภาพ (healthy eggs) อันจะนำไปสู่การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศในอนาคตต่อไป

วิธีการศึกษา

1. อาหาร สัตว์ และแผนการทดลอง

การทดลองครั้งนี้จะทำการเสริมเคยแอนตาร์กติค (*Euphausia superba*) ทางการค้า Asta-Meal® ของบริษัทมารีนลีดเดอร์ จำกัด ลงในอาหารไก่ไข่ระยะให้ไข่ที่ไม่เติมสารสีสังเคราะห์โดยข้าวโพดและกากถั่วเหลืองเป็นพื้นฐาน มีค่าโปรตีนหยาบ 18 เปอร์เซ็นต์ ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 2,850 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามคำแนะนำของ (NRC, 1994) โดยใช้ไก่ไข่สายพันธุ์ Hisex Brown® อายุประมาณ 30 สัปดาห์ จำนวน 180 ตัว เลี้ยงบนกรงตับ (battery cage) ขนาด 50 x 40 x 40 เซนติเมตร ภายใต้การจัดการและแสงธรรมชาติในโรงเรือนแบบเปิด ทำการสุ่มไก่ไข่ทดลอง เข้าแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomize Design: CRD) ทั้งหมด 4 ทรีทเมนต์ ทรีทเมนต์ละ 3 ซ้ำ รวมทั้งหมด 12 หน่วยทดลอง หน่วยทดลองละ 15 ตัว โดย ดังนี้

ทรีทเมนต์ที่ 1 อาหารควบคุมที่มีข้าวโพดและกากถั่วเหลืองเป็นพื้นฐาน (ไม่เติมสารสีสังเคราะห์)

ทรีทเมนต์ที่ 2 อาหารควบคุม + เคยแอนตาร์กติค (*Euphausia superba*) ที่ระดับ 10 กรัม/กิโลกรัม

ทรีทเมนต์ที่ 3 อาหารควบคุม + เคยแอนตาร์กติค (*Euphausia superba*) ที่ระดับ 30 กรัม/กิโลกรัม

ทรีทเมนต์ที่ 4 อาหารควบคุม + เคยแอนตาร์กติค (*Euphausia superba*) ที่ระดับ 50 กรัม/กิโลกรัม

2. การวัดค่าการย่อยได้ของโภชนาการในอาหารไก่ไข่

วัดค่าการย่อยได้ของโภชนาการในอาหารไก่ไข่ภายในตัวสัตว์ (*in vivo*) ด้วยวิธีการทดสอบการย่อยได้รวม (total tract nutrient digestibility) โดยใช้สารบ่งชี้ (indicator marker) คือ โครมิกซอกไซด์ (Cr_2O_3) 0.3 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารทดลอง ตามวิธีของ Fenton and Fenton (1979) โดยให้อาหารไก่ไข่แบบจำกัด (restrict feed) วันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) ประมาณ 110 กรัม/ตัว/วันและให้น้ำสะอาดอย่างเต็มที่ การทดสอบการย่อยได้ในครั้งนี้จะใช้ระยะเวลา 15 วัน แบ่งออกเป็น 2 ช่วงการทดลองดังนี้ ช่วงที่ 1 คือ 0-10 วันแรกเป็นช่วงปรับตัว (adaptation period) และช่วงที่ 2 คือ 11-15 วันสุดท้ายเป็นช่วงเก็บตัวอย่างทดลอง (experimental period) โดยทำการสุ่มเก็บอาหารทดลอง ส่วนมูลของไก่ไข่ในแต่ละหน่วยทดลองเก็บลงในถุงที่มี H_2SO_4 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ แล้วรวบรวมตัวอย่างมูลในแต่ละหน่วยทดลองมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ - 20 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์ตามวิธีของ Mountzouris et al. (2011) และ Giang et al. (2012) จากนั้นนำตัวอย่างมูลมาละลายที่อุณหภูมิห้องและนำเข้าอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เมื่อตัวอย่างแห้งทำการบดแล้วเก็บใส่ถุงกันความชื้นเพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบโภชนาการในตัวอย่างอาหารไก่ไข่ทดลองและตัวอย่างมูล คือ ค่าวัตถุแห้ง (dry matter: DM), โปรตีนหยาบ (crude protein: CP), ไขมันรวม (ether extract: EE), เยื่อใยหยาบ (crude fiber: CF) และ พลังงานรวม (gross energy) ตามวิธีของ AOAC (2000) รวมถึงวิเคราะห์ ค่าโครมิกซอกไซด์ (Cr_2O_3) ในตัวอย่างอาหารไก่ไข่ทดลองและ

ตัวอย่างมูลตามวิธีของ AOAC (2000) จากนั้น นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์หาคำนวนหาการย่อย

ได้ของโภชนะรวม (total tract nutrient digestibility) ตามวิธีของ (สาโรช, 2547) โดยใช้สูตรคำนวณดังนี้

$$\begin{aligned} \text{การย่อยได้ของสิ่งแห้งรวม (\%)} &= \frac{\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ ในมูล} - \% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ ในอาหาร} \times 100}{\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ ในมูล}} \\ \text{(total tract dry matter digestibility)} & \\ \text{การย่อยได้ของโภชนะรวม (\%)} &= 100 - \left\{ 100 \times \frac{\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ in diet}}{\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ in feces}} \times \frac{\% \text{nutrient in feces}}{\% \text{nutrient in diet}} \right\} \\ \text{(total tract nutrient digestibility)} & \end{aligned}$$

3. การวัดสมรรถนะการผลิตของไข่ไก่

เลี้ยงไก่บนกรงตบขังเดี่ยวเพื่อวัดสมรรถนะการผลิตโดยใช้เวลาทั้งหมด 84 วัน แบ่งเป็น 3 ช่วง (period) ช่วงละ 28 วัน จะให้อาหารไก่แบบจำกัด (restrict feed) วันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) ประมาณ 110 กรัมต่อตัวต่อวันและ ให้น้ำสะอาดอย่างเต็มที่ตลอดการทดลองจะจดบันทึกปริมาณอาหารที่กินได้จำนวนไข่ และน้ำหนักไข่ แล้วนำข้อมูล มาคำนวณหาสมรรถนะการผลิตของไข่ได้ดังนี้ จำนวนไข่และน้ำหนักไข่จะถูกนำมาคำนวณหาอัตราการผลิตไข่ (hen-day production) น้ำหนักไข่เฉลี่ย (average egg weight) ปริมาณมวลไข่รวม (egg mass) {(egg mass = average egg weight x hen-day production)/100} ตามวิธีของ Zhao et al. (2003); Hu et al. (2011) Ragab et al. (2012) และ Lokhande et al. (2013); ส่วนปริมาณอาหารที่กินได้จะถูกนำมาคำนวณหาปริมาณการกินได้ (feed Intake) นอกจากนี้ยังคำนวณหาประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ 1 กิโลกรัม (feed conversion ratio per 1 kg of egg) (FCR = feed intake/egg mass) ตามวิธีของ Hu et al. (2011); Lokhande et al. (2013) และ Nopparatmaitree et al.(2014)

4. การวัดคุณภาพของไข่ไก่และองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่ไก่

ในช่วง 5 วันสุดท้ายของแต่ละ Period สุ่มเก็บตัวอย่างไข่ไก่จำนวน 5 ฟองต่อวันในแต่ละหน่วย

ทดลอง เพื่อทำการวัดคุณภาพทางกายภาพของไข่ไก่ คือ น้ำหนักไข่ (egg weight), ความหนาของเปลือกไข่ (egg shell thickness) (หาค่าเฉลี่ยของเปลือกไข่ 3 ด้าน คือ ด้านแหลม ด้านข้าง และด้านป้าน) ด้วย micrometer (Mitumotoya, No.044N, 0.01- 5 mm), ค่าคะแนนสีของไข่แดง (yolk color) ด้วยพัดสีที่มีค่าระดับคะแนน 1-15 (Hoffman-la Roche Ltd, Basal, Switzerland) ความสูงไข่ขาว(albumin height), และคำนวณหาค่า Haugh Unit (H.U. = 100 log {Albumen height in millimeter + 7.57 x 1.7Weight of egg in gram^{0.37}}) ตามวิธี Uganbayar et al. (2005); Hu et al. (2011); Laudadio and Tufarelli (2011) และ Lokhande et al. (2013) จากนั้นทำการเก็บรวบรวมตัวอย่างไข่แดงรักษาไว้ที่อุณหภูมิ - 20 องศาเซลเซียส เพื่อวัดองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่ไก่ โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมัน (Individual fatty acid content) ด้วย GLC ตามวิธีของ Lepage and Roy (1986)

5. การวัดเสถียรภาพออกซิเดชันของไขมัน

การวัดเสถียรภาพออกซิเดชันของไขมันในไข่แดงจะวัดในช่วงวันสุดท้ายของการทดลอง โดยสุ่มเก็บตัวอย่าง ไข่ไก่จำนวน 9 ฟองในแต่ละหน่วยทดลอง จากนั้นทำการเก็บรักษาตัวอย่างไข่ไก่ที่อุณหภูมิห้องที่ 3 ระยะเวลา คือ 0, 7 และ 14 วัน เมื่อครบกำหนดสุ่มตัวอย่างของไข่แดงจำนวน 3 ฟองต่อหน่วยทดลองไปวิเคราะห์ค่า TBARs ด้วยวิธี Spectrophotometrically

ตามวิธีของ Buege and Aust (1978) และ Yang et al. (2006) ค่าของTBARs จะคำนวณได้จาก standard curve of malondialdehyde (MDA) และ แปลผลให้อยู่ในหน่วย mg MDA/kg ของตัวอย่างตามวิธีของ Marshall et al. (1994) และ Atchariya et al. (2011)

6. การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ สุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มข้อมูล ด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ตามวิธีของ Steel and Torrie (1992) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Excel เวอร์ชัน 2007 กำหนดค่านัยสำคัญที่ใช้ในการทดสอบที่ $P < 0.05$

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. ผลการเสริมเคยแอนตาร์กติก (*Euphausia superba*) ในอาหารไก่ไข่ต่อการย่อยได้ของโภชนะ

การศึกษาผลการเสริมเคยแอนตาร์กติก (*Euphausia superba*) ในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 10, 30 และ 50 กรัม/กิโลกรัม เปรียบเทียบกับอาหารกลุ่มควบคุมต่อการย่อยได้ปรากฏของโภชนะในอาหารไก่ไข่ พบว่า การเสริมเคยแอนตาร์กติก ในอาหารทุกระดับ ไม่มีผลต่อการย่อยได้ปรากฏของสิ่งแห้ง เยื่อใย ไขมันรวม พลังงานรวม และโปรตีนรวม ($P > 0.05$) ดังแสดงใน Table 1 สอดคล้องกับการทดลองของ Hansen et al. (2010) ได้ทำการทดลองเสริมเคย แอนตาร์กติก เปรียบเทียบกับการใช้ปลาป่นในอาหารปลาแซลมอน พบว่าไม่มีผลต่อการย่อยได้ปรากฏของโภชนะคือ โปรตีนหยาบ ไขมันรวม และกรดอะมิโนรวม ($P > 0.05$)

Table 1 The effect of dietary Antarctic krill meal (*Euphausia superba*) supplementation on total tract nutrient digestibility in laying hens

Total tract nutrient digestibility (%)	level of Antarctic krill meal supplementation in laying hens diets (g/kg)				SEM
	0	10	30	50	
dry matter	86.38	87.00	86.07	85.11	0.36
crude fiber	57.36	57.31	59.86	59.05	1.44
ether extract	88.91	89.02	88.80	87.89	0.66
gross energy	88.72	88.90	88.41	88.18	0.25
crude protein	84.19	85.32	83.75	82.33	0.71

2. ผลการเสริมเคยแอนตาร์กติก (*Euphausia superba*) ในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถนะการผลิตของไก่ไข่

การศึกษาผลการเสริมเคยแอนตาร์กติก (*Euphausia superba*) ในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 10, 30 และ 50 กรัมต่อกิโลกรัม เปรียบเทียบกับอาหารกลุ่มควบคุมต่อสมรรถนะการผลิตของไก่ไข่ พบว่า ไก่ไข่ที่ได้รับการเสริมเคย แอนตาร์กติกในอาหารทุกระดับจะ

มีเปอร์เซ็นต์การไข่ต่อวันและปริมาณมวลไข่รวมที่สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังแสดงใน Table 2 อีกทั้งยังพบว่า เคยแอนตาร์กติก ในอาหารไก่ไข่ทุกระดับช่วยพัฒนาประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ 1 กิโลกรัมของไก่ไข่ที่ดีกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อน้ำหนักฟองไข่เฉลี่ย ในระหว่างกลุ่มทดลอง ($P > 0.05$)

Table 2 The effect of dietary Antarctic krill meal (*Euphausia superba*) supplementation on productive performance in laying hens

productive performance	level of Antarctic krill meal supplementation in laying hens diets (g/kg)				SEM
	0	10	30	50	
hen day production (%)					
period 1	95.72	96.79	96.48	98.93	0.54
period 2	92.67 ^b	94.40 ^{ab}	95.53 ^a	96.30 ^a	0.29
period 3	78.60 ^b	81.90 ^a	82.06 ^a	84.28 ^a	0.42
overall	88.98 ^c	91.03 ^b	91.36 ^{ab}	93.17 ^a	0.31
average egg weigh (g)					
period 1	60.16	60.11	60.57	60.86	0.18
period 2	58.28	59.85	58.96	60.07	0.28
period 3	59.03	60.23	59.39	60.36	0.28
overall	59.16	60.06	59.64	60.43	0.23
egg mass (g)					
period 1	57.79	58.18	57.63	60.21	0.41
period 2	54.01 ^b	56.50 ^a	56.33 ^a	57.89 ^a	0.31
period 3	46.39 ^b	49.33 ^a	48.74 ^a	50.87 ^a	0.33
overall	52.73 ^c	54.67 ^{ab}	54.23 ^{ab}	56.32 ^a	0.27
feed conversion ratio per 1 kg of egg (g of feed/g of egg mass)					
period 1	1.91	1.90	1.91	1.82	0.01
period 2	2.04 ^a	1.94 ^b	1.95 ^b	1.89 ^b	0.01
period 3	2.34 ^a	2.23 ^b	2.25 ^{ab}	2.16 ^b	0.01
overall	2.10 ^a	2.03 ^{bc}	2.05 ^b	1.96 ^c	0.01

NS= Not significantly ($P>0.05$), * Mean with symbol with in same row differ significantly ($P<0.05$), ** Mean with symbol with in same row differ significantly ($P<0.01$), ^{a, b, c} Mean with symbol with in same row differ significantly ($P < 0.05$)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเคยแอนตาร์กติกที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในอาหารไก่ไข่ต่อการเพิ่มสมรรถนะการผลิตได้ เนื่องจากการให้อาหารไก่ไข่นั้นจะให้แบบจำกัดปริมาณซึ่งเมื่อมีการเสริมเคยแอนตาร์กติก ที่ประกอบด้วยโปรตีน 60-80 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 7-26 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 12-17 เปอร์เซ็นต์ (Grantham, 1977) แล้วนั้น ไก่ไข่จึงนำโภชนาที่ได้เหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ในการให้ผลผลิต การพัฒนาปริมาณมูลไข่ รวมทั้งการพัฒนาประสิทธิภาพการใช้อาหาร หากแต่ยังมีหลายงานทดลองที่มีการประยุกต์ใช้เคยแอนตาร์กติกโดยเฉพาะอย่างยิ่งใน

อาหารสัตว์น้ำ เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีนเพื่อเพิ่มสมรรถนะการเจริญเติบโต หากแต่จะให้ผลการทดลองในทิศทางตรงข้าม กล่าวคือ Yoshitomi et al. (2006) ได้ทำการทดลองเสริมเคยแอนตาร์กติกที่ระดับ 0, 7, 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ทดแทนการใช้ปลาป่นในอาหารของปลาเรนโบว์เทราพบว่า ปลาเรนโบว์เทราที่ได้รับอาหารเสริมเคยแอนตาร์กติกที่ระดับ 0, 7 และ 15 เปอร์เซ็นต์ จะให้ค่าน้ำหนักตัว อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณการกินได้ที่ไม่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่มการทดลอง ($P>0.05$) แต่จะมีค่าสูงกว่าปลาเรนโบว์เทราที่ได้รับอาหารเสริมเคย

แอนตาร์กติค 30 เปอร์เซ็นต์ ทดแทนปลาเป็นอย่างดี มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนประสิทธิภาพการใช้ อาหารและอัตราการเลี้ยงรอดของทั้ง 4 กลุ่มการ ทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

3. ผลการเสริมเคเอนตาร์กติค (*Euphausia superba*) ในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่

การศึกษาผลการเสริมเคเอนตาร์กติค (*Euphausia superba*) ในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 10, 30 และ 50 กรัม/กิโลกรัมเปรียบเทียบกับอาหารกลุ่ม ควบคุมต่อคุณภาพทางกายภาพของไข่ พบว่า การเสริมเคเอนตาร์กติค ทุกระดับในอาหารไก่ไข่ทุก ระดับไม่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพของไข่ คือ น้ำหนักเปลือกไข่ น้ำหนักไข่แดง น้ำหนัก ไข่ขาว ความ สูงของไข่ขาว ค่า Haugh unit และความหนาเปลือก ไข่ ($P > 0.05$) ดังแสดงใน Table 3 แต่การเสริมเคเอนตาร์กติคทุกระดับในอาหารไก่ไข่จะมีผลต่อการ เพิ่มขึ้นของค่าระดับคะแนนสีของไข่แดงสูงกว่ากลุ่ม ควบคุมอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยค่า ระดับคะแนนสีของไข่แดงที่เพิ่มขึ้นจะแปรผันตรงต่อ ระดับการเสริมเคเอนตาร์กติคที่เพิ่มขึ้นในอาหาร เนื่องจากเคเอนตาร์กติคมีปริมาณของสารสีแอสตาแซนทีนสะสมอยู่มาก (Fujita, 1983) ดังนั้นเมื่อเสริม เคเอนตาร์กติคลงในอาหารไก่ไข่จึงทำให้มีการสะสม ไขมันในไข่แดงในปริมาณเพิ่มขึ้น จากงานทดลองของ Yang et al. (2006) ที่ได้เสริมแอสตาแซนทีนที่ระดับ 0, 0.7, 0.9, และ 1.3 มิลลิกรัม/กิโลกรัมในอาหารไก่ไข่ พบว่าการเสริมแอสตาแซนทีนที่ระดับต่างๆ ไม่ส่งผล ต่อค่าน้ำหนักไข่เฉลี่ย ความสูงของไข่แดง และ ค่า Haugh unit ($P > 0.05$) แต่จะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้น ของค่าระดับคะแนนสีของไข่แดงที่เพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง

(Linear) จะแปรผันตรงต่อระดับการเสริม แอสตาแซนทีน ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สอดคล้องกับงานทดลองของ อุซุกรและคณะ (2556) ได้เสริมคริลล์ป่นที่ระดับ 0, 1, 3, และ 5 เปอร์เซ็นต์/ กิโลกรัมในอาหารไก่ไข่ในสูตรอาหารไก่ไข่ที่มีข้าวโพด และกากถั่วเหลืองร่วมกับมันสำปะหลัง 7.5 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับสูตรอาหารที่มีข้าวโพดและถั่วเหลือง เป็นพื้นฐาน พบว่าการเสริมคริลล์ป่นในอาหารไก่ไข่ สามารถเพิ่มปริมาณของแอสตาแซนทีนที่สะสมในไข่แดงได้เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารสูตรควบคุมและกลุ่ม ควบคุมลบ (negative control) อย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ($P < 0.05$) ทั้งยังส่งผลทำให้ไข่ไก่มีค่าระดับ คะแนนสีของไข่แดงที่เพิ่มขึ้น ($P < 0.01$) และมีค่าสีแดง (Redness (a^*)) ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ส่วนการทดลองของ An et al. (2004) พบว่าการเสริมแอสตาแซนทีนจาก *X. dendrorhous* ในอาหารไก่เนื้อ สามารถเพิ่มปริมาณของแอสตาแซนทีน สะสมในเนื้อไก่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารสูตร ควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ทั้งยังส่งผลทำให้เนื้อไก่มีค่าสีแดง (redness (a^*)) และค่าสี เหลือง (yellowness (b^*)) ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ กลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) สอดคล้องกับ Kassis et al. (2010a) ทดลองเพื่อผลิต ไข่ไก่ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงพบว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหาร เสริมน้ำมันจากเคจะมีทำให้ไข่ไก่มีค่าสีแดง (Redness (a^*)) สูงกว่าไข่ไก่ที่ได้รับน้ำมันลินิน น้ำมัน ปลา น้ำมันสาหร่าย และกลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่ามีสีเหลือง (Yellowness (b^*)) สูงกว่าไข่ไก่ที่ได้รับ น้ำมันลินิน น้ำมันปลา และกลุ่ม ควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

Table 3 The effect of dietary Antarctic krill meal (*Euphausia superba*) supplementation on egg physical quality in laying hens

egg physical quality	level of Antarctic krill meal supplementation in laying hens diets (g/kg)				SEM
	0	10	0	5	
shell weight (g)					
period 1	7.67	7.78	7.98	7.71	0.10
period 2	7.94	8.14	7.73	8.18	0.07
period 3	7.90	8.11	7.99	8.06	0.05
overall	7.84	8.01	7.90	7.98	0.06
yolk weight (g)					
period 1	15.21 ^{ab}	15.17 ^{ab}	15.06 ^b	15.59 ^a	0.07
period 2	16.72	15.19	15.43	16.82	0.45
period 3	15.39 ^b	15.87 ^{ab}	16.06 ^a	16.10 ^a	0.09
overall	15.78	15.41	15.52	16.17	0.17
albumen weight (g)					
period 1	34.68	35.08	34.63	35.70	0.28
period 2	34.06	36.55	36.07	35.68	0.57
period 3	33.83	34.28	34.22	34.01	0.21
overall	34.19	35.30	35.38	35.13	0.23
albumen height (mm)					
period 1	10.30	11.09	10.27	10.33	0.28
period 2	9.57	9.36	9.36	9.14	0.18
period 3	10.95 ^b	11.63 ^{ab}	11.46 ^{ab}	12.05 ^a	0.13
overall	10.27	10.69	10.36	10.51	0.14
haugh unit					
period 1	99.18	99.07	100.12	99.98	0.29
period 2	96.24	95.43	95.40	101.88	2.19
period 3	103.99	105.16	104.29	106.85	0.49
overall	99.80	99.89	99.93	102.90	0.64
egg yolk color					
period 1	12.52 ^b	12.56 ^b	12.77 ^{ab}	13.08 ^a	0.07
period 2	12.26	12.54	12.49	12.68	0.07
period 3	10.86 ^c	11.25 ^b	11.69 ^{ab}	11.94 ^a	0.08
overall	11.54 ^c	12.12 ^b	12.31 ^{ab}	12.56 ^a	0.05
egg shell thickness (mm)					
period 1	0.33	0.33	0.33	0.33	0.01
period 2	0.34 ^b	0.35 ^a	0.35 ^a	0.35 ^a	0.01
period 3	0.37 ^{ab}	0.38 ^a	0.37 ^{ab}	0.36 ^b	0.01
overall	0.35	0.35	0.35	0.35	0.01

NS= Not significantly ($P>0.05$), * Mean with symbol with in same row differ significantly ($P<0.05$), ** Mean with symbol with in same row differ significantly ($P<0.01$), ^{a,b,c} Mean with symbol with in same row differ significantly ($P < 0.05$)

4. ผลการเสริมเคยแอนตาร์คติก (*Euphausia superba*) ในอาหารไก่ไข่ต่อองค์ประกอบกรดไขมันในไข่ไก่

การศึกษาผลการเสริมเคยแอนตาร์คติก (*Euphausia superba*) ในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 10, 30 และ 50 กรัม/กิโลกรัม เปรียบเทียบกับอาหารกลุ่มควบคุมต่อองค์ประกอบกรดไขมันในไข่แดง พบว่า ไก่ไข่ในกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมเคยแอนตาร์คติกระดับ 10, 30 และ 50 กรัม/กิโลกรัม จะมีระดับกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid (SFA)) กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (monounsaturated fatty acid (MUFA)) ในไข่แดงไม่แตกต่างกันกับไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) แต่พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมเคยแอนตาร์คติก ระดับ 10, 30 และ 50 กรัม/กิโลกรัม จะมีระดับกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acid (PUFA)) และ กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนสายยาว (long chain polyunsaturated fatty acid (LC-PUFA)) ในไข่แดงสูงกว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงใน Table 4 ถ้าหากพิจารณาค่ากรดไขมัน PUFA และ กรดไขมัน LC-PUFA แต่ละชนิดพบว่า ไก่ไข่ ที่ได้รับอาหารเสริมเคยแอนตาร์คติกที่

ระดับ 10, 30 และ 50 กรัม/กิโลกรัมจะมีค่า Linolenic acid (C18:3n3) ในไข่แดงสูงกว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม ($P<0.05$) และมีค่า Alpha-linolenic acid: ALA (C18:2n6), Arachidonic acid (C20:4n6), Eicosapentanoic acid: EPA (C20:5n3), Docosahexaenoic acid: DHA (C22:6n3), Docosa-pentaenoic acid: DPA (C22:5) ในไข่แดงสูงกว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยไก่ไข่ที่ได้รับการเสริมเคยแอนตาร์คติกในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 10, 30 และ 50 กรัม/กิโลกรัมจะมีระดับของ ALA (C18:2n6), EPA (C20:5n3), DHA (C22:6n3) และ DPA (C22:5) ในไข่แดงเพิ่มขึ้นแปรผันตรงต่อระดับการเสริมเคยแอนตาร์คติกที่เพิ่มขึ้นในอาหาร เนื่องจากเคยแอนตาร์คติก (*Euphausia superba*) มีปริมาณกรดไขมันจำเป็นสะสมอยู่มาก Bustos et al. (2003) รายงานว่าเคยแอนตาร์คติกจะมีปริมาณของกรดไขมันชนิด palmitic acid (C16:0), EPA (C20:5, n-3) และ DHA (C22:6, n-3) เท่ากับ 17.40, 21.10 และ 20.30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำมันเคยแอนตาร์คติก ดังนั้นเมื่อเสริมเคยแอนตาร์คติกลงในอาหารไก่ไข่จะทำให้มีการสะสมไขมันในไข่แดงเพิ่มขึ้น

Table 4 The effect of dietary Antarctic krill meal (*Euphausia superba*) supplementation on fatty acid composition in egg

fatty acid composition of egg (g/100 g total fat)	level of Antarctic krill meal supplementation in laying hens diets (g/kg)				SEM
	0	10	30	50	
Myristic acid (C14:0)	0.633 ^b	0.823 ^a	0.813 ^a	0.862 ^a	0.0110
Palmitic acid (C16:0)	28.223	28.510	28.593	28.323	0.4274
Margaric acid (C17:0)	0.1466 ^{ab}	0.1600 ^a	0.1366 ^b	0.1600 ^a	0.0023
Stearic acid (C18:0)	6.7667	7.0233	7.2933	7.3800	0.0994
Total SFA ¹	36.300	36.387	37.870	37.290	0.5395
Myristoleic acid (C14:1)	0.160 ^C	0.210 ^B	0.210 ^B	0.230 ^A	0.0029
Palmitoleic acid (C16:1n7)	4.170 ^b	4.277 ^b	4.340 ^b	5.173 ^a	0.0631
Oleic acid (C18:1n9)	45.450	44.030	44.083	44.053	0.6572
Eicosenoic acid (C20:1n9)	0.160	0.160	0.170	0.180	0.0029
Total MUFA ²	49.633	49.677	49.013	49.733	0.7252
Linoleic acid (C18:2n6)	10.293	10.990	11.010	11.253	0.1519
GLA (C18:3n6)	0.063	0.063	0.073	0.073	0.0017
Linolenic acid (C18:3n3)	0.137 ^B	0.180 ^A	0.180 ^A	0.190 ^A	0.0026
(C20:2n6)	0.087 ^B	0.097 ^B	0.117 ^A	0.127 ^A	0.0017
DGLA (C20:3n6)	0.097 ^B	0.107 ^{AB}	0.107 ^{AB}	0.117 ^A	0.0017
Arachidonic acid (C20:4n6)	0.990 ^B	1.057 ^B	1.267 ^A	1.297 ^A	0.0159
Eicosapentanoic acid: EPA (C20:5n3)	0.030 ^D	0.053 ^C	0.107 ^B	0.147 ^A	0.0014
Docosahexaenoic acid: DHA (C22:6n3)	1.690 ^D	1.900 ^C	2.247 ^B	2.723 ^A	0.0303
DPA (C22:5)	0.087 ^D	0.117 ^C	0.137 ^B	0.220 ^A	0.0020
Total PUFA ³	13.283	14.547	14.067	14.530	0.2072
Total n3 ⁴	1.860 ^D	2.130 ^C	2.530 ^B	3.060 ^A	0.275
Total n6 ⁵	12.600	12.810	11.610	12.240	0.135
n3/n6	0.147 ^D	0.166 ^C	0.218 ^B	0.268 ^A	0.028

NS= Not significantly ($P>0.05$), * Mean with symbol with in same row differ significantly ($P<0.05$), ** Mean with symbol with in same row differ significantly ($P<0.01$), ^{a, b, c, d} Mean with symbol with in same row differ significantly ($P < 0.05$), ^{A, B, C, D} Mean the significant difference among the same row ($P < 0.01$), ¹ SFA = Saturated fatty acids, ² MUFA = Monounsaturated fatty acid, ³ PUFA = Polyunsaturated fatty acid, ⁴ n3 = Total omega 3 fatty acid, and ⁵ n6 = Total omega 6 fatty acid.

ซึ่งผลการทดลองในครั้งนี้เป็นไปในลักษณะเดียวกันกับ Maki et al. (2009) ที่ได้ทำการทดลองให้อาสาสมัครเพศชายและหญิงที่อยู่ในภาวะมีน้ำหนักเกินจำนวน 76 คน ให้ได้รับน้ำมันเคยแอนตาร์คติกชนิดแคปซูลเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ที่ได้รับน้ำมัน

มะกอกพบว่า ภายใน 4 สัปดาห์อาสาสมัครที่ได้รับน้ำมันเคยแอนตาร์คติกชนิดแคปซูลจะไม่ส่งผลกระทบต่อระดับคอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ หากแต่ทำให้มีการสะสมของ EPA และ DHA ในเลือดสูงกว่ากลุ่มควบคุมแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$)

สอดคล้องกับการทดลองของ Berge et al. (2014) ทำการทดลองให้อาสาสมัครชายและหญิงจำนวน 300 คน ให้ได้รับน้ำมันเคแอนตาร์กติกที่ระดับ 0.5, 1, 2 และ 4 กรัมต่อวันเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ได้รับน้ำมันมะกอก พบว่าภายใน 6 และ 12 สัปดาห์ที่ได้รับน้ำมันเคแอนตาร์กติกทั้ง 4 ระดับจะมีระดับของ Omega-3 index สูงกว่ากลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อีกทั้งยังช่วยลดระดับของไตรกลีเซอไรด์ในเลือดได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) แต่ไม่ส่งผลต่อค่าระดับคอเลสเตอรอลทั้งชนิด LDL และ HDL ($P > 0.05$) Kassis et al. (2010b) ได้ทำการทดลองเพื่อผลิตไข่ไก่ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง พบว่า ไข่ไก่ที่ได้รับอาหารเสริมน้ำมันจากเคแอนตาร์กติกจะมีปริมาณของกรดไขมันกลุ่ม Omega-3 สูงกว่าไข่ไก่ที่ได้รับน้ำมันลินิน น้ำมันปลา น้ำมันสาหร่าย และกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

5. ผลการเสริมเคแอนตาร์กติก (*Euphausia superba*) ในอาหารไก่ไข่ต่อเสถียรภาพออกซิเดชันของไขมันในไข่ไก่

การศึกษาลักษณะการเสริมเคแอนตาร์กติก (*Euphausia superba*) ในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 10, 30 และ 50 กรัม/กิโลกรัมเปรียบเทียบกับอาหารกลุ่มควบคุมต่อเสถียรภาพออกซิเดชันของไขมันในไข่ไก่ที่ผ่านการเก็บรักษา ที่ระยะเวลา 0, 7 และ 14 วัน พบว่าการเสริมเคแอนตาร์กติกทุกระดับในอาหารไก่ไข่ทุกระดับไม่มีผลต่อค่า TBARs (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ใน

ไข่แดงของไข่ไก่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องทั้ง 3 ช่วงเวลา ($P > 0.05$) ดังแสดงใน Table 5 จากผลการทดลองข้างนี้สามารถยืนยันได้ว่า แม้จะมีการสะสมของไขมันทั้งกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนและกรดไขมันไม่อิ่มตัว สายยาวเชิงซ้อนในไข่แดงที่เพิ่มมากขึ้น แต่ก็ยังไม่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในไข่ไก่ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเปลี่ยนแปลงไปที่ 0, 7 และ 14 วัน เนื่องมาจากเคแอนตาร์กติกนั้นมีการสะสมของรงควัตถุที่ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระอยู่ด้วย เช่น แคโรทีนอยด์ แอนตาแซนทีน เป็นต้น ดังนั้นจึงสามารถช่วยลดการเกิดปฏิกิริยา ลิพิดเปอร์ออกซิเดชันได้ สอดคล้องกับงานทดลองของ Yang et al. (2006) ที่ได้เสริมแอสตาแซนทีนที่ระดับ 0, 0.7, 0.9, และ 1.3 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในอาหารไก่ไข่ พบว่าการเสริมแอสตาแซนทีนที่ระดับต่างๆ ไม่ส่งผลต่อ oxidative stability (TBARs (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)) ของไข่ไก่ที่ผ่านการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 0 และ 7 วัน ($P > 0.05$ จากรายงานของ Saito and Kita (2011) กล่าวว่า การเสริมแอสตาแซนทีนที่ 5-20 ppm จะช่วยลดการออกซิเดชันของไขมันในไข่ไก่ที่เก็บในอุณหภูมิสูงและเก็บรักษาในช่วงเวลา 0-21 วัน ส่งผลต่ออัตราการฟักออกที่ไม่ต่างกันและมีผลช่วยพัฒนาตัวอ่อนในไข่ไก่ด้วย สอดคล้องกับการทดลองของ An et al. (2004) พบว่า สารสีในกลุ่มคารอทีนอยด์สีแดง แอสตาแซนทีน สามารถลดการเกิด lipid peroxidation ในเนื้อไข่ที่ผ่านการเก็บรักษาในช่วงเวลา 0-9 วัน ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

Table 5 The effect of dietary Antarctic krill meal (*Euphausia superba*) supplementation on oxidative stability (TBARs content) in egg

oxidative stability (TBARs (mg/kg))	level of Antarctic krill meal supplementation in laying hens diets (g/kg)				SEM
	0	10	30	50	
0 day	0.47	0.44	0.46	0.44	0.02
7 day	6.28	6.29	6.49	6.33	0.04
14 day	10.60	9.50	9.52	9.54	0.17

สรุป

การเสริมเคยแอนตาร์คติก (*Euphausia superba*) ในอาหารไก่ไข่ไม่มีผลต่อการย่อยได้ของโภชนะในอาหารไก่ไข่ แต่จะช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์การไข่ต่อวันและปริมาณมวลไข่ รวมถึงพัฒนาประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ 1 กิโลกรัม และช่วยเพิ่มค่าระดับคะแนนสีของไข่แดงของไก่ไข่ รวมถึงสามารถเพิ่มปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนและกรดไขมันไม่อิ่มตัวสายยาวเชิงซ้อน (PUFA และ LC- PUFA) คือ Linoleic acid (C18:2n6), Linolenic acid (C18:3n3), Arachidonic acid (C20:4n6), Eicosapentanoic acid: EPA (C20:5n3), Doco-sahexaenoic acid: DHA (C22:6n3), DPA (C22:5) ในไข่แดง ซึ่งการเสริมเคยแอนตาร์คติกที่ระดับ 50 กรัม/กิโลกรัม จะทำให้มีการสะสมกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3 ในไข่แดงและช่วยเพิ่มสัดส่วนของกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3 ต่อโอเมก้า 6 สูงสุด โดยไม่ส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพออกซิเดชันของไขมัน (TBARS) ในไข่ไก่ที่ผ่านการเก็บรักษา 0-2 สัปดาห์

จากการทดลองครั้งนี้แนะนำให้เสริมเคยแอนตาร์คติกในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 50 กรัม/กิโลกรัม เพื่อผลิตไข่ไก่ ที่มีการสะสมของกรดไขมันโอเมก้า- 3 ทั้ง ALA, EPA และ DHA ในไข่ไก่อันจะนำไปสู่การผลิตเป็นไข่ไก่สุขภาพการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ และนำไปสู่การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของสินค้าปศุสัตว์ไทยในอนาคตต่อไป

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณบริษัท มารีน ลีดเดอร์ จำกัด ที่สนับสนุนทุนวิจัยและอนุเคราะห์ผลิตภัณฑ์เคยแอนตาร์คติก (*Euphausia superba*) ภายใต้ชื่อผลิตภัณฑ์การค้า Asta-Meal® ในการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณ ฟาร์มทดลอง หมวดสัตว์ปีก คณะสัตวศาสตร์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเพชรบุรี ที่อนุเคราะห์สถานที่เลี้ยงไก่ไข่ทดลอง ขอขอบคุณ

ห้องปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ห้องปฏิบัติการไข่ และห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากรที่เอื้อเฟื้อสถานที่วิเคราะห์ รวมถึงขอขอบคุณ นักศึกษาช่วยวิจัย 3 ท่าน คือ นายกรกช เหลืองระทึก นายพิเชษฐ์ สุขมณี และนายอนิวัฒน์ ปงเทพ ที่ช่วยในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ทางเคมี

เอกสารอ้างอิง

- มนต์ชัย ดวงจินดา. 2544. การใช้โปรแกรม SAS เพื่อการวิจัยทางสถิติ. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี, จิรัฐวัฒน์ ศรีอ่อนเลิศ, วุฒิกกร สระแก้ว และวรางคนา กิจพิพิธ. 2557. การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของกากปาล์มน้ำมันรวมโดยใช้ยีสต์และบาซิลลัสติลิสเพื่อเป็นแหล่งอาหารโปรตีนสำหรับสัตว์. แก่นเกษตร ฉบับพิเศษ 1:351-357.
- สาโรช คำเจริญ. 2547. อาหารและการให้อาหารสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- อุซุท นาคพันธ์, ยูเรศ เรืองพานิช, เสกสม อาตมางกูร, สุกัญญารัตนทัตทิมาทอง และสรณัญญ์ ศิริสวย. 2556. ผลการเสริมคริลล์ป่นต่อปริมาณแอสตาแซนทีนในไข่แดงและคุณภาพไข่ของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารที่มีสารสีต้า. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ฉบับพิเศษ. 44(1): 91-94.
- An, G.H., J.Y. Song, K.S. Chang, B.D. Lee, H.S. Chae, and B.G. Jang. 2004. Pigmentation and delayed oxidation of broiler chickens by the red carotenoid, astaxanthin, from chemical synthesis and the yeast, *Xanthophyllomyces dendrorhous*. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 17: 1309-1314.
- AOAC, 2000. Official methods of analysis. 17th ed. Assoc. off Anlysis chemistry, Gaithhersburg, MD, USA.
- Atchariya, C., S. Wattanachant, and S. Benjakul. 2011. Quality characteristics of raw and cooking spent hen *Pectoralis major* muscle during chilled storage: Effect of tea catechins. Int. J. Poult. Sci. 10(1): 12-18.
- Bertram, J.S. and A.L. Vine. 2005. Cancer prevention by retinoids and carotenoids: independent action on common target. Biochem. Biophys. Acta. 1740: 170-178.
- Buege, J. A., and S. D. Aust. 1978. Microsomal lipid peroxidation. Method in Enzymology. 52: 302-10.

- Berge, K., K.M. Veloso, M. Harwood, N. Hoem, and L. Burri. 2014. Kill oil supplementation lower serum triglycerides without increase low-density lipoprotein cholesterol in adults with borderline high or high triglyceride level. *Nutr. Res.* 34: 126-133.
- Bustos, R., L. Romo, K. Yanez, G. Diaz, and C. Romo. 2003. Oxidative stability of carotenoid pigment and polyunsaturated fatty acid in microparticulate diet containing krill oil for nutrition of marine fish larvae. *J. Food. En.* 56: 289-293.
- Fenton, T.W., and M. Fenton. 1979. An improved method for chromic oxide determination in feed and feces. *can. J. Anim. Sci.* 59: 631-634.
- Fujita, T. 1983. Pigmentation of culture yellowtail with kill oil. *Bulletin of Japanese Soc. of Sci fisheries.* 49: 1595-1600.
- Gigliotti, J.C., J. Jaczynski, and J.C. Tou. 2008. Determination of the nutritional value, protein quality and safety of krill protein concentrate isolate using an isoelectric solubilization/precipitation technique. *Food Chem.* 111: 209-214.
- Gogus, U. and C. Smith, 2010. N-3 omega fatty acid: A review of current knowledge. *Int. J. Food Sci. tech.* 45: 417-436.
- Giang, H.H., Viet T.Q., B. Ogle, and J. E. Lindberg. 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*. *Livest. Sci.* 143:132-141
- Grantham, G.J. 1977. The Southern Ocean: The utilizations of krill. United Nations Development Program, Rome, Italy.
- Hatice K., and M. Muhlis. 2012. Effect of inclusion of garlic (*Allium sativum*) powder at different level and copper into diets of hens on performance egg quality traits and yolk cholesterol content. *Int. J. Poult. Sci.* 10: 12-18.
- Hansen, J.O., M. Penn, M. Overland, K.D. Shearer, A. Kroghdahl, L.T. Mydland, and T. Storebakken. 2010. High inclusion of partially dehelled and whole krill meal in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquac.* 310: 164-172.
- Hu, C.H., A.Y. Zuo, D.C. Wang, H.Y. Pan, W.B. Zheng, Z.C. Qian, and X.T. Zou. 2011. Effects of broccoli stems and leaves meal on production performance and egg quality of laying hens. *Anim. Feed. Sci. and Sci.* 170: 117-121.
- Jordan, R.G. 2010. Prenatal omega-3 fatty acid: Review and recommendations. *J. Midw. & Wom. Heal.* 55:520-528.
- Kassis, N., S.R. Drake, S.K. Beamer, K.E. Matak, and J. Jaczynski. 2010a. Development of nutraceutical egg product with omega-3 rich oils. *Food Sci. and tech.* 43: 777-783.
- Kassis, N., S.K. Beamer, K.E. Matak, J.C. Tou, and J. Jaczynski. 2010b. Nutritional composition of novel nutraceutical egg products developed with omega-3 rich oils. *Food Sci. and tech.* 43: 1204-1212.
- Lee, C.Y., B.D. Lee, J.C. Na and G. An. 2010. Carotenoid accumulation and their antioxidant activity in spent laying hens as affected by polarity and feeding period. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 23: 799-805.
- 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.
- Lokhande A., S.L. Ingale, S.H. Lee, J.S. Kim, J.D. Lohakare, B.J. Chae, and I.K. Kwon. 2013. The Effects of *Rhodobacter capsulatus* KCTC-2583 on cholesterol metabolism, egg production and quality parameters during the late laying periods in hens. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 26: 83-837.
- Marshall, A.C., A.R. Sams, and M.E. Van Elswyk. 1994. Oxidative stability and sensory quality of stored egg from hen fed 1.5 % menhaden oil. *J. Food Sci.* 59: 561-563.
- Maki, K.C., M.S. Reeves, M. Farmer, M. Griinari, K. Berge, H. Vik, R. Hubacher, and T.M. Rains. 2009. Krill oil supplementation increase plasma concentration of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in overweight and obese men and women. *Nutr.Res.* 29: 609-615.
- Mountzouris, K.C., V. Paraskevas, P. Tsirtsikos, I. Palamidi, T. Steier, G. Schatzmayr, and K. Fegeros. 2011. Assessment of a phytogetic feed additive effect on broiler growth performance, nutrient digestibility and caecal microflora composition. *Anim. Feed. Sci. and Sci.* 170: 117-121.
- Nopparatmaitree M., A. Panthong, S. Paengkoum and P. Saenphoom, 2014. Evaluation of asparagus trimmed waste in laying hens diet on nutrient digestibility and productive performance. *Silpakorn U. Science and Tech. J.* 8: 72-84.
- Nicol, S., A. Jame, and G. Pitcher. 1987. A first record of daytime surface swarming by *Eufhasia lucens* in the southern Benguela region. *Marine Biology.* 94: 7-10.

- National Research Council, 1994. Nutrient Requirements of Poultry, 9th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC, USA.
- Paripatananont, T., and R. T. Lovell. 1997. Comparative net absorption of chelate and inorganic trace minerals in channel catfish/ctalurus punctatus diets. J. of the World Aquac. Soc. 28: 62-67.
- Ragab H.I., K.A. Abdel Ati, C. Kijora, and S. Ibrahim. 2012. Effect of difference level of the processed *Lablab purpureus* seed on laying performance, Egg quality and serum parameters. Int. J. Poult. Sci. 11: 131-137.
- Saito, F., and K.Kita. 2011. Maternal intake of astaxanthin improved hatchability of fertilized eggs stored at high temperature. J. Poult. Sci. 48: 33-39.
- Shimidzu, N., M. Goto, and W. Miki. 1996. Carotenoids as singlet oxygen quenchers in marine organism. Fisheries Sci. 76: 1459-1466.
- Siro, I., E. Kopolna, B. Kopolna, and A. Lugasi. 2008. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance- a review. Appetite. 51: 456-467.
- Steel, R.G.D., and J.H. Torrie, 1992. Principles and procedure statistic. 2nd Edn., McGraw-Hill Book Co., Inc., Singapore.
- Tou, J. C., J. Jaczynski, and Y.C. Chen. 2007. Krill for human consumption: nutritional value and potential health benefits. Nutrition reviews. 65: 63-77.
- Trautwein, E.A. 2001. N-3 fatty acid physiological and technical aspects for their use in food. European J. lipid sci. and tech. 103: 45-55.
- Urganbayar D., I.H. Bea, K.S. Choi, I.S. Shin, J.D. Firman, and C. J. Yang. 2005. Effect of green tea powder on laying performance and egg quality in laying hens. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 18: 1769-1774.
- Yang Y.X., Y.J. Kim, Z. Jin, J. D. Lohakare, C.H. Kim, S.H. Ohh, S.H. Lee, J.Y. Choi, and B.J. Chae. 2006. Effects of dietary supplementation of astaxanthin on production performance, egg quality in layers and meat quality in finishing pigs. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 7: 1019 – 1025.
- Yashohara, B.M. S. Umakanth, J.M. Papachun, S.K. Bhat, R. Kamath, and B.H. Choo. 2009. Omega-3 fatty acid: A review of their role in health and disease. Post. Med. J. 85: 84-90.
- Yoshitomi B., M. Aoki, S.I. Oshima, and K. Hata. 2006. Evaluation of krill (*Euphausia superba*) meal as a partial replacement for fish meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets. Aquac. 310: 164-172.
- Yi-Chen C., and J. Jaczynski. 2007. Gelation of protein recovered from whole Antarctic krill (*Euphausia superba*) by isoelectric solubilization/precipitation as affected by functional additives. J. Agric. Food. Chem. 55: 1814-1822.