

ผลของระดับกรดอะมิโนเมทไธโอนีนในอาหารต่อสมรรถภาพ การผลิตไตรกลีเซอไรด์ และกรดไขมันอิสระในไก่ไข่

กนกกาญจน์ ภูสุวรรณ¹ ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์² กัญจนะ มากวิจิตร³ และ รัตนา นึกเร็ว¹

Abstract

Poosuwan, P., Bunchasak, C., Markvichitr, K. and Nukraew, R.

**Effect of methionine levels on production performance, triglyceride
and non-esterified fatty acid in laying hens**

Songklanakarin J. Sci. Technol., 2006, 28(1) : 71-77

This study was conducted to evaluate the effect of methionine (Met) on egg production, liver triglyceride and blood free fatty acid (non-esterified fatty acid; NEFA) in laying hens aged 21 to 32 weeks old by using completely randomized design. Low-protein diet (14% CP) containing Met at 0.28 (unsupplemented group), 0.30, 0.38 or 0.44% of diet were used. The results showed that egg production and egg mass tended to increase, while feed and energy efficiency were significantly improved when Met levels increased ($p < 0.05$). Liver weight and liver triglyceride were significantly increased by the Met supplementation, but there was no evidence of fatty liver syndrome. In addition, NEFA was slightly decreased but body weight tended to increase due to adding Met, although statistical differences were not seen. In conclusion, the improvement of egg production caused by an increase of Met levels may be closely related with the changing proportion of lipogenesis and lipolysis due to an improving amino acid balance.

Key words : methionine, lipid metabolism, laying hens

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand.

¹นักศึกษาระดับปริญญาโท วท.ม. สาขาสัตวศาสตร์ ²Ph.D.(Animal Nutrition), ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ³Dr. Med. Vet. (Vet Andrology and Breeding Hygiene), รองศาสตราจารย์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Corresponding e-mail: agrchb@hotmail.com

รับต้นฉบับ 14 มกราคม 2548

รับลงพิมพ์ 6 มิถุนายน 2548

บทคัดย่อ

กนกกาญจน์ ภูสุวรรณ ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์ กัญจนะ มากวิจิตร และ รัตนา นิกเร็ว
ผลของระดับกรดอะมิโนเมทไธโอนีนในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต ไตรกลีเซอไรด์
และกรดไขมันอิสระในไข่

ว. สงขลานครินทร์ วทท. 2549 28(1) : 71-77

การศึกษาผลของระดับกรดอะมิโนเมทไธโอนีน (Met) ในอาหารไก่ไข่ ต่อสมรรถภาพการผลิต ระดับไตรกลีเซอไรด์ในตับ และกรดไขมันอิสระในเลือด ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์โดยอาหารมีโปรตีน 14% และมี Met ต่างกัน 4 ระดับ คือ 0.28% (ไม่ได้เสริม Met) 0.30% 0.38% และ 0.44% จากการทดลองพบว่า การเพิ่มระดับ Met มีแนวโน้มทำให้ผลผลิตและมวลไข่ดีขึ้น และมีประสิทธิภาพการใช้อาหารและการใช้พลังงานดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) นอกจากนี้ การเพิ่มระดับ Met ยังทำให้น้ำหนักตับ และระดับไตรกลีเซอไรด์ในตับเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) น้ำหนักตัวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่กรดไขมันอิสระในเลือดมีแนวโน้มลดลง แต่ไม่พบอาการของโรคสะสมไขมันในตับ (fatty liver syndrome) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการที่ระดับ Met สูงขึ้นทำให้ผลผลิตไข่ดีขึ้นนั้น อาจเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการสร้างและสลายไขมันในร่างกายของไก่ อันเนื่องมาจากความสมดุลของกรดอะมิโนที่เพิ่มขึ้น

ปัจจุบันมีความพยายามลดระดับโปรตีนในอาหารไก่ไข่ลง และปรับสมดุลของกรดอะมิโนจำเป็นด้วยกรดอะมิโนสังเคราะห์เพื่อให้ไก่สามารถใช้ประโยชน์จากกรดอะมิโนได้มากที่สุด (อุทัย, 2529) และยังเป็น การลดการขับกรดอะมิโนส่วนเกินที่ได้รับจากอาหาร เพราะหากไก่ได้รับกรดอะมิโนเกินความต้องการของร่างกาย โครงสร้างคาร์บอนของกรดอะมิโนจะถูกนำไปใช้สังเคราะห์เป็นไขมันและคาร์โบไฮเดรต ส่วนไนโตรเจนนั้นถูกขับออกจากร่างกายผ่านทางไต (Stevens, 1996) จากรายงานของ Sell และ Rogler (1983); Ravikiran และ Devogowda (1998); ทวีศักดิ์ และคณะ (2546) พบว่าการเสริม Met ในอาหารที่มีโปรตีนต่ำทำให้สมรรถภาพการผลิตเทียบเท่ากับการให้อาหารโปรตีนสูง นอกจากนี้การเพิ่มระดับ Met ยังทำให้ไข่ไก่มีขนาดใหญ่ขึ้น (Harms and Russell, 1993)

เนื่องจากไข่ไก่ต้องสร้างไขมันเพื่อเป็นองค์ประกอบในฟองไข่ กระบวนการเมแทบอลิซึมของไขมันจึงมีความสำคัญต่อไข่ ขณะที่ Met จัดเป็นกรดอะมิโนจำเป็นอันดับหนึ่ง (first limiting amino acid) ในสัตว์ปีก และยังเป็นสารอาหารจำพวก lipotropic factor ซึ่งมีผลต่อเมแทบอลิซึมของไขมันในร่างกาย โดย Met ทำหน้าที่ให้หมู่เมทิล (methyl donor) และยังมีบทบาทที่เกี่ยวข้องกับโคลีน (choline) และกระบวนการสังเคราะห์ฟอสฟา-

ทิดิลโคลีน (phosphatidylcholine) (เกียรติศักดิ์, 2545) ดังนั้นการขาด Met จึงทำให้ขาดฟอสโฟลิปิดซึ่งเป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ ตับจึงไม่สามารถนำไขมันออกไปสู่อวัยวะต่างๆ ทำให้การสะสมไตรเอซิลกลีเซอไรด์ในตับเพิ่มขึ้น แม้อัตราการสังเคราะห์และการดูดซึมกรดไขมันเพื่อนำไปใช้ยังคงปกติอยู่ก็ตาม (May, 1983)

เป็นที่ทราบกันดีว่า การขาด Met นำไปสู่ภาวะความผิดปกติในการทำงานของตับ (liver dysfunction) หรือเกิดการสะสมไขมันในตับ (fatty liver syndrome) ซึ่ง Nesheim และคณะ (1971); Griffith และคณะ (1969) รายงานว่าไก่ที่ได้รับอาหารที่มีโคลีนต่ำมีไขมันในตับสูง การเสริม Met ในอาหารโปรตีนต่ำทำให้การสะสมไขมันตับลดลง (Robenson *et al.*, 1970) ในทางกลับกัน การสังเคราะห์ไตรกลีเซอไรด์ในตับไก่ไข่นั้นมีความสำคัญกับการให้ผลผลิตไข่ เพราะไตรกลีเซอไรด์ต้องถูกส่งไปสะสมในไข่แดงเพื่อเป็นแหล่งพลังงานสำหรับตัวอ่อน โดยการสังเคราะห์ไตรกลีเซอไรด์ในตับ จะเกิดขึ้นจาก 2 วิธีหลักคือ 1. กระบวนการเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต และ 2. กระบวนการเมแทบอลิซึมของกรดไขมันที่ได้รับจากอาหารหรือที่สลายมาจากไขมันในร่างกาย อย่างไรก็ตามที่ผ่านมา ยังไม่มีรายงานผลของกรดอะมิโน Met ต่อการสลายไขมันจากร่างกายและระดับไตรกลีเซอไรด์ในตับที่มี

ต่อผลผลิตไข่ ดังนั้นจุดประสงค์ของงานทดลองนี้เพื่อศึกษาผลของระดับ Met ในอาหารไก่ไข่ ที่มีต่อสมรรถภาพการผลิต การสะสมและการสลายไขมันในร่างกายไก่ไข่

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

สัตว์ทดลองและอาหารทดลอง

การทดลองใช้ไก่พื้นทุ่งทางการค้า (Babcock B - 380) อายุ 21-32 สัปดาห์ จำนวน 384 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยแบ่งไก่ออกเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 6 ซ้ำ ๆ ละ 16 ตัว เพื่อทดสอบอิทธิพลของระดับ Met และเพื่อให้เห็นผลของการขาดกรดอะมิโนที่ชัดเจนจึงใช้อาหารทดลองที่มีโปรตีน 14% โดยเสริม Met ต่างกัน 4 ระดับ คือ 0.28% (เป็นสูตรอาหารพื้นฐานไม่เสริม Met) 0.30% 0.38% และ 0.44% ให้อาหารและน้ำตลอดเวลา (*ad libitum*)

สูตรตัวอย่างอาหารเพื่อวิเคราะห์ปริมาณโภชนาการต่าง ๆ ในอาหารทดลองคือ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า แคลเซียม และฟอสฟอรัส โดยวิธี Proximate Analysis หาค่าพลังงานรวมในอาหารโดยใช้ Bomb Calorimeter ตามวิธีของ

AOAC (1990) รวมทั้งวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะมิโนโดยใช้เครื่อง Near-Infrared Spectroscopy (NIR) (Wu *et al.*, 2002) ดังแสดงใน Table 1 และ 2

เลี้ยงไก่บนกรงตีบพื้นลวดขนาด 41 x 46 x 40 ซม. (2 ตัว/กรง) ในโรงเรือนระบบปิดที่ควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนด้วยระบบระเหยไอน้ำ (Evaporative Cooling System) โดยตั้งอุณหภูมิเพื่อควบคุมการทำงานของบ่มน้ำที่ 27 ถึง 29°C และตั้งค่าความชื้นเพื่อควบคุมการเปิดบ่มน้ำที่ 75 ถึง 80% RH และควบคุมการปิดบ่มน้ำที่ 85 ถึง 90% RH ให้ไก่ได้รับแสง 16 ชม./วัน

การบันทึกผลการทดลอง

การบันทึกผลการทดลองแบ่งเป็น 3 ช่วงๆ ละ 28 วัน คือช่วงที่ไก่ไข่อายุ 21-24, 25-28 และ 29-32 สัปดาห์ โดยแต่ละช่วงมีการบันทึกข้อมูลพื้นฐานดังนี้คือ น้ำหนักตัวผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ ปริมาณอาหารที่ไก่กิน และจำนวนไข่ตาย

การวิเคราะห์ทางเคมี

เมื่อไก่อายุครบ 32 สัปดาห์ สุ่มตัวอย่างไก่ไข่กลุ่ม

Table 1. Feed ingredient of basal diet.

Ingredients (%)	14% CP
Yellow corn	67.16
Extract rice bran	5.72
Soybean meal (CP 44%)	11.71
Fishmeal (CP 56%)	5.00
L-Lysine	0.11
Monodicalcium phosphate	0.95
Oyster shell	8.61
Salt	0.24
Premix ¹	0.50
Total (kg)	100.00

¹ Premixed: Lutavit® Mix CNK004 consist of Vitamin A 4.80 MIU; D3 0.96 MIU; E 3.20 g; K3 0.80 g; B1 0.40 g; B2 1.60 g; B6 1.20 g; B12 0.004 g; Pantothenic acid 3.80 g; Niacin 6 g; Folic acid 0.20 g; Biotin 0.036 g; Se 0.04 g; Fe 24 g; Mn 24 g Zn 16 g; Cu 2.40 g; I 0.14 g; Feed preservative substant 2.50 g; Flavor 10 g and carrier added to 1.00 kg premix.

Table 2. Chemical nutrients composition of basal diet (%).

Composition	Calculation	Analysis
CP	14.00	14.59
ME (ME/kcal/kg), GE (Kcal/Kg)	2750.0	3545.9*
Ca	3.80	4.16
Available P	0.40	0.77**
Moisture	-	10.44
Dry matter	-	89.56
Fiber	3.24	2.89
Ash	-	13.39
Fat	2.96	2.65
Lysine	0.80	0.81
Methionine	0.28	0.26
Tryptophan	0.16	0.15
Threonine	0.55	0.53
Isoleucine	0.57	0.54
Arginine	0.87	0.85
Leucine	1.30	1.26
Phenylalanine	0.68	0.67
Histidine	0.42	0.42

* Gross energy

** Total Phosphorus

ละ 6 ตัว (ซ้าละ 1 ตัว) มาเจาะเลือดบริเวณปีก เพื่อศึกษาปริมาณกรดไขมันอิสระในซีรัม (nonesterified fatty acid: NEFA) โดยใช้ salting-out technique for colorimetric free fatty acid assays ตามวิธีการของ Smith (1975) โดยใช้สารละลายกรดไขมันโอลิอิกเป็นสารละลายมาตรฐาน จากนั้นทำการฆ่าไก่เพื่อซั่งน้ำหนักตัว

สุ่มเก็บตัวอย่างตับ ทำสไลด์เนื้อเยื่อ เพื่อศึกษาการแทรกตัวของไขมันในเนื้อเยื่อตับ (fatty degeneration) และปริมาณไตรกลีเซอไรด์ในตับ โดยดัดแปลงวิธีการของ Sutton และคณะ (1984) คือ ทำการสกัดไขมัน โดยซั่งตัวอย่าง 1 กรัม เจือจางด้วย acetone-ethanol (1:1 v/v) 5 เท่า แล้วนำไป homogenized ที่ความเร็ว 20,000 รอบ/นาที นาน 1 นาที หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 3,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายส่วนบนไปวิเคราะห์หาปริมาณไตรกลีเซอไรด์ด้วยวิธี enzymatic colorimetric method ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นแสง 510 นาโนเมตร โดยใช้ชุดทดสอบของบริษัท Erba Diagnostics Manneim GmbH

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบ completely randomized design และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test

ผลและวิจารณ์

ระดับ Met ในอาหารโปรตีน 14% มีแนวโน้มทำให้ผลผลิตไข่ และมวลไข่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Quisenberry (1965) และ Fernandez และคณะ (1973) ขณะที่การเสริม Met นั้นไม่มีผลต่ออัตราการตาย อย่างไรก็ตามพบว่าไก่ในกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มี Met 0.38% มีปริมาณการกินอาหาร และได้รับโภชนะ โปรตีนและพลังงานน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารที่มี Met 0.28% อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ระดับ Met ที่สูงขึ้น ทำให้ไก่ได้รับ Met จากอาหารเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) โดยการเสริม Met ในอาหารตั้งแต่ 0.30% เป็นต้นไป ทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหาร และการเปลี่ยนพลังงานเป็นไข่ดีขึ้น ($p < 0.05$)

Table 3. Effect of methionine levels on production performance and evidence of fatty liver syndrome.

	Met (%)				SEM
	0.28	0.30	0.38	0.44	
Egg production (%)	91.9	92.0	92.2	94.5	0.55
Egg mass (g)	51.8	53.3	54.0	54.6	0.41
Feed intake (g/h/d)	110.08 ^a	109.39 ^{ab}	107.70 ^b	108.75 ^{ab}	0.31
Protein intake (g/h/d)	15.41 ^a	15.31 ^{ab}	15.07 ^b	15.22 ^a	0.04
Methionine intake (g/h/d)	0.30 ^a	0.32 ^b	0.40 ^c	0.47 ^d	0.01
Energy intake (kcal/h/d)	302.72 ^a	300.82 ^{ab}	296.18 ^b	299.05 ^{ab}	0.87
Feed conversion (g/g egg)	1.93 ^a	1.88 ^b	1.84 ^c	1.89 ^b	0.008
Energy conversion (kcal/g egg)	5.32 ^a	5.19 ^b	5.07 ^c	5.20 ^b	0.02
Mortality (%)	0.33	0.33	0.22	0.27	0.07
Fatty degeneration*	1	0	0	1	-
Liver triglyceride (mg/g liver)	32.72	32.83	33.34	34.21	1.28

^{a,b,c,d} Values within a row with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

* Fatty degeneration score; 0 = normal, 1 = mild, 2 = abundant

(Table 3) นอกจากนี้การเพิ่มระดับ Met ยังทำให้ผลผลิตไข่และมวลไข่มีแนวโน้มดีขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ ทวีศักดิ์ และคณะ (2546) ซึ่งสาเหตุที่ทำให้สมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่ดีขึ้นนั้นอาจเป็นเพราะการเพิ่มระดับ Met ทำให้ความสมดุลของกรดอะมิโนในอาหารดีขึ้น (Keshavarz and Jackson 1992; Harms and Russell, 1993)

จากการตรวจสอบในห้องปฏิบัติการ พบว่า ระดับ Met ในอาหารไม่ทำให้การแทรกตัวของไขมันในเนื้อเยื่อตับเปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตามเมื่อ Met ในอาหารสูงขึ้นทำให้น้ำหนักตับ และไตรกลีเซอไรด์ในตับ (mg/g liver) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Table 3) ในขณะที่ NEFA ในซีรัมมีแนวโน้มลดลง (Figure 2) นอกจากนี้ยังพบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารที่มี Met สูงขึ้นนั้นมีน้ำหนักตับ (% น้ำหนักตัว) มากกว่ากลุ่มที่มี Met ในระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (Figure 3) จึงทำให้ปริมาณไตรกลีเซอไรด์ในตับเมื่อคำนวณจากปริมาณทั้งหมดในตับสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (Figure 4)

จากผลการทดลองพบว่า การที่น้ำหนักตับสูงขึ้นเมื่อปริมาณการเสริม Met ในอาหารเพิ่มมากขึ้น นั้นอาจมาจากการสะสมไขมันในตับที่สูงขึ้น ด้วยเหตุที่ปริมาณไตรกลีเซอไรด์ในตับ (mg/g liver) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

เช่นกัน สอดคล้องกับทวีศักดิ์ และคณะ (2546) ที่ศึกษาในไก่ไข่และรายงานว่าตับไก่มีไขมันสูงขึ้นเมื่อเพิ่มระดับ Met ในอาหาร โดยปริมาณไตรกลีเซอไรด์ในตับที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นนั้น อาจมีสาเหตุมาจาก 1) การสังเคราะห์ไตรกลีเซอไรด์ในตับสูงขึ้น 2) ตับไม่สามารถส่งไตรกลีเซอไรด์ออกนอกตับได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือ 3) จากทั้ง 2 สาเหตุร่วมกัน (Wagner *et al.*, 1978) แต่จากการทดลองไม่พบอาการผิดปกติของการแทรกตัวของไขมันในเนื้อเยื่อตับ หรืออาการของโรค fatty liver syndrome แสดงว่าการที่ไตรกลีเซอไรด์ในตับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับอาหารที่มี Met สูงขึ้นนั้นไม่ได้เกิดจากการขนส่งไขมันออกจากตับบกพร่อง ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่า Met อาจไปกระตุ้นการสังเคราะห์ไขมันให้สะสมในตับสูงขึ้น (Smith *et al.*, 1983) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของไตรกลีเซอไรด์นั้น ก็เพื่อรองรับผลผลิตไข่ที่สูงขึ้น

ระดับของ Met ไม่มีผลต่อการแทรกตัวของไขมันในตับ แม้ระดับ Met ในอาหารจะต่ำก็ตาม แสดงให้เห็นว่าอาหารที่มีโปรตีนต่ำ (14%) และมีปริมาณ Met ในอาหารตั้งแต่ 0.28-0.44% ยังไม่ก่อให้เกิดปัญหา fatty liver syndrome ในไก่ไข่ นอกจากนี้ Met ในอาหาร 0.28% ยังอาจเป็นระดับที่เพียงพอสำหรับการให้ผลผลิต โดยพบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารที่มี Met 0.28% ได้รับ Met 0.30 กรัม/

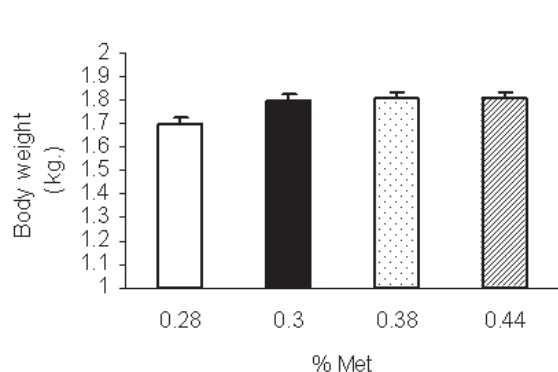


Figure 1. Effect of methionine levels on body weight.

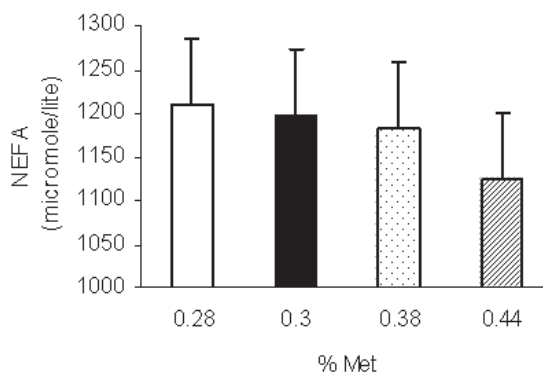


Figure 2. Effect of methionine levels on NEFA.

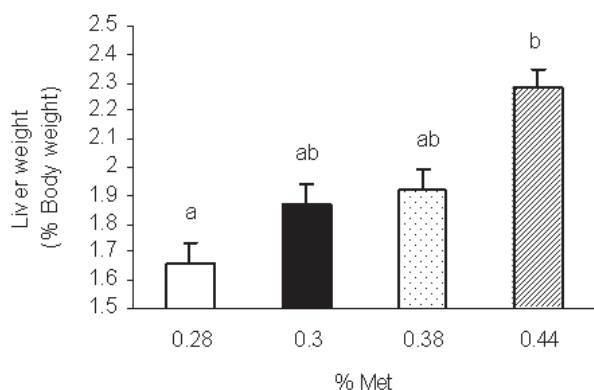


Figure 3. Effect of methionine levels on liver weight.

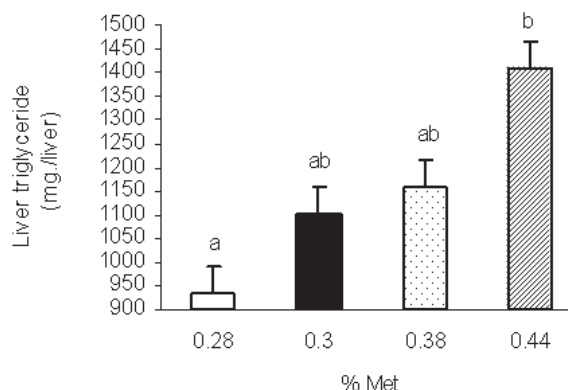


Figure 4. Effect of methionine levels on liver triglyceride.

ตัว/วัน และโปรตีน 15.41 กรัม/ตัว/วัน ซึ่งใกล้เคียงกับระดับที่แนะนำของ NRC (1994) และ Balnave และ Robinson (2000) เมื่อระดับ Met ในอาหารมากขึ้น พบว่าระดับ NEFA ในซีรัมมีแนวโน้มลดลง ซึ่งอาจเกิดจากไค่นาพลังงานที่สะสมในรูปของไขมันร่างกายมาใช้ในการสร้างไขน่อยลง ขณะที่กลุ่มที่ได้รับ Met 0.30% และสูงกว่า มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีขึ้น ซึ่งเป็นไปได้ว่าการเสริม Met เพิ่มสมดุลของกรดอะมิโนให้ดีขึ้น ทำให้มีกรดอะมิโนมากพอสำหรับการสังเคราะห์โปรตีนและเปลี่ยนเป็นพลังงานโดยข้อสมมุติฐานในครั้งนี้สอดคล้องกับความสัมพันธ์เชิงบวกที่เกิดขึ้นระหว่างน้ำหนักตัวและปริมาณ Met ที่ได้จากอาหารที่มากขึ้น ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ว่าการเสริม Met ในอาหาร ทำให้ผลผลิตและประสิทธิภาพการ

ใช้พลังงานจากอาหารดีขึ้น จึงสลายพลังงานสะสมในร่างกายหรือไขมันลดลง และมีการสังเคราะห์ไตรกลีเซอไรด์เพิ่มขึ้นเพื่อรองรับผลผลิตที่สูงขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ ในการสนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบคุณ รศ. ดร. อาภัสสร ชูเทศะ อาจารย์ประจำภาควิชาสัตววิทยา คณะสัตวแพทย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ที่ให้คำแนะนำและกรุณาอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- เกียรติศักดิ์ สร้อยสุวรรณ. 2545. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์ปีก. พิมพ์ครั้งที่ 1. คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช, นครศรีธรรมราช
- ทวีศักดิ์ ศิลปสอน, ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์ และ เสกสม อาตมางกูร. 2546. ผลการเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนในอาหารโปรตีนต่ำต่อการให้ผลผลิต อวัยวะสืบพันธุ์ ไขมันช่องท้อง และองค์ประกอบของตับของไก่ไข่ที่เลี้ยงในโรงเรือนระบบปิด. การประชุมวิชาการสาขาสัตว ครั้งที่ 41. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 385-393.
- อุทัย คันโช. 2529. อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน, นครปฐม.
- AOAC. 1990. Official Method of analysis. 15th ed. Association of Official Agricultural Chemists, Inc., Verginia. 1422 p.
- Balnave, D. and Robinson, D. 2000. Amino acid and energy requirements of imported brown layer strains. Available Source: <http://www.rirdc.gov.au/reports/EGGS/00-179sum.html>, December 12, 2001.
- Fernandez, R.A., Salman, A.J. and McGinnis, J. 1973. Effect of feeding different protein level and of changing protein level on egg production. *Poult. Sci.* 52: 64-69.
- Griffith, M., Olinde, A.J., Schexnailder, R., Davenport, R.F. and McKnight, W.F. 1969. Effect of choline, methionine and vitamin B₁₂ on liver fat, egg production and egg weight in hens. *Poult. Sci.* 48: 2160-2172.
- Harms, R.H. and Russell, G.B. 1993. Optimizing egg mass with amino acid supplementation of a low-protein diet. *Poult. Sci.* 72: 1892-1896.
- Wu, J.G., Chauhai, S. and Xiaoming, Z. 2002. Estimating the amino acid composition in milled rice by near- infrared spectroscopy. *Field Crop Res.* 75: 1-7.
- Keshavarz, K. and Jackson, M.E. 1992. Performance of growing pullets and laying hens fed with low-protein amino acid-supplemented diets. *Poult. Sci.* 71: 905-918.
- May, P.A. 1983. *Harper's Review of Biochemistry.* 19th ed. Lange Medical Publications. USA. 638 p.
- NRC. 1994. *Nutrition Requirement of Poultry.* 9th ed. National Academy of Science. Washington, D.C. 71 p.
- Nesheim, M.C., Norvell, M.J., Celballos, E. and Leach, Jr.R.M. 1971. The effect of choline supplementation of diet for growing pullets and laying hens. *Poult. Sci.* 50: 820-831.
- Quisenberry, J.H. 1965. Phase feeding of laying hens. *Feedstuffs.* 37(2a): 51-54.
- Ravikiran, D. and Devegowda, G. 1998. Effects of DL-methionine supplementation in the ration of commercial layers during summer. *Indian Poult. Sci.* 33: 279-283.
- Roberson, R.H., Trujillo, V. and Francis, D.W. 1970. The effect of methionine, thiouracil, dienestrol diacetate and thyroprotein on the development and prevention of fatty liver in pullets. *Poult. Sci.* 49: 1431.
- Sell, D.R. and Rogler, J.C. 1983. The effect of sorghum tannin and methionine on the performance of laying hens maintained in two temperature environments. *Poult. Sci.* 63: 109-116.
- Smith, S.W. 1975. A new salting-out technique for calorimetric free fatty acid assays. *Anal. biochem.* 67: 531-539.
- Smith J.T., Robert, V.A., Joyce, B.B. and Mary, L.G. 1983. A metabolic comparison of cysteine and methionine supplements in the diet of a rat. *J. Nutr.* 113: 222-227.
- Stevens, L. 1996. *Avian biochemistry and molecular biology.* Cambridge University Press. 272 p.
- Sutton, C.D., Muir, W.M. and Mitchell, G.E. 1984. Cholesterol metabolism in the laying hen as influenced by dietary cholesterol, caloric intake, and genotype. *Poult. Sci.* 63: 972-980.
- Wagner, M.S., Kelley, J.L., Nelson, E.C., Alaupovic, P. and Thayer, R.H. 1978. Lipid metabolism in laying hen. The relation of plasma lipids and liver fatty acid synthetase activity to changes in liver composition. *Poult. Sci.* 57: 959-967.