บทที่ 4

ผลการทดลอง

ส่วนประกอบของกรดไขมันในน้ำมันจากพืชที่ใช้ทดลอง

จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบของกรดไขมันในน้ำมันปาล์ม ถั่วเหลือง และลินซีดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ (ตารางที่ 6) ปรากฏว่า น้ำมันปาล์มมีกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน โดยกรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีมาก คือ กรดปาล์มมิติก (C16:0; 35.2% ของกรดไขมันทั้งหมด) ส่วนกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวส่วนใหญ่เป็นกรดโอเลอิก (C18:1; 44.0% ของกรดไขมันทั้งหมด) สำหรับน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันลินซีดมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง โดยน้ำมันถั่วเหลืองมีกรดลิโนเลอิก (C18:2) 43.9% ในขณะที่น้ำมันลินซีดมีกรดแอลฟาลิโนเลนิก (C18:3) 56.5% ของกรดไขมันทั้งหมด

TABLE 6. Fatty acid profiles (% of total fatty acid) in palm, soybean and linseed oils investigated in this study.

Source of plant oil	Palm	Soybean	Linseed
Palmitic acid, C16:0	35.22	9.73	4.90
Stearic acid, C18:0	5.35	15.19	2.70
Oleic acid, C18:1	43.99	23.86	20.82
Linoleic acid, C18:2	14.04	43.85	15.08
α-linolenic acid, C18:3	-	6.08	56.50
Saturated fatty acid (SFA)[1/]	40.57	24.92	7.60
Unsaturated fatty acid (UFA)[1/]	58.03	73.79	92.40
Monounsaturated fatty acid	43.99	23.86	20.82
Polyunsaturated fatty acid	14.04	49.93	71.58
UFA/SFA	1.43	2.96	12.16
Total n-6	14.04	43.85	15.08
Total n-3	-	6.08	56.50
n-6/n-3	-	7.21	0.27

[1/] Calculated from the fatty acids as show in this table only.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การศึกษาในไก่ไข่ *(การทดลองที่ 1)*

- **สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่**

จากการให้ไก่ไข่กินอาหารเสริมธาตุทองแดง หรือโครเมียม ในระดับ 125, 250 มก./กก. อาหาร และ 200, 400 มก./ตันอาหาร ตามลำดับ เป็นเวลา 168 วัน ผลแสดงไว้ในตารางที่ 7 ปรากฏว่า การเสริมแร่ธาตุทั้งสองชนิดไม่ทำให้สมรรถภาพการผลิต (ผลผลิตไข่ ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และน้ำหนักตัวเพิ่ม) แตกต่างกัน ยกเว้นการเสริมทองแดงที่ระดับ 250 มก./กก. อาหาร ทำให้แม่ไก่กินอาหารได้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (104.3 vs. 109.1 ก./วัน ตามลำดับ) แต่การเสริมทองแดงที่ระดับต่ำ คือ 125 มก./กก. อาหาร หรือเสริมด้วยโครเมียมทั้งสองระดับ ไก่ยังคงกินอาหารได้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม (107.1-108.4 vs. 109.1 ก./วัน) สำหรับผลด้านคุณภาพไข่ อันได้แก่ น้ำหนักไข่ สีไข่แดง และจำนวนไข่ในแต่ละเกรดให้ผลไม่แตกต่างเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่ Haugh unit ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (93.7-95.1 vs. 89.7 ตามลำดับ) ไม่ว่าจะเสริมด้วยทองแดงหรือโครเมียม ส่วนคุณภาพไข่ด้าน ถพ. และความหนาเปลือกไข่ มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มที่เสริมด้วยโครเมียมระดับสูง (400 มก./ตันอาหาร) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (1.087 vs. 1.090 และ 0.321 vs. 0.341 มม., ตามลำดับ)

สำหรับผลการใช้น้ำมันพืชชนิดอื่น อันได้แก่ น้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันลินซีดมาทดแทนน้ำมันปาล์มในสูตรอาหารที่ระดับเดียวกัน (3% ของสูตรอาหาร) ผลแสดงไว้ในตารางที่ 7 ปรากฏว่า สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ให้ผลไม่แตกต่างกัน ยกเว้นค่า Haugh unit ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (92.9 และ 93.8 vs. 89.7 ตามลำดับ) และไก่ที่ใช้น้ำมันลินซีดกินอาหารลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (105.3 vs. 109.1 ก./วัน ตามลำดับ)

- **คอเลสเตอรอลในเลือดและไข่**

การเสริมทองแดง หรือโครเมียมอินทรีย์ในอาหารที่ใช้น้ำมันปาล์ม หรือเมื่อใช้น้ำมันถั่วเหลืองหรือน้ำมันลินซีดทดแทนน้ำมันปาล์มในสูตรอาหาร ผลแสดงไว้ในตารางที่ 8 ปรากฏว่า การเสริมสารดังกล่าว ทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดของแม่ไก่และของไข่แดงลดลง โดยในเลือดจะลดลงมากกว่าในไข่แดง (8.7-27.7% เทียบกับ 1.5-4.4%) การเสริมด้วยทองแดงหรือโครเมียมระดับสูง จะช่วยทำให้คอเลสเตอรอลในเลือดลดลงได้เกือบเท่าตัวเมื่อเทียบกับการเสริมที่ระดับต่ำ (27.7 และ 14.5 vs. 18.0 และ 8.7%, ตามลำดับ) แต่การลดลงในไข่แดงกลับให้ผลไม่ชัดเจน กล่าวคือ ไม่ว่าจะเสริมที่ระดับต่ำหรือสูงก็ตาม สามารถลดปริมาณคอเลสเตอรอลได้เพียง 3.3-4.4% หรือเท่ากับลดได้ 0.4-0.6 มก./ก. ไข่แดง ซึ่งเมื่อคิดเป็นมก./ฟอง จะลดได้ 3.7-5.1% หรือเท่ากับลดได้ 8.5-11.7 มก./ฟอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

TABLE 7. Production performance of laying hens fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper or chromium during 168 days.

Source of plant oil [1/]	Palm oil					Soybean oil	Linseed oil	S.E.M
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)				
		125	250	200	400			
Egg production (%)	80.8	81.3	82.5	82.6	81.6	85.7	81.9	1.0
Feed intake (g/day)	109.1[a]	107.1[ab]	104.3[b]	108.4[a]	107.3[ab]	106.8[ab]	105.3[b]	0.4
Feed/doz. egg (kg)	1.79	1.75	1.67	1.74	1.74	1.65	1.71	0.05
Feed/kg egg (kg)	2.50	2.43	2.31	2.35	2.45	2.31	2.37	0.05
Body weight gain (g)	177	127	123	200	193	170	127	15.9
Egg quality								
Egg weight (g)	59.6	60.2	60.0	61.4	60.0	61.2	61.1	0.5
Haugh unit	89.7[b]	93.7[a]	94.3[a]	95.1[a]	94.5[a]	92.9[a]	93.8[a]	0.3
Specific gravity	1.090[a]	1.089[ab]	1.089[ab]	1.090[a]	1.087[b]	1.090[a]	1.091[a]	0.001
Shell thickness (mm)	0.341[a]	0.340[a]	0.335[a]	0.342[a]	0.321[b]	0.341[a]	0.341[a]	0.002
Yolk color (score)[2/]	8.4	8.7	8.4	8.7	8.3	8.7	8.5	0.2
Egg grading (%)								
No. 1 (>70 g)	5.7	3.4	3.5	8.1	8.9	6.5	4.4	1.1
No. 2 (66-70 g)	9.8	12.1	12.1	16.3	14.7	21.1	15.3	1.6
No. 3 (61-65 g)	25.0	27.6	30.8	26.0	22.0	29.4	29.8	1.7
No. 4 (56-60 g)	32.4[abc]	38.3[a]	36.2[ab]	32.5[abc]	24.5[bc]	20.6[c]	30.0[abc]	1.5
No. 5 (51-55 g)	24.6	17.8	15.6	15.4	17.9	10.9	9.2	1.9
No. 6 (<51 g)	2.6	0.9	1.9	1.7	0.9	0.5	0.2	0.3

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

[1/] Used in the diets at the level of 3%. [2/] Roche yolk color fan.

สำหรับในกรณีของการใช้น้ำมันพืชจากถั่วเหลืองหรือลินซีดทดแทนน้ำมันปาล์มนั้น ปรากฏว่า ช่วยให้คอเลสเตอรอลในเลือดลดลงได้ 20-25% แต่ในไข่แดงลดลงได้เพียง 1.5-1.9% เท่านั้น (ตารางที่ 8) ต่ำกว่าการเสริมด้วยแร่ธาตุทั้งสองชนิด ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกันเมื่อคิดเป็นมก./ฟอง จะสามารถลดคอเลสเตอรอลลงได้ 1.1-2.9% หรือเท่ากับ 2.5-6.6 มก./ฟอง

หลังจากเสร็จสิ้นการทดลองเป็นเวลา 168 วันแล้ว ได้ติดตามผลของคอเลสเตอรอลต่อไปอีกเป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยให้ไก่ไข่ทุกกลุ่มได้รับอาหารสูตรควบคุมเหมือนกัน ปรากฏว่า คอเลสเตอรอลทั้งในเลือดและไข่ของกลุ่มที่เคยให้อาหารเสริมทองแดงหรือโครเมียม หรือกลุ่มที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองและลินซีดแทนที่น้ำมันปาล์มในสูตรอาหารมีปริมาณสูงขึ้นจนอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงหรือสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับอาหารสูตรนี้ตลอดระยะการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

TABLE 8. Serum and yolk cholesterol content of laying hens fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper or chromium during 168 days and after changing to the control diets for 28 days.

Source of plant oil[1/]	Level in diet		Cholesterol					
	Cu	Cr	In serum		In egg			
	(ppm)	(ppb)	(mg/dl)	(%decrease)	(mg/g Yolk)	(%decrease)	(mg/egg)	(%decrease)
Fed with experimental diet (168 d)								
Palm oil	-	-	122.9[a]	-	13.43	-	228.2	-
Palm oil	125	-	100.8[ab]	18.0	12.99	3.3	219.7	3.7
Palm oil	250	-	88.8[c]	27.7	12.88	4.1	216.6	5.1
Palm oil	-	200	112.2[ab]	8.7	12.86	4.2	218.1	4.5
Palm oil	-	400	105.1[abc]	14.5	12.84	4.4	216.5	5.1
Soybean oil	-	-	98.0[bc]	20.3	13.18	1.9	225.7	1.1
Linseed oil	-	-	92.7[bc]	24.6	13.23	1.5	221.6	2.9
S.E.M			2.3		0.07		1.9	
After changing to the control diet (28 d)[2/]								
Palm oil	-		111.8		13.06		214.1	
Palm oil	125	-	114.2	-2.1	13.17	-0.8	217.2	-1.5
Palm oil	250		126.0	-12.7	13.00	0.5	219.4	-2.5
Palm oil		200	109.2	2.4	12.47	4.1	217.0	
Palm oil	-	400	135.0	-20.7	13.36	-2.3	216.8	-1.2
Soybean oil	-	-	120.5	-7.7	13.71	-5.0	216.8	-1.2
Linseed oil	-	-	110.5	1.2	13.10	-0.3	217.1	-1.4
S.E.M			5.3		0.16		3.9	

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

[1/] Used in the diets at the level of 3%. [2/] All birds fed with control diet (3% of palm oil in the diet).

- **กรดไขมันในไข่**

ผลการเสริมแร่ธาตุชนิดทองแดงหรือโครเมียมในอาหารไก่ไข่ และการใช้น้ำมันถั่วเหลืองหรือลินซีดทดแทนน้ำมันปาล์มทั้งหมดในสูตรอาหารเป็นเวลา 168 วัน ผลแสดงไว้ในตารางที่ 9 พบว่า การเสริมแร่ธาตุทองแดงและโครเมียมทั้งสองระดับ ไม่ทำให้องค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดงเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ทั้งที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด และคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของไข่แดง (กรัมต่อไข่แดง 100 กรัม)

สำหรับการแทนที่น้ำมันปาล์มด้วยน้ำมันถั่วเหลืองซึ่งมีกรดลิโนเลอิก (C18:2) หรือเป็นกรดไขมันชนิดโอเมก้า-6 ปริมาณมาก ส่งผลให้ไข่แดงมีกรดไขมันชนิดนี้ เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด สูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมแร่ธาตุอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญ (14.58 vs. 9.25-10.25%) ขณะเดียวกันก็ทำให้กรดไขมันประเภทโอเมก้า-3 เช่น กรดลิโนเลนิก (C18:3, n-3) และกรดโดโคซะเฮกซะอิโนอิก (C22:6, n-3) สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน เพราะถั่วเหลืองมีกรดลิโนเลนิกสูงกว่าน้ำมันปาล์ม (ตารางที่ 6)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

TABLE 9. Fatty acid profiles in egg yolk of laying hens fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper or chromium during 168 days.

Source of plant oil [1/]	Palm oil					Soybean oil	Linseed oil	S.E.M.
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)				
		125	250	200	400			
	←			*(% of total fatty acid)*			→	
C16:0	18.47[a]	18.10[a]	16.86[ab]	18.21[a]	17.49[ab]	17.10[ab]	15.67[b]	0.24
C16:1	0.95	1.03	0.99	1.20	1.03	1.09	1.08	0.03
C18:0	5.47[ab]	5.24[b]	5.27[b]	5.34[b]	5.25[b]	5.99[a]	5.59[ab]	0.08
C18:1	35.12[a]	34.88[a]	34.54[a]	36.28[a]	34.94[a]	29.51[b]	29.49[b]	0.26
C18:2, n-6	10.17[c]	9.25[c]	9.75[c]	9.36[c]	10.25[c]	14.58[a]	11.63[b]	0.12
C18:3, n-3	0.21[c]	0.26[c]	0.31[bc]	0.29[bc]	0.31[bc]	0.92[b]	5.57[a]	0.07
C20:5, n-3	0.32	0.46	0.44	0.39	0.43	0.35	0.19	0.04
C22:6, n-3	0.12[b]	0.15[b]	0.09[b]	0.07[b]	0.33[b]	0.74[a]	0.93[a]	0.04
SFA [2/]	23.9[a]	23.3[a]	22.1[ab]	23.6[a]	22.7[ab]	23.1[ab]	21.2[b]	0.25
UFA [2/]	46.9[ab]	46.0[b]	46.1[b]	47.6[ab]	47.3[ab]	47.2[ab]	48.9[a]	0.24
MUFA	36.1[a]	35.9[a]	35.5[a]	37.5[a]	36.0[a]	30.6[b]	30.6[b]	0.24
PUFA	10.8[c]	10.1[c]	10.6[c]	10.1[c]	11.3[c]	16.6[b]	18.3[a]	0.17
UFA/SFA	1.96	1.97	2.09	2.03	2.08	2.04	2.31	0.03
Total n-3	0.65[b]	0.87[b]	0.84[b]	0.75[b]	1.07[b]	2.01[a]	6.69[a]	0.08
Total n-6	10.17	9.25	9.75	9.36	10.25	14.58	11.63	0.12
n-6/n-3	11.24[b]	12.76[b]	13.46[b]	12.60[b]	10.26[b]	7.61[ab]	1.74[a]	0.95
	←			*(g/100g yolk)*			→	
C16:0	8.59	9.05	9.52	9.36	9.83	7.78	8.71	0.64
C16:1	0.45	0.51	0.57	0.61	0.57	0.50	0.56	0.04
C18:0	2.57	2.62	2.89	2.75	2.96	2.72	3.01	0.18
C18:1	16.35	17.45	19.17	18.85	19.82	13.44	16.13	1.23
C18:2, n-6	4.70	4.59	5.39	4.83	5.84	6.65	6.37	0.34
C18:3, n-3	0.11[b]	0.12[b]	0.22[b]	0.15[b]	0.17[b]	0.41[b]	3.05[a]	0.04
C20:5, n-3	0.13	0.17	0.24	0.20	0.19	0.10	0.10	0.02
C22:6, n-3	0.05[c]	0.05[c]	0.06[c]	0.05[c]	0.13[bc]	0.26[ab]	0.38[a]	0.02
SFA [2/]	11.16	11.67	12.41	12.11	12.80	10.51	11.72	0.82
UFA [2/]	21.78	22.89	25.66	24.69	26.72	21.37	26.58	1.62
MUFA	16.79	17.97	19.74	19.46	20.39	13.94	16.69	1.26
PUFA	4.99[b]	4.93[b]	5.92[b]	5.23[b]	6.33[b]	7.43[ab]	9.89[a]	0.37
UFA/SFA	1.94[b]	1.97[b]	2.10[ab]	2.03[b]	2.08[ab]	2.04[b]	2.27[a]	0.02
Total n-3	0.29[c]	0.34[c]	0.53[bc]	0.39[bc]	0.49[bc]	0.78[b]	3.53[a]	0.05
Total n-6	4.70	4.59	5.39	4.83	5.84	6.65	6.37	0.34
n-6/n-3	16.02[a]	13.33[a]	10.21[ab]	12.23[a]	11.84[a]	8.55[ab]	1.81[b]	1.01

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

[1/] Used in the diets at the level of 3%. [2/] Calculated from the fatty acids as show in this table only.

SFA = saturated fatty acid, UFA = unsaturated fatty acid, MUFA = monounsaturated fatty acid, PUFA = polyunsaturated fatty acid, UFA = unsaturated fatty acid, n-3 = total n-3 fatty acid, n-6 = total n-6 fatty 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, C20:5 = eicosapentaenoic acid (EPA), C22:6 = docosahexaenoic acid (DHA).

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับการใช้น้ำมันลินซีดแทนที่น้ำมันปาล์มในกลุ่มควบคุมนั้น แม้ว่าจะทำให้ปริมาณกรดลิโนเลอิกในไข่แดง เมื่อคิดเป็นร้อยละของกรดไขมันทั้งหมด เพิ่มขึ้นน้อยกว่าการใช้น้ำมันถั่วเหลือง แต่ปริมาณที่เพิ่มขึ้นนี้ก็ยังสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมแร่ธาตุอินทรีย์ทั้งสองชนิด และสองระดับอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน และเมื่อพิจารณาความเข้มข้นของกรดลิโนเลนิกและโดโคซะเฮกซะอิโนอิก ซึ่งเป็นกรดไขมันประเภทโอเมก้า-3 พบว่า การใช้น้ำมันลินซีดทำให้กรดไขมันประเภทนี้เพิ่มสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ เพราะน้ำมันลินซีดมีกรดลิโนเลนิกมากกว่าน้ำมันปาล์มและน้ำมันถั่วเหลือง (Grobas et al, 2001) และกรดไขมันชนิดนี้เป็นสารตั้นตอในการเปลี่ยนเป็นกรดไขมันโอเมก้า-3 ชนิดอื่น เช่น โดโคซะเฮกซะอิโนอิก (C22:6, n-3) ได้ ดังแสดงในแผนภาพที่ 3

จากการที่เมื่อใช้น้ำมันทั้งสองชนิดนี้แทนที่น้ำมันปาล์มในสูตรอาหารควบคุม แล้วทำให้เปอร์เซ็นต์กรดลิโนเลนิกและโดโคซะเฮกซะอิโนอิกเพิ่มขึ้นมาก แต่กรดลิโนเลอิกเพิ่มขึ้นน้อยกว่านั้น จึงทำให้สัดส่วนของกรดไขมันประเภท n-6/n-3 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้น้ำมันลินซีด อีกทั้งยังทำให้กรดไขมันประเภทอิ่มตัว (SFA) ลดลง แต่กรดไขมันไม่อิ่มตัวโดยเฉพาะอย่างยิ่งจำพวกเชิงซ้อน (PUFA) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 9

สำหรับเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิดต่างๆ ในไข่แดง (กรัมต่อ 100 กรัมของไข่แดง) ซึ่งแสดงในตารางที่ 9 หรือกรัมต่อฟอง (แสดงในภาคผนวก ข. ที่ 16, หน้า 86-87) พบว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับการคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด

- **ทองแดงในอวัยวะภายในและมูล**

สำหรับปริมาณทองแดงที่สะสมในอวัยวะภายในและมูลของไก่ไข่ เมื่อให้อาหารที่เสริมด้วยทองแดงหรือโครเมียมในสูตรอาหารควบคุมที่ใช้น้ำมันปาล์มและเมื่อให้อาหารที่ใช้น้ำมันจากถั่วเหลืองหรือลินซีดแทนน้ำมันปาล์มในกลุ่มควบคุม เป็นระยะเวลา 168 วัน ผลแสดงไว้ในตารางที่ 10 ปรากฏว่า ปริมาณทองแดงที่สะสมในหัวใจ ตับ กึ๋น และระบบทางเดินอาหารเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมทองแดงในสูตรอาหาร โดยเฉพาะในส่วนลำไส้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ มีปริมาณทองแดงเท่ากับ 122.0 และ 252.4 มก./กก. เมื่อให้อาหารที่เสริมด้วยทองแดงระดับ 125 และ 250 มก./กก. อาหาร ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มอื่นๆ ตรวจพบการสะสมของทองแดงในระบบทางเดินอาหารเพียง 7.6-8.2 มก./กก. เท่านั้น ส่วนการสะสมของทองแดงในอวัยวะภายในจำพวกหัวใจและตับจะมีมากกว่ากลุ่มอื่นๆ เพียงเล็กน้อย ยกเว้นในกึ๋นเมื่อเสริมด้วยทองแดงที่ระดับ 250 มก./กก. อาหาร มีการสะสมทองแดงมากกว่ากลุ่มอื่นๆ ประมาณ 1.5-2.0 เท่า (1.15 vs. 0.58-0.92 มก./กก. ตามลำดับ, ตารางที่ 10)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

TABLE 10. Copper content in visceral organs of laying hens fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper or chromium during 168 days.

Source of plant oil[1/]	Level in diet		Heart	Liver	Gizzard	Gastrointestinal tract[2/]
	Cu (ppm)	Cr (ppb)	(mg/kg fresh wt.)			
Palm oil (control)	-	-	2.80	1.43	0.68	7.98[a]
Palm oil	125	-	3.02	1.48	0.75	121.97[b]
Palm oil	250	-	3.53	1.69	1.15	252.39[c]
Palm oil	-	200	2.97	1.43	0.58	7.90[a]
Palm oil	-	400	2.65	1.39	0.83	8.15[a]
Soybean oil	-	-	2.70	1.40	0.82	7.94[a]
Linseed oil	-	-	2.95	1.43	0.92	7.58[a]
S.E.M			0.12	0.06	0.15	0.25

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

[1/] Used in the diets at the level of 3%. [2/] Gut content from small intestine to cloaca.

สำหรับปริมาณทองแดงในมูลนั้น เมื่อนำมูลที่เก็บจากแม่ไก่จำนวน 2 ตัว/ซ้ำ ในวันที่ 168 ของการทดลองไปวิเคราะห์ ผลปรากฏว่า กลุ่มที่ได้รับการเสริมทองแดง 125-250 มก./กก. อาหาร (รวมเท่ากับมี 132-257 มก. Cu/กก. อาหาร) มีทองแดงถูกขับออกมาในมูลสูงมาก (280.5 และ 502.4 มก./ก. มูลแห้ง) ในขณะที่กลุ่มอื่นซึ่งได้รับอาหารที่มีทองแดงต่ำ (6.78 มก. Cu/กก. อาหาร) มีทองแดงขับออกมาในมูลเพียงเล็กน้อย และมีค่าไม่แตกต่างกันไม่ว่าจะเสริมด้วยโครเมียม หรือใช้น้ำมันพืชจากถั่วเหลืองหรือลินซีดแทนที่น้ำมันปาล์มในสูตรอาหาร กล่าวคือ มีปริมาณการขับออกในมูลระหว่าง 14.2-14.9 มก./กก. มูลแห้ง (ตารางที่ 11) ซึ่งเมื่อคิดเป็นปริมาณทองแดงที่ถูกขับออกมาในมูลต่อวันของกลุ่มที่ได้รับการเสริมทองแดงจะสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ และแม้ว่าทองแดงส่วนใหญ่จะถูกขับออกในมูล แต่กลุ่มที่ได้รับการเสริมทองแดงก็เหลือสะสมในร่างกายสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (10.08-19.95 vs. 0.52-0.54 มก./วัน) โดยปริมาณที่สะสมนี้เข้าใจว่าอยู่ในส่วนของทางเดินอาหาร อย่างไรก็ดี เมื่อคำนวณเป็นปริมาณทองแดงที่สะสมไว้ในร่างกายคิดเป็นร้อยละของปริมาณที่กินเข้าไป กลับพบว่าทุกกลุ่มมีค่าประมาณ 71.4-74.4% หรือเท่ากับว่ามีการขับออกทางมูลในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อให้ไก่ทดลองทุกตัวกลับไปกินอาหารสูตรควบคุม ซึ่งไม่เสริมทองแดง (มีทองแดงในสูตรอาหารปริมาณ 6.78 มก./กก. อาหาร) ต่อไปอีกเป็นเวลา 28 วัน ปริมาณทองแดงที่เคยถูกขับออกมามากในมูลเมื่อให้ทองแดงระดับสูงในสูตรอาหาร กลับพบว่าลดลงจนเท่ากับหรือใกล้เคียงกับกลุ่มอื่นๆ กล่าวคือ มีการขับออกของทองแดงในมูลเท่ากับ 14.1-14.9 มก./กก. วัตถุแห้ง (ตารางที่ 11)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

TABLE 11. Copper content in excreta of laying hens fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper or chromium during 168 days and after changing to the control diets for 28 days.

Source of plant oil[1/]	Cu intake (mg/d)	Cu in excreta (mg/kg. fresh wt.)	Cu in excreta (mg/kg. AD)[3/]	Cu excretion (mg/d)	Cu retention (mg/d)[3/]	Cu retention (% of intake)
Fed with experimental diet (168 d)						
Palm oil	0.74[a]	4.93[a]	14.42[a]	0.20[a]	0.54[a]	72.78
Palm oil +125 ppm Cu	14.12[b]	95.95[b]	280.48[b]	4.04[b]	10.08[b]	71.40
Palm oil +250 ppm Cu	26.79[c]	160.51[c]	502.42[c]	6.84[c]	19.95[c]	74.43
Palm oil +200 ppb Cr	0.74[a]	5.02[a]	14.42[a]	0.20[a]	0.53[a]	72.23
Palm oil +400 ppb Cr	0.73[a]	5.16[a]	14.85[a]	0.21[a]	0.52[a]	71.53
Soybean oil	0.72[a]	4.55[a]	14.20[a]	0.18[a]	0.54[a]	74.43
Linseed oil	0.71[a]	5.00[a]	14.31[a]	0.20[a]	0.52[a]	72.26
S.E.M	0.10	0.75	1.63	0.04	0.11	0.42
After changing to the control diet (28 d)[2/]						
Palm oil	0.74	4.94	14.35	0.20	0.54	72.50
Palm oil +125 ppm Cu	0.73	5.19	14.07	0.21	0.52	70.83
Palm oil +250 ppm Cu	0.73	4.39	14.44	0.18	0.55	75.69
Palm oil +200 ppb Cr	0.74	5.23	14.87	0.22	0.53	71.02
Palm oil +400 ppb Cr	0.73	4.75	14.21	0.19	0.55	74.49
Soybean oil	0.73	5.07	14.32	0.21	0.53	71.78
Linseed oil	0.72	5.46	14.36	0.22	0.50	69.28
S.E.M	0.01	0.14	0.25	0.01	0.01	1.11

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

[1/] Used in the diets at the level of 3%. [2/] See Table 11. [3/] AD = air dry at 60 °C for 48 hours.

การศึกษาในนกกระทาไข่ *(การทดลองที่ 2)*

- **สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่**

สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ของนกกระทาเมื่อให้อาหารที่เสริมด้วยทองแดงหรือโครเมียมระดับต่างๆ ในอาหารที่ใช้น้ำมันปาล์มเป็นแหล่งพลังงานในระดับ 3% ของสูตรอาหารเป็นเวลา 84 วัน ผลแสดงไว้ในตารางที่ 12 ปรากฏว่า ผลผลิตไข่ลดลงเมื่อเสริมด้วยโครเมียมระดับสูง (400 มก./ตันอาหาร) ในขณะที่เพิ่มขึ้นเมื่อเสริมด้วยทองแดงทั้งที่ระดับ 125 และ 250 มก./กก. อาหาร แต่ไม่พบนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ส่วนสมรรถภาพการผลิตไข่ด้านอื่นๆ อันได้แก่ อาหารที่กิน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และน้ำหนักตัว รวมทั้งคุณภาพไข่ด้านความหนาเปลือกไข่ และสีไข่แดงให้ผลไม่แตกต่างกัน ไม่ว่าจะเสริมหรือไม่เสริมด้วยทองแดงหรือโครเมียม ยกเว้นน้ำหนักไข่ มีขนาดฟองโตขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเสริมด้วยทองแดงหรือโครเมียมเทียบกับกลุ่มควบคุม (11.9-12.4 vs. 11.2 ก. ตามลำดับ) สำหรับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การใช้น้ำมันพืชจากถั่วเหลืองหรือลินซีดมาทดแทนน้ำมันปาล์มซึ่งมีกรดไขมันประเภทอิ่มตัวอยู่สูงนั้น ไม่มีผลทำให้สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่แตกต่างกัน แต่ทำให้ไข่ฟองโตขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันปาล์ม

TABLE 12. Production performance of Japanese quails fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper or chromium during 84 days

Source of plant oil [1/]	Palm oil					Soybean oil	Linseed oil	S.E.M
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)				
		125	250	200	400			
Egg production (%)	76.8[ab]	86.0[a]	82.8[ab]	78.1[ab]	74.7[b]	80.2[ab]	79.0[ab]	1.2
Feed intake (g/day)	24.6	25.5	24.4	24.9	24.6	25.3	25.0	0.3
Feed/100 eggs (kg)	3.22	3.00	2.99	3.21	3.24	3.20	3.16	0.08
Feed/kg egg (kg)	2.88	2.43	2.44	2.73	2.67	2.63	2.61	0.06
Body weight gain (g)	23.8	24.4	22.2	26.9	26.4	24.1	25.4	0.9
Egg quality								
Egg weight (g)	11.20[b]	12.38[a]	12.25[a]	11.87[a]	12.14[a]	12.16[a]	12.14[a]	0.08
Shell thickness (mm)	0.209	0.208	0.213	0.214	0.209	0.208	0.209	0.001
Yolk color (score)[2/]	7.5	7.6	7.4	7.4	7.7	7.6	7.5	0.05

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

[1/] Used in the diets at the level of 3%. [2/] Roche yolk color fan.

- **คอเลสเตอรอลในไข่**

จากผลการทดลอง (ตารางที่ 13) ผลปรากฏว่า การเสริมด้วยแร่ธาตุทั้งสองชนิด หรือการใช้น้ำมันพืชที่มีกรดไขมันประเภทโอเมก้า-6 หรือ 3 สูง สามารถทำให้คอเลสเตอรอลในไข่แดงลดลงได้ 2.4-8.3% โดยการเสริมด้วยโครเมียมระดับ 200 มก./ตันอาหาร ช่วยให้คอเลสเตอรอลในไข่แดงลดลงมากกว่ากลุ่มอื่นๆ ส่วนการใช้น้ำมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน สามารถลดได้ 5.1-6.7%

TABLE 13. Yolk cholesterol content of Japanese quails fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper or chromium during 84 days.

Source of plant oil [1/]	Level in diet		Cholesterol			
	Cu (ppm)	Cr (ppb)	(mg/g yolk)	(%decrease)	(mg/egg)	(%decrease)
Palm oil (control)	-	-	14.29	-	50.98	-
Palm oil	125	-	13.94	2.4	47.87	6.1
Palm oil	250	-	13.50	5.5	48.06	5.7
Palm oil	-	200	13.11	8.3	45.35	11.0
Palm oil	-	400	13.44	5.9	48.75	4.4
Soybean oil	-	-	13.33	6.7	50.20	1.5
Linseed oil	-	-	13.56	5.1	46.82	8.2
S.E.M			0.14		0.70	

No significant difference was found among the groups.

[1/] Used in the diets at the level of 3%.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1 636.5142
ว472ก
c 2

เลขหมู่.....
สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

- **กรดไขมันในไข่**

การเสริมทองแดงหรือโครเมียมในอาหารควบคุม และการใช้น้ำมันถั่วเหลืองหรือลินซีดแทนที่น้ำมันปาล์มในสูตรอาหารควบคุม เป็นเวลา 84 วัน ปรากฏว่า ไม่ทำให้ปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวแตกต่างกัน โดยสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวต่อกรดไขมันอิ่มตัวมีค่าระหว่าง 1.04-1.28 แต่จะแตกต่างกันในส่วนองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัว กล่าวคือ เมื่อใช้น้ำมันถั่วเหลือง ทำให้มีกรดไขมันในไข่แดงประเภทโอเมก้า-6 (กรดลิโนเลอิก) จำนวนมาก (25.0 vs. 18.5-20.2%) ส่วนประเภทโอเมก้า-3 (กรดลิโนเลนิก, EPA และ DHA) มีเพิ่มขึ้นประมาณ 1.5-2.5 เท่า (3.4 vs. 1.4-2.2%) ซึ่งเพิ่มขึ้นน้อยกว่าเมื่อใช้น้ำมันลินซีดที่เพิ่มขึ้นประมาณ 2.2-3.5 เท่า (4.8%) โดยมี DHA เพิ่มในสัดส่วนที่สูงมากเมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันถั่วเหลืองและใช้น้ำมันปาล์มทั้งที่ไม่เสริมและเสริมด้วยแร่ธาตุทั้งสองชนิด (0.76 vs. 0.59 และ 0.19-0.23% ตามลำดับ; ตารางที่ 14) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้สัดส่วนของกรดไขมัน n-6 ต่อ n-3 ลดลงเมื่อใช้น้ำมันลินซีด (3.9 vs. 7.5-14.1)

TABLE 14. Fatty acid profiles (% of total fatty acid) in egg yolk of Japanese quails fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper or chromium during 84 days.

Source of plant oil [1/]	Palm oil					Soybean oil	Linseed oil
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)			
		125	250	200	400		
C16:0	26.03	27.73	32.11	27.91	28.20	27.21	28.88
C16:1	3.52	4.03	2.92	2.26	2.34	2.32	2.31
C18:0	16.98	16.62	15.18	18.14	19.38	18.11	20.20
C18:1	31.13	29.30	26.83	28.77	28.43	22.40	24.47
C18:2, n-6	18.84	19.26	19.57	20.15	18.61	24.97	18.53
C18:3, n-3	1.22	1.04	1.64	1.77	1.03	2.27	3.54
C20:5, n-3	0.19	0.14	0.10	0.18	0.13	0.50	0.46
C22:6, n-3	0.23	0.19	0.19	0.21	0.19	0.59	0.76
SFA [2/]	43.01	44.35	47.28	45.04	47.58	45.33	48.08
UFA [2/]	55.14	53.95	51.25	53.33	50.73	53.04	50.08
MUFA	34.65	33.33	29.75	31.02	30.77	24.73	26.78
PUFA	20.49	20.62	21.50	22.31	19.96	28.31	23.30
UFA/SFA	1.28	1.22	1.08	1.18	1.07	1.17	1.04
Total n-3	1.64	1.37	1.93	2.16	1.35	3.36	4.76
Total n-6	18.84	19.29	19.57	20.15	18.61	24.97	18.53
n-6/n-3	11.45	14.13	10.14	9.32	13.72	7.46	3.89

[1/]Used in the diets at the level of 3%. [2/]Calculated form total fatty acid in this table.

SFA = saturated fatty acid, UFA = unsaturated fatty acid, MUFA = monounsaturated fatty acid, PUFA = polyunsaturated fatty acid, UFA = unsaturated fatty 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, C20:5 = eicosapentaenoic acid (EPA), C22:6 = docosahexaenoic acid (DHA)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนกรดไขมันชนิดอิ่มตัว (กรดปาล์มมิติก, C16:0 และกรดสเตียริก, C18:0) รวมทั้งกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวประเภทเชิงเดี่ยว (Monounsaturated fatty acid คือ กรดปาล์มมิโตเลอิก, C16:1 และกรดโอเลอิก, C18:1) มีในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกันไม่ว่าจะเสริมด้วยแร่ธาตุหรือใช้น้ำมันพืชทั้งสองชนิด โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 43.0-48.1 และ 24.7-34.6% ของกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ, ตารางที่ 14)

อย่างไรก็ดีในการศึกษาหาองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่นกกระทาครั้งนี้ ไม่สามารถนำผลไปวิเคราะห์ทางสถิติได้ เนื่องจากไข่แดงมีปริมาณน้อย จึงจำเป็นต้องนำไข่จากทุกซ้ำมารวมกัน

- **ทองแดงในมูล**

การเสริมทองแดงในสูตรอาหารระดับสูง (125-250 มก./กก. อาหาร) มีผลทำให้ทองแดงถูกขับออกมาในมูลมากกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (402-845 vs. 19-22 มก./กก. น้ำหนักมูลแห้ง, ตารางที่ 15) โดยทองแดงที่ขับออกมากับมูลมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเพิ่มระดับการเสริมทองแดงจาก 125 เป็น 250 มก./กก. อาหาร แต่ปริมาณที่สะสมไว้ในร่างกายก็สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญด้วย อย่างไรก็ดีเมื่อคิดเป็นร้อยละของปริมาณทองแดงที่กินเข้าไป พบว่า ไม่แตกต่างจากกลุ่มอื่นที่ไม่ได้เสริมทองแดงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งข้อมูลนี้เป็นไปในทำนองเดียวกับที่พบในไก่ไข่ ผิดกันแต่เพียงค่าที่พบในนกกระทามีการสะสมในร่างกายน้อยกว่าและมีความแปรปรวนระหว่างกลุ่มมากกว่าในไก่ โดยกลุ่มที่ได้รับทองแดงระดับสูงกลับมีสัดส่วนที่สะสมไว้ในร่างกายต่ำที่สุด แต่พอจะสรุปได้ว่า ปริมาณทองแดงที่กินเข้าไปถูกขับออกในมูลประมาณ 45-61% เหลือที่สะสมไว้ในร่างกาย 39-55% (ตารางที่ 15)

TABLE 15. Copper content in excreta of Japanese quails fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper or chromium during 84 days.

Source of plant oil[1/]	Cu intake	Cu in excreta		Cu excretion	Cu retention	
	(mg/d)	(mg/kg. fresh wt.)	(mg/kg. AD)	(mg/d)	(mg/d)	(% of intake)
Palm oil	0.226[a]	6.6[a]	19.0[a]	0.107[a]	0.119[a]	52.56
Palm oil + 125 ppm Cu	3.428[b]	126.4[b]	402.0[b]	2.001[b]	1.428[b]	41.49
Palm oil + 250 ppm Cu	6.327[c]	255.0[c]	844.7[c]	3.856[c]	2.471[c]	38.99
Palm oil + 200 ppb Cr	0.229[a]	6.7[a]	20.5[a]	0.114[a]	0.115[a]	50.17
Palm oil + 400 ppb Cr	0.226[a]	7.4[a]	22.4[a]	0.121[a]	0.104[a]	46.18
Soybean oil	0.232[a]	6.6[a]	19.0[a]	0.106[a]	0.126[a]	54.71
Linseed oil	0.229[a]	6.4[a]	20.0[a]	0.110[a]	0.119[a]	52.45
S.E.M	0.034	2.6	17.5	0.04	0.05	2.23

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

[1/] Used in the diets at the level of 3%.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

TABLE 16. Cost of production of laying hens and Japanese quails fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper or chromium during 168 and 84 days, respectively.

Group No.	Source of Plant oil[1/]	Level in diet Cu (ppm)	Level in diet Cr (ppb)	Egg production (%)	Feed/doz. egg (kg)	Feed/kg egg (kg)	Production cost (Bt) per[2/] Doz. egg	Production cost (Bt) per[2/] kg. Egg
	Laying hen							
1	Palm oil (control)	-	-	80.8	1.79	2.50	12.17	17.00
2	Palm oil	125	-	81.3	1.75	2.43	12.56	17.45
3	Palm oil	250	-	82.5	1.67	2.31	12.61	17.44
4	Palm oil	-	200	82.6	1.74	2.35	11.92	16.10
5	Palm oil	-	400	81.6	1.74	2.45	12.01	16.90
6	Soybean oil	-	-	85.7	1.65	2.31	11.42	15.98
7	Linseed oil	-	-	81.9	1.71	2.34	11.83	16.40
	Japanese quail							
1	Palm oil (control)	-	-	76.8	3.223/	2.88	26.604/	23.79
2	Palm oil	125	-	86.0	3.00	2.43	25.92	21.00
3	Palm oil	250	-	82.8	2.99	2.44	26.94	21.98
4	Palm oil	-	200	78.1	3.21	2.73	26.68	22.69
5	Palm oil	-	400	74.7	3.24	2.67	27.09	22.32
6	Soybean oil	-	-	80.2	3.20	2.63	26.82	22.04
7	Linseed oil	-	-	79.0	3.16	2.61	26.76	22.11

[1/] Used in the diets at the level of 3%.

[2/] See Table 4 and 5. Price of ingredients (Bt/kg): Soybean oil = 22, Linseed oil = 25, Bioplex-Copper (10%) = 300, and Bio-Chrom = 1,250 Bt/kg. Feed price of laying hen diets of group 1-7 were 6.80, 7.17, 7.55, 6.85, 6.90, 6.92, 7.01, while those of Japanese quail diets were 8.26, 8.64, 9.01, 8.31, 8.36, 8.38, 8.47, respectively.

[3/] Feed/100 eggs (kg) [4/] Production cost (Bt) per 100 eggs

• ต้นทุนการผลิตไข่ไก่และไข่นกกระทา

เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนการผลิตไข่ โดยกำหนดให้วัตถุดิบมีราคาเฉลี่ยตามที่ซื้อขายในท้องตลาดขณะทดลอง ซึ่งรายละเอียดของวัตถุดิบแต่ละชนิด แสดงในตารางที่ 4 และ 5 ส่วนราคาของน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันลินซีด รวมทั้งแร่ธาตุชนิดทองแดงหรือโครเมียม แสดงไว้ในตารางที่ 16 ปรากฏว่า อาหารทดลองมีราคาสูงขึ้นเมื่อใช้แร่ธาตุทั้งสองชนิดและใช้น้ำมันพืชจากถั่วเหลืองหรือลินซีดแทนที่น้ำมันปาล์ม โดยเฉพาะเมื่อใช้ทองแดงที่ระดับ 250 มก./กก. มีราคาสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ (0.54-0.75 บาท/กก.) ทั้งนี้เนื่องจากทองแดงที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นทองแดงในรูปอินทรีย์ คือ Bioplex-copper® ซึ่งผลิตจาก Alltech Biotechnology Co., Ltd. มีคุณภาพในการดูดซึมและใช้ประโยชน์ได้ดีกว่าทองแดงรูปอนินทรีย์ทั่วไปที่ราคาถูกกว่ามาก อย่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไรก็ดีเมื่อใช้แร่ธาตุทั้งสองชนิดหรือใช้น้ำมันพืชจากถั่วเหลืองหรือลินซีดในอาหารไก่ไข่ และนกกระทาไข่เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม พบว่า ทำให้ต้นทุนค่าการผลิตลดลง เพราะการเสริมด้วยแร่ธาตุและใช้น้ำมันพืชทั้งสองชนิดดังกล่าวมีประสิทธิภาพการใช้อาหารเพื่อการผลิตไข่ลดลง แม้ว่าจะไม่มีนัยสำคัญก็ตาม ซึ่งสามารถทำให้ต้นทุนการผลิตไข่ในไก่และนกกระทาลดลงได้ 0.10–1.02 และ 1.10–2.79 บาท/ไข่ 1 กก. ตามลำดับ ยกเว้นการใช้ทองแดงในไก่ไข่จะมีต้นทุนสูงขึ้นเล็กน้อย (0.39–0.44 บาท/ไข่ 1 โหล หรือ 0.44–0.45 บาท/ไข่ 1 กก.) ดังนั้น การเสริม แร่ธาตุทั้งสองชนิดหรือใช้น้ำมันพืชจากถั่วเหลืองและลินซีด จึงช่วยให้ต้นทุนการผลิตไข่ลดลง รวมทั้งยังสามารถลดปริมาณคอเลสเตอรอลลงได้อีกด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved