บทที่ 4

ผลการทดลอง

องค์ประกอบของกรดไขมันในอาหารทดลอง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในอาหารทดลองทั้ง 8 สูตร ผลแสดงไว้ใน Table 8 ปรากฏว่า การเสริมทองแดงและโครเมียมทั้ง 2 ระดับ รวมทั้งกลุ่มเสริมไดโตซาน ไม่ทำให้องค์ประกอบของกรดไขมันในอาหารแตกต่างกัน โดยกลุ่มที่กล่าวมาข้างต้นนี้ เป็นกลุ่มที่ใช้น้ำมันปาล์มในสูตรอาหารเหมือนกัน ซึ่งจะมีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในสัดส่วนที่มากกว่าชนิดอิ่มตัว โดยส่วนใหญ่เป็นชนิดไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวสูง ได้แก่กรดโอเลอิก (C18 :1) 53 g/100 g fat ส่วนกลุ่มที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองและลินซีดทดแทนน้ำมันปาล์มนั้น จะมีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนในอาหารสูงกว่ากลุ่มที่ใช้น้ำมันปาล์ม กล่าวคือ กลุ่มที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองมีกรดไขมันลิโนเลอิก (C18:2) 51.5 g/100 g fat ในขณะที่กลุ่มใช้น้ำมันลินซีดมีกรดไขมันชนิดลิโนเลนิก (C18:3) มากที่สุด (41.9 g/100 g fat)

การศึกษาในไก่เนื้อ *(การทดลองที่ 1)*

- **สมรรถภาพการผลิต**

สมรรถภาพการผลิต (น้ำหนักตัวเพิ่ม ปริมาณอาหารที่กิน และอัตราแลกน้ำหนัก) ให้ผลไม่แตกต่างกัน (Table 9) ยกเว้นกลุ่มที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองมีน้ำหนักตัวเพิ่มเฉลี่ยทั้ง 2 เพศ หรือเฉพาะเพศผู้ดีกว่ากลุ่มควบคุมที่ใช้น้ำมันปาล์ม (2.22 vs. 2.07 กก. และ 2.34 vs. 2.18 กก.) ในขณะที่กลุ่มใช้น้ำมันลินซีดมีอัตราแลกน้ำหนักดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (2.21 vs. 2.39) อย่างไรก็ดีมีแนวโน้มว่าการเสริมด้วย Cu ระดับต่ำ (125 มก./กก.) ให้ผลด้านสมรรถภาพการผลิตดีกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมในระดับสูง (250 มก./กก.) นอกจากนี้ ยังพบว่าไก่เพศผู้มีน้ำหนักตัวเพิ่มมากกว่าเพศเมีย

สำหรับอัตราการตายตลอดระยะการทดลอง พบว่า อยู่ในช่วง 0.7-6.1% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปกติของฟาร์มทั่วไป โดยกลุ่มที่เสริมโครเมียมระดับสูง 400 มก./ตันอาหาร มีอัตราการตายต่ำที่สุด ในขณะที่กลุ่มเสริมโครเมียมระดับต่ำ (200 มก./ตัน) ตายมากที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากคอกทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของไก่กลุ่มนี้มีอยู่หนึ่งซ้ำที่ถูกแสงแดดส่องมาก (ร้อนจัด) ทำให้สัตว์เกิดความเครียดอันเนื่องมาจากความร้อน

Table 8. Fatty acid profiles in experimental diets (g/100 g fat) investigated in this study.

Plant oil source	Palm oil						Soybean oil	Linseed oil	S.E.M.
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)		Chitosan			
		125	250	200	400	0.6%			
C14:0	1.31^{a}	1.31^{a}	1.28^{a}	1.24^{a}	1.30^{a}	1.28^{a}	1.29^{a}	1.27^{a}	0.01
C16:0	14.67^{a}	15.24^{a}	14.77^{a}	14.70^{a}	14.80^{a}	14.80^{a}	9.50^{b}	9.25^{b}	0.15
C18:0	6.39^{a}	6.28^{a}	6.37^{a}	6.40^{a}	6.39^{a}	6.38^{a}	4.48^{b}	3.37^{c}	0.12
C16:1	7.21^{a}	7.15^{a}	7.23^{a}	7.19^{a}	7.14^{a}	7.19^{a}	5.15^{b}	4.32^{c}	0.05
C18:1	52.90^{a}	53.10^{a}	53.05^{a}	52.90^{a}	52.91^{a}	52.90^{a}	21.93^{b}	16.97^{c}	0.11
C18:2 ω-6	15.63^{c}	15.15^{c}	15.51^{c}	15.55^{c}	15.60^{c}	15.65^{c}	51.52^{a}	22.90^{b}	0.10
C18:3 ω-3	1.86^{c}	1.75^{c}	1.79^{c}	1.84^{c}	1.86^{c}	1.80^{c}	5.13^{b}	41.91^{a}	0.05
SFA	22.37^{a}	22.83^{a}	22.41^{a}	22.34^{a}	22.49^{a}	22.46^{a}	15.27^{b}	13.89^{b}	0.20
UFA	77.60^{b}	77.15^{b}	77.58^{b}	77.48^{b}	77.51^{b}	77.54^{b}	83.73^{a}	86.10^{a}	0.19
MUFA	60.10^{a}	60.25^{a}	60.28^{a}	60.09^{a}	60.05^{a}	60.09^{a}	27.08^{b}	21.29^{c}	0.13
PUFA	17.49^{c}	16.90^{c}	17.30^{c}	17.39^{c}	17.46^{c}	17.45^{c}	56.65^{b}	64.81^{a}	0.11
UFA/SFA	3.47^{c}	3.39^{c}	3.46^{c}	3.47^{c}	3.45^{c}	3.46^{c}	5.48^{b}	6.20^{a}	0.03
Total ω-6	15.63^{c}	15.15^{c}	15.51^{c}	15.55^{c}	15.60^{c}	15.65^{c}	51.52^{a}	22.90^{b}	0.10
Total ω-3	1.86^{c}	1.75^{c}	1.79^{c}	1.84^{c}	1.86^{c}	1.80^{c}	5.13^{b}	41.91^{a}	0.05
ω-6/ω-3	8.43^{b}	8.68^{b}	8.68^{b}	8.46^{b}	8.39^{b}	8.71^{b}	10.04^{a}	0.55^{c}	0.10

Values within a row with no common superscripts are significantly different (P<0.05)

SFA = saturated fatty acid, UFA = unsaturated fatty acid, MUFA = monounsaturated fatty acid, PUFA = polyunsaturated fatty acid, ω-6 = ω-6 fatty acid, ω-3 = ω-3 fatty acid, C14:0 = myristic acid, C16:0 = palmitic acid, C16:1 = palmitoleic acid, C18:0 = stearic acid, C18:1 = oleic acid, C18:2 = linoleic acid, C18:3 = α-linolenic acid.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- **คุณภาพซาก**

ไขมันในช่องท้องของไก่เนื้อมีแนวโน้มลดลงเมื่อเสริมทองแดงและโครเมียมทั้ง 2 ระดับ แต่ไม่มีนัยสำคัญ ในขณะที่เมื่อเสริมด้วยไคโตซาน หรือเมื่อใช้น้ำมันถั่วเหลืองหรือลินซีดแทนที่น้ำมันปาล์ม จะมีการสะสมของไขมันต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ 1.17-1.26 vs. 1.80% BW

ตามลำดับ, Table 10) ส่วนผลคุณภาพซากด้านอื่นๆ (เปอร์เซ็นต์ซาก น้ำหนักเครื่องในรวม กึ๋น ตับ เนื้อน่องไม่ถอดกระดูก และเนื้อหน้าอก) ให้ผลไม่ต่างกันในทุกกลุ่ม อย่างไรก็ดีเมื่อแยกพิจารณาในแต่ละเพศ พบว่า ไก่เพศเมียมีไขมันในช่องท้องและเนื้อหน้าอกสูงกว่าแต่มีเนื้อน่องน้อยกว่าเพศผู้อย่างมีนัยสำคัญ

Table 9. Production performance and cost of broilers fed diets containing different sources of plant oil or supplemented with chitosan (0.6% of diet) and various levels of Cu or Cr during 2-7 weeks of birds' age.

Plant oil source	Palm oil						Soy-bean oil	Linseed oil	S.E.M.
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)		Chitosan (0.6%)			
		125	250	200	400				
Body weight gain[1/] (kg)									
Male	2.18^{b}	2.33^{a}	2.19^{b}	2.24^{ab}	2.25^{ab}	2.22^{ab}	2.34^{a}	2.28^{ab}	0.02
Female	1.95^{a}	2.00^{a}	1.91^{a}	2.02^{a}	2.02^{a}	2.00^{a}	2.09^{a}	2.06^{a}	0.02
Average	*2.07^{b}*	*2.17^{ab}*	*2.05^{b}*	*2.13^{ab}*	*2.14^{ab}*	*2.11^{ab}*	*2.22^{a}*	*2.17^{ab}*	0.02
FI (kg)	4.95^{abc}	5.05^{ab}	4.85^{bc}	5.02^{abc}	5.10^{a}	5.05^{ab}	5.06^{ab}	4.80^{c}	0.02
FCR	2.39^{a}	2.33^{ab}	2.36^{ab}	2.36^{ab}	2.38^{a}	2.39^{a}	2.28^{ab}	2.21^{b}	0.01
Mortality (%)	3.36^{abc}	4.71^{ab}	2.03^{bc}	6.13^{a}	0.67^{c}	1.95^{a}	0.68^{c}	2.67^{bc}	0.38
Production cost[2/] (Bt/kg BW gain)	19.09	19.46	20.65	20.00	21.40	19.26	18.75	18.59	-

[a-c]Values within a row with no common superscripts are significantly different (P<0.05)

[1/]In the first week, BW gain and feed intake were 80 and 140 g/bird, respectively.

[2/]Ingredient price (Bt/kg) : corn 5.30, defatted rice bran 4.00, soybean meal 10.20, fish meal 20.00, palm oil 18.00, soybean oil 22.00, linseed oil 25.00, dicalcium phosphate 13.00, oyster shell 2.00, DL-Methionine 120.00, L-lysine 75.00, salt 2.00, vitamin and mineral premix 65.00, chitosan 60, Bioplex-Copper (10%) 300, and Bio-Chrom 1,250

• คอเลสเตอรอลในเลือดและเนื้อไก่

ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมของไก่เนื้อที่อายุ 4 สัปดาห์ให้ผลไม่ต่างกันในทุกกลุ่ม แต่เมื่อไก่มีอายุมากขึ้น (ที่ 7 สัปดาห์) การเสริมด้วยแร่ธาตุอินทรีย์ ไคโตซาน หรือใช้กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนสูง ทำให้มีปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัม เนื้ออก และเนื้อน่องต่ำกว่ากลุ่มควบคุม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อย่างมีนัยสำคัญ คือ มีปริมาณลดลงเท่ากับ 13.2-27.5, 10.9-30.6 และ 8.2-27.1% ตามลำดับ (Table 11)

เมื่อแยกพิจารณาในแต่ละเพศ พบว่า เพศผู้มีปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมทั้งที่อายุ 4 สัปดาห์และ 7 สัปดาห์ สูงกว่าไก่เพศเมียอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่เนื้อน่องและหน้าอกให้ผลไม่ต่างกัน

Table 10. Dressing percentage, weight of visceral organs, drumstick (with bone) and breast meat of broilers fed diets containing different sources of plant oil or supplemented with chitosan (0.6% of diet) and various levels of Cu or Cr during 2-7 weeks of birds' age.

Plant oil source	Level in diet		Dressing	Visceral organ (% BW)				Drumstick	Breast
	Cu (ppm)	Cr (ppb)	(%)	GI	Gizzard	Liver	AF	←(% BW)→	
Palm oil	-		76.2	8.77^{ab}	1.31	2.11	1.80^{ab}	9.84	13.84
Palm oil	125	-	77.3	8.65^{b}	1.28	2.23	1.56^{abc}	9.97	14.77
Palm oil	250	-	75.2	9.63^{a}	1.35	2.14	1.62^{ab}	9.62	14.12
Palm oil	-	200	76.2	9.52^{a}	1.32	2.20	1.58^{ab}	9.94	13.95
Palm oil	-	400	76.5	9.33^{ab}	1.29	2.14	1.34^{bc}	9.93	14.52
Palm oil+CT	-	-	77.8	9.28^{ab}	1.19	2.07	1.26^{c}	10.25	14.59
Soybean oil	-	-	77.9	8.37^{b}	1.24	2.03	1.22^{c}	10.08	14.62
Linseed oil	-	-	77.6	8.84^{ab}	1.32	2.02	1.17^{c}	9.75	14.53
Average male			***76.5***	***8.76***	***1.29***	***2.07***	***1.01^{y}***	***10.30^{x}***	***13.94^{y}***
Average female			***76.8***	***9.34***	***1.29***	***2.18***	***2.04^{x}***	***9.55^{y}***	***14.80^{x}***
S.E.M.			0.29	0.12	0.02	0.03	0.06	0.07	0.16

$^{a-c\ x,y}$Values within a column with no common superscripts are significantly different ($P<0.05$)

CT= Chitosan, GI = gastrointestinal tract, AF= abdominal plus visceral fat.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

● กรดไขมันในเนื้อไก่และตับ

ผลการเสริมแร่ธาตุอินทรีย์ชนิดทองแดงหรือโครเมียมในอาหารที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นแหล่งพลังงาน และการใช้น้ำมันถั่วเหลืองหรือลินซีดทดแทนน้ำมันปาล์มทั้งหมดในสูตรอาหารไก่เนื้อช่วงอายุ 2-7 สัปดาห์ ปรากฏว่า การเสริมทองแดงและโครเมียมทั้งสองระดับ ไม่ทำให้องค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้ออก เนื้อน่อง และตับเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ไม่ว่าจะเทียบเป็น

เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด (ข้อมูลใน appendix B.) หรือเทียบเป็นมิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของเนื้อหรือตับ (Table 12-14)

ส่วนการแทนที่น้ำมันปาล์มด้วยน้ำมันถั่วเหลืองและลินซีดนั้น พบว่า มีผลทำให้ปริมาณกรดไขมันชนิดอิ่มตัวในเนื้อทั้ง 2 ชนิดและในตับต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะประเภทเชิงซ้อนเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ใช้น้ำมันปาล์ม โดยชนิดกรดไขมันที่เพิ่มขึ้นเมื่อใช้น้ำมันถั่วเหลือง ส่วนใหญ่จะอยู่ในตระกูล ω-6 (C18:2 และ C20:4) แต่ถ้าใช้น้ำมันลินซีดส่วนใหญ่จะเป็นการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันตระกูล ω-3 (C18:3, C20:5 และ C22:6; Table 12-14)

Table 11. Cholesterol in serum and muscle of 7 week-old broilers fed diets containing different sources of plant oils or supplemented with chitosan and various levels of Cu or Cr during 2-7 weeks of birds' age

Plant oil source	Level in diet		Serum cholesterol		Muscle cholesterol	
	Cu	Cr	Week 4	Week 7	Breast	Drumstick
	(ppm)	(ppb)	← (mg/dl) →		← (mg/100 g) →	
Palm oil	-		104.00^{a}	130.50^{a}	57.73^{a}	82.62^{a}
Palm oil	125	-	98.42^{a}	113.33^{b}	42.35^{ef}	62.58^{ef}
Palm oil	250	-	105.83^{a}	107.08^{c}	40.07^{f}	60.21^{f}
Palm oil	-	200	101.58^{a}	103.42^{d}	44.78^{de}	66.26^{de}
Palm oil	-	400	105.08^{a}	97.67^{e}	50.01^{b}	75.83^{b}
Palm oil-chitosan [1/]	-	-	97.67^{a}	102.92^{d}	47.16^{cd}	71.50^{bc}
Soybean oil			98.92^{a}	94.67^{e}	51.45^{b}	71.91^{bc}
Linseed oil			106.33^{a}	109.75^{c}	49.11^{bc}	69.14^{cd}
Average male			***109.67^{x}***	***114.29^{x}***	***48.18^{x}***	***69.77^{x}***
Average female			***94.79^{y}***	***100.54^{y}***	***47.77^{x}***	***69.81^{x}***
S.E.M.			1.72	1.72	0.12	0.18

Values within a column with no common superscripts are significantly different (P<0.05)

[1/] Supplemented with chitosan at level of 0.6% of the diet.

สำหรับผลการศึกษาในช่วงท้ายของการเจริญเติบโตที่ไก่อายุ 7-8 สัปดาห์ ด้วยการเปลี่ยนอาหารที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นแหล่งพลังงานเสริมมาเป็นน้ำมันถั่วเหลืองหรือน้ำมันลินซีด ซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน ผลแสดงไว้ใน Table 15-16 ปรากฏว่า ปริมาณกรดไขมันให้ผลในทำนองเดียวกับการเสริมตลอดการทดลอง กล่าวคือ กลุ่มที่เปลี่ยนมาใช้น้ำมันถั่วเหลือง จะมีการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัม และในเนื้อไก่ทั้ง 3 กลุ่มให้ผลไม่ต่างกัน แต่ถ้าพิจารณาในระหว่างเพศ พบว่า ไก่เพศเมียมีคอเลสเตอรอลในซีรัมต่ำกว่าเพศผู้อย่างมีนัยสำคัญ (118.5 vs. 130.5 mg/dl) ในขณะที่คอเลสเตอรอลในเนื้อให้ผลไม่ต่างกัน (Table 16)

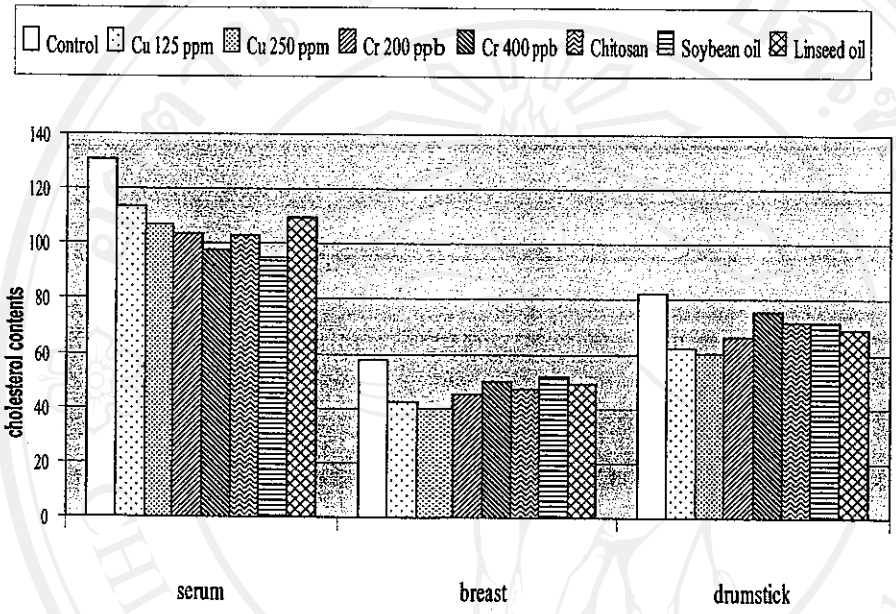

Fig. 17 : Cholesterol in serum and muscle of 7-week-old broilers fed diets containing different sources of plant oils or supplemented with chitosan and various levels of Cu or Cr during 2-7 weeks of birds' age.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

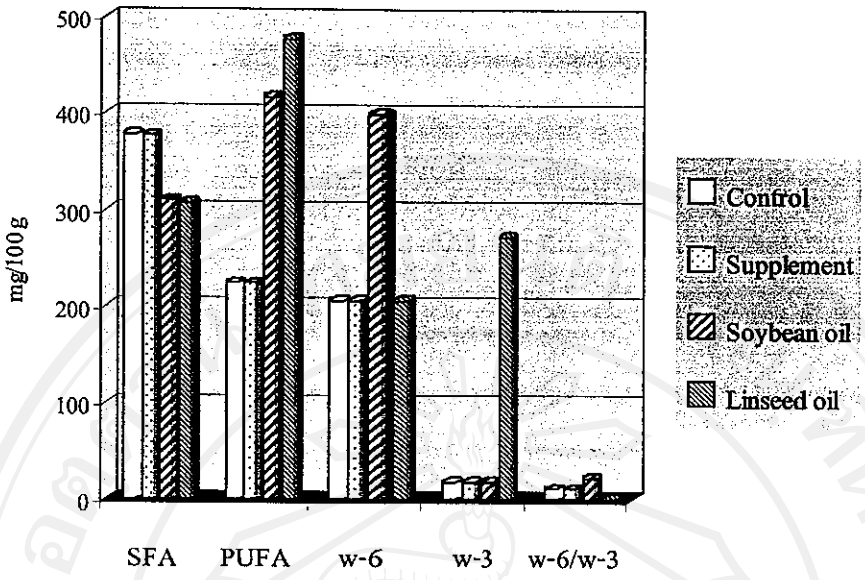

Fig. 18 : Fatty acid profiles in breast meat (mg/100g) of 7-week-old broilers fed diets containing different sources of plant oil or supplemented with chitosan (0.6% of diet) and various levels of Cu or Cr during 2-7 weeks of birds' age.

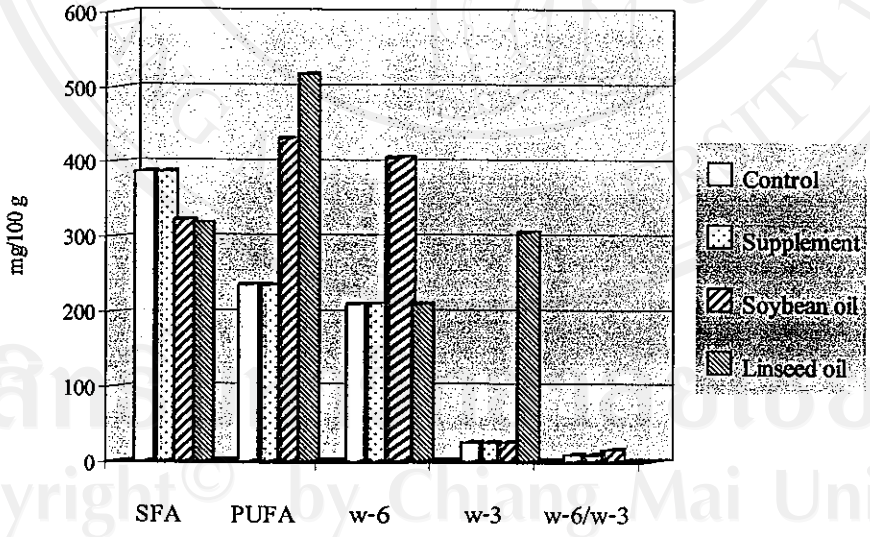

Fig. 19 : Fatty acid profiles in drumstick meat (mg/100g) of 7-week-old broilers fed diets containing different sources of plant oil or supplemented with chitosan (0.6% of diet) and various levels of Cu or Cr during 2-7 weeks of birds' age.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 12. Fatty acid profiles in breast meat (mg/100g) of 7-week old broilers fed diets containing different sources of plant oil or supplemented with chitosan (0.6% of diet) and various levels of Cu or Cr during 2-7 weeks.

Plant oil source	Palm oil						Soybean oil	Linseed oil	S.E.M.
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)		Chitosan 0.6%			
		125	250	200	400				
C14:0	37.70^{a}	36.29^{a}	37.50^{a}	36.61^{a}	38.21^{a}	38.08^{a}	36.69^{a}	36.90^{a}	0.22
C16:0	276.22^{a}	276.24^{a}	276.24^{a}	276.46^{a}	276.04^{a}	276.56^{a}	232.00^{b}	229.87^{b}	0.69
C18:0	63.69^{a}	63.53^{a}	63.74^{a}	63.33^{a}	64.00^{a}	63.69^{a}	41.66^{b}	40.83^{b}	0.38
C16:1	87.58^{a}	87.40^{a}	87.30^{a}	87.66^{a}	87.81^{a}	87.33^{a}	26.69^{b}	23.10^{c}	0.10
C18:1	447.04^{a}	447.31^{a}	446.98^{a}	447.28^{a}	447.28^{a}	447.38^{a}	389.59^{b}	354.60^{c}	0.47
C18:2 ω-6	199.15^{b}	199.47^{b}	199.40^{b}	199.36^{b}	199.36^{b}	199.68^{b}	370.02^{a}	199.22^{b}	0.22
C18:3 ω-3	16.10^{b}	16.12^{b}	16.38^{b}	15.95^{b}	16.17^{b}	16.68^{b}	16.24^{b}	249.16^{a}	0.32
C20:4 ω-6	7.11^{b}	7.22^{b}	7.05^{b}	7.08^{b}	7.08^{b}	7.02^{b}	29.57^{a}	6.99^{b}	0.12
C20:5 ω-3	0.44^{b}	0.38^{b}	0.46^{b}	0.48^{b}	0.48^{b}	0.48^{b}	0.37^{b}	16.13^{a}	0.02
C22:6 ω-3	1.48^{b}	1.60^{b}	1.47^{b}	1.66^{b}	1.58^{b}	1.45^{b}	1.35^{b}	6.78^{a}	0.04
SFA	377.61^{a}	375.89^{a}	377.48^{a}	376.40^{a}	378.25^{a}	378.34^{a}	310.36^{b}	307.60^{b}	0.80
UFA	758.90^{c}	759.50^{c}	759.04^{c}	759.66^{c}	759.75^{c}	760.02^{c}	833.82^{b}	855.99^{a}	0.56
MUFA	534.62^{a}	534.71^{a}	534.27^{a}	534.93^{a}	535.08^{a}	534.71^{a}	416.28^{b}	377.71^{c}	0.46
PUFA	224.28^{c}	224.79^{c}	224.77^{c}	224.72^{c}	224.67^{c}	225.31^{c}	417.55^{b}	478.28^{a}	0.44
UFA/SFA	2.01^{c}	2.02^{c}	2.01^{c}	2.02^{c}	2.01^{c}	2.01^{c}	2.69^{b}	2.78^{a}	0.01
Total ω-6	206.26^{b}	206.69^{b}	206.45^{b}	206.64^{b}	204.44^{b}	206.70^{b}	399.58^{a}	206.21^{b}	0.26
Total ω-3	18.02^{b}	18.10^{b}	18.32^{b}	18.09^{b}	18.23^{b}	18.61^{b}	17.96^{b}	272.08^{a}	0.32
ω-6/ω-3	11.45^{b}	11.42^{b}	11.33^{b}	11.43^{b}	11.33^{b}	11.20^{b}	22.34^{a}	0.76^{c}	0.08

$^{a-c}$Values within a row with no common superscripts are significantly different ($P<0.05$)

SFA = saturated fatty acid, UFA = unsaturated fatty acid, MUFA = monounsaturated fatty acid, PUFA = polyunsaturated fatty acid, ω-6 = ω-6 fatty acid, ω-3 = ω-3 fatty acid, C14:0 = myristic acid, C16:0 = palmitic acid, C16:1 = palmitoleic acid, C18:0 = stearic acid, C18:1 = oleic acid, C18:2 = linoleic acid, C18:3 = α-linolenic acid, C20:4 = arachidonic acid, C20:5 = eicosapentaenoic acid (EPA), C22:6 = docosahexaenoic acid (DHA).

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 13. Fatty acid profiles in drumstick meat (mg/100g) of 7-week old broilers fed diets containing different sources of plant oil or supplemented with chitosan (0.6% of diet) and various levels of Cu or Cr during 2-7 weeks

Plant oil source	Palm oil						Soybean oil	Linseed oil	S.E.M.
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)		Chitosan			
		125	250	200	400	0.6 %			
C14:0	37.99[a]	38.38[a]	38.12[a]	38.64[a]	38.58[a]	38.25[a]	37.99[a]	38.38[a]	0.07
C16:0	283.90[a]	283.72[a]	283.59[a]	284.49[a]	283.54[a]	284.12[a]	237.98[b]	235.04[b]	0.29
C18:0	65.04[a]	65.28[a]	65.02[a]	65.04[a]	64.98[a]	64.96[a]	46.77[b]	45.28[c]	0.15
C16:1	69.05[a]	68.93[a]	68.78[a]	68.73[a]	68.86[a]	68.85[a]	33.08[b]	14.48[c]	0.30
C18:1	458.12[a]	458.28[a]	457.74[a]	458.06[a]	458.03[a]	457.79[a]	398.[1b3]	365.75[c]	0.67
C18:2 ω-6	203.92[b]	204.14[b]	204.36[b]	203.70[b]	204.58[b]	204.36[b]	374.00[a]	204.14[b]	0.24
C18:3 ω-3	23.32[b]	23.32[b]	23.06[b]	22.73[b]	22.60[b]	22.79[b]	22.86[b]	282.38[a]	0.59
C20:4 ω-6	6.94[b]	6.81[b]	6.81[b]	7.34[b]	6.88[b]	7.40[b]	32.88[a]	6.80[b]	0.08
C20:5 ω-3	0.46[b]	0.48[b]	0.54[b]	0.59[b]	0.54[b]	0.59[b]	0.42[b]	16.70[a]	0.02
C22:6 ω-3	1.70[b]	2.06[b]	1.72[b]	2.05[b]	1.83[b]	1.77[b]	2.02[b]	7.73[a]	0.04
SFA	386.93[a]	387.39[a]	386.73[a]	388.18[a]	387.09[a]	387.33[a]	322.74[b]	318.70[b]	0.56
UFA	763.51[c]	764.02[c]	763.01[c]	763.21[c]	763.33[c]	763.56[c]	863.40[b]	897.98[a]	1.06
MUFA	527.17[a]	527.21[a]	526.51[a]	526.80[a]	526.89[a]	526.64[a]	431.21[b]	380.23[c]	0.77
PUFA	236.35[c]	236.82[c]	236.50[c]	236.41[c]	236.43[c]	236.91[c]	432.19[b]	517.76[a]	0.63
UFA/SFA	1.97[c]	1.97[c]	1.97[c]	1.97[c]	1.97[c]	1.97[c]	2.68[b]	2.82[a]	4.90
Total ω-6	210.87[b]	210.95[b]	211.17[b]	211.04[b]	211.46[b]	211.76[b]	406.89[a]	210.94[b]	0.26
Total ω-3	25.48[b]	25.86[b]	25.33[b]	25.37[b]	24.98[b]	25.15[b]	25.30[b]	306.81[a]	0.59
ω-6/ω-3	8.28[b]	8.18[b]	8.36[b]	8.32[b]	8.54[b]	8.43[b]	16.10[a]	0.69[c]	0.04

[a-c]Values within a row with no common superscripts are significantly different ($P<0.05$)

SFA = saturated fatty acid, UFA = unsaturated fatty acid, MUFA = monounsaturated fatty acid, PUFA = polyunsaturated fatty acid, ω-6 = ω-6 fatty acid, ω-3 = ω-3 fatty acid, C14:0 = myristic acid, C16:0 = palmitic acid, C16:1 = palmitoleic acid, C18:0 = stearic acid, C18:1 = oleic acid, C18:2 = linoleic acid, C18:3 = α-linolenic acid, C20:4 = arachidonic acid, C20:5 = eicosapentaenoic acid (EPA), C22:6 = docosahexaenoic acid (DHA).

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 14. Fatty acid profiles in liver (mg/100g) of 7-week old broilers fed diets containing different sources of plant oil or supplemented with chitosan, Cu and Cr during 2-7 weeks.

Plant oil source	Palm oil						Soybean oil	Linseed oil	S.E.M.
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)		Chitosan			
		125	250	200	400	0.6%			
C14:0	39.20^{a}	38.73^{a}	38.73^{a}	39.20^{a}	38.79^{a}	39.06^{a}	39.53^{a}	39.46^{a}	0.08
C16:0	309.09^{a}	309.37^{a}	308.08^{a}	309.37^{a}	308.78^{a}	307.70^{a}	244.44^{b}	236.73^{c}	0.90
C18:0	68.05^{a}	67.80^{a}	67.56^{a}	67.36^{a}	67.62^{a}	68.14^{a}	43.62^{b}	41.81^{b}	0.27
C16:1	93.40^{a}	93.40^{a}	92.94^{a}	93.06^{a}	93.15^{a}	93.10^{a}	33.23^{b}	25.06^{c}	0.25
C18:1	468.33^{a}	468.61^{a}	468.50^{a}	469.61^{a}	468.74^{a}	468.78^{a}	408.41^{b}	370.56^{c}	0.55
C18:2 ω-6	208.48^{b}	208.48^{b}	208.70^{b}	208.93^{b}	208.15^{b}	209.15^{b}	383.43^{a}	208.48^{b}	0.24
C18:3 ω-3	32.61^{b}	32.50^{b}	32.38^{b}	32.55^{b}	32.94^{b}	32.16^{b}	32.38^{b}	302.55^{a}	0.34
C20:4 ω-6	7.16^{b}	7.10^{b}	6.66^{b}	7.06^{b}	7.17^{b}	7.09^{b}	38.06^{a}	7.18^{b}	0.08
C20:5 ω-3	0.79^{b}	0.79^{b}	0.77^{b}	0.80^{b}	0.71^{b}	0.87^{b}	0.75^{b}	19.97^{a}	0.12
C22:6 ω-3	1.47^{b}	1.54^{b}	1.61^{b}	1.61^{b}	1.41^{b}	1.54^{b}	1.61^{b}	11.66^{a}	0.06
SFA	416.34^{a}	415.90^{a}	414.36^{a}	415.92^{a}	415.40^{a}	414.90^{a}	327.58^{b}	318.00^{c}	0.94
UFA	812.24^{c}	812.42^{c}	811.56^{c}	813.63^{c}	812.28^{c}	812.69^{c}	897.87^{b}	945.45^{a}	0.76
MUFA	561.73^{a}	562.01^{a}	561.44^{a}	562.68^{a}	561.90^{a}	561.87^{a}	441.64^{b}	395.61^{c}	0.63
PUFA	250.51^{c}	250.41^{c}	250.12^{c}	250.95^{c}	250.38^{c}	250.82^{c}	456.22^{b}	549.84^{a}	0.39
UFA/SFA	1.95^{c}	1.95^{c}	1.96^{c}	1.96^{c}	1.96^{c}	1.96^{c}	2.74^{b}	2.97^{a}	0.01
Total ω-6	215.64^{b}	215.58^{b}	215.36^{b}	215.98^{b}	215.32^{b}	216.24^{b}	421.48^{a}	215.66^{b}	0.24
Total ω-3	34.87^{b}	34.83^{b}	34.76^{b}	34.96^{b}	35.06^{b}	34.57^{b}	34.74^{b}	334.17^{a}	0.33
ω-6/ω-3	6.20^{b}	6.21^{b}	6.21^{b}	6.18^{b}	6.16^{b}	6.27^{b}	12.17^{a}	0.64^{c}	0.04

$^{a-c}$Values within a row with no common superscripts are significantly different ($P<0.05$)

SFA = saturated fatty acid, UFA = unsaturated fatty acid, MUFA = monounsaturated fatty acid, PUFA = polyunsaturated fatty acid, ω-6 = ω-6 fatty acid, ω-3 = ω-3 fatty acid, C14:0 = myristic acid, C16:0 = palmitic acid, C16:1 = palmitoleic acid, C18:0 = stearic acid, C18:1 = oleic acid, C18:2 = linoleic acid, C18:3 = α-linolenic acid, C20:4 = arachidonic acid, C20:5 = eicosapentaenoic acid (EPA), C22:6 = docosahexaenoic acid (DHA).

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 15. Fatty acid profiles in meat (breast and drumstick) and liver (mg/100g fresh weight) of broilers after changing from control diet to diets containing soybean or linseed oils for 7 days during day 50-56 of birds' age.

Diet	Breast meat				Drumstick meat				Liver			
	Control	Soybean oil	Linseed oil	S.E.M.	Control	Soybean oil	Linseed oil	S.E.M.	Control	Soybean oil	Linseed oil	S.E.M.
C14:0	36.96^{a}	36.67^{a}	36.83^{a}	0.20	37.79^{a}	36.68^{a}	37.66^{a}	0.16	38.59^{a}	38.99^{a}	38.89^{a}	0.17
C16:0	276.16^{a}	241.28^{b}	242.24^{b}	2.50	282.96^{a}	238.19^{b}	239.08^{b}	0.30	293.80^{a}	245.89^{b}	246.56^{b}	1.20
C18:0	64.70^{a}	43.39^{b}	43.39^{b}	0.62	66.16^{a}	54.69^{b}	54.04^{b}	0.91	69.68^{a}	56.92^{b}	56.55^{b}	0.26
C16:1	87.17^{a}	35.07^{b}	34.43^{b}	0.65	69.10^{a}	48.14^{b}	47.46^{b}	0.44	91.89^{a}	59.33^{b}	59.63^{b}	0.75
C18:1	448.00^{a}	391.33^{b}	391.20^{b}	0.73	462.43^{a}	398.54^{b}	402.56^{b}	2.21	466.32^{a}	409.00^{b}	408.60^{b}	0.84
C18:2 ω-6	199.36^{b}	287.36^{a}	201.95^{b}	1.55	202.72^{b}	295.73^{a}	205.02^{b}	1.04	208.70^{b}	304.48^{a}	210.95^{b}	1.06
C18:3 ω-3	16.16^{b}	16.29^{b}	148.38^{a}	0.76	22.92^{b}	23.02^{b}	165.72^{a}	0.32	32.13^{b}	32.16^{b}	179.90^{a}	0.55
C20:4 ω-6	6.24^{b}	16.64^{a}	6.08^{b}	0.18	6.55^{b}	19.98^{a}	6.22^{b}	0.17	7.10^{b}	21.84^{a}	6.80^{b}	0.11
C20:5 ω-3	0.45^{b}	0.51^{b}	2.56^{a}	0.05	0.59^{b}	0.52^{b}	2.68^{a}	0.05	0.77^{b}	0.84^{b}	31.80^{a}	0.04
C22:6 ω-3	1.54^{b}	1.44^{b}	2.27^{a}	0.07	1.60^{b}	1.54^{b}	2.39^{a}	0.08	1.64^{b}	1.61^{b}	3.22^{a}	0.08
SFA	377.82^{a}	321.34^{b}	322.46^{b}	2.21	386.91^{a}	329.56^{b}	330.78^{b}	0.81	402.07^{a}	341.80^{b}	342.00^{b}	1.16
UFA	758.91^{b}	748.64^{b}	786.88^{a}	2.56	765.92^{c}	787.47^{b}	832.05^{a}	3.26	808.56^{c}	829.26^{b}	872.27^{a}	1.63
MUFA	535.17^{a}	426.40^{b}	425.63^{b}	0.92	531.53^{a}	446.68^{b}	450.02^{b}	2.31	558.21^{a}	468.33^{b}	468.23^{b}	1.12
PUFA	223.74^{c}	322.24^{b}	361.25^{a}	1.86	234.39^{c}	340.80^{b}	382.03^{a}	1.23	250.35^{c}	360.93^{b}	404.04^{a}	1.07
UFA/SFA	2.01^{c}	2.33^{b}	2.44^{a}	0.01	1.98^{c}	2.39^{b}	2.52^{a}	0.01	2.01^{c}	2.43^{b}	2.55^{a}	0.01
Total ω-6	205.60^{b}	304.00^{a}	208.03^{b}	1.54	209.27^{b}	315.71^{a}	211.24^{b}	1.06	215.81^{b}	326.32^{a}	217.75^{b}	1.13
Total ω-3	18.14^{b}	18.24^{b}	153.22^{a}	0.80	25.12^{b}	25.09^{b}	170.79^{a}	0.29	34.54^{b}	34.61^{b}	186.29^{a}	0.50
ω-6/ω-3	11.34^{b}	16.67^{a}	1.36^{c}	0.13	8.33^{b}	12.59^{a}	1.24^{c}	0.07	6.25^{b}	9.43^{a}	1.17^{c}	0.04

$^{a-c}$Values within a row with no common superscripts are significantly different ($P<0.05$).

Table 16. Serum and muscular muscle cholesterol of broilers after changing from control diet to diets containing soybean and linseed oils for 7 days during day 50-56 of birds' age.

Diets	Serum cholesterol (mg/dl)	Muscle cholesterol (mg/100g)	
		Breast	Drumstick
Control (Palm oil)	123.05	57.75	83.21
Soybean oil	122.72	57.66	83.66
Linseed oil	122.58	58.35	83.37
Average male	***130.48[a]***	***57.95***	***83.50***
Average female	***118.52[b]***	***57.89***	***83.33***
S.E.M.	0.01	0.08	0.09

[a,b]Values within a column with no common superscripts are significantly different ($P<0.05$)

- **ทองแดงในอวัยวะภายใน วัสดุรองพื้นคอก และมูลไก่**

หลังจากให้ไก่เนื้อได้รับอาหารที่มีทองแดงระดับสูง (125 และ 250 มก./กก. อาหาร) เป็นเวลา 42 วัน จากนั้นสุ่มไก่ไปฆ่าเพื่อหาปริมาณทองแดงในอวัยวะภายใน ได้แก่ ในระบบทางเดินอาหาร กึ๋น และตับ ผลแสดงไว้ใน Table 17 ปรากฏว่า มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมด้วยสารอื่นที่ไม่ใช่ทองแดงอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นเฉพาะในส่วนหัวใจให้ผลไม่ต่างกัน ทั้งนี้เพราะทองแดงส่วนใหญ่ถูกขับออกมากับมูล เมื่อวัดความเข้มข้นในวัสดุรองพื้นคอกของกลุ่มที่เสริมด้วยทองแดงทั้ง 2 ระดับ พบว่า มีปริมาณมากกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (140.1-267.5 vs. 46.4-51.6 มก./กก. ตามลำดับ; Table 17)

อย่างไรก็ดี จากการทดสอบการขับออกของทองแดงจากตัวไก่เนื้อ พบว่า ใช้เวลาประมาณ 5 วัน เมื่อให้ไก่ได้รับทองแดงที่ระดับ 125 มก./กก. อาหาร แต่ถ้าให้ที่ระดับ 250 มก./กก. อาหาร จะใช้เวลา 10 วัน ไก่จึงขับทองแดงออกมากับมูลในปริมาณที่ไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม (33.1 vs. 50.7 มก./กก. น้ำหนักมูลแห้ง Table 18)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 17. Copper content in visceral organs of 7-week old broilers fed diets containing different sources of plants oils or supplemented with chitosan, Cu and Cr and copper content in litter at Day 49 of the experiment.

Source of plant oil	Level in diet		Cu contents (ppm, air dry basis)				
	Cu (ppm)	Cr (ppb)	Heart	GI tract[2/]	Gizzard	Liver	Litter
Palm oil	-		1.08[a]	0.88[c]	0.70[c]	2.10[c]	46.42[c]
Palm oil	125	-	1.08[a]	11.18[b]	0.92[b]	21.26[b]	140.13[b]
Palm oil	250	-	1.12[a]	19.48[a]	1.17[a]	39.65[a]	267.48[a]
Palm oil	-	200	1.09[a]	0.90[c]	0.77[c]	2.12[c]	50.47[c]
Palm oil	-	400	1.13[a]	0.82[c]	0.72[c]	2.18[c]	51.57[c]
Palm oil-chitosan[1/]	-	-	1.09[a]	0.88[c]	0.70[c]	2.11[c]	47.57[c]
Soybean oil			1.08[a]	0.85[c]	0.72[c]	2.05[c]	49.80[c]
Linssed oil			1.09[a]	0.90[c]	0.73[c]	2.07[c]	48.87[c]
Average male			1.09	10.51	0.93	20.93	-
Average female			1.10	10.52	0.92	21.07	-
S.E.M.			0.01	0.01	0.06	0.03	2.79

[a-c]Values within a column with no common superscripts are significantly different (P<0.05)

[1/]Supplemented with chitosan at a level of 0.6% of the diet.

[2/]Gut content from small intestine to cloaca.

- **ต้นทุนการผลิตเนื้อไก่**

เมื่อพิจารณาเฉพาะค่าอาหารอย่างเดียว โดยกำหนดราคาวัตถุดิบตามราคาเฉลี่ยในท้องตลาด ปรากฏว่า กลุ่มที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองและลินซีด มีต้นทุนการผลิตเนื้อไก่ลดลง 0.34 และ 0.50 บาท/น้ำหนักตัวเพิ่ม 1 กก. ตามลำดับ (Table 9) ทั้งนี้เพราะมีน้ำหนักตัวเพิ่มและอัตราแลกน้ำหนักดีกว่ากลุ่มอื่น อย่างไรก็ดีกลุ่มที่ใช้แร่ธาตุทั้ง 2 ชนิด มีต้นทุนสูงกว่าเล็กน้อย เพราะราคาของ Bioplex-Copper® และ Bio-Chrome® ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีราคาค่อนข้างสูง (300 และ 1,250 บาท/กก. ตามลำดับ) ซึ่งในกรณีของทองแดงและโครเมียม ผู้เลี้ยงไก่อาจเลี่ยงไปใช้ในรูปอนินทรีย์ ได้แก่ ทองแดงซัลเฟตหรือจุนสี และโครเมียมพิโคลิเนต ที่มีราคาถูกกว่าได้ แต่ประสิทธิภาพอาจจะต่างกันบ้าง ส่วนกลุ่มที่เสริมไคโตซาน พบว่า มีต้นทุนการผลิตเนื้อไก่สูงขึ้นเล็กน้อย (0.17 บาท/น้ำหนักเพิ่ม 1 กก. ; 19.26 vs. 19.09 บาท) ซึ่งปัจจุบันก็มีผู้พยายามสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้งหรือปูขึ้นมาใช้ทดแทนไคโตซานที่ผลิตเป็นการค้าบ้างแล้ว แต่ยังไม่ทราบต้นทุนการผลิตที่แน่นอน อาจ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มีราคาต่ำกว่าที่จำหน่ายในท้องตลาดก็ได้ (60 บาท/กก.) ดังนั้นถ้านำมาเสริมในอาหารไก่แล้วได้ผลใกล้เคียงกัน จะเป็นการช่วยปรับปรุงคุณภาพซากได้โดยไม่ต้องลงทุนมากนัก อีกทั้งยังเป็นการนำวัสดุเศษเหลือมาใช้ประโยชน์ โดยผลิตเป็นเนื้อไก่สุขภาพ ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าของสินค้าได้เป็นอย่างดี

Table 18 Copper (Cu) content in excreta (mg/kg, air dry basis) of 7-week old broilers fed diets containing various levels of Cu for 42 days and after changing to the control diet.

Cu supplement in diet (ppm)	Days after changing to the control diet				
	0 [1/]	3	5	7	10
0 (control diet)	33.28^{c}	32.53^{c}	32.90^{b}	32.89^{b}	33.06^{a}
125	177.89^{b}	123.46^{b}	56.08^{ab}	44.34^{ab}	37.46^{a}
250	289.02^{a}	233.41^{a}	138.94^{a}	80.40^{a}	50.68^{a}
Average male	***167.76***	***138.32***	***81.86***	***52.27***	***39.16***
Average female	***165.70***	***121.44***	***70.78***	***52.88***	***41.65***
S.E.M.	6.54	11.26	10.00	6.21	2.68

Values within a column with no common superscripts are significantly different (P<0.05)

[1/] Collected from 3 days before changing to the control diet.

การศึกษาในไก่ไข่สาว ช่วงอายุ 25-37 สัปดาห์ *(การทดลองที่ 2)*

- **สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่**

จากการให้ไก่ไข่กินอาหารที่มีแร่ธาตุทองแดงซัลเฟตหรือโครเมียมพิโคลิเนต ซึ่งเป็นแร่ธาตุในรูปอนินทรีย์ เสริมในอาหารระดับ 250 มก./กก.อาหาร และ 200 มก./ตันอาหาร ตามลำดับ โดยใช้เลี้ยงไก่ไข่เชิงการค้าของฟาร์มเอกชน จำนวน 1,548 ตัว เป็นเวลา 84 วัน ผลแสดงไว้ในTable 19 ปรากฏว่า สมรรถภาพการผลิต (ผลผลิตไข่ ปริมาณอาหารที่กิน อาหารที่ใช้ต่อการผลิตไข่ 1 โหล) ของไก่ทั้งสองกลุ่มให้ผลไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม ยกเว้นเมื่อเสริมด้วยทองแดงจะใช้อาหารเพื่อการผลิตไข่ 1 กก. ต่ำกว่าอีก 2 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ (2.04 vs. 2.12-2.14 กก. ตามลำดับ) สำหรับผลด้านคุณภาพไข่ อันได้แก่ น้ำหนักไข่ Haugh unit ความถ่วงจำเพาะ และความหนาเปลือกไข่ในทุกกลุ่มให้ผลไม่ต่างกัน อย่างไรก็ดี การเสริมด้วยแร่ธาตุทั้ง 2 ชนิด มีความเข้มของสีไข่แดงมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (9.2-9.3 vs. 8.8)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

● **คอเลสเตอรอลในเลือดและไข่แดง**

ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมเมื่อเริ่มต้นทดลองให้ผลไม่ต่างกัน แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (วันที่ 84) กลุ่มที่เสริมด้วยทองแดงหรือโครเมียมมีคอเลสเตอรอลในซีรัมต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ คือ มีปริมาณลดลง 9.3 และ 6.0% ตามลำดับ (142.0 และ147.1 vs. 156.5 mg/dl) ทำนองเดียวกับในไข่ ซึ่งพบว่าสามารถทำให้ลดลงได้ 6.9 และ 2.2% เมื่อเทียบต่อกรัมไข่แดง หรือลดลงได้ 10.5 และ 6.0% เมื่อเทียบจากไข่ทั้งฟอง ตามลำดับ โดยการเสริมด้วยทองแดงมีประสิทธิภาพในการลดคอเลสเตอรอลในเลือดและไข่แดงได้ดีกว่าเมื่อเสริมด้วยโครเมียม (Table 20)

Table 19. Production performance and egg quality of laying hens fed diets supplemented with Cu and Cr during 25-37 weeks of birds' age (Exp. 2).

Mineral supplement	None	Cu (250 ppm)	Cr (200 ppb)	S.E.M.
Egg production (%)	80.12	82.29	79.31	0.84
Feed intake (g/day)	103.84	103.37	102.59	0.80
Feed/doz. egg (kg)	1.55	1.51	1.56	0.01
Feed/kg egg (kg)	2.12[a]	2.04[b]	2.14[a]	0.01
Egg quality				
Egg weight (g)	60.91	61.68	60.90	0.19
Haugh unit	86.07	87.32	87.89	0.44
Specific gravity	1.093	1.093	1.094	0.01
Shell thickness (mm)	0.340	0.340	0.343	0.01
Yolk color (score)	8.82[b]	9.22[a]	9.32[a]	0.07

[a,b]Values within a row with no common superscripts are significantly different (P<0.05)

● **ทองแดงในมูล**

สำหรับปริมาณทองแดงในมูลนั้น เมื่อนำมูลที่เก็บจากแม่ไก่ในวันที่ 84 ของการทดลองไปวิเคราะห์ ผลแสดงไว้ใน Table 21 ปรากฏว่า กลุ่มที่เสริมทองแดง มีการขับทองแดงออกในมูลสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมอย่างมีนัยสำคัญ (7.3 vs. 0.2 มก./วัน ตามลำดับ) ซึ่งเมื่อคำนวณเทียบกับปริมาณที่ได้รับจากอาหาร จะเห็นว่า ทองแดงที่สะสมในตัวไก่ของทุกกลุ่มทั้งที่เสริมหรือไม่เสริม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทองแดงมีค่าใกล้เคียงกัน (68.4-71.8% ของปริมาณที่กิน) แสดงให้เห็นว่า อาจมีปริมาณทองแดงที่อยู่ในทางเดินอาหารอีกจำนวนหนึ่งที่รอการขับออกจากตัวไก่

Table 20. Serum and yolk cholesterol content of laying hens fed diets supplemented with Cu and Cr during 25-37 weeks of birds' age (Exp. 2).

Mineral supplement	None	Cu (250 ppm)	Cr (200 ppb)	S.E.M
In serum (mg/dl)				
At day 0	155.87[a]	157.62[a]	157.38[a]	0.47
At day 84	156.52[a]	141.97[c]	147.06[b]	0.35
(% decrease)	-	*9.30*	*6.04*	
In egg				
(mg/g yolk)	12.70[a]	11.83[b]	12.42[a]	0.10
(% decrease)	-	*6.85*	*2.20*	
(mg/egg)	190.94	171.05	179.46	3.41
(% decrease)	-	*10.42*	*6.01*	

[a-c]Values within a row with no common superscripts are significantly different (P<0.05)

Table 21. Copper content in excreta of laying hens fed diets supplemented with Cu and Cr during 25-37 weeks of birds' age (Exp. 2).

Mineral supplement	Cu intake	Cu in excreta		Cu retention	
	(mg/d)	(mg/kg. AD)[1/]	(mg/d)	(mg/d)	(% of intake)
None	0.70[b]	14.87[b]	0.22[b]	0.48[b]	68.57
Cu (250 ppm)	26.04[a]	483.04[a]	7.34[a]	18.70[a]	71.82
Cr (200 ppb)	0.70[b]	14.88[b]	0.22[b]	0.48[b]	68.35
S.E.M.	0.06	1.09	0.05	0.01	0.46

[a,b]Values within a column with no common superscripts are significantly different (P<0.05)

[1/]AD = air dry basis

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การศึกษาในไก่ไข่ก่อนปลดระวาง ช่วงอายุ 72-80 สัปดาห์ *(การทดลองที่ 3)*

● **สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่**

จากการให้ไก่ไข่ก่อนปลดระวาง กินอาหารที่มีแร่ธาตุทองแดงและโครเมียมชนิดเดียวกับที่ใช้ในไก่ไข่สาว (การทดลองที่ 2) เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ผลแสดงใน Table 22 ปรากฏว่า ไม่มีผลทำให้สมรรถภาพการผลิต (ผลผลิตไข่ ปริมาณอาหารที่กิน และประสิทธิภาพการใช้อาหาร) รวมทั้งคุณภาพไข่ ไม่ว่าจะเป็นน้ำหนักไข่ Haugh unit ความถ่วงจำเพาะ ความหนาเปลือกไข่ และสีไข่แดงแตกต่างจากกลุ่มควบคุม

Table 22. Production performance and egg quality of laying hens fed diets supplemented with Cu and Cr during 72-80 weeks of birds' age (Exp. 3).

Mineral supplement	None	Cu (250 ppm)	Cr (200 ppb)	S.E.M
Egg production (%)	54.98	54.49	56.40	1.64
Feed intake (g/day)	103.00	107.22	104.61	3.73
Feed/doz. egg (kg)	2.22	2.32	2.18	0.12
Feed/kg egg (kg)	2.74	2.93	2.70	0.15
Egg weight (g)	67.33	66.28	67.26	0.19
Haugh unit	79.42	80.88	80.86	0.34
Specific gravity	1.090	1.091	1.092	0.001
Shell thickness (mm)	0.351	0.358	0.353	0.003
Yolk color (score) [1/]	7.64	7.94	7.67	0.094

[1/] Roche yolk color fan.

● **คอเลสเตอรอลในเลือดและไข่แดง**

การเสริมด้วยแร่ธาตุทองแดงหรือโครเมียมในไก่ไข่ก่อนปลดระวางตามที่กล่าวข้างต้น ปรากฏว่า มีผลทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลในซีรัมเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ คือ มีปริมาณลดลงเท่ากับ 6.2 และ 4.6% ตามลำดับ ส่วนในไข่แดงพบเพียงแนวโน้มที่ลดลงแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (3.4-5.2% ตามลำดับ, Table 23)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 23. Serum and yolk cholesterol content of laying hens fed diets supplemented with Cu and Cr during 72-80 weeks of birds' age (Exp. 3).

Mineral supplement	None	Cu (250 ppm)	Cr (200 ppb)	S.E.M
In serum (mg/dl)				
At day 56	150.01[a]	140.65[b]	143.07[b]	0.82
(% decrease)	-	*6.24*	*4.63*	
In egg				
(mg/g yolk)	13.70	12.99	13.24	0.13
(% decrease)	-	*5.18*	*3.36*	
(mg/egg)	225.42	206.96	221.18	2.55
(% decrease)	-	*8.19*	*1.88*	

[a-c]Values within a row with no common superscripts are significantly different (P<0.05)

- **ทองแดงในมูล**

สำหรับปริมาณทองแดงในมูลนั้น เมื่อนำมูลที่เก็บจากแม่ไก่ในวันที่ 56 ของการทดลองไปวิเคราะห์ ผลแสดงไว้ใน Table 24 ปรากฏว่า ให้ผลในทำนองเดียวกับการทดลองในไก่ไข่สาว (การทดลองที่ 2) กล่าวคือ กลุ่มที่ได้รับการเสริมทองแดง มีทองแดงขับออกในมูลสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมอย่างมีนัยสำคัญ แต่จะมีปริมาณการสะสมของทองแดงในร่างกายเมื่อเทียบกับปริมาณที่ได้รับจากอาหาร อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน (63.8-69.0%) ซึ่งไม่ต่างจากกรณีของไก่ไข่สาว (การทดลองที่ 2) มากนัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 24. Copper content in excreta of laying hens fed diets supplemented with Cu and Cr during 72-80 weeks of birds' age (Exp. 3).

Mineral supplement	Cu intake	Cu in excreta		Cu retention	
	(mg/d)	(mg/kg. AD)[1/]	(mg/d)	(mg/d)	(% of intake)
None	0.69 [b]	16.22 [b]	0.25 [b]	0.44 [b]	63.77
Cu (250 ppm)	26.63 [a]	499.36 [a]	8.26 [a]	18.40 [a]	68.96
Cr (200 ppb)	0.71 [b]	15.86 [b]	0.25 [b]	0.46 [b]	64.79
S.E.M.	0.01	0.29	0.01	0.04	0.54

[a,b]Values within a column with no common superscripts are significantly different (P<0.05)

[1/]AD = air dry basis

การศึกษาในนกกระทาไข่ *(การทดลองที่ 4)*

- **สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่**

สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ของนกกระทาเมื่อให้อาหารที่เสริมด้วยทองแดงหรือโครเมียมชนิดเดียวกับที่ศึกษาในไก่ไข่ เป็นเวลา 84 วัน ผลแสดงไว้ใน Table 25 ปรากฏว่า ผลผลิตไข่ อาหารที่กิน ความหนาเปลือกไข่ และสีไข่แดงให้ผลไม่แตกต่างกัน ยกเว้นน้ำหนักไข่มีขนาดฟองโตขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (12.28, 12.28 vs. 11.54 ก./ฟอง ตามลำดับ)

- **คอเลสเตอรอลในไข่แดง**

จากผลการทดลอง เมื่อเสริมด้วยแร่ธาตุชนิดทองแดงหรือโครเมียมจะช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงลงได้ 7.6 และ 5.4% ตามลำดับ (Table 26)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 25. Production performance, egg quality and egg cholesterol of laying Japanese quails fed diets supplemented with Cu and Cr during 84 days (Exp. 4).

Mineral supplement	None	Cu (250 ppm)	Cr (200 ppb)	S.E.M.
Egg production (%)	80.57	82.84	82.93	0.47
Feed intake (g/day)	24.82	24.88	24.63	0.08
Feed/100 eggs (kg)	2.61[a]	2.44[b]	2.45[b]	0.02
Feed/kg egg (kg)	3.09	3.00	2.97	0.02
Egg weight (g)	11.54[b]	12.28[a]	12.14[a]	0.06
Shell thickness (mm)	0.208	0.212	0.210	0.01
Yolk color (score)[1/]	6.80	6.83	6.82	0.07
Yolk cholesterol				
(mg/g yolk)	14.44	13.35	13.66	0.23
(% decrease)	-	*7.55*	*5.40*	-

[a,b]Values within a column with no common superscripts are significantly different (P<0.05)

[1/]Roche yolk color fan.

● ทองแดงในมูล

เมื่อนำมูลที่เก็บได้ในวันที่ 84 ของการทดลองไปวิเคราะห์ ปรากฏว่า การเสริมทองแดงในสูตรอาหาร มีผลทำให้ทองแดงถูกขับออกมาในมูลสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (456.0 vs. 21.5 มก./กก.หรือ 3.0 vs. 0.11-0.12 มก./วัน; Table 26) นอกจากนี้ยังมีทองแดงสะสมในร่างกายสูงกว่ากลุ่มอื่นด้วย (3.1 vs. 0.11 มก./วัน) แต่เมื่อเทียบเป็นร้อยละของปริมาณทองแดงที่กินเข้าไป กลับพบว่า ทุกกลุ่มมีระดับการสะสมที่ใกล้เคียงกัน คือ เท่ากับ 48-51% ซึ่งมีค่าต่ำกว่าการสะสมในไก่ไข่ไม่ว่าจะเป็นไก่สาวหรือไก่ก่อนปลดระวางก็ตาม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Table 26. Copper content in excreta of Japanese quails fed diets supplemented with Cu and Cr during 84 days (Exp. 4).

Mineral supplement	Cu intake	Cu in excreta		Cu retention	
	(mg/d)	(mg/kg. AD)[1/]	(mg/d)	(mg/d)	(% of intake)
None	0.22[b]	21.00[b]	0.11[b]	0.11[b]	50.00
Cu (250 ppm)	6.02[a]	456.00[a]	3.00[a]	3.14[a]	51.06
Cr (200 ppb)	0.23[b]	21.50[b]	0.12[b]	0.11[b]	47.83
S.E.M.	0.02	0.84	0.01	0.01	0.74

[a,b]Values within a column with no common superscripts are significantly different (P<0.05)

[1/] AD = air dry basis

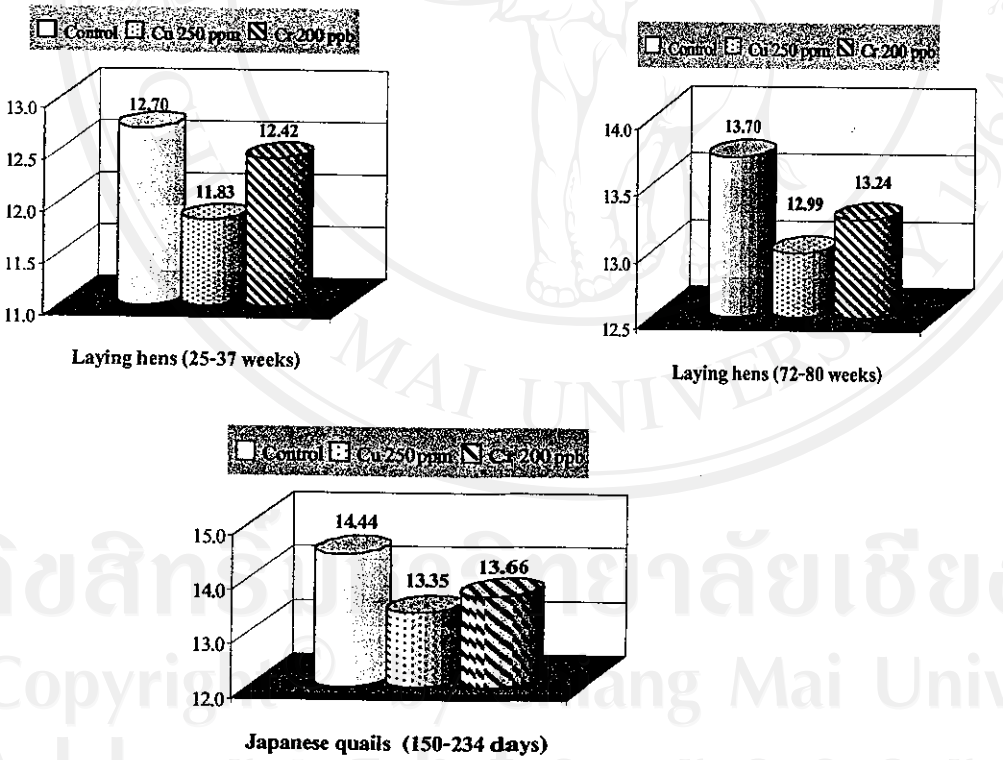

Fig. 20 : Yolk cholesterol content of laying hens and Japanese quails fed diets supplemented with Cu and Cr.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved