บทที่ 5

วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

วิจารณ์ผลการทดลอง

สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่

- **ไก่ไข่** *(การทดลองที่ 1)*

จากการให้ไก่ไข่กินอาหารที่มีธาตุทองแดง หรือโครเมียมเสริมในระดับ 125, 250 มก./กก. อาหาร หรือ 200, 400 มก./ตันอาหาร ตามลำดับ ปรากฏว่า การเสริมแร่ธาตุทั้งสองชนิดไม่มีผลทำให้สมรรถภาพการผลิต (ผลผลิตไข่ ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และน้ำหนักตัวเพิ่ม) แตกต่างกัน ยกเว้นการเสริมทองแดงที่ระดับ 250 มก./กก. อาหาร ทำให้แม่ไก่กินอาหารได้ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การเสริมทองแดงระดับต่ำ คือ 125 มก./กก. อาหาร และการเสริมด้วยโครเมียมทั้งสองระดับ ไก่ยังคงกินอาหารได้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุมนั้น ให้ผลขัดแย้งกับ Pesti and Bakalli (1998) ที่รายงานว่าการใช้ทองแดงระดับ 125–250 มก./กก. อาหาร ทำให้แม่ไก่ไข่ดกขึ้น และมีน้ำหนักตัวตลอดจนปริมาณอาหารที่กินไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม อย่างไรก็ดีในการทดลองที่ 2 ของ Pesti and Bakalli (1998) กลับรายงานว่า ในช่วงหลังของการทดลอง แม่ไก่กินอาหารได้ลดลงเมื่อเสริมด้วยทองแดงในอาหาร ซึ่งก็สอดคล้องกับผลการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่า ปริมาณอาหารที่กินใน 3 ช่วงหลังของการทดลอง (วันที่ 85-168 ของการทดลอง) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเสริมด้วยทองแดงระดับสูง (250 มก./กก. อาหาร; ผลแสดงไว้ในตารางภาคผนวก ข. ที่ 2) ส่วนการที่เสริมทองแดงในอาหารทั้งสองระดับ ไม่มีผล ทำให้สมรรถภาพการผลิตในการศึกษาในครั้งนี้ดีขึ้นนั้น สอดคล้องกับการศึกษาในไก่เนื้อของ Konjufca *et al.* (1997) ที่ใช้ทองแดงเดี่ยวๆ และ/หรือร่วมกับกระเทียมที่ระดับ 63–180 มก./กก. อาหาร ไม่พบว่ามีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต แต่ช่วยให้อัตราแลกน้ำหนักดีขึ้นเมื่อเสริมที่ 180 มก./กก. อาหาร ในขณะที่ Pesti and Bakalli (1996) รายงานว่าไก่เนื้อมีอัตราการเจริญเติบโตดีขึ้น 4.9% และมีอัตราแลกน้ำหนักดีขึ้น 3.3% เมื่อเสริมทองแดงในระดับ 250 มก./กก. อาหาร

สำหรับผลจากการเสริมด้วยโครเมียมที่ระดับ 200 และ 400 มก./ตันอาหาร ที่พบว่าไม่มีผลช่วยให้สมรรถภาพการผลิตดีขึ้นนั้น สอดคล้องกับรายงานของ Nakaue and Hu (1997) และ Cheng and Hsu (1997) ที่ใช้โครเมียมเสริมในอาหารระดับ 200 และ 800 มก./ตันอาหาร ไม่ทำให้ผลผลิตไข่ ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และน้ำหนักตัวเพิ่มแตกต่างจาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กลุ่มควบคุม แต่ขัดแย้งกับ Kim *et al.* (1997) ซึ่งใช้โครเมียมเสริมที่ระดับ 200, 400 และ 800 มก./ตันในอาหารที่มีโปรตีนระดับสูง (16%) มีผลทำให้ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ และมวลไข่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังทำให้ไข่ร้าวมีจำนวนลดลง สอดคล้องกับ Sahin *et al.* (2001) ที่พบว่าการเสริมโครเมียมในอาหารนกกระทาไข่ระดับ 200, 400, 800 และ 1,200 มก./ตันอาหาร มีผลทำให้ผลผลิตไข่ ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และน้ำหนักตัวดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตามระดับการเสริมโครเมียมในอาหาร รวมทั้งยังทำให้น้ำหนักไข่ น้ำหนักเปลือกไข่ ความหนาเปลือกไข่ albumen index น้ำหนักไข่ขาว yolk index น้ำหนักไข่แดงและ ถพ. ของไข่ดีขึ้นด้วย ซึ่งก็สอดคล้องกับผลการศึกษาในครั้งนี้ที่พบว่า ค่า Haugh unit ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 7)

ส่วนผลของการใช้น้ำมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน คือ น้ำมันถั่วเหลืองหรือลินซีดมาใช้ทดแทนน้ำมันปาล์มในสูตรอาหารที่ระดับเดียวกัน (3% ของสูตรอาหาร) โดยไม่มีผลทำให้สมรรถภาพการผลิตไข่และคุณภาพไข่แตกต่างกันนั้น (ตารางที่ 7) อาจเป็นเพราะอาหารทดลองได้กำหนดให้มีปริมาณโภชนะประเภทโปรตีน พลังงาน (ME) และกรดอะมิโนต่างๆ เท่ากัน จึงไม่มีผลต่อการให้ผลผลิต ซึ่งสอดคล้องกับ Prakash *et al.* (1996) ที่ได้เปรียบเทียบการใช้น้ำมันจากปลาทานตะวัน และตัวหนอนดักแด้ในอาหารไก่ไข่ระดับ 1-2% และ Mutia and Uchida (1999) ที่ใช้น้ำมันจากถั่วเหลือง ข้าวโพด หรือถั่วพูในอาหารนกกระทาไข่ระดับ 5% ต่างก็รายงานว่าไม่มีผลเสียหายต่อผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่และปริมาณอาหารที่กิน

- **นกกระทาไข่** (การทดลองที่ 2)

การเสริมโครเมียมระดับสูง (400 มก./ตันอาหาร) ทำให้ผลผลิตไข่ลดลง แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเสริมด้วยทองแดงทั้งที่ระดับ 125 และ 250 มก./กก. อาหาร ส่วนสมรรถภาพการผลิตไข่ด้านอื่นๆ อันได้แก่ อาหารที่กิน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และน้ำหนักตัว รวมทั้งความหนาเปลือกไข่ และสีไข่แดงให้ผลไม่แตกต่างกัน ไม่ว่าจะเสริมหรือไม่เสริมด้วยทองแดงและโครเมียม ยกเว้นน้ำหนักไข่มีขนาดฟองโตขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเสริมด้วยทองแดงและโครเมียม จะเห็นได้ว่า ผลจากการศึกษาในนกกระทาไข่นี้แตกต่างกับผลในไก่ไข่ (การทดลองที่ 1) ตรงที่ในไก่ไข่ให้น้ำหนักไข่ไม่ต่างกัน แต่ปริมาณอาหารที่กินลดลงเมื่อเสริมด้วยทองแดงระดับ 250 มก./กก. อาหาร และยังขัดแย้งกับรายงานของ Sahin *et al.* (2001) ที่เสริมโครเมียมในอาหารนกกระทาไข่ แล้วปรากฏว่า มีผลทำให้สมรรถภาพการผลิต ไม่ว่าจะเป็นผลผลิตไข่ ปริมาณอาหารที่กิน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และน้ำหนักตัวเพิ่ม รวมทั้งคุณภาพไข่ (น้ำหนักไข่ ความหนาเปลือกไข่ ถพ. ฯลฯ) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตามระดับการเสริมโครเมียมด้วย การที่ผลผลิตไข่เพิ่มขึ้นเมื่อเสริมด้วยทองแดงนั้น อาจเนื่องจากทองแดงทำหน้าที่เป็น growth promotant โดยการผลิตสารต้านจุลินทรีย์ (antimicrobes) ออกมา จึงช่วยให้ผลผลิตดีขึ้น แม้ว่าจะไม่มีนัยสำคัญก็ตาม สอดคล้องกับ Pesti and Bakalli (1998) ที่รายงานว่าช่วยให้ผลผลิตไข่เพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แต่ขัดแย้งกับ Al Ankari *et al.* (1998) ที่บ่งว่าผลผลิตไข่และประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเสริมทองแดงระดับสูง (250 มก./กก. อาหาร)

สำหรับการใช้น้ำมันพืชจากถั่วเหลืองและลินซีดมาทดแทนน้ำมันปาล์มซึ่งมีกรดไขมันประเภทอิ่มตัวอยู่สูงนั้น ไม่มีผลทำให้สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่แตกต่างกัน (ตารางที่ 12) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในไก่ไข่ ทั้งนี้เพราะได้ปรับสูตรอาหารให้มีโปรตีน ME และกรดอะมิโนที่จำเป็นเท่ากัน นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับรายงานของ Mutia and Uchida (1998), Prakash *et al.* (1996) และ Raes *et al.* (2002) ดังได้กล่าวมาแล้ว

คอเลสเตอรอลในเลือดและไข่แดง

- **ไก่ไข่**

การที่ปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด และในไข่แดงลดลงได้เมื่อเสริมด้วยทองแดงนั้น อาจมีสาเหตุเนื่องจากทองแดงไปลดการสังเคราะห์ hepatic glutathione ซึ่งสารตัวนี้จะไปกระตุ้นการผลิตเอนไซม์ 3-hydroxy-3 methylglutaryl Coenzyme A reductase ที่มีบทบาทสำคัญต่อการชะลอ/ยับยั้งการผลิต mevalonate จึงทำให้เกิดการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลลดลง สอดคล้องกับ Pesti and Bakalli (1998) และ Al Ankari *et al.* (1998) ที่เสริมทองแดงในอาหารไก่ไข่ แล้วรายงานว่ามีผลทำให้คอเลสเตอรอลทั้งในเลือดและไข่แดงลดลง รวมทั้งการศึกษาในไก่เนื้อด้วย เช่น Pesti and Bakalli (1996) หรือ Konjufca *et al.* (1997) ซึ่งต่างก็รายงานว่า คอเลสเตอรอลในเลือด และเนื้ออกหรือน่องลดลงเช่นกัน อย่างไรก็ดีจากรายงานที่กล่าวมาข้างต้น จะพบว่าปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงลดลงได้มากกว่าผลจากการศึกษาในครั้งนี้ (14–34 vs. 3–4%, ตามลำดับ) ส่วนคอเลสเตอรอลในเลือดสามารถทำให้ลดลงได้ในระดับที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งลดได้มากกว่าในไข่

สำหรับกลไกการลดคอเลสเตอรอลเมื่อใช้ โครเมียมนั้น ยังไม่มีผู้ใดรายงานไว้ แต่เข้าใจว่าเกิดจากโครเมียมไปเสริมการทำงานของฮอร์โมนอินซูลิน ซึ่งจะไปกระตุ้นเมตาบอลิซึมของกลูโคส ทำให้น้ำตาลและไขมันเข้าสู่เซลล์ได้ดีขึ้น ถ้าหากร่างกายขาดโครเมียมจะทำให้มีการสะสมของไขมันและกลูโคส ซึ่งโครเมียมทำหน้าที่เป็น glucose tolerance factor ด้วย การลดลงของคอเลสเตอรอลในเลือดและในไข่แดงนี้ สอดคล้องกับ Nakaue and Hu (1997), Cheng and Hsu (1997) และ Kim *et al.* (1997) ที่ได้ศึกษาในไก่ไข่ทั้งไก่สาวและไก่แก่ ต่างก็รายงานว่าคอเลสเตอรอลในเลือด และในไข่แดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเสริมด้วยโครเมียมในอาหารระดับ 200-400 มก./ตันอาหาร

ส่วนในกรณีของการใช้น้ำมันพืชจากถั่วเหลืองหรือลินซีดมาทดแทนน้ำมันปาล์มแล้วปรากฏว่าช่วยให้คอเลสเตอรอลในเลือดลดลงได้ 20-24% แต่ในไข่แดงลดลงได้เพียง 1.5-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.9% เท่านั้น ต่ำกว่าการเสริมด้วยแร่ธาตุทั้งสองชนิด สอดคล้องกับ Van Elswyk *et al.* (1994) ที่พบว่า การเสริมน้ำมันจากปลาเมนฮาเดน (menhaden oil) ที่มีกรดไขมันโอเมก้า-3 สูงเช่นเดียวกับน้ำมันลินซีดนั้น ช่วยให้คอเลสเตอรอลทั้งในเลือดและไข่แดงลดลงได้เช่นกัน และ Mutia and Uchida (1999) รายงานว่า การเสริมน้ำมันถั่วเหลืองทำให้คอเลสเตอรอลในไข่แดงและตับลดลง แต่คอเลสเตอรอลในเลือดกลับไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับไขวัว

เมื่อให้แม่ไก่ได้รับอาหารทดลองมาจนครบ 168 วัน หรือประมาณ 6 เดือนแล้ว จากนั้นเปลี่ยนให้แม่ไก่ทุกตัวได้รับอาหารสูตรควบคุม (สูตรที่ 1 ซึ่งมีการใช้น้ำมันปาล์มที่ระดับ 3% ของสูตรอาหาร โดยไม่มีการเสริมทั้งแร่ธาตุทองแดงและโครเมียม) ต่อไปอีกเป็นเวลา 28 วัน กลับปรากฏว่า ทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดและไข่แดงอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันนั้น (ตารางที่ 8) สอดคล้องกับ Pesti and Bakalli (1998) ที่รายงานว่าเมื่องดการเสริมทองแดงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ จะทำให้ระดับคอเลสเตอรอลเพิ่มขึ้นจนไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม

- **นกกระทาไข่**

จากการเสริมด้วยทองแดงหรือโครเมียมในอาหารที่ใช้น้ำมันปาล์ม หรือการใช้น้ำมันพืชจากถั่วเหลืองหรือลินซีดทดแทนน้ำมันปาล์มทั้งหมดในสูตรอาหารนกกระทาไข่ เป็นเวลา 84 วัน มีผลทำให้คอเลสเตอรอลในไข่แดงลดลงได้ 2.4-8.3% โดยการเสริมด้วยโครเมียมระดับ 200 มก./ตันอาหาร ช่วยให้คอเลสเตอรอลในไข่แดงลดลงมากกว่ากลุ่มอื่นๆ นั้น จะเห็นได้ว่าเมื่อเทียบกับการศึกษาในไก่ไข่ (การทดลองที่ 1) การใช้แร่ธาตุทั้งสองชนิดดังกล่าว สามารถช่วยลดคอเลสเตอรอลได้มากกว่า 1 เท่าตัว (8.3 vs. 4.2%) อาจเนื่องจากสัตว์แต่ละชนิดมีความสามารถในการนำโครเมียมใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน ซึ่งจะเห็นได้จากรายงานของ Kim *et al.* (1997) ที่พบว่า การเสริมโครเมียมในรูปโครเมียมพิโคลิเนตระดับ 200, 400 และ 800 มก./ตันอาหาร ในไก่ไข่สามารถลดคอเลสเตอรอลในเลือดได้ 5.3, 22.3 และ 12.8% ตามลำดับ ส่วนในนกกระทาไข่นั้น การเสริมโครเมียมพิโคลิเนตระดับ 200, 400, 800 และ 1,200 มก./ตันอาหาร จะลดคอเลสเตอรอลลงได้ 2.7, 5.1, 6.9 และ 11.4% ตามลำดับ (Sahin *et al.* 2001) จะเห็นได้ว่าการเสริมโครเมียมจะทำให้คอเลสเตอรอลในเลือดไก่ไข่ลดลงได้มากกว่าในเลือดนกกระทา

สำหรับการใช้น้ำมันจากพืชทั้งจากถั่วเหลืองและลินซีดเพื่อลดปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่นกกระทา พบว่าสามารถลดได้มากกว่าใช้ในอาหารไก่ไข่ คือ ในไข่นกกระทาสามารถทำให้ลดลงได้ 5.1-6.7% ในขณะที่ในไก่ไข่ทำให้ลดลงได้เพียง 1.5-1.9% เท่านั้น สอดคล้องกับการรายงานของนักวิจัยหลายท่านที่บ่งว่า น้ำมันจากพืช เช่น ดอกคำฝอย ดอกทานตะวัน ลินซีด ถั่วเหลือง และคาโนลาช่วยทำให้ลดคอเลสเตอรอลในไข่แดงลดลงได้เพียง 1.6-3.8% (Millinsk *et al.*, 2003 และ An *et al.*, 1997) ในขณะที่ Mutia and Uchida (1998) กลับรายงานว่า การใช้น้ำมันถั่วเหลืองสามารถลดคอเลสเตอรอลลงได้ถึง 9.3% ซึ่งสูงกว่าผลการศึกษาในครั้งนี้เล็กน้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื่องจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดโอเมก้า-3 ไปยับยั้งการสังเคราะห์ไตรกลีเซอไรด์ และลดปริมาณ mRNA ของเอนไซม์ acetyl-CoA carboxylase ที่ตับ ทำให้การสังเคราะห์ไขมันลดลงและเพิ่มการสลายไขมันมากขึ้น มีผลให้ VLDL และ LDL ในเลือดลดลง รวมทั้งการขนย้ายคอเลสเตอรอลในกระแสเลือดลดลงตามไปด้วย (Clark and Armstrong, 1988 และ Nest, 1986 อ้างโดย ณาตยา และคณะ, 2540) อีกทั้งยังช่วยลดไขมันในเลือด โดยจะไประงับการสร้าง apoprotein B และ VLDL-triglyceride ทำให้การสร้าง VLDL ลดลง จึงเท่ากับระงับการสร้าง VLDL และคอเลสเตอรอลด้วย ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดโอเมก้า-6 ทำให้ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดลดลง เกิดจากกรดลิโนเลนิก ซึ่งเป็นตัวขับคอเลสเตอรอลออกเป็น sterol จะมีกรดน้ำดีออกไปกับอุจจาระมากขึ้น ซึ่งอัตราการขับทิ้งที่มากกว่านี้ เป็นเหตุให้ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดลดลง (Phillipson *et al.*, 1985)

การที่ปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงของนกกระทาลดลงเมื่อเสริมด้วยแร่ธาตุ (ทองแดงหรือโครเมียม) และเมื่อให้น้ำมันพืชประเภทที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงนั้น มีเหตุผลเช่นเดียวกับที่ได้อธิบายไว้แล้วในการศึกษาของไก่ไข่ ซึ่งก็สอดคล้องกับการศึกษาของ Mutia and Uchida (1998), Prakash *et al.* (1996) และอีกหลายๆ ท่าน ดังได้กล่าวข้างต้น

กรดไขมันในไข่แดงของไก่ไข่และนกกระทาไข่

การเสริมแร่ธาตุชนิดทองแดงหรือโครเมียม และการใช้น้ำมันถั่วเหลืองหรือลินซีดแทนที่น้ำมันปาล์มในกลุ่มควบคุมในอาหารไก่ไข่ เป็นเวลา 168 วัน และในอาหารนกกระทาไข่ เป็นเวลา 84 วัน ซึ่งมีผลทำให้กรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดเชิงซ้อน (PUFA ; โอเมก้า-3 และโอเมก้า-6) เพิ่มขึ้นเมื่อใช้น้ำมันถั่วเหลืองหรือลินซีดทดแทนน้ำมันปาล์มนั้น เป็นเพราะน้ำมันปาล์มมีองค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัวสูง ส่วนในน้ำมันถั่วเหลืองและลินซีดนั้น องค์ประกอบส่วนใหญ่จะเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว เนื่องจากองค์ประกอบของกรดไขมันในอาหารมีผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดง (BaoWei 1996, An *et al.* 1997, Rady and Mandour 1999 และ Raes *et al.* 2002) แต่อัตราส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวต่อกรดไขมันอิ่มตัวนั้น กลับพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFA) ลดลง สอดคล้องกับ Sim *et al.* (1973) ที่รายงานว่า การเสริม PUFA ระดับสูง ทำให้การสังเคราะห์ MUFA ลดลง และเพิ่มการสังเคราะห์ SFA เพื่อรักษาอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันอิ่มตัวกับกรดไขมันไม่อิ่มตัวภายในร่างกายให้มีความสมดุล

อย่างไรก็ดี จากการเพิ่มขึ้นของ PUFA นั้น จะเห็นว่า เมื่อใช้น้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันลินซีดทดแทนน้ำมันปาล์มทั้งที่ไม่เสริมและเสริมด้วยแร่ธาตุทั้ง 2 ชนิด มีกรดลิโนเลนิก (C18:3) และ DHA (C22:6) หรือโอเมก้า-3 ในไก่ไข่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่มี EPA ไม่ต่างกัน ส่วนในนกกระทามีกรดไขมันทั้ง 3 ชนิดดังกล่าวเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ผลนี้สอดคล้องกับการราย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

งานของ Baucells *et al.* (2000) ที่รายงานว่า ไข่แดงจะมี EPA เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า ส่วน DHA เพิ่มขึ้นสี่เท่าเมื่อเสริมน้ำมันลินซีดในอาหารไก่ไข่ จึงทำให้อัตราส่วนระหว่างกรดไขมันโอเมก้า-6 ต่อ โอเมก้า-3 ดีขึ้นเมื่อใช้น้ำมันถั่วเหลืองหรือลินซีดแทนน้ำมันปาล์ม อย่างไรก็ดีการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันโอเมก้า-3 ในไข่แดงจะส่งผลให้ปริมาณกรดไขมันโอเมก้า-6 ในไข่แดงลดลง เนื่องจากกรดไขมันประเภทนี้ส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวประเภทเชิงเดี่ยว สอดคล้องกับ Grobas *et al.* (2001) ที่พบว่า การใช้น้ำมันลินซีดกับน้ำมันมะกอก หรือน้ำมันถั่วเหลือง ทำให้ปริมาณกลิโนเลนิก, EPA, DPA, DHA (โอเมก้า-3) เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่มีโอเมก้า-6 ลดลง ส่งผลให้อัตราส่วนระหว่างโอเมก้า-6 ต่อโอเมก้า-3 ดีขึ้น

ส่วนผลเมื่อเสริมด้วยทองแดงหรือโครเมียมที่ไม่ทำให้องค์ประกอบของกรดไขมันเปลี่ยนแปลงไปนั้น สอดคล้องกับรายงานของ Maurice and Lightsey (1998) ที่เสริมทองแดงในรูปคอบเปอร์ซัลเฟต ระดับ 250 มก./กก. อาหารในไก่ไข่ พบว่า ปริมาณกรดไขมันในไข่แดงไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามมีรายงานว่า เมื่อเสริมทองแดงในอาหารสุกร มีผลทำให้ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในไขมันสันหลังเพิ่มขึ้น (Elliot and Bowland, 1968 และ Amer and Elliot, 1973)

ทองแดงในอวัยวะภายในและมูลของไก่ไข่และนกกระทาไข่

สำหรับปริมาณทองแดงที่สะสมในอวัยวะภายในของไก่และมูลของไก่ไข่ เมื่อเสริมแร่ธาตุชนิดทองแดงที่ระดับ 250 มก./กก. แล้วมีผลทำให้ปริมาณทองแดงมีแนวโน้มสะสมเพิ่มขึ้นทั้งในหัวใจ ตับ และกึ๋น เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยส่วนใหญ่ตรวจพบได้ในทางเดินอาหารนั้น ทั้งนี้อาจมีสาเหตุเนื่องจากทองแดงจะถูกขับออกจากร่างกายผ่านทางน้ำดี เข้ามาในระบบย่อยอาหารและถูกขับออกทางอุจจาระ (สุพิศ, 2524) เมื่อเสริมโครเมียม น้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันลินซีดมีค่าไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ยกเว้นการเสริมทองแดงทั้งสองระดับจะทำให้มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม ตามลำดับ การทดลองนี้สอดคล้องกับ Ewing *et al.* (1998) และ Guo *et al.* (2001) พบว่าการเสริมทองแดงนั้น ทำให้มีการสะสมของทองแดงในตับได้ สำหรับทองแดงในทางเดินอาหาร และมูล ซึ่งเห็นได้ว่าทองแดงมีการขับถ่ายออกมา ทำให้ไม่มีการสะสมในอวัยวะภายใน สอดคล้องกับ Pesti and Bakalli (1996) ซึ่งรายงานว่าไม่มีการสะสมของทองแดงในอวัยวะภายในของไก่เนื้อ ส่วนใหญ่ถูกขับถ่ายออกมาทางมูลเช่นกัน โดย Pesti and Bakalli (1998) รายงานว่า ในไก่ไข่จะพบว่ามีการสะสมของทองแดงในไข่แดงเพิ่มขึ้น 2.35 และ 4.44 มก./กก. เมื่อเสริมทองแดงระดับ 125 และ 250 มก./กก. ตามลำดับ และมีการขับออกทางมูลเพิ่มขึ้น 126.9 และ 234.7 มก./กก. โดยได้เสริมทองแดงในรูปอนินทรีย์ ในขณะที่การทดลองครั้งนี้มีการขับออกทางมูลเพิ่มขึ้นเพียง 96.0 และ 160.5 มก./กก. เนื่องจากในการทดลองครั้งนี้ใช้ทองแดงในรูปอินทรีย์ จะมีการดูดซึมได้ดีกว่าในรูปอนินทรีย์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อย่างไรก็ดีในที่นี้ไม่ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณทองแดงในเลือด และในไข่แดง เนื่องจากข้อจำกัดของอุปกรณ์ แต่จากรายงานที่ผ่านมา บ่งว่าในเลือดและไข่ไก่จะมีการสะสมน้อยมาก ดังเช่น Al Ankari *et al.* (1998) ที่อ้างว่าเมื่อเสริมทองแดงในระดับ 50, 150, 250 มก./กก. ไม่ทำให้ทองแดงในเลือดและไข่แดงแตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่เสริมทองแดง

สรุปผลการทดลอง

1. สมรรถภาพการผลิต (ผลผลิตไข่ ประสิทธิภาพการใช้อาหารและน้ำหนักตัวเพิ่ม) ทั้งในไก่ไข่และนกกระทาไข่ ให้ผลไม่แตกต่างกัน ยกเว้นปริมาณอาหารที่กินของแม่ไก่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเสริมด้วยทองแดงระดับ 250 มก./กก. อาหาร และเมื่อใช้น้ำมันลินซีด

2. ค่า Haugh unit ในไก่ไข่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้แร่ธาตุทั้งสองชนิดและใช้น้ำมันพืชจากถั่วเหลืองหรือลินซีด ในขณะที่ความถ่วงจำเพาะ (ถพ.) ของไข่มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มที่ใช้โครเมียมระดับสูง

3. น้ำหนักไข่ของนกกระทาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเสริมด้วยทองแดงหรือโครเมียม และเมื่อใช้น้ำมันจากถั่วเหลืองหรือลินซีด

4. ปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดไก่ลดลงอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในช่วง 84 วันแรกของการทดลอง อย่างไรก็ดีตลอดการทดลอง การใช้ทองแดงหรือโครเมียม ช่วยให้คอเลสเตอรอลลดลงได้ 18-28% และ 9-15% ตามลำดับ ส่วนการใช้น้ำมันจากถั่วเหลืองและลินซีดช่วยให้ลดลงได้ 20-25%

   เมื่อปรับเปลี่ยนให้ไก่ทุกตัวได้รับอาหารควบคุมต่อไปอีก 28 วัน ปริมาณคอเลสเตอรอลทั้งในเลือดและในไข่ของแม่ไก่ที่เคยได้รับอาหารเสริมแร่ธาตุหรือน้ำมันพืชทั้งสองชนิดกลับเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม

5. เมื่อใช้แร่ธาตุทั้งสองชนิดข้างต้นและใช้น้ำมันจากถั่วเหลืองหรือลินซีดแทนที่น้ำมันปาล์ม สามารถลดปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงของไก่ไข่ลงในช่วง 1.5-4.4% ส่วนนกกระทาไข่ลดลงได้ 2.4-8.3% โดยการใช้โครเมียม และใช้น้ำมันจากถั่วเหลือง มีประสิทธิภาพในการลดคอเลสเตอรอลได้มากกว่าทองแดงและน้ำมันลินซีดเล็กน้อย

6. การใช้น้ำมันถั่วเหลืองและลินซีดช่วยเพิ่มกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะกรดไขมันโอเมก้า-3 ในไข่แดงให้มากขึ้นได้

7. ไม่พบการสะสมของทองแดงที่มากผิดปกติในอวัยวะภายใน (หัวใจ ตับและกึ๋น) โดยทองแดงที่ให้เพิ่มขึ้นในอาหารจะถูกขับออกมากับมูลเพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่มีสัดส่วนของการขับออก เมื่อเทียบกับปริมาณที่ได้รับใกล้เคียงกัน กล่าวคือ มีสัดส่วนการขับออกเท่ากับ 26-29% ในไข่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไก่ และ 45-61% ในนกกระทา และเมื่องดให้ทองแดงในอาหารไก่ไข่เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ทองแดงที่ขับออกมาจะมีปริมาณใกล้เคียงกัน

8. ต้นทุนการผลิตไข่ไก่และไข่นกกระทาลดลงได้ 0.1-1.02 และ 1.10-2.79 บาท/ไข่ 1 กก. ตามลำดับ เมื่อเสริมด้วยแร่ธาตุอินทรีย์หรือใช้น้ำมันพืชทั้งสองชนิด ยกเว้นเมื่อเสริมทองแดงในไก่ไข่ จะมีต้นทุนค่าอาหารสูงขึ้นเล็กน้อย (0.39-0.44 บาท/ไข่ 1 โหล หรือ 0.44-0.45 บาท/ไข่ 1 กก.)

การใช้สารเสริม (ทองแดงหรือโครเมียม) และน้ำมันพืชจากถั่วเหลืองหรือลินซีด ในทางปฏิบัติน่าจะนำมาใช้ในอาหารไก่ไข่และนกกระทา เพื่อลดคอเลสเตอรอลและลดต้นทุนการผลิตได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved