

ผลของการเสริมโปรไบโอติก (Bactosac-P) ต่อประสิทธิภาพการผลิต คุณภาพไข่ และคอเลสเตอรอลในเลือดในไก่ไข่

Effects of dietary multi-probiotic (Bactosac-P) supplementation on the performance, egg quality and blood cholesterol of laying hens

ศรีสุดา ศิริเหล่าไพศาล^{1*}, พงศธร กุณัน¹, เกศรา อำพารณ์¹ และ นาทยา แบ่งลาภ²

Srisuda Sirilaophaisan^{1*}, Pongsathorn Gunun¹, Kassara Ampaporn¹ and Nattaya Banglab²

บทคัดย่อ: การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมโปรไบโอติก (Bactosac-P) ในอาหาร ต่อสมรรถนะการผลิต คุณภาพไข่ และระดับคอเลสเตอรอลในไข่สายพันธุ์ อีซาบราวน์ (ISA Brown) อายุ 21-32 สัปดาห์ จำนวน 120 ตัว แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 4 ซ้ำๆ ละ 10 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ เสริมโปรไบโอติกในอาหาร 3 ระดับ คือ 0 (กลุ่มควบคุม), 0.5 และ 1.0 กิโลกรัม/ตัน ผลการทดลองพบว่า การเสริมโปรไบโอติกในอาหารมีผลต่อสมรรถภาพการผลิต ได้แก่ ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ และมวลไข่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและเพิ่มขึ้นแบบเป็นเส้นตรง (linear, $P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และมีผลต่อคุณภาพไข่ ได้แก่ ค่าความถ่วงจำเพาะของไข่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและเพิ่มขึ้นแบบเป็นเส้นตรง (linear, $P<0.05$) นอกจากนี้ยังทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอล, ไตรกลีเซอไรด์ และอัตราส่วนของเม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิลล์ต่อลิมโฟไซต์ ในเลือดลดลงตามระดับของการเสริมโปรไบโอติก (linear, $P<0.05$) จากการทดลองสรุปได้ว่าการเสริมโปรไบโอติกในระดับ 1.0 กิโลกรัม/ตัน ทำให้สมรรถนะการผลิต คุณภาพไข่เพิ่มขึ้น ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดลดลง และต้นทุนในการผลิตไข่ลดลงดีที่สุด

คำสำคัญ: ไก่ไข่, โปรไบโอติก, สมรรถนะการผลิต, คุณภาพไข่, คอเลสเตอรอล

ABSTRACT: The objective of this study was to determine the effects of multi-probiotic (Bactosac-P) on performance, egg quality and cholesterol in laying hens during a 21-32 wk of age. For the samples, a total of 120 Isa Brown laying hens were divided into 3 treatment groups. Each treatment consisted of four replicates of ten each. The experiment was Completely Randomized Design (CRD). Probiotic was supplemented at the levels of 0 (control), 0.5 and 1.0 kg/ton in the diets. The results revealed that dietary multi-probiotic supplementation could improve linear egg production, egg weight and egg mass significantly ($P<0.05$) when compared with the control. Moreover, specific gravity of egg was linearly improved by probiotic supplementation ($P<0.05$). However, levels of blood cholesterol, triglyceride and heterophil/lymphocyte ratio were significantly lower in multi-probiotic treatment than control. In conclusion, dietary supplementation of multi-probiotic at 1.0 kg/ton can be improved ($P<0.05$) in hen performance, egg quality, decreased blood cholesterol and feed cost per dozen.

Keywords: Laying hen, Probiotic, Performance, Egg quality, Cholesterol

¹ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร อ.พังโคน จ.สกลนคร 47160
Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology Isan Sakon Nakhon Campus, Phung Khon, Sakon Nakhon 47160

² บริษัท เค.เอ็ม.พี.ไบโอเทค จำกัด
K.M.P. Biotech Co., LTD.

* Corresponding author: Sreesuda88@hotmail.com

บทนำ

สารเสริมชีวนะหรือโปรไบโอติก (probiotics) เป็นวัตถุเติมในอาหารสัตว์ เป็นจุลินทรีย์เชื้อเป็นที่เป็นประโยชน์ไม่ว่าจะเป็นสายเดี่ยวหรือผสม ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติและสมดุลจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารให้เหมาะสม ซึ่งเป็นประโยชน์มากในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และทำให้สัตว์มีสุขภาพดี (สาริธ, 2547) ในปัจจุบันได้มีงานวิจัยของนักวิจัยหลายท่านรายงานว่า โปรไบโอติกสามารถเพิ่มประสิทธิภาพผลผลิตไข่ (Nahashon et al., 1994; Tortuero and Fernandez, 1995; Abdulrahim et al., 1996) น้ำหนักไข่ (Nahashon et al., 1994; Davis and Anderson, 2002) และคุณภาพของไข่ (Mohan et al., 1995; Ramasamy et al., 2009) ในไก่ไข่ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาในสภาพแวดล้อมที่มีความเครียด (Mikulski et al., 2012) รวมทั้งการลดระดับคอเลสเตอรอลในชีร์ม (Haddadin et al., 1996; Kurtoglu et al., 2004; Mahdavi et al., 2005) การควบคุมจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินอาหารให้ลดลง (Yu et al., 2008; Choe et al., 2012) และเป็นสารกระตุ้นภูมิคุ้มกัน (Koenen et al., 2004; Zhang et al., 2012) แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษาวิจัยที่ผ่านมาได้ใช้โปรไบโอติกที่มาจากจุลินทรีย์เพียงชนิดเดียว (mono) หรือหลายชนิด (multi) ซึ่งเป็นสปีชีส์ (species) หรือ จีแนส (genus) เดียวกัน (Timmerman et al., 2004) ได้มีข้อเสนอแนะโดย Sanders and Veld (1999) ว่าการเสริมโปรไบโอติกที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีความหลากหลายสายพันธุ์ (multistrain) และสปีชีส์ (multispecies) จะทำให้มีประสิทธิภาพที่สูงกว่าการใช้โปรไบโอติกเพียงชนิดเดียว เนื่องจากคุณสมบัติจำเพาะที่มีอยู่ในโปรไบโอติกแต่ละสายพันธุ์สอดคล้องกับงานทดลองของ Mountzouris et al. (2007) ที่ศึกษาวิจัยในไก่เนื้อ โดยใช้โปรไบโอติก 4 ชนิด ประกอบด้วย *Lactobacillus* 2 สายพันธุ์ *Bifidobacterium* 1 สายพันธุ์ และ *Pediococcus* 1

สายพันธุ์ ซึ่งให้ผลเทียบเท่ายาปฏิชีวนะอะไวลามัยซิน (avilamycin)

ไข่ไก่เป็นอาหารโปรตีนราคาถูกกว่าโปรตีนชนิดอื่น ผู้บริโภคประสบปัญหานี้เพิ่มมากขึ้นจาก 140 ฟอง/คน/ปี เป็น 170 ฟอง/คน/ปี ส่งผลให้ความต้องการไข่ไก่สูงขึ้น ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้โปรไบโอติกรวม (Bactosac-P) ซึ่งประกอบด้วยจุลินทรีย์ *Bacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Pediococcus pentosaceus* และยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* เสริมในอาหารต่อประสิทธิภาพการผลิต คุณภาพไข่ และคอเลสเตอรอลในเลือดของไก่ไข่ เพื่อเป็นแนวทางในการลดต้นทุนการผลิตไข่

วิธีการศึกษา

ศึกษาผลของการเสริมโปรไบโอติกรวมทางการค้าแบบโตะแคคพี (BACTOSAC-P; K.M.P.Biotech Co., Ltd) ประกอบด้วยจุลินทรีย์ *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Streptococcus faecium* ปริมาณชนิดละ 1.0×10^{10} cfu/kg, *Pediococcus pentosaceus* และยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ปริมาณชนิดละ 1.0×10^9 cfu/kg เสริมในอาหารไก่ไข่พันธุ์อีซาบราวน์ (ISA Brown) อายุ 21 สัปดาห์จำนวน 120 ตัว แบ่งการทดลองออกเป็น 3 กลุ่มๆละ 40 ตัว ซึ่งกลุ่มประกอบด้วย 4 ซ้ำๆละ 10 ตัว โดยเริ่มเลี้ยงไก่ไข่สาวที่อายุ 17 สัปดาห์ เพื่อกินอาหารพื้นฐาน (อาหารสำเร็จรูปทางการค้า) มีทริทเมนต์ที่ต้องการศึกษา ดังนี้

ทริทเมนต์ที่ 1 สูตรอาหารพื้นฐาน

ทริทเมนต์ที่ 2 สูตรอาหารพื้นฐานเสริมโปรไบโอติก 0.5 กิโลกรัม/ตัน อาหาร

ทริทเมนต์ที่ 3 สูตรอาหารพื้นฐานเสริมโปรไบโอติก 1.0 กิโลกรัม/ตัน อาหาร

การเก็บข้อมูลและบันทึกข้อมูล

บันทึกสมรรถนะการผลิตของไข่ตั้งแต่ไก่อายุ 21 สัปดาห์ แบ่งออกเป็น 3 ช่วง (period) ช่วงละ 4 สัปดาห์ (28 วัน) คือช่วงอายุ 21-24, 25-28 และ 29-32 สัปดาห์ ทำการตรวจวัดคุณภาพไข่ใน 3 วันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลอง ได้แก่ น้ำหนักไข่, ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) โดยการลอยไข่ในน้ำเกลือ (Thompson and Hamilton, 1982), ความสูงไข่ขาวเพื่อนำมาคำนวณค่า Haugh Unit, น้ำหนักไข่แดง (yolk weight), สีไข่แดง (yolk color) โดยใช้พัดสีโรส, น้ำหนักเปลือกไข่ (eggshell weight) และความหนาเปลือกไข่ (eggshell thickness) สุ่มเก็บตัวอย่างเลือดไก่ที่รีทเมนต์ละ 4 ตัว เมื่อครบสัปดาห์สุดท้าย (12) ของการทดลอง โดยเจาะเลือดไก่บริเวณปีก (wing vein) ตัวละ 2 มล. เพื่อนำมาวัดความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (hematocrit, Hct) ค่าเม็ดเลือดแดง (red blood cell; RBC) ค่าเม็ดเลือดขาว (white blood cell; WBC) เม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิล (heterophil, H) และลิมโฟไซต์ (lymphocyte, L) เพื่อนำไปหาสัดส่วน H/L Ratio นำซีรัมไปวิเคราะห์ ค่าคอเลสเตอรอล (cholesterol) และไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) โดยวิธี enzymatic colorimetric test (CHOD-PAP method)

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยรีทเมนต์ ด้วยวิธี Orthogonal Polynomial โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ SAS V.9.0 (SAS, 2002)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลของการเสริมโปรไบโอติกในอาหารไก่ต่อประสิทธิภาพการผลิต

ผลของการเสริมโปรไบโอติกรวมในอาหารที่ระดับ 0 (ควบคุม), 0.5 และ 1.0 กิโลกรัม/ตันอาหาร

(Table 1) พบว่า ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ มวลไข่ มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P < 0.05$) แบบเป็นเส้นตรง (linear) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่เสริม (ควบคุม) ในช่วงสัปดาห์ที่ 29-32 และตลอดระยะการทดลอง (21-32) โดยการเสริมโปรไบโอติกที่ระดับ 1.0 กิโลกรัม/ตันอาหาร มีค่าสูงที่สุด ปริมาณอาหารที่กิน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร ในแต่ละระยะของไก่ไข่ทุกกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) การเสริมโปรไบโอติกรวมทำให้จำนวนไข่ที่มีอัตราการเลี้ยงรอดที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับไก่ไข่กลุ่มที่ไม่เสริม ผลการทดลองในครั้งนี้ สอดคล้องกับงานทดลองของ Mikulski et al. (2012) เสริมโปรไบโอติก *Pediococcus acidilactici* งานทดลองของ Abdelqader et al. (2013) เสริมโปรไบโอติก *Bacillus subtilis* และอินูลินในอาหารไก่ไข่ (Lohmann White) อายุ 64-75 สัปดาห์ งานทดลองของ Xu et al. (2006) เสริม *B. subtilis* งานทดลองของ Haddadin et al. (1996) และ Mohammadian et al. (2013) เสริม *Lactobacill* spp. มีผลทำให้สมรรถนะการให้ผลผลิตของไก่ไข่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) อย่างไรก็ตามมีนักวิจัยหลายท่าน พบว่าการเสริมโปรไบโอติกที่ประกอบด้วย *Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus* และ *Bacillus* ไม่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตไข่ไก่ (Mikulski et al., 2012; Kalavathy et al., 2003; Davis and Anderson, 2002) ซึ่งการให้ผลผลิตไข่เกี่ยวข้องกับปริมาณอาหารที่กินได้ของพลังงาน และโปรตีน โดยสูตรอาหารของการทดลองในครั้งนี้ได้ใช้อาหารสำเร็จรูปสูตรเดียวกันทุกกลุ่มการทดลอง เพื่อให้ได้รับพลังงานและโปรตีนเท่ากันตรงตามความต้องการของไก่ไข่ แต่สิ่งที่สำคัญคือ การดูดซึมโภชนาเข้าไปใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อร่างกายและสุขภาพ ซึ่งโปรไบโอติก ได้แก่ *Lactobacillus* sp., *Bacillus* sp. และ *Pediococcus pentosaceus* ที่ได้เสริมลงไป ช่วยรักษาสสมดุลย์ของจุลินทรีย์ภายในทางเดินอาหาร และเกิดการแข่งขันการเกาะยึดเยื่อบุทางเดินอาหารกับจุลินทรีย์ก่อโรคโดยสร้างกรด ซึ่งสร้างขึ้นในระหว่างการเจริญเติบโตส่งผลต่อสภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ของระบบทางเดินอาหารที่ลดลง มีผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ทนกรดและเป็นโทษต่อสัตว์ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ (enzyme) ที่ย่อยโภชนะจึง

ทำให้สัตว์สามารถย่อยและดูดซึมสารอาหารได้อย่างเต็มที่และมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ไก่ไข่แสดงสมรรถนะการให้ผลผลิตได้อย่างสูงสุด ได้แก่ ผลผลิตไข่ และน้ำหนักไข่ที่สูงกว่ากลุ่มที่ไม่มีการเสริมโปรไบโอติก

Table 1 Effects of multi-probiotic supplementation on egg production of laying hens

Items	Control	Probiotic (kg/ton)		P-value		
		0.5	1.0	SEM	Linear	Quadratic
Egg production (%)						
wk 21 to 24	92.32	92.32	93.39	1.389	0.600	0.761
wk 25 to 28	90.54	91.70	93.48	1.062	0.081	0.816
wk 29 to 32	89.93 ^b	92.59 ^{ab}	94.91 ^a	0.947	0.005	0.888
wk 21 to 32	90.93 ^b	92.20 ^{ab}	93.93 ^a	0.801	0.027	0.824
Egg weight (g)						
wk 21 to 24	54.27	54.71	54.83	0.5656	0.504	0.818
wk 25 to 28	54.31 ^b	55.05 ^{ab}	55.31 ^a	0.2455	0.018	0.448
wk 29 to 32	54.37	55.19	55.32	0.3621	0.097	0.455
wk 21 to 32	54.32 ^b	54.98 ^{ab}	55.15 ^a	0.2131	0.022	0.368
Feed intake (g/b/d)						
wk 21 to 24	108.48	108.30	109.20	1.556	0.113	0.252
wk 25 to 28	119.82	120.80	119.29	0.769	0.971	0.568
wk 29 to 32	120.89	121.16	119.11	0.833	0.635	0.649
wk 21 to 32	116.40	116.76	115.86	0.567	0.204	0.137
Egg mass (g/b/d)						
wk 21 to 24	50.10	50.53	51.21	1.065	0.483	0.927
wk 25 to 28	49.17 ^b	50.48 ^{ab}	51.70 ^a	0.642	0.021	0.961
wk 29 to 32	48.92 ^b	51.09 ^{ab}	52.50 ^b	0.556	0.001	0.576
wk 21 to 32	49.39 ^b	50.70 ^{ab}	51.80 ^a	0.510	0.009	0.873
Feed conversion ratio						
wk 21 to 24	2.000	1.980	1.992	0.041	0.906	0.752
wk 25 to 28	2.206	2.194	2.157	0.017	0.076	0.560
wk 29 to 32	2.224	2.195	2.153	0.022	0.045	0.813
wk 21 to 32	2.143	2.124	2.101	0.018	0.133	0.943
Survival (%)						
wk 21 to 24	100.00	97.50	100.00	1.443	1.000	0.191
wk 25 to 28	97.50	100.00	100.00	1.443	0.252	0.497
wk 29 to 32	97.50	100.00	97.50	2.041	1.000	0.343
wk 21 to 32	98.34	99.17	99.17	0.878	0.519	0.708

^{a-c} Means with different superscripts within the same row differ significantly (P<0.05)

ผลของการเสริมโปรไบโอติกในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่

ผลของการเสริมโปรไบโอติกรวมต่อคุณภาพไข่ (Table 2) พบว่า โปรไบโอติกรวมไม่มีผลกระทบต่อค่า Haugh Unit คะแนนสีไข่แดง ความหนาของเปลือกไข่ น้ำหนักไข่แดง และน้ำหนักเปลือกไข่ ($P>0.05$) ยกเว้น ค่าความถ่วงจำเพาะของไข่ที่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ในการทดลองสัปดาห์ที่ 21-24, 29-32 และตลอดระยะเวลาการทดลอง 21-32 สัปดาห์ ค่าความถ่วงจำเพาะสามารถเป็นตัวชี้วัดคุณภาพของเปลือกไข่ (egg shell quality) ความต้านทาน (shell strength) ของเปลือกไข่ (Holder and Bradford, 1979) จากการกระแทก ซึ่งอาจทำให้เกิดการแตกร้าว (crack) ในระหว่างการขนส่งหรือการเคลื่อนย้าย ซึ่งค่าความถ่วงจำเพาะมีความสัมพันธ์กับความหนาของเปลือกไข่ ความหนาและความพรุนของเปลือกไข่ มีประโยชน์อย่างมากในการสกัดกั้นการแทรกซึมของจุลินทรีย์ต่างๆ ตลอดจนคุณภาพภายใน ช่วยรักษาคุณภาพไข่ไม่ให้เสื่อมเสียได้ง่าย และยังช่วยยืดอายุการเก็บรักษาไข่ ได้นานยิ่งขึ้น ซึ่งปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อคุณภาพไข่ ได้แก่ อายุการเก็บรักษาไข่, อายุไก่, โภชนะของอาหาร, สภาพแวดล้อม และโรค (Farhad and Fariba, 2011) งานทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับงานทดลองของ Balevi et al., 2001 แม้ว่าโปรไบโอติกจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยและดูดซึมโภชนะและปรับสมดุลความเป็นกรด-ด่างภายในระบบทางเดินอาหารซึ่งเป็นประโยชน์ต่อตัวสัตว์ แต่ก็ยังมีหลายปัจจัยที่อาจมีผลต่อการแสดงออกของประสิทธิภาพของโปรไบโอติก ได้แก่ สภาพแวดล้อม สายพันธุ์และอายุสัตว์ ชนิดของ

โปรไบโอติกรวมทั้งระดับของการใช้ (Mikulski et al., 2012) จึงทำให้ไม่เกิดความแตกต่างทางสถิติแต่อย่างไรก็ตาม การทดลองเสริมโปรไบโอติก *Pediococcus acidilactici* (Mikulski et al., 2012) *Bacillus subtilis* (Abdelqader et al., 2013) ในอาหารไก่ไข่ มีผลทำให้คุณภาพไข่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ในการทดลองครั้งนี้ ผลการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มคุณภาพไข่ ได้แก่ Haugh Unit น้ำหนักไข่แดง น้ำหนักเปลือกไข่ และความหนาเปลือกไข่ ซึ่งกลุ่มที่เสริมโปรไบโอติกจะมีค่าดังกล่าวสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริมโปรไบโอติก ค่า Haugh Unit เป็นค่าที่คำนวณจากค่าความสูงไข่ขาวกับน้ำหนักไข่ ซึ่งสามารถบอกถึงความสดใหม่ของไข่ ไข่คุณภาพดีจะมีค่า Haugh Unit 72-100 (Keener et al., 2006) และไข่ที่ถูกเก็บไว้นานจะทำให้ความสูงของไข่ขาวลดลง ในการศึกษาทดลองครั้งนี้ถึงแม้ว่าค่า Haugh Unit จะไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ แต่การเสริมโปรไบโอติกมีแนวโน้มเพิ่มค่า Haugh Unit ให้สูงขึ้นตามระดับของการเสริมโปรไบโอติก น้ำหนักเปลือกไข่และความหนาของเปลือกไข่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักเปลือกไข่ในทุกระยะของการทดลอง โปรไบโอติกช่วยทำให้ pH ลดต่ำลง จึงส่งเสริมการดูดซึมแร่ธาตุแคลเซียมและแร่ธาตุอื่นๆ ที่จำเป็นต่อร่างกาย สีของไข่แดงไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) เนื่องจากกลไกการเกิดสีของไข่แดงจะต้องมีรงควัตถุชนิด xanthophylls เป็นส่วนประกอบ ซึ่งได้รับมาจากอาหาร และในการทดลองครั้งนี้ใช้อาหารสูตรเดียวกัน สีของไข่แดงจึงไม่มีความแตกต่างกัน

Table 2 Effects of multi-probiotic supplementation on egg quality of laying hens

Items	Control	Probiotic (kg/ton)		P-value		
		0.5	1.0	SEM	Linear	Quadratic
Haugh Unit						
wk 21 to 24	92.18	92.32	92.49	1.204	0.861	0.993
wk 25 to 28	92.68	92.95	93.77	0.718	0.310	0.763
wk 29 to 32	93.45	93.71	94.45	0.423	0.293	0.773
wk 21 to 32	92.77	92.99	93.57	0.458	0.247	0.761
Yolk color						
wk 21 to 24	13.00	13.00	13.00	0.155	0.991	0.985
wk 25 to 28	12.47	12.47	12.44	0.095	0.842	0.908
wk 29 to 32	11.97	11.97	12.02	0.110	0.743	0.850
wk 21 to 32	12.48	12.48	12.49	0.092	0.955	0.957
Eggshell thickness (mm)						
wk 21 to 24	0.348	0.346	0.344	0.008	0.787	0.990
wk 25 to 28	0.391	0.390	0.393	0.009	0.852	0.863
wk 29 to 32	0.371	0.369	0.371	0.006	0.977	0.854
wk 21 to 32	0.370	0.368	0.369	0.004	0.969	0.839
Specific gravity						
wk 21 to 24	1.081 ^a	1.058 ^{ab}	1.047 ^b	0.008	0.016	0.560
wk 25 to 28	1.062	1.062	1.058	0.008	0.755	0.797
wk 29 to 32	1.088 ^a	1.062 ^{ab}	1.056 ^b	0.010	0.042	0.421
wk 21 to 32	1.077 ^a	1.061 ^{ab}	1.053 ^b	0.005	0.006	0.431
Yolk weight (g)						
wk 21 to 24	13.05	13.41	13.46	0.186	0.148	0.506
wk 25 to 28	14.85	14.89	14.93	0.170	0.754	0.995
wk 29 to 32	14.25	14.41	14.49	0.296	0.588	0.909
wk 21 to 32	14.05	14.24	14.29	0.144	0.263	0.715
Eggshell weigh (g)						
wk 21 to 24	6.56	6.79	6.56	0.147	0.991	0.236
wk 25 to 28	7.31	7.32	7.52	0.086	0.122	0.384
wk 29 to 32	6.99	6.93	6.98	0.199	0.972	0.540
wk 21 to 32	6.95	6.98	7.02	0.104	0.658	0.977

^{a-c} Means with different superscripts within the same row differ significantly ($P < 0.05$)

ผลของการเสริมโปรไบโอติกในอาหารไก่ไข่ต่อต้นทุนการผลิตไข่ไก่

ต้นทุนการผลิตไข่ไก่เมื่อศึกษาตลอดการทดลอง (สัปดาห์ที่ 21-32) พบว่าค่าอาหารในการผลิตไข่ 1 โหล มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P < 0.05$) การเสริม

โปรไบโอติกรวมในอาหารที่ระดับ 1.0 กิโลกรัม/ตัน มีต้นทุนต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (24.27 vs 25.22 บาท/ไข่ 1 โหล) ดังแสดงใน Table 3 ดังนั้นการเสริมโปรไบโอติกสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ 0.95 บาท/ไข่ 1 โหล

Table 3 Effects of multi-probiotic supplementation on feed cost per dozen eggs (wk 21 to 32).

Items	Control	Probiotic (kg/ton)		P-value		
		0.5	1.0	SEM	Linear	Quadratic
Egg production (%)	90.93 ^b	92.20 ^{ab}	93.93 ^a	0.801	0.027	0.824
Feed intake (g)	116.40	116.76	115.86	0.567	0.204	0.137
Feed/dozen egg (kg)	1.54 ^a	1.52 ^{ab}	1.48 ^b	0.015	0.035	0.644
Feed cost (bath/kg)	16.00	16.45	16.70	-	-	-
Feed cost/dozen egg (bath)	25.22 ^a	24.93 ^{ab}	24.27 ^b	0.247	0.024	0.570

^{a-c} Means with different superscripts within the same row differ significantly (P<0.05)

ผลของการเสริมโปรไบโอติกในอาหารไก่ไข่ต่อค่าโลหิตวิทยา

ผลการตรวจวิเคราะห์ค่าโลหิตวิทยาของเลือดไก่ไข่ (Table 3) พบว่า การเสริมโปรไบโอติกรวมในอาหารมีผลทำให้เม็ดเลือดขาวชนิดเฮโทโรฟิล ชนิดลิมโฟไซต์ และ H/L Ratio ค่าคอเลสเตอรอล และ ไตรกลีเซอไรด์ลดลงแตกต่างกันในทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม เมื่อไก่อยู่ในสภาวะที่เกิดความเครียดระดับของฮอร์โมนกลูโคคอร์ติคอยด์ (glucocorticoid) จะเพิ่มสูงขึ้น (Jain, 1993) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของฮอร์โมนนี้ส่งผลต่อเม็ดเลือดขาวชนิดเฮโทโรฟิล โดยเม็ดเลือดขาวชนิดนี้เมื่อเจริญเต็มที่ จะถูกปลดปล่อยมาจากไขกระดูก (bone marrow) แล้วเข้าสู่กระแสเลือดมากขึ้น ในขณะที่เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์จะลดปริมาณลง เนื่องจากมีการเคลื่อนย้ายกลับไปยังไขกระดูก และเนื้อเยื่อน้ำเหลือง (วิโรจน์, 2537) สอดคล้องกับรายงานของ Altan et al. (2000) กล่าวว่า สัตว์ที่อยู่ในสภาวะเครียดจะมีการหลั่งฮอร์โมนหลายชนิด เช่น คอร์ติซอล (cortisol) ซึ่งมีผลกดภูมิคุ้มกันโรคของร่างกาย ทำให้ H/L Ratio เพิ่มขึ้น เมื่อร่างกายสัตว์ได้รับสิ่งรบกวนจากสภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกที่ไม่เหมาะสม เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม อุณหภูมิ ช่วงแสง อายุ และน้ำหนักตัว ส่วนส่งผลต่อความเครียดที่เกิดขึ้นในตัวไก่ ทำให้จำนวนเฮโทโรฟิลล์เพิ่มขึ้นและจำนวนลิมโฟไซต์ลดลง โดยปกติค่า H/L Ratio จะมีค่าสูงขึ้นตามระดับของความเครียดที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย (Gross and Siegel, 1986; McFarlane and Curtis,

1989) โดยทั่วไปแล้วค่าปกติของสัตว์ปีกมีค่าระหว่าง 0.30-0.57 (Jain, 1993)

คอเลสเตอรอลทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ฮอร์โมน สเตอรอยด์วิตามินดี และกรดน้ำดี ซึ่งมีความสำคัญในเมแทบอลิซึมของไขมันในร่างกาย นอกจากนี้ยังเป็นองค์ประกอบของไลโปโปรตีน (lipoprotein) ชนิดต่างๆ เยื่อหุ้มเซลล์ของร่างกาย (บุญล้อม, 2546) ไช่ปกติมีคอเลสเตอรอลอยู่ประมาณ 198-208 มก./ฟอง หรือ 52-270 มิลลิกรัม/เดซิลิตร (Wegner et al., 1978) ขึ้นกับพันธุ์กรรม อาหาร และ ยาต่างๆ คอเลสเตอรอลส่วนหนึ่งของร่างกายถูกสังเคราะห์ที่ตับ ส่วนที่เหลือได้มาจากอาหาร แม้ว่าคอเลสเตอรอลเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายโดยเป็นสารตั้งต้นของฮอร์โมนและสารชีวภาพที่สำคัญในร่างกายหลายชนิด แต่การได้รับคอเลสเตอรอลจากอาหารมากเกินไป จะส่งผลทำให้ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดสูงขึ้น ซึ่งทำให้เกิดการตกตะกอนตามผนังหลอดเลือด และเกิดโรคเส้นเลือดอุดตันและโรคหัวใจ ด้วยเหตุนี้การผลิตไข่ที่มีคอเลสเตอรอลต่ำจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มการบริโภคไข่ ความสัมพันธ์ของระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงกับคอเลสเตอรอลในเลือดและในตับ ขึ้นอยู่กับการขนส่งคอเลสเตอรอลในรูปไลโปโปรตีนจากตับ โดย LDL-receptor ของเซลล์ไข่จะเป็นตัวควบคุมระดับคอเลสเตอรอลในไข่แดงให้อยู่ในภาวะสมดุลและเพียงพอกับความต้องการของตัวอ่อน (Hargis, 1998) แม้ไก่ที่กำลังให้ผลผลิตจะมีการขนส่งคอเลสเตอรอลทางเลือดเพื่อสะสมที่ไข่แดงสำหรับการเจริญเติบโตของตัวอ่อนในช่วงการฟัก

(Murata et al., 2003) ระดับคอเลสเตอรอลในไข่ขึ้นกับขนาดตัวของแม่ไก่และพลังงานที่กิน การลดพลังงานในอาหารลงสามารถลดคอเลสเตอรอลในไข่ได้ แต่ขณะเดียวกันก็ลดอัตราการไข่ของไก่ด้วย

การเสริมโปรไบโอติกทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดลดลง แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สอดคล้องกับงานทดลองของ Mahdavi et al. (2005) เสริมโปรไบโอติก *Bacillus subtilis* และ *Bacillus licheniformis* ในอาหารไก่ไข่ อายุ 28-39 สัปดาห์ นอกจากนี้ Fukushima and Nakano (1995) รายงานว่าโปรไบโอติกสามารถยับยั้งการสังเคราะห์เอนไซม์ hydroxymethyl-glutaryl-coenzyme A reductase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์คอเลสเตอรอล เนื่องจากคอเลสเตอรอลเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กรดน้ำดี เมื่อมีการเพิ่มการขับออกของน้ำดีก็จะทำให้มีการกระตุ้นให้มีการนำเอาคอเลสเตอรอลมาใช้ในการสังเคราะห์น้ำดีเพิ่มมากขึ้น โดยจุลินทรีย์จะมีเอนไซม์ที่สามารถจับกับกรดน้ำดี และทำให้กรดน้ำดีถูกขับออกทางอุจจาระเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้สามารถลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้ นอกจากนี้จุลินทรีย์สายพันธุ์ *Lactobacillus* สามารถนำคอเลสเตอรอลไปใช้ได้โดยตรง และรวมตัวกับคอเลสเตอรอลภายในผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ได้อีกด้วย จึงทำให้มีคอเลสเตอรอลเพียง

เล็กน้อยที่สามารถดูดซับเข้าสู่กระแสเลือด ส่งผลให้ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดลดลง (Ooi and Liong, 2010) ผลของการเสริมโปรไบโอติกรวมต่อระดับไตรกลีเซอไรด์ในพลาสมามีความแตกต่างกันในทางสถิติ (quadratic, $P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งการเสริมโปรไบโอติกที่ระดับ 0.5 กิโลกรัม/ตัน จึงน่าจะเป็นระดับที่มีควรแนะนำในการเสริมเนื่องจากคอเลสเตอรอลมีความสัมพันธ์โดยตรงกับไลโปโปรตีนชนิด HDL และ LDL ตลอดจนไตรกลีเซอไรด์ ทั้งนี้ระดับไตรกลีเซอไรด์ในเลือดบ่งบอกถึงการเคลื่อนย้ายไตรกลีเซอไรด์จากตับไปยังไขและเนื้อเยื่อไขมัน การเสริมโปรไบโอติกจึงเป็นแนวทางในการลดคอเลสเตอรอลในไข่ได้ สอดคล้องกับงานทดลองเสริมโปรไบโอติกในไก่ไข่ (Mikulski et al., 2012; Yousefi and Karkoodi, 2007) สามารถลดคอเลสเตอรอลในไข่แดง (yolk cholesterol) ลดต่ำลงได้ ดังนั้นค่าคอเลสเตอรอลในเลือดที่ลดต่ำลงจึงน่าจะมีความสัมพันธ์กับคอเลสเตอรอลในไข่แดงที่ลดลงด้วยการทดลองเสริมโปรไบโอติกรวมในอาหารไก่ไข่ครั้งนี้ ทำให้ค่าความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ค่าฮีโมโกลบิน ค่าเม็ดเลือดแดง ค่าเม็ดเลือดขาวไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่มีแนวโน้มของค่าดังกล่าวลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

Table 4 Effects of multi-probiotic supplementation on blood parameters of laying hens

Items	Control	Probiotic (kg/ton)		P-value		
		0.5	1.0	SEM	Linear	Quadratic
Hematocrit (%)	36.25	34.50	34.00	1.884	0.420	0.793
Hemoglobin	12.33	12.13	12.60	0.375	0.617	0.482
RBC ($\times 10^6/\text{mm}^3$)	2.43	2.39	2.36	0.125	0.712	0.968
WBC ($\times 10^6/\text{mm}^3$)	16.25	16.00	15.83	0.832	0.726	0.971
Heterophil (%)	15.25 ^a	15.00 ^{ab}	14.00 ^b	0.363	0.710	0.421
Lymphocyte (%)	85.00 ^a	84.25 ^{ab}	83.50 ^b	0.363	0.038	0.421
H/L Ratio	0.190 ^a	0.184 ^{ab}	0.165 ^b	0.005	0.039	0.439
Cholesterol (mg/dl)	326.00 ^a	235.50 ^b	224.00 ^b	15.555	0.001	0.068
Triglyceride (mg/dl)	2381.50 ^a	1613.75 ^b	1554.00 ^b	62.373	<.0001	0.001

^{a-c} Means with different superscripts within the same row differ significantly ($P < 0.05$)

สรุป

การเสริมโปรไบโอติกสามารถเพิ่มสมรรถนะการผลิต ได้แก่ ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ มวลไข่ แบบเป็นเส้นตรง (linear) ตามระดับของการเสริม และมีแนวโน้มในเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร เพิ่มคุณภาพไข่ ได้แก่ ความถ่วงจำเพาะของไข่ และมีแนวโน้มในการเพิ่ม Haugh Unit น้ำหนักไข่แดง น้ำหนักเปลือกไข่ และลดต้นทุนในการผลิตไข่ นอกจากนี้ยังลดระดับคอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ และค่าสัดส่วนของเม็ดเลือดขาวชนิดเฮโทฟิลล์ต่อลิมโฟไซต์ (H/L Ratio) ในเลือดไก่ไข่

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการเลี้ยงสัตว์ วิเคราะห์คุณภาพไข่ ขอขอบคุณบริษัท เค.เอ็ม.พี. ไปโอเทค จำกัด ที่ได้อนุเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- บุญล้อม ชีวอิสระกุล. 2546. ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์. ภาควิชาสัตวศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- วิโรจน์ จันทรัตน์. 2537. กายวิภาคและสรีรวิทยาสัตว์ปีก. ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.
- สาโรช คำเจริญ. 2547. อาหารและการให้อาหารสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- Abdelqader, A., A.R. Al-Fataftah, and G. Das. 2013. Effects of dietary *bacillus subtilis* and inulin supplementation on performance, eggshell quality, intestinal morphology and microflora composition of laying hens in the late phase of production. Anim. Feed Sci. and Technology. 179: 103-111.
- Abdulrahim, S.M., S.Y. Haddadin, E.A. Hashlamoun, and R.K. Robinson. 1996. The influence of *Lactobacillus acidophilus* and bacitracin on layer performance of chickens and cholesterol content of plasma and egg yolk. Br. Poult. Sci. 37: 341-346.
- Altan, O., A. Altan, M. Cabuk, and H. Bayraktar. 2000. Effect of heat stress on some blood parameter in broiler. Turk. J. Vet. Anim. Sci. 24: 145-148.
- Balevi, T., U.S. Vcan, B. Coskun, V. Kurtoglu, and I.S. Cetingul. 2001. Effect of dietary probiotic on performance and humoral immune response in layer hens. Br. Poult. Sci. 42: 456-461.
- Choe, D.W., D.T.C. Loh, H.L. Foo, M. Hair-Bejo, and Q.S. Awis. 2012. Egg production, faecal pH and microbial population, small intestine morphology, and plasma and yolk cholesterol in laying hens given liquid metabolites produced by *Lactobacillus plantanum* strains. Br. Poult. Sci. 53: 106-115.
- Davis, G.S., and K.E. Anderson. 2002. The effects of feeding the direct-fed microbial PrimaLac on growth parameters and egg production in Single White Leghorn hens. Poult. Sci. 81:755-759.
- Farhad, A., and F. Rahimi. 2011. Factors affecting quality and quantity of egg production in laying hens: A review. World App. Sci. J. 12: 372-384.
- Fukushima, M., and M. Nakano. 1995. The effects of a probiotic on faecal and liver lipid classes in rats. Br. J. Nutr. 73:701-710.
- Gross, W.B., and H.S. Seigel. 1986. Effects of initial and second period of fasting on heterophil/lymphocyte ratio and body weight. Avian Diseases. 30: 345-346.
- Haddadin, M.S.Y., S.M. Abdulrahim, E.A.R. Hashlamoun, and R.K. Robinson. 1996. The effect of *Lactobacillus acidophilus* on the production and chemical composition of hen's eggs. Poult. Sci. 75: 491-494.
- Hargis, P.S. 1998. Modifying egg yolk cholesterol in the domestic fowl-a review. World's Poult. Sci. 44:17-29.
- Jain, N.C. 1993. Essential of Veterinary Hematology. Lea & Febiger, Philadelphia.
- Kalavathy, R., N. Abdullah, S. Jalaludin, and Y.W. Ho. 2003. Effects of *Lactobacillus* cultures on growth performance abdominal fat deposition, serum lipids and weight of organs of broiler chickens. Br. Poult. Sci. 44: 139-144.
- Keener, K.M., K.C.M. Avoy, J.B. Foegeding, P.A. Curtis, K.E. Anderson, and J.A. Osborne. 2006. Effect of testing temperature on internal egg quality measurements. Poult. Sci. 85: 550-555.
- Koenen, M.E., J. Kramer, R. Van Der Hulst, L. Heres, S.H.M. Jeurissen, and W.J.A. Boersma. 2004. Immunomodulation by probiotic lactocilli inlayer- and meat-type chickens. Br. Poult. Sci. 45: 355-366.

- Kurtoglu, V., F. Kurtoglu, E. Seker, B. Coskun, T. Balevi, and E.S. Polat. 2004. Effect of probiotic supplementation on laying hen diets on yield performance and serum and egg yolk cholesterol. *Food Addit. Contam.* 21: 817-823.
- Mahdavi, A.H., H.R. Rahmani, and J. Pourreza. 2005. Effect of probiotic supplements on egg quality and laying hen's performance. *Int. J. Poult. Sci.* 4: 488-492.
- McFarlane, J.M., and S.E. Curtis. 1989. Multiple concurrent stressors in chickens. 3. Effects on plasma corticosterone and the heterophil:lymphocyte ratio. *Poult. Sci.* 68: 522-527.
- 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.
- Mohammadian, A., S.M. Mehdizadeh, H. Lotfollahian, H. Noroozian, F. Mirzaei, and H. Noroozian. 2013. Influence of dietary probiotic (Biomim IMBO) on performance of laying hen. *Agric. Sci.* 4: 23-26.
- Mohan, B., R. Kadirvel, M. Bhaskaran, and A. Natarajan. 1995. Effect of probiotic supplementation on serum/ yolk cholesterol and on egg shell thickness in layers. *Br. Poult. Sci.* 36: 799-803.
- Mountzouris, K.C., P. Tsirosikos, E. Kalamara, S. Nitsch, G. Schatzmayr, and K. Fegeros. 2007. Evaluation of the efficacy of a probiotic containing *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, and *Pediococcus* strains in promoting broiler performance and modulating cecal microflora composition and metabolic activities. *Poult. Sci.* 86: 309-317.
- Murata, L.S., J. Ariki, C.R. Machado, L.G. Silva, and M.J. Rezende. 2003. Effects of oils spurces on blood lipid parameters of commercial laying hens. *Br. J. Poult. Sci.* 5: 203-206.
- Nahashon, S.N., H.S. Nakaue, and L.W. Mirosh. 1994. Production variables and nutrient retention in Single Comb White Leghorn laying pullets fed diets supplemented with direct-fed microbials. *Poult. Sci.* 73: 1699-1711.
- 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.
- Ramasamy, R., N. Abdullah, S. Jalaludin, M. Wong, and Y.W. Ho. 2009. Effects of *Lactobacillus* cultures on performance of laying hens, and total cholesterol, lipid and fatty acid composition of egg yolk. *J. Sci. Food Agric.* 89: 482-486.
- Sanders, M.E., and J.H. Veld. 1999. Bringing a probiotic containing functional food to the market: microbiological, product, regulatory and labeling issues. *Antonie van Leeuwenhoek.* 76: 93-315.
- SAS Institute. 2002. SAS user's guide. Version 9.0 ed. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Thompson, B.K., and R.M.G. Hamilton. 1982. Comparison of the precision and accuracy of flotation and archimedes methods for measuring the specific gravity of egg. *Poult. Sci.* 61: 1599-1605.
- Timmerman, H.M., C.J.M. Koningb, L. Mulderc, F.M. Romboutsd and A.C. Beynen. 2004. Monostrain, multistain and multispecies probiotics: A comparison of functionality and efficacy. *Int. J. Food Microbiol.* 96: 219-233.
- Tortuero, F., and E. Fernandez. 1995. Effects of inclusion of microbial cultures in barley-based diets fed to laying hens. *Anim. Feed Sci. Technol.* 53: 255-265.
- Wegner, M.S., J.L. Kelley, E.C. Nelson, P. Alaupovic, and R.H. Thayer. 1978. Lipid metabolism in laying hen: the relationship of plasma lipid and liver fatty acid synthetase activity to changes in liver composition. *Poult. Sci.* 57: 959-967.
- Xu, C.L., C. Ji, Q. Ma, K. Hao, Z.Y. Jin, and K. Li. 2006. Effects of a dried bacillus subtilis culture on egg quality. *Poult. Sci.* 85: 364-368.
- Yousefi, M. and K. Karkoodi. 2007. Effect of probiotic Thepax® and *saccharomyces cerevisiae* supplementation on performance and egg quality of laying hens. *Inter. J. Poult. Sci.* 6: 52-54.
- Yu, B., J.R. Liu, F.S. Hsiao, and P.W.S. Chiou. 2008. Evaluation of *Lactobacillus reuteri* Pg4 strain expressing heterologous β -glucanase as a probiotic in poultry diets based on barley. *Anim. Feed Sci. Technol.* 141: 82-91.
- Zhang, J.L., Q.M. Xie, J. Ji, W.H. Yang, Y.B. Wu, C. Li, J.Y. Ma, and Y.Z. Bi. 2012. Different combinations of probiotics improve the production performance, egg quality, and immune response of layer hens. *Poult. Sci.* 91: 2755-2760.