

ผลของการเสริม conjugated linoleic acids (CLA) ต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบภูมิคุ้มกันต่อการให้วัคซีนโรคนิวคาสเซิลในไก่เนื้อ

ภคินี คุปพิทยานันท์*

Pakanit Kupittayanant. (2007). Effects of Conjugated Linoleic Acid (CLA) Supplementation on Improving Immune Response to Newcastle Disease Vaccination in Broiler Chickens. Suranaree J. Sci. Technol. 14(2):173-184.*

Received: Oct 31, 2006; Revised: Apr 19, 2007; Accepted: Jun 4, 2007

Abstract

The aims of this study were to examine the effects of conjugated linoleic acid (CLA) supplementation on improving immune response to Newcastle disease vaccination in broiler chickens. Growth rate and feed efficiency, mortality rate, immunoglobulin levels, and development of lymphoid organs responding to Newcastle disease vaccination were determined and compared to the effects of sunflower oil supplementation. Three hundred and ninety six, 3-day-old Arbor Acres broiler chickens were equally divided into 4 groups, each with three replications of 33. The first or control group was fed a diet without any supplementation. The second group and the third group were fed diets with 0.5% and 1.0% CLA supplementation, respectively. The forth group was fed a diet with 2.0% sunflower oil supplementation. The experiment was conducted until the chicks reached 64 days of age. The chicks were given Newcastle disease vaccination via nasal route on day 30 and 50. The chickens were weighed every week throughout the experiment. Blood samples were collected on day 30, 37, 44, 57 and 64, respectively. The blood samples were then measured for immunoglobulin (Ig) G levels using ELISA method. On the last day of the experiments, the chickens were put to sleep and lymphoid organs were collected and weighed. The results showed that CLA supplementation at any level had no effect on growth rate, feed efficiency, and mortality rate. One week after vaccination, CLA supplementation caused a higher increase in IgG titer levels and numbers of immunized chickens than those of control group. However, later on, CLA supplementation did not make any difference on IgG levels responding to Newcastle disease vaccination. In addition, it was found that CLA supplementation had no effect on lymphoid organ weight. The effect of sunflower oil supplementation was the same as that of CLA.

Keywords: Conjugated linoleic acids, immune response, Newcastle vaccine

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง
จังหวัดนครราชสีมา 30000 E-mail: pakanit@g.sut.ac.th

* ผู้เขียนที่ให้การติดต่อ

วารสารเทคโนโลยีสุรนารี 14(2):173-184

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน ต่อการให้วัคซีนป้องกันโรคนิวคาสเซิลในไก่เนื้อ โดยศึกษาผลของ CLA ต่ออัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหารหรืออัตราการแลกเนื้อ อัตราการตาย ระดับภูมิคุ้มกัน และการพัฒนาของอวัยวะน้ำเหลือง ในการศึกษา ใช้ไก่เนื้ออาร์เบอร์ เอเคอร์ อายุ 3 วัน จำนวน 396 ตัว แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 33 ตัว กลุ่มการทดลองประกอบด้วย กลุ่มที่ 1 เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุม กลุ่มที่ 2 และ 3 เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุมเสริม CLA 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และกลุ่มที่ 4 เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุมเสริมน้ำมันเมล็ดทานตะวัน 2.0 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาในการทดลองสิ้นสุดเมื่อไก่อายุ 64 วัน ไก่ทดลองได้รับวัคซีนป้องกันโรคนิวคาสเซิลชนิดเชื้อเป็นโดยวิธีหยอดจมูก เมื่อไก่อายุได้ 30 และ 50 วัน ทำการชั่งน้ำหนักไก่ทุกสัปดาห์ตลอดระยะเวลาของการทดลอง และเก็บตัวอย่างเลือดจากไก่ที่อายุ 30, 37, 44, 57 และ 64 วัน เพื่อวัดระดับภูมิคุ้มกันต่อโรคนิวคาสเซิลโดยวิธี enzyme linked immunosorbent assay (ELISA) ไก่ถูกทำให้ตายอย่างสงบ เพื่อเก็บตัวอย่างอวัยวะน้ำเหลือง เมื่อไก่อายุ 64 วัน ผลการทดลองพบว่า การเสริม CLA ในอาหารที่ระดับต่าง ๆ ไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการตายของไก่เนื้อ แต่พบว่าการเสริม CLA จะกระตุ้นให้ลูกไก่สามารถสร้างภูมิคุ้มกัน (IgG) ต่อโรครังคกล่าวในสัปดาห์แรกได้ในระดับสูง และเปอร์เซ็นต์ของไก่ที่มีการสร้างภูมิคุ้มกันต่อโรครมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริม CLA หลังจากนั้นไม่พบความแตกต่างของระดับภูมิคุ้มกันต่อโรคนิวคาสเซิลในไก่เนื้อระหว่างกลุ่มทดลอง นอกจากนี้พบว่าการเสริม CLA ไม่มีผลต่อน้ำหนักอวัยวะน้ำเหลือง ผลของการเสริมน้ำมันเมล็ดทานตะวันนั้นให้ผลเช่นเดียวกับ CLA

บทนำ

Conjugated linoleic acid (CLA) เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว (polyunsaturated fatty acids) ในกลุ่ม omega-6 ที่สัตว์ปีกไม่สามารถสังเคราะห์เองได้จำเป็นต้องได้รับจากสารอาหาร CLA พบในเมล็ดธัญพืชหลายชนิด เช่น เมล็ดถั่วเหลือง เมล็ดทานตะวัน เมล็ดข้าวโพด เมล็ดฝ้าย เมล็ดงา เป็นต้น (Chow, 1992) มีรายงานว่า CLA มีความสำคัญต่อการทำงานของระบบต่าง ๆ ของร่างกายเป็นต้นว่ามีความสำคัญในการลดความรุนแรงของการเกิดโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด มีคุณสมบัติในการเร่งการเจริญเติบโต ลดการสะสมของไขมัน และลดความเครียดในหนูทดลองได้ (Ha *et al.*, 1990; Ip *et al.*, 1991; Liew *et al.*, 1995) นอกจากนี้มีรายงานว่า CLA สามารถยับยั้งการเจริญของเนื้องอก และช่วยลดปฏิกิริยาที่เกิดจากการแพ้ (allergic reaction) ในหนูทดลองได้ (Sugano *et al.*, 1998)

รายงานการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันชี้ชัดว่า CLA ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสร้างภูมิคุ้มกันโรค Sugano *et al.* (1998) ได้รายงานว่า การเสริม 1.0 เปอร์เซ็นต์ CLA ในอาหารส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของปริมาณ immunoglobulins (IgG, IgA, IgM) ใน mesenteric lymph node และในซีรัม และจำนวน splenic lymphocytes ของหนูอย่างมีนัยสำคัญ ในทำนองเดียวกัน Takahashi *et al.* (2003) พบว่าการเสริม 1.0 เปอร์เซ็นต์ CLA ในอาหารสามารถที่จะเพิ่ม antibody titres ต่อเม็ดเลือดแดงแกะ และเพิ่มระดับความเข้มข้นของ IgG ใน plasma ของไก่เนื้อ (broiler chickens) ได้

โรคนิวคาสเซิล (Newcastle disease) เป็นโรคระบาดที่รุนแรงและสร้างความเสียหายให้กับวงการเลี้ยงสัตว์ปีกของประเทศไทยมาโดยตลอด การป้องกันโรคโดยใช้วัคซีนได้ผลในระดับหนึ่ง แต่ก็

ยังคงพบการเกิดโรค ทำให้ต้องใช้ยาในการช่วยลดความรุนแรงของการเกิดโรคแทรกซ้อน ส่งผลให้เกิดสารตกค้างอันไม่พึงประสงค์ในเนื้อและผลิตภัณฑ์จากสัตว์เพื่อตอบสนองต่อนโยบายความปลอดภัย (food safety) ของรัฐบาล ในปัจจุบัน วงการเลี้ยงปศุสัตว์จึงได้ตระหนักถึงวิธีการป้องกันและรักษาโรคที่หลีกเลี่ยงผลข้างเคียงจากการใช้ยา ดังจะเห็นได้ว่า มีการพยายามศึกษาและนำสารเสริมอาหารหรือพืชสมุนไพรมาใช้อย่างกว้างขวางในการป้องกันและรักษาโรค ในต่างประเทศมีงานวิจัยว่าการเสริมวิตามินซีให้กับไก่เนื้อที่ฉีดวัคซีนต่อต้านโรคกัมโบโรสามารถกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันต่อวัคซีนดังกล่าวได้ดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริมวิตามินซี สำหรับกลไกในการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันนั้น เชื่อว่าวิตามินซีจะไปทำหน้าที่ป้องกันเซลล์อ่อน (immature lymphocytes) ของระบบภูมิคุ้มกันจากการทำลายโดยอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจากกระบวนการออกซิเดชัน เป็นผลให้มีจำนวนเซลล์ที่สร้างภูมิคุ้มกันมีจำนวนมากขึ้น นอกจากนี้ เชื่อว่าวิตามินซีที่เสริมในอาหาร จะไปกระตุ้นบทบาทของอินเตอร์เฟียร์อน ด้วยการเพิ่มจำนวนของ mRNA ของอินเตอร์เฟียร์อนผ่านการทำงานของ cyclic adenosine monophosphate และวิตามินซีอาจไปมีบทบาทในการเพิ่มการแบ่งตัวของเซลล์ในอวัยวะน้ำเหลืองและกระตุ้นให้มีการสร้างภูมิคุ้มกันผ่าน hexose monophosphate pathway (Amakye-Anim *et al.*, 2000; Wu *et al.*, 2000) วิตามินอี ก็เป็นอีกชนิดหนึ่งที่ได้มีรายงานไว้ว่าสามารถกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันต่อการให้วัคซีนป้องกันโรคหลอดลมอักเสบติดต่อในไก่ได้ดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมในอาหาร โดยพบว่ากลไกในการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันนั้นเนื่องมาจากวิตามินอีจะทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันเซลล์ที่สร้างภูมิคุ้มกันจากการถูกทำลาย นอกจากนี้ เชื่อว่าวิตามินอีจะกระตุ้นบทบาทในการเก็บกินเชื้อโรคของเซลล์เม็ดเลือดขาวได้ดียิ่งขึ้น (Boa-Amponsem *et al.*, 2000; Leshchinsky and Klasing, 2001) การเสริมแร่ธาตุบางชนิดร่วมกับวิตามินอี เช่น แร่ธาตุซีลีเนียม (Swain *et al.*,

2000) มีรายงานว่าสามารถช่วยกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันได้ดี โครเมียมคลอไรด์ก็เป็นแร่ธาตุอีกชนิดหนึ่งที่มีรายงานไว้ว่า สามารถเพิ่มการสร้างภูมิคุ้มกันโรคในไก่ได้ (Uyanik *et al.*, 2002)

CLA เป็นกรดไขมันจากธรรมชาติที่น่าสนใจมากอีกชนิดหนึ่งที่สามารถหาได้ง่ายในประเทศไทย และยังไม่มีการรายงานการวิจัยเกี่ยวกับการใช้ CLA ในด้านการช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันต้านโรคในไก่และสัตว์เศรษฐกิจชนิดอื่น ๆ ในประเทศไทย ดังนั้น การศึกษาผลของ CLA ต่อการสร้างภูมิคุ้มกันโรคจึงเป็นการวิจัยที่สำคัญที่ต้องเร่งศึกษาเพื่อให้ได้ทราบผลที่แท้จริง เพื่อที่จะได้นำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ทั้งทางการเกษตร และการแพทย์ของประเทศต่อไป สำหรับการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลของ CLA ต่อการสร้างภูมิคุ้มกันโรคในไก่เนื้อ โดยใช้การสร้างภูมิคุ้มกันต่อโรคนิวคาสเซิล ซึ่งเป็นโรคระบาดสำคัญในสัตว์ปีกของประเทศไทย เป็น model ในการศึกษา โดยศึกษาผลต่ออัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร อัตราการตาย (mortality rate) ผลต่อระดับของแอนติบอดีต่อวัคซีนป้องกันโรคนิวคาสเซิล และผลต่อการพัฒนาของอวัยวะน้ำเหลือง (lymphoid organs)

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

อาหารและสัตว์ทดลอง

CLA ที่ใช้ในการทดลองมีความเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท Basf ประเทศไทย ส่วนน้ำมันเมล็ดทานตะวันเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ซื้อมาจากห้างแม็คโคร ตรา Aro ผลิตโดยบริษัทสยามแม็คโคร จำกัด

ในการทดลองมีสูตรอาหารทั้งหมดจำนวน 4 สูตร การประกอบสูตรอาหารทำโดยผสม CLA ลงในอาหารสำหรับลูกไก่เนื้ออย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ ให้แต่ละสูตรมีส่วนผสมของ CLA ความเข้มข้นดังนี้ สูตรที่ 1 ไม่มีส่วนผสมของ CLA หรือ น้ำมันเมล็ดทานตะวัน สูตรที่ 2 CLA 0.5 เปอร์เซ็นต์ สูตรที่ 3 CLA 1.0 เปอร์เซ็นต์ และสูตรที่ 4 น้ำมันเมล็ด

ทานตะวัน 2.0 เปอร์เซ็นต์ (เลือกใช้ในการทดลอง เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากธรรมชาติ และมีความเข้มข้นของ linoleic acid ในระดับที่สูงถึง 68 เปอร์เซ็นต์ (Kleingartner, 2002))

ไก่ทดลองในแต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารที่มีโปรตีน 2 ระดับ แบ่งตามระยะอายุของไก่ทดลอง ดังนี้ ระยะที่ 1 ช่วงอายุ 1 - 21 วัน โปรตีน 23 เปอร์เซ็นต์ ระยะที่ 2 ช่วงอายุ 22 - 64 วัน โปรตีน 20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนประกอบของอาหารแสดงไว้ในตารางที่ 1

ในการศึกษา ใช้ลูกไก่เนื้อพันธุ์ออร์เบอร์เอเคอร์ อายุ 3 วัน คละเพศ จำนวน 396 ตัว แบ่งการทดลอง

เป็น 4 กลุ่ม (treatment) ๆ ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 33 ตัว โดยแต่ละกลุ่มได้รับอาหารแตกต่างกันดังนี้ กลุ่มที่ 1 เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 1 (กลุ่ม control) กลุ่มที่ 2 เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 2 (กลุ่ม CLA 0.5%) กลุ่มที่ 3 เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 3 (กลุ่ม CLA 1.0%) และกลุ่มที่ 4 เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 4 (กลุ่ม SF oil 2.0%) ให้ไก่ได้รับน้ำและอาหารอย่างเสรี (*ad libitum*) บันทึกปริมาณอาหารที่ไก่กินและอัตราการตายทุกวัน ชั่งน้ำหนักไก่สัปดาห์ละหนึ่งครั้ง ตลอดระยะเวลาการทดลอง 64 วัน เมื่อไก่อายุได้ 30 และ 50 วัน ให้วัคซีนป้องกันโรคนิวคาสเซิลชนิดเชื้อเป็น (กรมปศุสัตว์,

Table 1. The composition of control diet and nutrient levels

	Starter (1 - 21 days)	Grower (22 - 64 days)
Ingredients (%)		
Corn	47.80	52.69
Rice bran	5.00	5.00
Leucena leaf	0.00	3.00
Soybean meal	29.65	23.76
Fish meal	10.00	8.00
Mollass	1.00	1.00
Salt	0.30	0.30
Calcium carbonate	0.85	0.90
Crude oil*	5.00	5.00
Methionine	0.15	0.10
Premix	0.25	0.25
Total	100.00	100.00
Nutrient levels (Calculated composition)		
Crude protein (%)	23.00	20.00
Metabolizable energy (Kcal/kg)	3,166.00	3,155.00
Lipid (%)	9.11	9.19
Fiber (%)	3.72	4.17
Ca (%)	1.01	0.93
Available P (%)	0.46	0.38
Lysine (%)	1.34	1.14
Methionine + Cystine	0.92	0.79
Tryptophan	0.33	0.28

* Conjugated linoleic acid (CLA) diet: crude oil was replaced by commercial CLA and balanced to total 0.5 or 1.0%. Sunflower (SF) oil diet: crude oil was replaced by commercial SF oil and balanced to total 2.0%.

2550) โดยวิธีการหยอดจมูก (ให้วัคซีนครั้งแรกที่อายุ 30 วัน เพื่อบำรุงภูมิคุ้มกันที่ได้รับจากแม่ซึ่งผ่านทางไข่หมดไปเสียก่อน) ทำการสุ่มเพื่อเจาะเลือดตรวจหาระดับแอนติบอดีต่อวัคซีนป้องกันโรคนิวคาสเซิลด้วยวิธี enzyme linked immunosorbent assay (ELISA) ก่อนการให้วัคซีนที่อายุ 30 วัน และหลังจากได้รับวัคซีนเมื่อไก่อายุ 37, 44, 57 และ 64 วัน จำนวนกลุ่มทดลองละ 18 ตัว โดยเก็บตัวอย่างเลือดตัวละ 1.5 มิลลิลิตร โดยใช้เข็มเบอร์ 20 เก็บเลือดจากเส้นเลือดดำใต้ปีก (brachial vein) แล้วบรรจุในหลอดเก็บเลือดที่ไม่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด เพื่อแยกซีรัมสำหรับใช้ตรวจหาภูมิคุ้มกันโรคต่อไป เมื่อไก่อายุ 64 วัน (สิ้นสุดการทดลอง) สุ่มตัวอย่างไก่จำนวนห้าละ 18 ตัว ชั่งน้ำหนักไก่และทำให้ไก่ตายอย่างสงบด้วยการทำให้กระดูกคอเคลื่อน (cervical dislocation) ผ่าซากไก่ เก็บตัวอย่างอวัยวะ น้ำเหลือง ไข่ไก่ แก้ว ม้าม ต่อมธัยมัส และต่อมเบอร์ดซาลา นำไปแช่น้ำหนักแล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักไก่ที่เหลือ และบันทึกปริมาณอาหารที่ไก่กิน เพื่อคำนวณอัตราการเจริญเติบโต อัตราการแลกน้ำหนัก และอัตราการกินอาหารเฉลี่ยต่อวัน

วิธีการวัดค่าของลักษณะที่ศึกษา

การคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโต คำนวณจากสูตร:

Average Daily Gain (ADG) = น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่อระยะเวลา (หนึ่งวัน)

การคำนวณหาอัตราการแลกน้ำหนัก คำนวณจากสูตร:

Feed Conversion Ratio (FCR) = ปริมาณกิโกลรัมอาหารที่ไก่กินต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นหนึ่งกิโกลรัม

การคำนวณปริมาณการกินอาหารเฉลี่ยต่อวัน คำนวณจากสูตร:

Average Daily Feed Intake (ADFI) = ปริมาณอาหารที่ไก่กินได้ทั้งหมดต่อวันต่อจำนวนไก่ทั้งหมดในกลุ่ม

การตรวจหาระดับภูมิคุ้มกัน

นำซีรัมที่แยกได้จากตัวอย่างเลือดทั้งหมดมาตรวจหาระดับแอนติบอดีต่อวัคซีนป้องกันโรคนิวคาสเซิลโดยวิธี ELISA ซึ่งขั้นตอนการวิเคราะห์ดำเนินการตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต (Synbiotics Corporation, USA) อ่านค่าโดยใช้เครื่อง ELISA reader (Packard, USA) ได้ค่าออกมาเป็นหน่วยเป็นการดูดกลืนแสง (optical density) จากนั้นทำการคำนวณหาระดับแอนติบอดีต่อวัคซีนป้องกันโรคนิวคาสเซิล (IgG Titer) โดย $\text{titer} = \text{Antilog}$ ของ Log_{10} titer โดย IgG titer ที่มีค่าเป็น 0 หมายถึงว่าตัวอย่างซีรัมในไก่ไม่มีภูมิคุ้มกันต่อโรคนิวคาสเซิล หาก IgG titer มีค่ามากกว่า 0 หมายถึงว่าตัวอย่างซีรัมในไก่มีระดับภูมิคุ้มกันต่อโรคนิวคาสเซิล ในผลการทดลองที่แสดงไว้ immunized chickens หมายถึงไก่ที่มี IgG titer มากกว่า 0

การคำนวณหาน้ำหนักของอวัยวะน้ำเหลือง

คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวไก่จากสูตร (น้ำหนักอวัยวะเฉลี่ย * 100) ต่อน้ำหนักตัวเฉลี่ย

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ของข้อมูลที่ได้จากไก่ทุกกลุ่มการทดลองในด้านอัตราการเจริญเติบโต อัตราการแลกน้ำหนัก อัตราการกินอาหารเฉลี่ยต่อวัน ระดับแอนติบอดีต่อวัคซีน และการพัฒนาของอวัยวะน้ำเหลือง หากผลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มการทดลองโดยใช้ Duncan's new multiple-range test ด้วยโปรแกรม SAS (SAS, 1996)

ผลการทดลอง

ผลของ CLA และน้ำมันเมล็ดทานตะวันต่ออัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหารและอัตราการกินอาหารเฉลี่ยต่อวัน

ผลของการเสริม CLA และน้ำมันเมล็ดทานตะวันในอาหาร ต่อประสิทธิภาพการใช้อาหาร

Table 2. Effects of CLA and sunflower oil supplementation on performance in broiler chickens during week 1 – 9

Performance	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Average
Feed conversion ratio (FCR)										
Control	1.52±0.22	1.33±0.08 ^y	1.76±0.05	1.63±0.10	2.34±0.44	2.35±0.27	2.56±0.50	2.48±0.56	2.78±1.38	2.09±0.75
CLA 0.5%	1.57±0.09	1.26±0.06 ^y	2.03±0.17	1.61±0.16	2.60±0.14	2.41±0.51	2.89±0.60	2.36±0.07	4.37±3.44	2.35±1.74
CLA 1.0%	1.48±0.11	1.65±0.07 ^x	1.66±0.14	1.93±0.16	2.59±0.25	2.41±0.28	2.93±0.14	4.17±3.11	2.85±1.37	2.41±1.40
SF oil 2.0%	1.48±0.00	1.29±0.03 ^y	1.67±0.11	1.65±0.12	2.53±0.79	2.18±0.13	3.19±0.98	5.30±1.75	2.67±0.55	2.44±1.39
Average daily gain (ADG)										
Control	25.43±3.44 ^c	48.57±3.09 ^{b, x}	50.00±1.17 ^b	72.14±4.40 ^a	63.57±10.61 ^a	61.30±7.00 ^{ba}	57.62±10.84 ^{ba}	60.00±13.45 ^{ba}	26.67±10.19 ^c	51.71±17.30
CLA 0.5%	24.29±1.46 ^c	51.90±3.75 ^{b, x}	43.33±3.56 ^b	73.24±7.28 ^a	54.86±3.68 ^b	60.48±11.97 ^{ba}	52.38±11.68 ^b	62.38±3.56 ^{ba}	31.90±19.25 ^{bc}	50.51±17.08
CLA 1.0%	25.95±1.86 ^c	39.05±1.78 ^{b, y}	52.86±4.2 ^a	61.33±5.34 ^a	55.81±4.90 ^a	58.09±5.87 ^a	48.09±2.43 ^{ba}	55.24±30.36 ^a	27.14±12.29 ^{bc}	47.06±17.00
SF oil 2.0%	25.71±0.00 ^c	50.00±1.17 ^{ba, x}	52.38±3.56 ^{ba}	71.05±5.04 ^a	72.29±25.54 ^a	64.29±4.21 ^a	60.95±8.83 ^{ba}	37.14±13.75 ^{bc}	31.90±5.51 ^c	51.74±20.59
Average daily feed intake (ADFI)										
Control	38.00±0.00 ^e	64.29±0.00 ^d	88.26±1.58 ^c	117.14±0.28 ^b	144.22±3.26 ^c	142.27±0.38 ^a	141.98±2.30 ^{x, y}	141.97±0.04 ^a	141.07±1.31 ^a	113.24±37.93
CLA 0.5%	38.00±0.00 ^f	65.18±1.26 ^e	87.14±0.00 ^d	117.14±0.00 ^c	141.95±2.36 ^c	139.91±2.26 ^{ba}	144.43±2.65 ^{x, y}	147.32±4.36 ^a	131.58±10.74 ^b	112.52±37.74
CLA 1.0%	38.26±0.37 ^e	64.29±0.00 ^d	87.14±0.00 ^d	117.34±0.28 ^b	143.18±2.17 ^a	138.33±3.02 ^a	140.62±4.42 ^{x, y}	142.02±3.21 ^a	143.33±1.70 ^a	112.72±37.67
SF oil 2.0%	38.00±0.00 ^e	64.29±0.00 ^d	87.14±0.00 ^d	117.14±0.28 ^c	163.85±16.11 ^b	139.60±7.05 ^c	186.02±2.56 ^{x, x}	175.42±6.26 ^{ba}	129.14±11.89 ^c	122.28±50.68

^{a-f} comparing between age levels, means in the same row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).^{x-y} comparing between treatment groups, means in the same column with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

All data are expressed as the mean ± SD.

CLA, Conjugated linoleic acid

SF, Sunflower

ในไก่เนื้อ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 พบว่าการเสริม CLA และการเสริมน้ำมันเมล็ดทานตะวันในอาหาร โดยภาพรวมของการเลี้ยง (เฉลี่ยใน 9 สัปดาห์) ไม่มีผลต่อ ADG, FCR และ ADFI เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาเป็นรายสัปดาห์พบว่าที่สัปดาห์ที่ 2 ของการทดลอง ค่า ADG ในกลุ่มทดลองที่เสริม CLA ที่ระดับ 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าที่ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริม CLA 0.5 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมน้ำมันเมล็ดทานตะวัน 2.0 เปอร์เซ็นต์ในอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และยังพบว่าค่า FCR ในกลุ่มทดลองที่เสริม CLA ที่ระดับ 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าทุกกลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในสัปดาห์ที่ 7 ของการทดลองพบว่า ค่า ADFI ในกลุ่มการทดลองที่เสริมน้ำมันทานตะวันมีค่าที่สูงกว่าทุกกลุ่มการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จากตารางที่ 2 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่า ADG, FCR และ ADFI ในแต่ละสัปดาห์ตลอดระยะเวลาการทดลองสัปดาห์ที่ 1 - 9 เมื่อพิจารณาถึงค่า FCR ของทุกกลุ่มการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่เป็นที่น่าสนใจว่า ค่า ADG ของไก่เนื้อในทุกการทดลอง

จะมีค่าสูงสุดในช่วงสัปดาห์ที่ 4 - 5 ของการเลี้ยง หลังจากนั้นก็มีแนวโน้มลดลง ในส่วนของค่า ADFI ในกลุ่มควบคุมจะมีค่าสูงสุดในช่วงสัปดาห์ที่ 5 หลังจากนั้นก็มีแนวโน้มลดลง ในกลุ่มที่เสริม CLA และเมล็ดทานตะวันจะมีค่า ADFI สูงสุดในช่วงสัปดาห์ที่ 7 - 8

ผลของ CLA และน้ำมันเมล็ดทานตะวันต่อการสร้างภูมิคุ้มกันโรคนิวคาสเซิล

ผลของการเสริม CLA ในอาหารที่ระดับต่าง ๆ และน้ำมันเมล็ดทานตะวันต่อการสร้างภูมิคุ้มกันต่อวัคซีนป้องกันโรคนิวคาสเซิล ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 - 4 พบว่าการเสริม CLA ที่ระดับ 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ และน้ำมันเมล็ดทานตะวัน 2.0 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร ทำให้เปอร์เซ็นต์ของจำนวนไก่ทดลองที่มีการสร้างภูมิคุ้มกัน (immunized chickens) สูงขึ้นกว่ากลุ่มควบคุมในสัปดาห์แรก หลังการให้วัคซีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 3) และมีแนวโน้มทำให้ค่าเฉลี่ยของระดับภูมิคุ้มกันสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P>0.05$) ถัดจากนั้นไปพบว่า การเสริม CLA และน้ำมันเมล็ดทานตะวันไม่มีผลในการสร้างความแตกต่างในแง่ของระดับของ IgG และความเร็วในการสร้างภูมิคุ้มกัน (ตารางที่ 4)

Table 3. Effects of CLA and sunflower oil supplementation on immune response (percentage of immunized chickens) in broiler chickens

Treatment	Percentage of immunized chickens	
	Before ND vaccination (week 0)	After ND vaccination (week 1)
Control	0 ± 0.00	27.70 ± 4.80 ^b
CLA 0.5%	0 ± 0.00	44.40 ± 9.64 ^a
CLA 1.0%	0 ± 0.00	55.50 ± 9.61 ^a
Sunflower oil 2.0%	0 ± 0.00	44.40 ± 9.64 ^a

Means in the same column with different superscripts are significantly different ($P<0.05$). ND, Newcastle Disease

All data are expressed as the mean ± SD.

ผลของ CLA และน้ำมันเมล็ดทานตะวันต่ออัตราการตาย

ผลของการเสริม CLA และน้ำมันเมล็ดทานตะวันในอาหารต่ออัตราการตายในไก่เนื้อ พบว่าการเสริม CLA ที่ระดับ 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ และการเสริมน้ำมันเมล็ดทานตะวันที่มีความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ ในอาหาร ไม่มีผลทำให้อัตราการตายแตกต่างไปจากกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) (ข้อมูลไม่ได้แสดง) ซึ่งอัตราการตายอยู่ในช่วงมาตรฐานปกติของการเลี้ยงไก่เนื้อ (กรมปศุสัตว์, 2550)

ผลของ CLA และน้ำมันเมล็ดทานตะวันต่อการพัฒนาของอวัยวะน้ำเหลือง

ผลของการเสริม CLA และน้ำมันเมล็ดทานตะวันในอาหารต่อการพัฒนาของอวัยวะน้ำเหลืองในไก่เนื้อ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5 โดยพบว่าการเสริม CLA ที่ระดับ 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ในอาหาร ไม่มีผลต่อน้ำหนักของอวัยวะน้ำเหลือง (ม้าม ต่อมธัยมัส และต่อมเบอร์ดซ์) ต่อน้ำหนักตัวของไก่ในระหว่างกลุ่มทดลอง อย่างไรก็ตาม พบว่าการเสริมน้ำมันเมล็ดทานตะวันในระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มี

Table 4. Effects of CLA and sunflower oil supplementation on IgG titer (antilog of Log_{10} titer) to Newcastle disease vaccination in broiler chickens

Treatment	IgG Titer				
	Before vaccination	After vaccination			
	(0 week)	(1 week)	(2 weeks)	(4 weeks)	(5 weeks)
Control	0 ± 0.00	537 ± 129 ^{ab}	7,053 ± 1078	10,528 ± 774	11,178 ± 1,161
CLA 0.5%	0 ± 0.00	474 ± 53 ^b	5,323 ± 844	9,472 ± 863	9,556 ± 755
CLA 1.0%	0 ± 0.00	810 ± 156 ^a	5,577 ± 856	10,717 ± 1,042	9,218 ± 922
Sunflower oil 2.0%	0 ± 0.00	799 ± 191 ^a	4,952 ± 1043	9,293 ± 902	8,269 ± 1,074

1st blood collection and 1st vaccination at week 0 (30 days of age)

2nd vaccination at week 3 (50 days of age)

Means in the same column with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

All data are expressed as the mean ± SD.

Table 5. Effects of CLA and sunflower oil supplementation on lymphoid organ weights in broiler chickens

Treatment	Spleen weight (% body weight)	Thymus weight (% body weight)	Bursa of fabricious weight (% body weight)
Control	0.242 ± 0.091 ^a	0.231 ± 0.030	0.100 ± 0.024
CLA 0.5%	0.220 ± 0.049 ^a	0.144 ± 0.053	0.072 ± 0.023
CLA 1.0%	0.246 ± 0.077 ^a	0.171 ± 0.035	0.083 ± 0.006
Sunflower oil 2.0 %	0.163 ± 0.006 ^b	0.150 ± 0.039	0.076 ± 0.014

Means in the same column with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

All data are expressed as the mean ± SD.

ผลทำให้ขนาดของม้ามต่อน้ำหนักตัวใกล้เคียงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริม CLA ($P<0.05$)

วิจารณ์ผลและสรุป

ผลของ CLA และน้ำมันเมล็ดทานตะวันต่ออัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการกินอาหารเฉลี่ยต่อวัน

ผลของการเสริม CLA และน้ำมันเมล็ดทานตะวันในอาหารต่อประสิทธิภาพการใช้อาหารในไก่เนื้อ พบว่าการเสริม CLA (dienoic derivatives ของ linoleic acid) และการเสริมน้ำมันเมล็ดทานตะวัน (ซึ่งมี linoleic สูง) ในอาหารไม่มีผลต่อค่า ADG, FCR และ ADFI ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Simon *et al.* (2000); Du and Ahn (2002); An *et al.* (2003) และ Zhang *et al.* (2005) ที่รายงานไว้ว่าการเสริม CLA ไม่มีผลต่อน้ำหนักตัวการกินได้และประสิทธิภาพการใช้อาหารในไก่เนื้อ อย่างไรก็ตาม มีรายงานการทดลองว่า การเสริม CLA ในปริมาณที่สูงจะทำให้ไก่มีน้ำหนักตัวลดลง (Szymczyk *et al.*, 2001; Badinga *et al.*, 2003) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ ที่แสดงให้เห็นว่าในช่วงสัปดาห์ที่ 2 ของการทดลอง การเสริม CLA ที่ระดับ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ค่า ADG มีค่าที่ต่ำซึ่งสอดคล้องกับการที่ FCR มีค่าที่สูงกว่ากลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้ อาจเป็นเนื่องจาก CLA เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะมีฤทธิ์ไปลดการสะสมของไขมัน ดังเช่นที่ได้รายงานไว้ในหนูทดลอง (Ha *et al.*, 1990; Ip *et al.*, 1991; Liew *et al.*, 1995) สำหรับกลไกในการยับยั้งการสะสมไขมันของ CLA Gaullier *et al.* (2005) ได้อธิบายไว้ว่าอาจเกิดจากการที่ CLA ไปมีผลลดระดับโคเลสเตอรอล และ Low-density lipoprotein Cholesterol (LDL-C) ในกระแสเลือด ในขณะที่ West *et al.* (1998) ได้อธิบายไว้ว่า การเสริม CLA ในอาหารจะไปเร่งกระบวนการออกซิเดชันของกรดไขมันและกระตุ้นเมแทบอลิซึมของร่างกายสัตว์

ผลของ CLA และน้ำมันเมล็ดทานตะวันต่อการสร้างภูมิคุ้มกันโรคนิวคาสเซิล

เป็นที่น่าสนใจว่าการเสริม CLA ที่ระดับ 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ และน้ำมันเมล็ดทานตะวัน 2.0 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร ทำให้เปอร์เซ็นต์ของจำนวนไก่ทดลองที่มีการสร้างภูมิคุ้มกันโรคสูงขึ้นกว่ากลุ่มควบคุมในสัปดาห์แรกหลังการให้วัคซีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และมีแนวโน้มทำให้ค่าเฉลี่ยของระดับภูมิคุ้มกันสูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Sugano *et al.* (1998) ซึ่งได้รายงานว่าการเสริม CLA 1.0 เปอร์เซ็นต์ในอาหารส่งผลให้เกิดการเพิ่มปริมาณของ immunoglobulins (IgG, IgA, IgM) ในซีรัมของหนูทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ในทำนองเดียวกัน ก็สอดคล้องกับผลการทดลองที่ Takahashi *et al.* (2003) ซึ่งพบว่าการเสริม CLA 1.0 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารสามารถที่จะเพิ่ม antibody titres ต่อเม็ดเลือดแดงแกะและเพิ่มระดับความเข้มข้นของ IgG ในพลาสมาของไก่เนื้อ (broiler chickens) ได้ อย่างไรก็ตาม การทดลองครั้งนี้ได้มีการเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อตรวจวัดระดับของภูมิคุ้มกันเป็นระยะอย่างต่อเนื่อง พบว่าการเสริม CLA และน้ำมันเมล็ดทานตะวันไม่มีผลในการสร้างความแตกต่างในแง่ของระดับของ IgG และความเร็วในการสร้างภูมิคุ้มกันหลังจากให้วัคซีนตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 เป็นต้นไป แม้ว่ากลไกในการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันโดย CLA จะยังไม่สามารถสรุปได้แน่นอน (Takahashi *et al.*, 2003) อย่างไรก็ตาม ได้มีกลุ่มนักวิจัยได้ตั้งสมมติฐานในการที่ CLA ไปกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันไว้ 2 ประการ คือ CLA ไปมีผลควบคุมการทำงานของ $\text{TNF-}\alpha$ โดยไปรบกวน eicosanoid signaling เป็นผลให้เกิดการสังเคราะห์ไซโตไคน์ เกิดการกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน (Pariza *et al.*, 2000) และ การที่ CLA ไปมีปฏิกิริยากับ peroxisome proliferator-activated receptors ซึ่งเป็นตัวรับสัญญาณของกรดไขมัน ทำให้เกิดการควบคุมการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างภูมิคุ้มกัน เช่น ยีนที่ทำให้เกิดการ

แบ่งตัวของลิมโฟไซต์ โมโนไซต์ และมาโครฟาจ (Bassaganya-Riera *et al.*, 2002) จากผลการทดลองที่ได้และสมมติฐานที่กล่าวไว้ อาจสรุปได้ว่าการเสริม CLA และน้ำมันเมล็ดทานตะวันในอาหารอาจจะมีผลดีช่วยให้ไก่เนื้อสร้างภูมิคุ้มกันต่อโรคนิวคาสเซิลได้เร็วยิ่งขึ้น หลังจากที่ได้รับวัคซีน 1 ถึง 2 สัปดาห์แรก ซึ่งผลดังกล่าวนี้จะทำให้ลดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อนิวคาสเซิลได้ดีกว่าไก่เนื้อที่ไม่ได้เสริม

ผลของ CLA และน้ำมันเมล็ดทานตะวันต่ออัตราการตาย

การเสริม CLA ทุกระดับและน้ำมันเมล็ดทานตะวัน ไม่มีผลต่ออัตราการตายของไก่เนื้อในสภาพการเลี้ยงปกติที่ไม่เกิดโรค ซึ่งจากการทดลองพบว่าอัตราการตายของไก่เนื้อในทุกกลุ่มการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันและอยู่ในช่วงค่ามาตรฐาน (3–5 เปอร์เซ็นต์) ของการเลี้ยงไก่เนื้อปกติในประเทศไทย (กรมปศุสัตว์, 2550)

ผลของ CLA และน้ำมันเมล็ดทานตะวันต่อการพัฒนาของอวัยวะน้ำเหลือง

การเสริม CLA ในอาหารทุกระดับความเข้มข้น ไม่มีผลทำให้ขนาดของอวัยวะน้ำเหลือง ซึ่งได้แก่ ม้าม ต่อมธัยมัส และต่อมเบอร์ดซาล์วใหญ่ขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการที่การเสริม CLA 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลในการสร้างความแตกต่างในแง่ของระดับของ IgG และความเร็วในการสร้างภูมิคุ้มกันตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 หลังจากได้รับวัคซีนเป็นต้นไป อย่างไรก็ตาม พบว่าน้ำมันเมล็ดทานตะวัน 2.0 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารมีผลทำให้ขนาดของม้ามเล็กลง เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มอื่นๆ ซึ่งยังไม่ทราบกลไกที่แน่ชัด อย่างไรก็ตาม อาจเป็นไปได้ว่าน้ำมันเมล็ดทานตะวันซึ่งมีปริมาณ linoleic acid ที่สูง ทำให้การเสริมในอาหารที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ไปมีผลอย่างมากในการลด body fat ที่ม้าม ดังรายงานการทดลองของ DeLany *et al.* (1999)

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า การเสริม CLA หรือน้ำมันเมล็ดทานตะวัน น่าจะให้ประโยชน์ในแง่ของการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันโรคจากการให้วัคซีนโรคนิวคาสเซิลได้เร็วยิ่งขึ้น ซึ่งน่าจะช่วยลดอัตราเสี่ยงและการสูญเสียจากการเกิดโรคนิวคาสเซิลในไก่ได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่สนับสนุนทุนวิจัยประจำปีงบประมาณ 2547 (รหัสโครงการ SUT 3-303-47-12-59) และขอขอบคุณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้อาหารอนุเคราะห์สถานที่สำหรับเลี้ยงสัตว์ทดลอง ทำให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมปศุสัตว์. (2550). การเลี้ยงไก่: กรมปศุสัตว์; ราชเทวี กรุงเทพฯ: กรมปศุสัตว์. Available from: www.dld.go.th. Accessed date: Jan 24, 2007.
- An, B.K., Kobayashi, Y., Tanaka, K., and Wang, C.W. (2003). Excessive dietary conjugated linoleic acid effects hepatic lipid content and muscular fatty acid composition in young chicks. *Asian Aust. J. Anim. Sci.*, 16:1,171-1,176.
- Amakye-Anim, J., Lin, T.L., Hester, P.Y., Thairagarajan, D., Watkins, B.A., and Wu, C.C. (2000). Ascorbic acid supplementation improved antibody response to infectious bursal disease vaccination in chickens. *Poult. Sci.*, 79:680-688.
- Boa-Amponsem, K., Price, S.E., Picard, M., Geraert, P.A., and Siegel, P.B. (2000). Vitamin E and immune responses of broiler pureline chickens. *Poult. Sci.*, 79:466-470.

- Badinga, L., Selberg, K.T., Dingers, A.D., Comer, C.W., and Miles, R.D. (2003). Dietary conjugated linoleic acid alters hepatic lipid content and fatty acid composition in broiler chickens. *Poult. Sci.*, 82:111-116.
- Bassaganya-Riera, J., Hontecillas, R., and Beitz, D. (2002). Colonic anti-inflammatory mechanisms of conjugated linoleic acid. *Clin. Nutr.*, 21:451-459.
- Chow, C.K. (1992). *Fatty Acids in Foods and Their Health Implications*. Marcel Dekker Inc. NY, p. 65-93.
- DeLany, J.P., Blohm, F., Truett, A.A., Scimeca, J.A., and West, D.B. (1999). Conjugated linoleic acid rapidly reduces body fat content in mice without affecting energy intake. *Am. J. Physiol.*, 276:R1172-R1179.
- Du, M. and Ahn, D.U. (2002). Effect of dietary conjugated linoleic acid on the growth rate of live bird and on the abdominal fat content and quality of broiler meat. *Poult. Sci.*, 81:428-433.
- Gaullier, J.M., Halse, J., Høye, K., Kristiansen, K., Fagertun, H., Vik, H., and Gudmundsen, O. (2005). Supplementation with conjugated linoleic acid for 24 months is well tolerated by and reduces body fat mass in healthy, overweight humans. *J. Nutr.*, 135:778-784.
- Ha, Y.L., Storkson, J., and Pariza, M.W. (1990). Inhibition of benzo(a)pyrene-induced mouse forestomach neoplasia by conjugated derivatives of linoleic acid. *Cancer Res.*, 50:1,097-1,101.
- Ip, C., Chin, S.F., Scimeca, J.A., and Pariza, M.A. (1991). Mammary cancer prevention by conjugated derivatives of linoleic acid. *Cancer Res.*, 51:6,118-6,124.
- Kleingartner, L.W. (2002). NuSun sunflower oil: Redirection of an industry. In: *Trends in New Crops and New Uses*. ASHS Press, Alexandria, VA, p. 135-138.
- Leshchinsky, T.V. and Klasing, K.C. (2001). Relationship between the level of dietary vitamin E and the immune response of broiler chickens. *Poult. Sci.*, 80:1,590-1,599.
- Liew, C., Schut, H.A., Chin, S.F., Pariza, M.W., and Dashwood, R.H. (1995). Protection of conjugated linoleic acids against 2-amino-3-methylimidazo [4,5-f]quinoline-induced colon carcinogenesis in the F344 rat: a study of inhibitory mechanisms. *Carcinogenesis*, 16:3,037-3,043.
- Pariza, M.W., Park, Y., and Cook, M.E. (2000). Mechanisms of action of conjugated linoleic acid: evidence and speculation. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 223:8-13.
- SAS. (1996). *SAS® System for Mixed Models*. SAS Inst., Cary, NC.
- Simon, O., Manner, K., Sxhafer, K., Sagredos, A., and Eder, K. (2000). Effects of conjugated linoleic acids on protein to fat proportions, fatty acids, and plasma lipids in broiler. *Eur. J. Lipid. Sci. Technol.*, 102:402-410.
- Szymczyk, B., Pisulewski, P., Szczurek, W., and Hanczakowski, P. (2001). Effects of conjugated linoleic acids on growth performance, feed conversion efficiency, and subsequent carcass quality in broiler chickens. *Br. J. Nutr.*, 85:465-473.
- Sugano, M., Tsujita, A., Yamasaki, M., Noguchi, M., and Yamada, K. (1998). Conjugated linoleic acid modulates tissue levels of chemical mediators and immunoglobulins in rats. *Lipids*, 33:521-527.
- Swain, B.K., Johri, T.S., and Majumdar, S. (2000). Effect of supplementation of vitamin E, selenium and their different combinations on the performance and immune response of broilers. *Br. Poult. Sci.*, 41:287-292.
- Takahashi, K., Akiba, Y., Iwata, T., and Kasai, M. (2003). Effect of a mixture of conjugated linoleic acid isomers on growth performance and antibody production in broiler chicks. *Br. J. Nutr.*, 89:691-694.
- Uyanik, F., Atasever, A., Ozdamar, S., and Aydin, F. (2002). Effects of dietary chromium chloride supplementation on performance, some serum parameters, and immune response in broilers. *Biol. Trace. Elem. Res.*, 90:99-115.
- West, D.B., Delany, J.P., Camet, P.M., Blohm,

- F., Truett, A.A., and Scimeca, J. (1998). Effects of conjugated linoleic acids on body fat and energy metabolism in the mouse. *Am. J. Physiol.*, 275: R667-R672.
- Wu, C.C., Dorairajan, T., and Lin, T.L. (2000). Effect of ascorbic acid supplementation on the immune response of chickens vaccinated and challenged with infectious bursal disease virus. *Vet. Immunol. Immunopathol.*, 19:145-152.
- Zhang, H., Guo, Y., and Yuan, J. (2005). Conjugated linoleic acid enhanced the immune unction in broiler chicks. *Br. J. Nutr.*, 94:746-752.