

## ภาคผนวก ก.

### การวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

ภาคผนวก ก 1. การวิเคราะห์คอเลสเทอรอลในเลือดและไขแดง ด้วยวิธีการใช้เอนไซม์ (enzymatic method)

**หลักการ :** ใช้เอนไซม์คอเลสเทอรอลเอสเทอเรส ย่อยคอเลสเทอรอลเอสเทอร์ในตัวอย่างให้เป็นคอเลสเทอรอลอิสระ และออกซิไดซ์คอเลสเทอรอลให้ไดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ( $H_2O_2$ ) โดยมีเอนไซม์คอเลสเทอรอลออกซิเดสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จากนั้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะไปออกซิไดซ์ 4-aminoantipyrin และฟีนอล ให้เป็นสารเชิงซ้อนสีชมพู (reddish-pink) คือ quinoneimine โดยมีเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งสีของ quinoneimine ที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณคอเลสเทอรอลรวม นำไปวัดความเข้มข้นของสีโดยดูค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร (nm.; Pasin et al., 1998)

#### วิธีการ :

**การวิเคราะห์ในเลือดไก่** (ดัดแปลงจากวิธีการของ Kim et al., 1997)

1. งดอาหารไก่อย่างน้อย 6 ชม. ก่อนเจาะเลือด เพื่อป้องกันการรบกวนจากการย่อยและการดูดซึม
2. ใช้เข็มเบอร์ 22 เจาะเส้นเลือดดำที่ปีก (wing vein) ประมาณ 3 มล. ใส่ในหลอดทดลองปิดฝา (การถ่ายเลือดจากไซริงค์ควรถอดเข็มออกจากไซริงค์ และปล่อยให้เลือดไหลลงไปในหลอดอย่างช้าๆ เพื่อไม่ให้เม็ดเลือดแดงแตก)
3. ตั้งทิ้งไว้ให้เลือดแข็งตัว ประมาณ 1 ชม. แล้วทำการเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงแยก ตะกอนที่ความเร็ว 2,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ซีรัมจะแยกออกจากเม็ดเลือดแดง
4. ดูดเอาซีรัมที่อยู่ชั้นบนใส่ลงในหลอดทดลองอีกชุด แล้วนำไปวิเคราะห์คอเลสเทอรอลด้วยวิธี enzymatic โดยใช้ test kit ของบริษัท DiaSys Diagnostic Systems GmbH & Co. KG ด้วยเครื่องวิเคราะห์สารเคมีในเลือดอัตโนมัติ (Automated chemistry analyzer) (หากยังไม่ได้นำไปวิเคราะห์ ควรใส่หลอดที่มีฝาปิดให้สนิท เก็บที่อุณหภูมิ  $4^{\circ}C$  ได้นาน 7 วัน หรือเก็บที่อุณหภูมิ  $-20^{\circ}C$  ได้นาน 4 เดือน)

### การวิเคราะห์ในไขมัน (ดัดแปลงจากวิธีการของ Bitman and Wood, 1980)

1. นำไขมันทั้งหมดไปต้มในน้ำเดือด เป็นเวลา 7 นาที แล้วแยกเอาไขมันออก บดให้เข้ากัน (หากยังไม่วิเคราะห์ ให้ใส่ในถุงพลาสติกปิดปากถุงให้แน่น เก็บไว้ในตู้แช่แข็ง อุณหภูมิ  $-20^{\circ}\text{C}$  และก่อนการวิเคราะห์ควรทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชม.)
2. ชั่งไขมันประมาณ 0.4 ก. ลงในหลอดทดลอง
3. เติมน้ำมันผสมของ petroleum ether : ethanol (2:1) 9 มล. ปิดฝา เขย่าด้วยเครื่อง vortex mixer เป็นเวลา 1 นาที ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 3 ชม.
4. เติมน้ำกลั่น 3 มล. ปิดฝา เขย่าด้วยเครื่อง vortex mixer เป็นเวลา 1 นาที เหยี่ยงโดยเครื่องเหยี่ยงที่ความเร็ว 2,500 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้สารละลายแยกชั้น
5. ดูดสารละลายของ petroleum ether ที่อยู่ชั้นบนทั้งหมด ใส่ลงในหลอดทดลองอีกชุดหนึ่ง ระเหยให้แห้งด้วยไนโตรเจนใน water bath อุณหภูมิ  $60^{\circ}\text{C}$
6. เติมน้ำ isopropanol 3 มล. เขย่าด้วยเครื่อง vortex mixer 1 นาที
7. เติมน้ำ NaCl 0.9% 1 มล. เขย่าด้วย vortex mixer 1 นาที
8. นำไขมันที่สกัดด้วยวิธี enzymatic โดยใช้เครื่องวิเคราะห์สารเคมีในเลือดอัตโนมัติ เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ในเลือด

### ภาคผนวก ก 2. การวิเคราะห์กรดไขมันในไขมัน โดยใช้วิธีแก๊สโครมาโตกราฟี (Gas chromatography ; GC)

**หลักการ :** Glyceride และ phospholipid จะถูกทำให้เป็นสบู่โดยผสมกับด่าง (saponification) และกรดไขมันจะถูกปล่อยให้เป็นอิสระ และรวมกับโมเลกุลของแอลกอฮอล์ โดยใช้ Boron trifluoride ( $\text{BF}_3$ ) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (AOAC, 2000) และเมื่อกรดไขมันเปลี่ยนเป็น (fatty acid methyl ester, FAME) แล้ว ฉีดกรดไขมันเข้าไปในคอลัมน์ที่บรรจุด้วยวัสดุคงที่ (stationary phase) จะกลายเป็นแก๊สที่บริเวณส่วนบนของคอลัมน์ และวัสดุเคลื่อนที่ (mobile phase หรือ carrier gas) จะพากรดไขมันเคลื่อนที่เข้าไปในคอลัมน์ กรดไขมันชนิดที่ละลายในวัสดุเคลื่อนที่ได้ดีกว่าในวัสดุคงที่จะออกมาจากคอลัมน์ก่อน เมื่อกรดไขมันแต่ละชนิดถูกแยกในคอลัมน์แล้ว จะส่งผ่านไปยังเครื่องตรวจจับ (detector) เครื่องบันทึกผล และประมวลผลแล้วแปรผลเป็นโครมาโตแกรม (chromatogram ; นวลศรี และไพโรจน์, 2540)

#### วิธีการ:

1. สกัดไขมันออกจากไขมัน โดยใช้ petroleum ether : ethanol ดังภาคผนวก ก 1.
2. นำไขมันที่สกัดได้มาเติม 0.5 M NaOH ใน methanol 2 มล. ปิดฝาให้สนิท

3. อุณหภูมิในน้ำร้อน 70 °C เป็นเวลา 30 นาที แล้วทิ้งไว้ให้เย็น
4. เติม 20% boron-trifluoride ใน methanol 2 มล. เขย่าด้วยเครื่อง vortex mixer 1 นาที
5. อุณหภูมิในน้ำร้อน 70 °C เป็นเวลา 30 นาที แล้วทิ้งไว้ให้เย็น
6. เติม Iso-octane 2 มล. เขย่าด้วยเครื่อง vortex mixer 1 นาที
7. เติมสารละลาย NaCl อิ่มตัว 5 มล. เขย่าด้วยเครื่อง vortex mixer 1 นาที
8. นำไปเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยงที่ความเร็ว 2,500 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที
9. เก็บส่วนที่ละลายในชั้น Iso-octane ใน vial ขนาด 5 มล.
10. ตูดสารละลายที่ได้ 1.0  $\mu$ l ฉีดเข้าเครื่อง GC เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมัน ค่าที่ได้จะนำไปคำนวณหาปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างเป็น % fatty acid distribution โดยคำนวณพื้นที่ใต้กราฟของกรดไขมันแต่ละชนิดเป็นร้อยละของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด

**การเตรียมสารเคมี:**

1. 0.5 M Methanolic NaOH : ชั่ง NaOH 2 มก. ละลายใน methanol 100 มล.
2. Saturated sodium chloride : ละลาย NaCl 36 ก. ในน้ำกลั่น 100 มล.

**กรดไขมันมาตรฐาน (standard of fatty acid methyl esters, FAMES) :** F.A.M.E. Mix ยี่ห้อ alltech :

Saturated fatty acid (C14:0 myristic acid, C16:0 palmitic acid, C18:0 stearic acid,)

Unsaturated fatty acid (C16:1 palmitoleic acid, C18:1 oleic acid, C18:2 linoleic acid, C18:3 linolenic acid, C20:4 arachidonic acid, 20:5 cis-5,8,11,14,17-eicosapentaenoic acid, C22:6 cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoic acid,)

**GC Condition :**

**Column :** Famewax<sup>TM</sup> capillary column

- ID = 0.25 mm, Length 30 m, Film thickness 0.25  $\mu$ m

**Detector :** FID (Flame Ionized Detector)

**Temperature program**

- column initial temperature 50 °C
- initial time 2 minute
- program rate 8 °C/minute
- final temperature 220 °C
- final time 15 minute
- injector and detector temperature 250 °C
- Injection volume 1.0  $\mu$ l

**Carrier gas** : Helium flow-rate 50 ml/min.

**Split ratio** : 100:1

**ภาคผนวก ก 3. วิธีวิเคราะห์ทองแดงในอวัยวะภายใน และมูล ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer**

**หลักการ** : ย่อยสลายส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ออกจากตัวอย่างอาหารโดยใช้กรด วิธีนี้จะมี การสูญเสียปริมาณแร่ธาตุโดยการระเหย (volatilization) และการติดค้างของแร่ธาตุเนื่องจากการ เกิดปฏิกิริยาระหว่างแร่ธาตุกับผิวของวัสดุของเครื่องใช้ (retention) น้อย ข้อเสียคือ ไม่สามารถทำ ได้ในปริมาณตัวอย่างอาหารมากๆ และสารเคมีที่ใช้มีอันตรายจึงต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ บริเวณ ทดลองจะต้องมีทางระบายไอกรดได้ดี โดยเฉพาะเมื่อมีกรดเปอร์คลอริก (โพธิ์ศรี, 2537)

**วิธีการ**: (ดัดแปลงจากวิธีการของ Anonymous, 1982)

1. ชั่งอวัยวะภายในประมาณ 10 ก.หรือ มูล 2 ก. (ตัวอย่างแห้ง)
2. เติมน้ำใน conical flasks 150 มล. เติมน้ำส่วนผสมของ  $\text{HNO}_3$ :  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :  $\text{HClO}_4$  (1:1:1) 15 มล. ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1 คืน (เพื่อไม่ให้ nitrogen dioxide ระเหยใน ระหว่างที่ให้ความร้อน)
3. แล้ววางไว้บน hot plate ให้ความร้อนต่ำ จนมีควันสีขาวของ sulphur trioxide การ ย่อยจึงจะเสร็จสมบูรณ์
4. เติมน้ำละลายที่ย่อยได้ลงใน volumetric flask ขนาด 10 มล. เจือจางด้วยน้ำ deionised จนครบ นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 324.8 นาโนเมตร ค่าที่ได้จะนำไปคำนวณหา ปริมาณทองแดงในตัวอย่าง ดังนี้

$$\text{ปริมาณทองแดงในตัวอย่าง (ppm)} = \frac{(\text{Cs}-\text{Cb}) \times \text{Vd}}{\text{W}}$$

- Cs = ความเข้มข้นของทองแดงในสารละลายจากกราฟมาตรฐาน (ppm)  
 Cb = ความเข้มข้นของทองแดงใน blank จากกราฟมาตรฐาน (ppm)  
 Vd = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อยสลาย (10 มล.)  
 W = น้ำหนักตัวอย่าง (ก.)

**การเตรียมกราฟมาตรฐาน** : เตรียมสารละลายมาตรฐานทองแดงความเข้มข้น 100 ppm

1. นำคอปเปอร์ซัลเฟต ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) ที่ใส่ในเดสซิเคเตอร์ เพื่อดูดความชื้นออก
2. ชั่งคอปเปอร์ซัลเฟต 0.0387 กรัม ละลายในน้ำกลั่นประมาณ 20 มล.
3. เติมน้ำกรดไนตริกเข้มข้น (concentrated  $\text{HNO}_3$ ) ปริมาตร 1 มล.
4. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มล.

5. นำสารละลายที่ได้มาเตรียมให้ได้ความเข้มข้น 1, 3, และ 5 ppm แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 324.8 นาโนเมตร
6. จากค่าการดูดกลืนแสง และความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน จะนำไปทำกราฟมาตรฐาน



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

ภาคผนวก ข.

**Table Appendix B 1.** Egg production (%) of laying hens fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 168 days.

Source of plant oil <sup>1'</sup>	Control	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	S.E.M
		Cu (ppm)		Cr (ppb)				
		125	250	200	400			
Period 1	78.91	76.11	73.47	78.65	79.51	77.91	76.36	0.80
Period 2	81.70	78.32	79.00	79.17	78.91	79.32	76.27	0.75
Period 3	91.57	92.76	96.24	92.26	94.35	94.44	94.25	0.86
Period 4	76.71	80.36	84.20	83.13	79.76	87.70	80.37	1.29
Period 5	78.54	83.84	84.94	85.94	79.85	89.17	86.31	1.29
Period 6	76.51	76.19	77.82	77.94	77.17	82.12	77.99	0.84
Period 1-3	84.43	82.39	82.90	82.92	84.26	85.06	82.29	1.06
Period 4-6	77.25 <sup>b</sup>	80.13 <sup>ab</sup>	82.02 <sup>ab</sup>	82.34 <sup>ab</sup>	78.93 <sup>b</sup>	86.33 <sup>a</sup>	81.55 <sup>ab</sup>	0.86
Period 1-6	80.84	81.26	82.46	82.63	81.59	85.69	81.92	1.00

<sup>ab</sup> Values within a row with no common superscripts are significantly different (P<0.05).

<sup>1'</sup> Used in the diets at the level of 3%.

**Table Appendix B 2.** Feed intake (g/day) of laying hens fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 168 days.

Source of plant oil <sup>1'</sup>	Control	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	S.E.M
		Cu (ppm)		Cr (ppb)				
		125	250	200	400			
Period 1	109.9	109.5	110.3	109.7	109.7	107.5	105.1	0.77
Period 2	110.1	109.9	105.6	109.2	108.9	108.3	109.4	1.05
Period 3	110.3	107.2	103.9	107.2	109.7	108.9	107.1	0.91
Period 4	108.3	103.8	100.5	105.8	103.9	106.5	104.7	1.22
Period 5	107.2	106.1	102.5	107.5	105.4	104.3	101.2	1.49
Period 6	108.9	106.2	103.1	111.1	106.3	105.3	104.3	2.49
Period 1-3	110.1	108.9	106.6	108.7	109.4	108.3	107.2	0.40
Period 4-6	108.2 <sup>a</sup>	105.4 <sup>ab</sup>	102.0 <sup>c</sup>	108.1 <sup>a</sup>	105.2 <sup>ab</sup>	105.4 <sup>bc</sup>	103.4 <sup>bc</sup>	0.55
Period 1-6	109.1 <sup>a</sup>	107.1 <sup>ab</sup>	104.3 <sup>b</sup>	108.4 <sup>a</sup>	107.3 <sup>ab</sup>	106.8 <sup>ab</sup>	105.3 <sup>b</sup>	0.41

<sup>abc</sup> Values within a row with no common superscripts are significantly different (P<0.05).

<sup>1'</sup> Used in the diets at the level of 3%.



**Table Appendix B 3.** Feed used (kg)/doz. egg of laying hens fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 168 days.

Source of plant oil <sup>1/</sup>	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	S.E.M	
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)				
		125	250	200				400
Period 1	1.67	1.73	1.81	1.68	1.65	1.66	1.66	0.02
Period 2	1.62	1.69	1.60	1.66	1.65	1.64	1.72	0.02
Period 3	1.64	1.62	1.48	1.62	1.63	1.53	1.61	0.03
Period 4	1.70 <sup>a</sup>	1.56 <sup>ab</sup>	1.43 <sup>b</sup>	1.52 <sup>ab</sup>	1.57 <sup>ab</sup>	1.46 <sup>b</sup>	1.56 <sup>ab</sup>	0.03
Period 5	1.69	1.58	1.49	1.52	1.65	1.45	1.47	0.04
Period 6	2.39	2.35	2.22	2.45	2.32	2.16	2.24	0.05
Period 1-3	1.64	1.68	1.63	1.65	1.64	1.61	1.66	0.02
Period 4-6	1.93	1.83	1.71	1.83	1.85	1.69	1.76	0.08
Period 1-6	1.79	1.75	1.67	1.74	1.74	1.65	1.71	0.04

<sup>ab</sup> Values within a row with no common superscripts are significantly different (P<0.05).

<sup>1/</sup> Used in the diets at the level of 3%.

**Table Appendix B 4.** Feed used (kg)/kg. egg of laying hens fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 168 days.

Source of plant oil <sup>1/</sup>	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	S.E.M	
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)				
		125	250	200				400
Period 1	2.33	2.60	2.68	2.45	2.43	2.48	2.42	0.05
Period 2	2.33	2.44	2.35	2.16	2.46	2.41	2.60	0.06
Period 3	2.44	2.27	2.05	2.06	2.46	2.28	2.35	0.06
Period 4	2.27	2.24	1.92	2.00	1.88	2.10	2.10	0.05
Period 5	2.46	2.10	2.01	2.02	2.18	2.03	1.92	0.07
Period 6	3.14	2.94	2.83	3.19	3.04	2.76	2.82	0.07
Period 1-3	2.36	2.44	2.36	2.29	2.45	2.39	2.46	0.03
Period 4-6	2.63	2.43	2.26	2.40	2.45	2.22	2.28	0.10
Period 1-6	2.50	2.43	2.31	2.35	2.45	2.31	2.37	0.05

No significant difference was found among the groups. (P>0.05)

<sup>1/</sup> Used in the diets at the level of 3%.

**Table Appendix B 5.** Body weight gain (g) of laying hens fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 168 days.

Source of plant oil <sup>1/</sup>	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	S.E.M	
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)				
		125	250	200				400
Period 1-3	82.3	84.1	121.2	105.7	102.0	75.0	89.2	0.01
Period 4-6	100.0	70.0	6.7	96.7	90.0	100.0	53.0	12.1
Period 1-6	176.7	126.7	123.3	200.0	193.3	170.0	126.7	15.0

No significant difference was found among the groups. (P>0.05)

<sup>1/</sup> Used in the diets at the level of 3%.

**Table Appendix B 6.** Egg weight (g) of laying hens fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 168 days.

Source of plant oil <sup>1/</sup>	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	S.E.M	
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)				
		125	250	200				400
Period 1	59.89	55.47	56.85	56.87	56.68	56.09	57.14	0.84
Period 2	57.19	58.22	55.59	60.89	55.68	60.31	58.38	0.74
Period 3	58.35	59.51	60.06	59.11	58.91	58.57	60.33	0.48
Period 4	60.67	60.57	60.17	63.73	61.05	62.60	62.22	0.53
Period 5	59.44	62.24	62.07	62.55	64.25	65.07	63.01	0.64
Period 6	62.79	65.44	65.18	64.94	63.45	64.40	65.72	0.34
Period 1-3	58.47	57.73	57.50	58.96	57.09	58.33	58.61	0.37
Period 4-6	60.77	62.75	62.47	63.74	62.91	64.02	63.65	0.41
Period 1-6	59.62	60.24	59.99	61.35	60.00	61.17	61.12	0.47

No significant difference was found among the groups. (P>0.05)

<sup>1/</sup> Used in the diets at the level of 3%.



**Table Appendix B 7.** Egg specific gravity of laying hens fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 168 days.

Source of plant oil <sup>1/</sup>	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	S.E.M	
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)				
		125	250	200				400
Period 1	1.091	1.087	1.085	1.090	1.087	1.088	1.085	0.001
Period 2	1.094	1.091	1.086	1.091	1.087	1.091	1.090	0.001
Period 3	1.094	1.084	1.090	1.090	1.082	1.089	1.091	0.002
Period 4	1.088	1.090	1.090	1.091	1.090	1.090	1.094	0.002
Period 5	1.087	1.090	1.088	1.091	1.086	1.090	1.094	0.001
Period 6	1.088	1.091	1.089	1.092	1.089	1.090	1.092	0.004
Period 1-3	1.093 <sup>a</sup>	1.087 <sup>bc</sup>	1.087 <sup>bc</sup>	1.090 <sup>ab</sup>	1.085 <sup>c</sup>	1.089 <sup>abc</sup>	1.089 <sup>abc</sup>	0.0007
Period 4-6	1.088 <sup>d</sup>	1.090 <sup>bc</sup>	1.089 <sup>cd</sup>	1.091 <sup>c</sup>	1.088 <sup>cd</sup>	1.090 <sup>bcd</sup>	1.093 <sup>d</sup>	0.0004
Period 1-6	1.090 <sup>a</sup>	1.089 <sup>ab</sup>	1.088 <sup>ab</sup>	1.091 <sup>a</sup>	1.087 <sup>b</sup>	1.090 <sup>ab</sup>	1.091 <sup>a</sup>	0.0004

<sup>abcd</sup> Values within a row with no common superscripts are significantly different (P<0.05).

<sup>1/</sup> Used in the diets at the level of 3%.

**Table Appendix B 8.** Haugh unit of laying hens fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 168 days.

Source of plant oil <sup>1/</sup>	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	S.E.M	
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)				
		125	250	200				400
Period 1	92.6	94.3	96.5	95.2	95.9	97.1	95.2	0.62
Period 2	90.1	92.8	97.0	95.9	95.1	92.2	89.8	1.11
Period 3	85.7 <sup>b</sup>	95.0 <sup>ab</sup>	93.0 <sup>ab</sup>	97.2 <sup>a</sup>	96.0 <sup>ab</sup>	93.0 <sup>ab</sup>	96.8 <sup>b</sup>	1.31
Period 4	89.0	93.7	92.0	94.7	93.2	93.3	97.0	0.90
Period 5	90.7	92.3	93.0	93.3	93.3	89.0	89.3	0.91
Period 6	89.9	93.8	94.5	94.6	93.8	93.1	94.3	0.78
Period 1-3	89.5 <sup>b</sup>	94.0 <sup>a</sup>	95.5 <sup>a</sup>	96.1 <sup>a</sup>	95.7 <sup>a</sup>	94.1 <sup>a</sup>	93.9 <sup>a</sup>	0.63
Period 4-6	89.8 <sup>b</sup>	93.3 <sup>ab</sup>	93.2 <sup>ab</sup>	94.2 <sup>a</sup>	93.3 <sup>ab</sup>	91.8 <sup>ab</sup>	93.5 <sup>a</sup>	0.46
Period 1-6	89.7 <sup>b</sup>	93.7 <sup>a</sup>	94.3 <sup>a</sup>	95.1 <sup>a</sup>	94.5 <sup>a</sup>	92.9 <sup>a</sup>	93.8 <sup>a</sup>	0.40

<sup>ab</sup> Values within a row with no common superscripts are significantly different (P<0.05).

<sup>1/</sup> Used in the diets at the level of 3%.

**Table Appendix B 9.** Yolk color (score) of laying hens fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 168 days.

Source of plant oil <sup>1/</sup>	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	S.E.M	
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)				
		125	250	200				400
Period 1	6.6	6.5	6.2	6.7	6.2	6.7	6.3	0.07
Period 2	8.4	9.2	8.7	9.1	9.0	8.9	8.7	0.14
Period 3	9.2 <sup>a</sup>	9.3 <sup>a</sup>	8.8 <sup>ab</sup>	9.3 <sup>a</sup>	8.3 <sup>b</sup>	9.2 <sup>b</sup>	9.0 <sup>ab</sup>	0.10
Period 4	8.5	8.2	8.8	9.0	8.7	9.2	9.0	0.08
Period 5	8.8	9.2	9.0	9.0	8.8	9.2	9.0	0.05
Period 6	8.7	9.1	9.0	9.0	8.8	9.1	9.0	0.05
Period 1-3	8.1	8.3	7.9	8.4	7.8	8.3	8.0	0.27
Period 4-6	8.7 <sup>c</sup>	9.2 <sup>a</sup>	8.9 <sup>b</sup>	9.0 <sup>ab</sup>	8.8 <sup>c</sup>	9.2 <sup>a</sup>	9.0 <sup>bc</sup>	0.04
Period 1-6	8.4	8.7	8.4	8.7	8.3	8.7	8.5	0.15

<sup>abc</sup> Values within a row with no common superscripts are significantly different (P<0.05).

<sup>1/</sup> Used in the diets at the level of 3%.

**Table Appendix B 10.** Egg shell thickness (mm) of laying hens fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 168 days.

Source of plant oil <sup>1/</sup>	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	S.E.M	
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)				
		125	250	200				400
Period 1	0.345	0.346	0.328	0.353	0.337	0.328	0.342	0.003
Period 2	0.353	0.335	0.338	0.337	0.337	0.343	0.337	0.003
Period 3	0.337 <sup>a</sup>	0.315 <sup>ab</sup>	0.323 <sup>ab</sup>	0.325 <sup>ab</sup>	0.304 <sup>b</sup>	0.325 <sup>ab</sup>	0.327 <sup>ab</sup>	0.004
Period 4	0.330	0.343	0.337	0.335	0.300	0.346	0.328	0.005
Period 5	0.341	0.353	0.342	0.353	0.324	0.357	0.366	0.005
Period 6	0.342 <sup>ab</sup>	0.350 <sup>a</sup>	0.343 <sup>ab</sup>	0.346 <sup>ab</sup>	0.323 <sup>b</sup>	0.348 <sup>ab</sup>	0.344 <sup>ab</sup>	0.003
Period 1-3	0.345 <sup>a</sup>	0.332 <sup>ab</sup>	0.330 <sup>ab</sup>	0.338 <sup>ab</sup>	0.326 <sup>b</sup>	0.332 <sup>ab</sup>	0.335 <sup>ab</sup>	0.026
Period 4-6	0.338 <sup>a</sup>	0.349 <sup>a</sup>	0.341 <sup>a</sup>	0.346 <sup>a</sup>	0.316 <sup>b</sup>	0.350 <sup>a</sup>	0.345 <sup>a</sup>	0.003
Period 1-6	0.341 <sup>a</sup>	0.340 <sup>a</sup>	0.335 <sup>a</sup>	0.342 <sup>a</sup>	0.321 <sup>b</sup>	0.341 <sup>a</sup>	0.341 <sup>a</sup>	0.002

<sup>ab</sup> Values within a row with no common superscripts are significantly different (P<0.05).

<sup>1/</sup> Used in the diets at the level of 3%.

**Table Appendix B 11.** Egg grading (%) of laying hens fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 168 days.

Source of plant oil <sup>1/</sup>	Palm oil					Soybean oil	Linseed oil	S.E.M
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)				
		125	250	200	400			
<b>Period 1</b>								
No. 1 (>70 g)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.00	0.005
No. 2 (66-70 g)	0.46	0.00	1.08	5.38	2.11	2.13	1.88	0.66
No. 3 (61-65 g)	6.94	17.87	11.63	10.08	7.72	10.28	4.69	2.27
No. 4 (56-60 g)	34.72	43.00	42.67	46.96	13.68	12.41	15.96	4.52
No. 5 (51-55 g)	55.09 <sup>a</sup>	36.13 <sup>a</sup>	39.98 <sup>a</sup>	31.98 <sup>ab</sup>	9.47 <sup>b</sup>	7.45 <sup>b</sup>	9.39 <sup>b</sup>	4.58
No. 6 (<51 g)	2.78	3.01	4.64	5.59	0.35	0.71	1.41	0.78
<b>Period 2</b>								
No. 1 (>70 g)	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	1.23 <sup>ab</sup>	0.00 <sup>b</sup>	2.34 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.28
No. 2 (66-70 g)	7.54	6.43	3.38	9.63	3.46	8.21	11.78	1.35
No. 3 (61-65 g)	19.26	24.12	20.72	20.80	20.07	29.79	22.29	1.78
No. 4 (56-60 g)	36.95	37.04	49.50	46.14	36.30	35.66	43.20	2.10
No. 5 (51-55 g)	33.68 <sup>ab</sup>	30.12 <sup>ab</sup>	26.40 <sup>ab</sup>	20.96 <sup>b</sup>	37.90 <sup>a</sup>	21.74 <sup>ab</sup>	22.73 <sup>ab</sup>	2.03
No. 6 (<51 g)	2.56	2.30	0.00	1.23	2.27	2.26	0.00	0.53
<b>Period 3</b>								
No. 1 (>70 g)	1.45	0.00	1.45	3.51	8.39	9.47	5.04	1.31
No. 2 (66-70 g)	6.21	5.81	7.07	16.94	18.07	21.95	13.50	2.46
No. 3 (61-65 g)	38.30	37.12	39.98	34.35	35.93	32.76	41.32	2.36
No. 4 (56-60 g)	38.85	43.81	39.98	27.33	23.95	21.69	35.39	3.06
No. 5 (51-55 g)	15.18	13.26	8.64	14.37	13.66	14.13	4.75	1.68
No. 6 (<51 g)	0.00	0.00	2.90	3.51	0.00	0.00	0.00	0.63
<b>Period 4</b>								
No. 1 (>70 g)	3.03	0.00	3.33	6.67	10.37	6.36	3.03	1.30
No. 2 (66-70 g)	10.90	9.76	10.37	23.33	20.44	19.92	20.13	1.56
No. 3 (61-65 g)	27.86	38.38	30.74	36.67	30.57	31.59	36.93	1.90
No. 4 (56-60 g)	36.40	39.06	41.48	23.33	25.52	21.89	29.83	2.95
No. 5 (51-55 g)	18.10 <sup>bc</sup>	12.79 <sup>c</sup>	10.37 <sup>bc</sup>	10.00 <sup>a</sup>	13.10 <sup>ab</sup>	20.23 <sup>abc</sup>	10.07 <sup>abc</sup>	1.41
No. 6 (<51 g)	3.70	0.00	3.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73
<b>Period 5</b>								
No. 1 (>70 g)	17.78 <sup>ab</sup>	12.52 <sup>b</sup>	14.57 <sup>ab</sup>	18.25 <sup>ab</sup>	30.63 <sup>a</sup>	11.36 <sup>b</sup>	5.04 <sup>b</sup>	2.30
No. 2 (66-70 g)	17.22	22.01	19.18	15.55	26.56	26.95	13.50	1.70
No. 3 (61-65 g)	23.89 <sup>abc</sup>	21.06 <sup>bc</sup>	44.61 <sup>a</sup>	19.31 <sup>c</sup>	20.26 <sup>bc</sup>	39.61 <sup>abc</sup>	41.32 <sup>ab</sup>	3.09
No. 4 (56-60 g)	31.67	34.92	20.56	36.06	14.07	22.08	35.39	2.89
No. 5 (51-55 g)	9.44	9.49	1.08	10.83	8.47	0.00	4.75	1.47
No. 6 (<51 g)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Period 6</b>								
No. 1 (>70 g)	12.05 <sup>ab</sup>	8.10 <sup>ab</sup>	1.59 <sup>b</sup>	19.05 <sup>a</sup>	4.17 <sup>ab</sup>	9.24 <sup>ab</sup>	13.10 <sup>ab</sup>	1.86
No. 2 (66-70 g)	16.21 <sup>b</sup>	28.38 <sup>ab</sup>	31.69 <sup>ab</sup>	26.79 <sup>ab</sup>	17.42 <sup>b</sup>	47.14 <sup>a</sup>	30.75 <sup>ab</sup>	3.01
No. 3 (61-65 g)	33.70 <sup>a</sup>	26.72 <sup>ab</sup>	36.85 <sup>a</sup>	34.52 <sup>a</sup>	17.42 <sup>b</sup>	32.16 <sup>a</sup>	32.10 <sup>a</sup>	1.91
No. 4 (56-60 g)	15.58 <sup>bc</sup>	32.95 <sup>ab</sup>	22.88 <sup>abc</sup>	15.18 <sup>bc</sup>	33.52 <sup>a</sup>	9.71 <sup>c</sup>	20.33 <sup>abc</sup>	2.46
No. 5 (51-55 g)	16.21 <sup>ab</sup>	4.85 <sup>b</sup>	6.99 <sup>b</sup>	4.46 <sup>b</sup>	24.69 <sup>a</sup>	1.75 <sup>b</sup>	3.71 <sup>b</sup>	2.21
No. 6 (<51 g)	6.25	0.00	0.00	0.00	2.78	0.00	0.00	0.96

**Table Appendix B 11.** Egg grading (%) of laying hens fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 168 days (continue).

Source of plant oil <sup>1/</sup>	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	S.E.M	
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)				
		125	250	200				400
<b>Period 1-3</b>								
No. 1 (>70 g)	0.48	0.00	0.48	1.58	2.80	4.05	1.68	0.61
No. 2 (66-70 g)	4.74	4.08	3.84	10.65	7.88	10.76	9.05	1.33
No. 3 (61-65 g)	21.50	26.37	24.11	21.50	21.24	24.28	22.77	2.60
No. 4 (56-60 g)	36.84 <sup>ab</sup>	41.28 <sup>ab</sup>	44.05 <sup>a</sup>	40.15 <sup>ab</sup>	24.64 <sup>b</sup>	23.25 <sup>b</sup>	31.52 <sup>ab</sup>	2.39
No. 5 (51-55 g)	34.65	26.50	25.01	22.44	20.34	14.44	12.29	2.89
No. 6 (<51 g)	1.78	1.77	2.51	3.44	0.87	0.99	0.47	0.37
<b>Period 4-6</b>								
No. 1 (>70 g)	10.95	6.87	6.50	14.65	15.06	8.99	7.06	1.21
No. 2 (66-70 g)	14.78 <sup>b</sup>	20.05 <sup>ab</sup>	20.4 <sup>ab</sup>	21.89 <sup>ab</sup>	21.47 <sup>ab</sup>	31.33 <sup>a</sup>	21.46 <sup>ab</sup>	1.40
No. 3 (61-65 g)	28.48 <sup>ab</sup>	28.72 <sup>ab</sup>	37.40 <sup>a</sup>	30.17 <sup>ab</sup>	22.75 <sup>b</sup>	34.45 <sup>a</sup>	36.78 <sup>a</sup>	1.36
No. 4 (56-60 g)	27.88 <sup>ab</sup>	35.3 <sup>a</sup>	28.3 <sup>ab</sup>	24.86 <sup>ab</sup>	24.37	17.89 <sup>b</sup>	28.52 <sup>ab</sup>	1.66
No. 5 (51-55 g)	14.58 <sup>ab</sup>	9.04 <sup>ab</sup>	6.14 <sup>b</sup>	8.43 <sup>ab</sup>	15.42 <sup>a</sup>	7.33 <sup>ab</sup>	6.18 <sup>b</sup>	1.06
No. 6 (<51 g)	3.32	0.00	1.23	0.00	0.93	0.00	0.00	0.40
<b>Period 1-6</b>								
No. 1 (>70 g)	5.71	3.44	3.49	8.12	8.93	6.52	4.37	1.07
No. 2 (66-70 g)	9.76	12.06	12.13	16.27	14.68	21.05	15.26	1.61
No. 3 (61-65 g)	24.99	27.55	30.76	25.96	22.00	29.37	29.77	1.65
No. 4 (56-60 g)	32.36 <sup>abc</sup>	38.30 <sup>a</sup>	36.18 <sup>ab</sup>	32.50 <sup>abc</sup>	24.51 <sup>bc</sup>	20.57 <sup>c</sup>	30.02 <sup>abc</sup>	1.67
No. 5 (51-55 g)	24.62	17.77	15.58	15.43	17.88	10.88	9.23	1.87
No. 6 (<51 g)	2.55	0.88	1.87	1.72	0.90	0.50	0.23	0.27

<sup>abc</sup> Values within a row with no common superscripts are significantly different (P<0.05).

<sup>1/</sup> Used in the diets at the level of 3%.

**Table Appendix B 12.** Serum cholesterol (mg/dl) of laying hens fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 168 days.

Source of plant oil <sup>1/</sup>	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	S.E.M	
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)				
		125	250	200				400
Period 1	126.83 <sup>a</sup>	93.83 <sup>ab</sup>	102.17 <sup>ab</sup>	100.50 <sup>ab</sup>	110.33 <sup>ab</sup>	84.33 <sup>b</sup>	89.67 <sup>ab</sup>	4.96
Period 3	129.83 <sup>a</sup>	97.50 <sup>ab</sup>	75.50 <sup>b</sup>	120.83 <sup>ab</sup>	114.17 <sup>ab</sup>	100.17 <sup>ab</sup>	98.00 <sup>ab</sup>	5.83
Period 6	112.00	111.17	88.67	115.33	90.75	109.50	90.33	4.64
Period 7	111.83	114.17	126.00	102.50	135.00	120.50	110.50	5.20
Period 1-3	128.33 <sup>a</sup>	95.67 <sup>b</sup>	88.83 <sup>b</sup>	110.67 <sup>ab</sup>	112.25 <sup>ab</sup>	92.25 <sup>b</sup>	85.67 <sup>b</sup>	3.96
% decrease	-	25.4	30.8	13.7	12.5	28.1	33.2	
Period 1-6	122.89 <sup>a</sup>	100.83 <sup>ab</sup>	88.78 <sup>c</sup>	112.22 <sup>ab</sup>	105.08 <sup>abc</sup>	98.00 <sup>bc</sup>	92.67 <sup>bc</sup>	3.12
% decrease	-	3.3	4.1	4.2	4.4	1.9	1.5	

<sup>abc</sup> Values within a row with no common superscripts are significantly different (P<0.05).

<sup>1/</sup> Used in the diets at the level of 3%.

**Table Appendix B 13.** Cholesterol content in yolk and egg of laying hens fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 168 days.

Source of plant oil <sup>1/</sup>	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	S.E.M	
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)				
		125	250	200				400
<b>In yolk (mg/g yolk)</b>								
Period 1	12.78	12.97	13.17	12.84	12.66	13.47	13.18	0.11
Period 2	13.12	13.10	13.51	13.04	12.71	12.82	13.60	0.11
Period 3	13.61	12.53	12.32	12.20	12.71	12.80	12.63	0.16
Period 4	13.09	12.51	12.51	12.42	12.49	12.76	12.68	0.13
Period 5	14.20	13.36	12.98	12.99	13.29	13.60	13.80	0.16
Period 6	13.77	13.45	12.76	13.70	13.19	13.61	13.50	0.13
Period 7	13.06	13.17	13.00	12.47	13.36	13.71	13.16	0.16
Period 1-3	13.17	12.87	13.00	12.69	12.69	13.03	13.13	0.08
%decrease	-	2.3	1.3	3.6	3.6	1.1	0.3	-
Period 4-6	13.69	13.11	12.75	13.03	12.99	13.32	13.33	0.11
%decrease	-	4.2	6.9	4.7	5.1	2.6	2.6	-
Period 1-6	13.43	12.99	12.88	12.86	12.84	13.18	13.23	0.07
%decrease	-	3.3	4.1	4.2	4.4	1.9	1.5	-
<b>In whole egg (mg/egg)</b>								
Period 1	210.5	205.5	190.9	192.6	203.9	209.4	219.4	3.32
Period 2	205.3	216.4	215.3	220.5	210.9	216.2	227.4	2.79
Period 3	248.4 <sup>b</sup>	220.2 <sup>ab</sup>	210.3 <sup>a</sup>	214.8 <sup>ab</sup>	217.6 <sup>ab</sup>	235.0 <sup>ab</sup>	218.0 <sup>ab</sup>	4.46
Period 4	233.6	211.5	236.5	227.0	217.5	223.6	207.3	4.01
Period 5	234.6	232.9	223.2	221.0	219.9	230.2	225.1	3.34
Period 6	237.1	231.7	223.1	232.4	232.2	240.0	232.4	3.87
Period 7	214.1	217.2	223.7	221.0	208.1	229.9	217.1	3.25
Period 1-3	221.4	214.0	205.5	209.3	210.8	220.2	221.6	2.78
% decrease	-	3.3	7.2	5.5	4.8	0.5	-0.07	
Period 4-6	235.1	225.4	227.6	226.8	222.2	231.3	221.6	1.85
% decrease	-	4.1	3.2	3.5	5.5	1.6	5.7	
Period 1-6	228.2	219.7	216.5	218.1	216.5	225.7	221.6	1.91
% decrease	-	3.7	5.1	4.5	5.1	1.1	2.9	

<sup>ab</sup> Values within a row with no common superscripts are significantly different (P<0.05).

<sup>1/</sup> Used in the diets at the level of 3%.



**Table Appendix B 14.** Fatty acid profiles (% of total fatty acid) in egg yolk of laying hens fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 168 days.

Source of plant oil <sup>1/</sup>	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)			
		125	250	200			400
<b>Replication 1</b>							
Palmitic (C16:0)	18.75	17.41	17.88	20.37	17.79	17.43	15.34
Palmitoleic (C16:1)	0.84	0.96	1.07	1.11	1.04	0.93	1.15
Steric (C18:0)	5.40	5.47	4.97	5.14	5.33	6.48	5.81
Oleic (C18:1)	35.74	34.57	32.99	37.80	33.44	30.36	30.40
Linoleic (C18:2)	10.62	10.21	9.11	9.51	10.37	15.03	10.83
Linolenic (C18:3)	0.00	0.40	0.34	0.25	0.43	0.96	4.93
EPA (C20:5)	0.00	0.50	0.51	0.26	0.48	0.57	0.44
DHA (C22:6)	0.00	0.04	0.27	0.22	0.47	0.74	1.07
SFA <sup>2/</sup>	24.15	22.88	22.85	25.51	23.13	23.92	21.16
UFA <sup>2/</sup>	47.20	46.68	44.28	49.15	46.23	48.59	48.82
MUFA	36.58	35.53	34.06	38.91	34.47	31.29	31.55
PUFA	10.62	11.15	10.22	10.24	11.76	17.30	17.27
UFA/SFA	1.95	2.04	1.94	1.93	2.00	2.03	2.31
n-3	0.00	0.94	1.11	0.73	1.39	2.27	6.44
n-6	10.62	10.21	9.11	9.51	10.37	15.03	10.83
n-6/n-3	0.00	10.85	8.17	13.10	7.49	6.63	1.68
<b>Replication 2</b>							
Palmitic (C16:0)	18.25	18.03	15.05	17.20	18.15	17.14	14.89
Palmitoleic (C16:1)	0.92	1.07	0.88	1.43	1.15	1.24	1.29
Steric (C18:0)	5.70	5.06	5.38	5.85	5.40	5.58	5.09
Oleic (C18:1)	35.43	34.28	35.88	35.06	36.02	29.13	27.78
Linoleic (C18:2)	9.71	9.10	10.28	9.64	10.03	14.34	12.31
Linolenic (C18:3)	0.20	0.37	0.45	0.34	0.26	0.98	6.45
EPA (C20:5)	0.47	0.45	0.51	0.34	0.32	0.47	0.13
DHA (C22:6)	0.00	0.40	0.00	0.00	0.53	0.83	0.79
SFA <sup>2/</sup>	23.95	23.09	20.42	23.05	23.55	22.72	19.99
UFA <sup>2/</sup>	46.72	45.67	48.01	46.82	48.32	46.98	48.76
MUFA	36.34	35.35	36.76	36.50	37.17	30.36	29.07
PUFA	10.38	10.32	11.25	10.32	11.15	16.62	19.69
UFA/SFA	1.95	1.98	2.35	2.03	2.05	2.07	2.44
n-3	0.67	1.22	0.96	0.68	1.12	2.28	7.38
n-6	9.71	9.10	10.28	9.64	10.03	14.34	12.31
n-6/n-3	14.51	7.49	10.69	14.23	8.99	6.30	1.67



**Table Appendix B 14.** Fatty acid profiles (% of total fatty acid) in egg yolk of laying hens fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 168 days. (continue)

Source of Plant oil <sup>1/</sup>	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)			
		125	250	200			400
<b>Replication 3</b>							
Palmitic (C16:0)	18.42	18.85	17.65	17.06	16.52	16.72	16.59
Palmitoleic (C16:1)	1.08	1.05	1.02	1.05	0.89	1.10	0.81
Steric (C18:0)	5.30	5.19	34.74	5.03	5.01	5.91	5.87
Oleic (C18:1)	34.18	35.78	9.87	35.99	35.35	29.04	30.29
Linoleic (C18:2)	10.17	8.43	9.87	8.94	10.35	14.37	11.74
Linolenic (C18:3)	0.44	0.00	0.15	0.29	0.24	0.81	5.32
EPA (C20:5)	0.49	0.42	0.31	0.57	0.48	0.00	0.00
DHA (C22:6)	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64	0.94
SFA <sup>2/</sup>	23.72	24.04	23.10	22.09	21.53	22.62	22.47
UFA <sup>2/</sup>	46.70	45.69	46.09	46.83	47.31	45.97	49.09
MUFA	35.25	36.83	35.76	37.04	36.24	30.15	31.10
PUFA	11.45	8.86	10.32	9.80	11.08	15.82	17.99
UFA/SFA	1.97	1.90	1.99	2.12	2.20	2.03	2.18
n-3	1.28	0.42	0.46	0.85	0.72	1.45	6.25
n-6	10.17	8.43	9.87	8.94	10.35	14.37	11.74
n-6/n-3	7.97	19.93	21.53	10.47	14.29	9.90	1.88
<b>Average</b>							
Palmitic (C16:0)	18.47 <sup>a</sup>	18.10 <sup>a</sup>	16.86 <sup>ab</sup>	18.21 <sup>a</sup>	17.49 <sup>ab</sup>	17.10 <sup>ab</sup>	15.67 <sup>b</sup>
Palmitoleic (C16:1)	0.95	1.03	0.99	1.20	1.03	1.09	1.08
Steric (C18:0)	5.47 <sup>ab</sup>	5.24 <sup>b</sup>	5.27 <sup>b</sup>	5.34 <sup>b</sup>	5.25 <sup>b</sup>	5.99 <sup>a</sup>	5.59 <sup>ab</sup>
Oleic (C18:1)	35.12 <sup>a</sup>	34.88 <sup>a</sup>	34.54 <sup>a</sup>	36.28 <sup>a</sup>	34.94 <sup>a</sup>	29.51 <sup>b</sup>	29.49 <sup>b</sup>
Linoleic (C18:2)	10.17 <sup>c</sup>	9.25 <sup>c</sup>	9.75 <sup>c</sup>	9.36 <sup>c</sup>	10.25 <sup>c</sup>	14.58 <sup>a</sup>	11.63 <sup>b</sup>
Linolenic (C18:3)	0.21 <sup>c</sup>	0.26 <sup>c</sup>	0.31 <sup>bc</sup>	0.29 <sup>bc</sup>	0.31 <sup>bc</sup>	0.92 <sup>b</sup>	5.57 <sup>a</sup>
EPA (C20:5)	0.32	0.46	0.44	0.39	0.43	0.35	0.19
DHA (C22:6)	0.12 <sup>b</sup>	0.15 <sup>b</sup>	0.09 <sup>b</sup>	0.07 <sup>b</sup>	0.33 <sup>b</sup>	0.74 <sup>a</sup>	0.93 <sup>a</sup>
SFA <sup>2/</sup>	23.94 <sup>a</sup>	23.34 <sup>a</sup>	22.13 <sup>ab</sup>	23.55 <sup>a</sup>	22.74 <sup>ab</sup>	23.09 <sup>ab</sup>	21.21 <sup>b</sup>
UFA <sup>2/</sup>	46.87 <sup>ab</sup>	46.01 <sup>b</sup>	46.13 <sup>b</sup>	47.60 <sup>ab</sup>	47.29 <sup>ab</sup>	47.19 <sup>ab</sup>	48.89 <sup>a</sup>
MUFA	36.06 <sup>a</sup>	35.90 <sup>a</sup>	35.53 <sup>a</sup>	37.48 <sup>a</sup>	35.96 <sup>a</sup>	30.60 <sup>b</sup>	30.57 <sup>b</sup>
PUFA	10.82 <sup>c</sup>	10.11 <sup>c</sup>	10.60 <sup>c</sup>	10.12 <sup>c</sup>	11.33 <sup>c</sup>	16.58 <sup>b</sup>	18.32 <sup>a</sup>
UFA/SFA	1.96	1.97	2.06	2.03	2.08	2.04	2.31
n-3	0.65 <sup>b</sup>	0.87 <sup>b</sup>	0.84 <sup>b</sup>	0.75 <sup>b</sup>	1.07 <sup>b</sup>	2.01 <sup>a</sup>	6.69 <sup>a</sup>
n-6	10.17	9.25	9.75	9.36	10.25	14.58	11.63
n-6/n-3	11.24 <sup>b</sup>	12.76 <sup>b</sup>	13.46 <sup>b</sup>	12.60 <sup>b</sup>	10.26 <sup>b</sup>	7.61 <sup>ab</sup>	1.74 <sup>c</sup>

<sup>abc</sup> Values within a row with no common superscripts are significantly different (P<0.05).

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

C20:5 = eicosapentaenoic acid (EPA), C22:6 = docosahexaenoic acid (DHA), 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(C18:3+C20:5+C22:6), n-6 = total n-6 fatty acid (C18:2).

**Table Appendix B 15.** Fatty acid profiles (g/100g yolk) in egg yolk of laying hens fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 168 days.

Source of plant oil <sup>1'</sup>	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)			
		125	250	200			400
<b>Replication 1</b>							
Palmitic (C16:0)	5.34	8.27	4.56	7.19	8.08	6.65	8.24
Palmitoleic (C16:1)	0.24	0.49	0.28	0.60	0.52	0.48	0.71
Steric (C18:0)	1.54	2.33	1.36	2.45	2.42	2.16	2.82
Oleic (C18:1)	10.18	15.79	8.94	14.65	16.08	11.30	15.37
Linoleic (C18:2)	3.03	4.17	2.56	4.03	4.50	5.56	6.81
Linolenic (C18:3)	0.00	0.17	0.11	0.14	0.12	0.38	3.57
EPA (C20:5)	0.00	0.16	0.18	0.11	0.11	0.14	0.06
DHA (C22:6)	0.00	0.14	0.00	0.00	0.19	0.26	0.35
SFA <sup>2'</sup>	6.88	10.60	5.92	9.63	10.50	8.82	11.05
UFA <sup>2'</sup>	13.45	20.92	12.08	19.53	21.52	18.12	26.86
MUFA	10.42	16.29	9.22	15.25	16.60	11.78	16.08
PUFA	3.03	4.64	2.86	4.28	4.92	6.34	10.78
UFA/SFA	1.95	1.97	2.04	2.03	2.05	2.05	2.43
n-3	0.00	0.47	0.30	0.25	0.42	0.77	3.97
n-6	3.03	4.17	2.56	4.03	4.50	5.56	6.81
n-6/n-3	0.00	8.89	8.55	16.21	10.75	7.20	1.71
<b>Replication 2</b>							
Palmitic (C16:0)	9.14	8.21	7.90	8.68	9.42	6.88	8.72
Palmitoleic (C16:1)	0.53	0.45	0.46	0.47	0.55	0.37	0.52
Steric (C18:0)	2.63	2.58	2.83	2.20	2.82	2.55	2.98
Oleic (C18:1)	16.94	16.30	18.85	16.14	17.70	12.00	16.28
Linoleic (C18:2)	5.05	4.81	5.40	4.06	5.49	5.96	5.81
Linolenic (C18:3)	0.22	0.19	0.24	0.11	0.23	0.38	2.63
EPA (C20:5)	0.18	0.18	0.20	0.17	0.19	0.17	0.23
DHA (C22:6)	0.14	0.02	0.00	0.14	0.20	0.23	0.39
SFA <sup>2'</sup>	11.77	10.79	10.73	10.88	12.24	9.43	11.70
UFA <sup>2'</sup>	23.06	21.94	25.16	21.10	24.36	19.12	25.87
MUFA	17.47	16.75	19.31	16.62	18.25	12.37	16.80
PUFA	5.59	5.19	5.84	4.49	6.11	6.75	9.07
UFA/SFA	1.96	2.03	2.34	1.94	1.99	2.03	2.21
n-3	0.54	0.38	0.44	0.42	0.62	0.79	3.26
n-6	5.05	4.81	5.40	4.06	5.49	5.96	5.81
n-6/n-3	9.42	12.60	12.27	9.58	8.85	7.56	1.78

**Table Appendix B 15.** Fatty acid profiles (g/100g yolk ) in egg yolk of laying hens fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 168 days. (continue)

Source of Plant oil <sup>1/</sup>	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)			
		125	250	200			400
<b>Replication 3</b>							
Palmitic (C16:0)	11.29	10.68	16.10	12.21	12.00	9.80	9.71
Palmitoleic (C16:1)	0.57	0.59	0.96	0.75	0.65	0.65	0.45
Steric (C18:0)	3.53	2.94	4.48	3.60	3.64	3.46	3.24
Oleic (C18:1)	21.92	20.27	29.72	25.76	25.68	17.03	16.73
Linoleic (C18:2)	6.01	4.78	8.20	6.40	7.52	8.43	6.48
Linolenic (C18:3)	0.12	0.00	0.31	0.21	0.17	0.48	2.94
EPA (C20:5)	0.22	0.18	0.35	0.31	0.27	0.00	0.00
DHA (C22:6)	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.30	0.41
SFA <sup>2/</sup>	14.82	13.62	20.58	15.81	15.64	13.27	12.41
UFA <sup>2/</sup>	28.84	25.82	39.73	33.43	34.29	26.88	27.01
MUFA	22.49	20.86	30.68	26.51	26.33	17.68	17.18
PUFA	6.35	4.96	9.05	6.91	7.96	9.20	9.83
UFA/SFA	1.95	1.90	1.93	2.11	2.19	2.03	2.18
n-3	0.34	0.18	0.84	0.51	0.44	0.77	3.35
n-6	6.01	4.78	8.20	6.40	7.52	8.43	6.48
n-6/n-3	17.50	26.37	9.73	12.48	17.07	10.89	1.94
<b>Average</b>							
Palmitic (C16:0)	8.59	9.05	9.52	9.36	9.83	7.78	8.71
Palmitoleic (C16:1)	0.45	0.51	0.57	0.61	0.57	0.50	0.56
Steric (C18:0)	2.57	2.62	2.89	2.75	2.96	2.72	3.01
Oleic (C18:1)	16.35	17.45	19.17	18.85	19.82	13.44	16.13
Linoleic (C18:2)	4.70	4.59	5.39	4.83	5.84	6.65	6.37
Linolenic (C18:3)	0.11 <sup>b</sup>	0.12 <sup>b</sup>	0.22 <sup>b</sup>	0.15 <sup>b</sup>	0.17 <sup>b</sup>	0.41 <sup>b</sup>	3.05 <sup>a</sup>
EPA (C20:5)	0.13	0.17	0.24	0.20	0.19	0.10	0.10
DHA (C22:6)	0.05 <sup>c</sup>	0.05 <sup>c</sup>	0.06 <sup>c</sup>	0.05 <sup>c</sup>	0.13 <sup>bc</sup>	0.26 <sup>ab</sup>	0.38 <sup>a</sup>
SFA <sup>2/</sup>	11.16	11.67	12.41	12.11	12.80	10.51	11.72
UFA <sup>2/</sup>	21.78	22.89	25.66	24.69	26.72	21.37	26.58
MUFA	16.79	17.97	19.74	19.46	20.39	13.94	16.69
PUFA	4.99 <sup>b</sup>	4.93 <sup>b</sup>	5.92 <sup>b</sup>	5.23 <sup>b</sup>	6.33 <sup>b</sup>	7.43 <sup>ab</sup>	9.89 <sup>a</sup>
UFA/SFA	1.94 <sup>b</sup>	1.96 <sup>b</sup>	2.10 <sup>ab</sup>	2.03 <sup>b</sup>	2.09 <sup>ab</sup>	2.04 <sup>b</sup>	2.27 <sup>a</sup>
n-3	0.29 <sup>c</sup>	0.34 <sup>c</sup>	0.53 <sup>bc</sup>	0.39 <sup>bc</sup>	0.49 <sup>bc</sup>	0.78 <sup>b</sup>	3.53 <sup>a</sup>
n-6	4.70	4.59	5.39	4.83	5.84	6.65	6.37
n-6/n-3	16.02 <sup>a</sup>	13.33 <sup>a</sup>	10.21 <sup>ab</sup>	12.23 <sup>a</sup>	11.84 <sup>a</sup>	8.55 <sup>ab</sup>	1.81 <sup>b</sup>

<sup>abc</sup> Values within a row with no common superscripts are significantly different (P<0.05).

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

C20:5 = eicosapentaenoic acid (EPA), C22:6 = docosahexaenoic acid (DHA), 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(C18:3+C20:5+C22:6), n-6 = total n-6 fatty acid (C18:2).

**Table Appendix B 16.** Fatty acid profiles in egg (g/egg) of laying hens fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 168 days.

Source of plant oil <sup>1/</sup>	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)			
		125	250	200			400
<b>Replication 1</b>							
Palmitic (C16:0)	0.95	1.42	0.88	1.16	1.43	1.12	1.38
Palmitoleic (C16:1)	0.04	0.08	0.05	0.10	0.09	0.08	0.12
Steric (C18:0)	0.27	0.40	0.26	0.40	0.43	0.36	0.47
Oleic (C18:1)	1.81	2.71	1.72	2.37	2.85	1.89	2.58
Linoleic (C18:2)	0.54	0.71	0.49	0.65	0.80	0.93	1.14
Linolenic (C18:3)	0.00	0.03	0.02	0.02	0.02	0.06	0.60
EPA (C20:5)	0.00	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	0.01
DHA (C22:6)	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.04	0.06
SFA <sup>2/</sup>	1.22	1.82	1.14	1.56	1.86	1.48	1.86
UFA <sup>2/</sup>	2.39	3.58	2.32	3.16	3.81	3.04	4.51
MUFA	1.86	2.79	1.77	2.47	2.94	1.98	2.70
PUFA	0.54	0.79	0.55	0.69	0.87	1.06	1.81
UFA/SFA	1.95	1.97	2.04	2.03	2.05	2.05	2.43
n-3	0.00	0.08	0.06	0.04	0.07	0.13	0.67
n-6	0.54	0.71	0.49	0.65	0.80	0.93	1.14
n-6/n-3	0.00	8.89	8.55	16.21	10.75	7.20	1.71
<b>Replication 2</b>							
Palmitic (C16:0)	1.51	1.42	1.34	1.65	1.58	1.19	1.30
Palmitoleic (C16:1)	0.09	0.08	0.08	0.09	0.09	0.06	0.10
Steric (C18:0)	0.43	0.45	0.48	0.42	0.47	0.44	0.49
Oleic (C18:1)	2.80	2.82	3.19	3.07	2.98	2.07	2.56
Linoleic (C18:2)	0.83	0.83	0.91	0.77	0.92	1.03	0.91
Linolenic (C18:3)	0.04	0.03	0.04	0.02	0.04	0.07	0.41
EPA (C20:5)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
DHA (C22:6)	0.02	0.00	0.00	0.03	0.03	0.04	0.07
SFA <sup>2/</sup>	1.94	1.87	1.81	2.07	2.06	1.63	2.05
UFA <sup>2/</sup>	3.81	3.80	4.25	4.02	4.10	3.30	4.53
MUFA	2.89	2.90	3.27	3.16	3.07	2.14	2.94
PUFA	0.92	0.90	0.99	0.85	1.03	1.17	1.59
UFA/SFA	1.96	2.03	2.34	1.94	1.99	2.03	2.21
n-3	0.09	0.07	0.07	0.08	0.10	0.14	0.57
n-6	0.83	0.83	0.91	0.77	0.92	1.03	1.02
n-6/n-3	9.42	12.60	12.27	9.58	8.85	7.56	1.78

**Table Appendix B 16.** Fatty acid profiles in egg (g/egg) of laying hens fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 168 days. (continue)

Source of plant oil <sup>1/</sup>	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)			
		125	250	200			400
<b>Replication 3</b>							
Palmitic (C16:0)	1.96	1.84	2.63	1.91	2.11	1.85	1.59
Palmitoleic (C16:1)	0.10	0.10	0.16	0.12	0.11	0.12	0.08
Steric (C18:0)	0.61	0.51	0.73	0.56	0.64	0.65	0.56
Oleic (C18:1)	3.80	3.50	4.86	4.04	4.42	3.21	2.90
Linoleic (C18:2)	1.04	0.82	1.34	1.00	1.32	1.59	1.12
Linolenic (C18:3)	0.02	0.00	0.05	0.03	0.03	0.09	0.51
EPA (C20:5)	0.04	0.03	0.06	0.05	0.05	0.00	0.00
DHA (C22:6)	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.06	0.07
SFA <sup>2/</sup>	2.57	2.35	3.36	2.48	2.75	2.50	2.15
UFA <sup>2/</sup>	5.00	4.45	6.49	5.24	6.03	5.07	4.68
MUFA	3.90	3.60	5.01	4.15	4.63	3.33	2.98
PUFA	1.10	0.86	1.48	1.08	1.40	1.73	1.70
UFA/SFA	1.95	1.90	1.93	2.11	2.19	2.03	2.18
n-3	0.06	0.03	0.14	0.08	0.08	0.15	0.58
n-6	1.04	0.82	1.34	1.00	1.32	1.59	1.12
n-6/n-3	17.50	26.37	9.73	12.48	17.07	10.89	1.94
<b>Average</b>							
Palmitic (C16:0)	1.47	1.56	1.62	1.57	1.71	1.39	1.42
Palmitoleic (C16:1)	0.08	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09
Steric (C18:0)	0.44	0.45	0.49	0.46	0.51	0.48	0.51
Oleic (C18:1)	2.80	3.01	3.26	3.16	3.45	2.39	2.68
Linoleic (C18:2)	0.80	0.79	0.91	0.81	1.01	1.18	1.06
Linolenic (C18:3)	0.02 <sup>b</sup>	0.02 <sup>b</sup>	0.04 <sup>b</sup>	0.02 <sup>b</sup>	0.03 <sup>b</sup>	0.07 <sup>b</sup>	0.51 <sup>a</sup>
EPA (C20:5)	0.02 <sup>ab</sup>	0.03 <sup>ab</sup>	0.04 <sup>a</sup>	0.03 <sup>ab</sup>	0.03 <sup>ab</sup>	0.02 <sup>ab</sup>	0.01 <sup>b</sup>
DHA (C22:6)	0.01 <sup>b</sup>	0.01 <sup>b</sup>	0.01 <sup>b</sup>	0.01 <sup>b</sup>	0.02 <sup>b</sup>	0.05 <sup>a</sup>	0.07 <sup>a</sup>
SFA <sup>2/</sup>	1.91	2.01	2.10	2.03	2.22	1.87	1.93
UFA <sup>2/</sup>	3.73	3.95	4.36	4.13	4.64	3.81	4.42
MUFA	2.88	3.10	3.36	3.26	3.55	2.49	2.77
PUFA	0.85 <sup>b</sup>	0.85 <sup>b</sup>	1.00 <sup>b</sup>	0.87 <sup>b</sup>	1.09 <sup>b</sup>	1.32 <sup>ab</sup>	1.65 <sup>a</sup>
UFA/SFA	1.95 <sup>b</sup>	1.97 <sup>b</sup>	2.10 <sup>ab</sup>	2.03 <sup>b</sup>	2.08 <sup>ab</sup>	2.04 <sup>b</sup>	2.27 <sup>a</sup>
n-3	0.05 <sup>c</sup>	0.06 <sup>c</sup>	0.09 <sup>bc</sup>	0.06 <sup>bc</sup>	0.08 <sup>bc</sup>	0.14 <sup>b</sup>	0.59 <sup>a</sup>
n-6	0.80	0.79	0.91	0.81	1.01	1.18	1.06
n-6/n-3	16.31 <sup>a</sup>	13.35 <sup>a</sup>	10.18 <sup>ab</sup>	12.07 <sup>a</sup>	11.89 <sup>a</sup>	8.55 <sup>ab</sup>	1.01 <sup>b</sup>

<sup>abc</sup> Values within a row with no common superscripts are significantly different ( $P < 0.05$ ).

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

C20:5 = eicosapentaenoic acid (EPA), C22:6 = docosahexaenoic acid (DHA), 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(C18:3+C20:5+C22:6), n-6 = total n-6 fatty acid (C18:2).



**Table Appendix B 17.** Copper content in excreta of laying hens fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 168 days and after changing to the control diets for 28 day.

Source of plant oil <sup>1/</sup>	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	S.E.M.	
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)				
		125	250	200	400			
<b>Fed with experimental diet (168 d)</b>								
Feed intake (g/d AD) <sup>2/</sup>	109.1 <sup>a</sup>	107.1 <sup>ab</sup>	104.3 <sup>b</sup>	108.4 <sup>a</sup>	107.3 <sup>ab</sup>	106.8 <sup>ab</sup>	105.3 <sup>b</sup>	0.4
Cu intake (mg/d AD) <sup>2/</sup>	0.74 <sup>a</sup>	14.12 <sup>b</sup>	26.79 <sup>c</sup>	0.74 <sup>a</sup>	0.73 <sup>a</sup>	0.73 <sup>a</sup>	0.71 <sup>a</sup>	0.10
<b>Excreta</b>								
(g/d fresh wt.)	40.9	42.1	42.6	40.8	40.3	40.7	39.6	0.51
(g/d AD) <sup>2/</sup>	14.1	14.4	13.6	14.1	14.0	13.1	13.9	0.25
(g/d DM)	13.6	13.8	13.1	13.6	13.5	12.6	13.4	0.24
<b>Cu in excreta</b>								
(mg/kg fresh wt.)	4.9 <sup>a</sup>	96.0 <sup>b</sup>	160.5 <sup>c</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	0.75
(mg/kg AD) <sup>2/</sup>	14.4 <sup>a</sup>	280.5 <sup>b</sup>	502.4 <sup>c</sup>	14.4 <sup>a</sup>	14.9 <sup>a</sup>	14.2 <sup>a</sup>	14.3 <sup>a</sup>	1.6
Cu excretion (mg/d)	0.20 <sup>a</sup>	4.04 <sup>b</sup>	6.84 <sup>c</sup>	0.20 <sup>a</sup>	0.21 <sup>a</sup>	0.18 <sup>a</sup>	0.20 <sup>a</sup>	0.04
<b>Cu retention</b>								
(mg/d)	0.54 <sup>a</sup>	9.75 <sup>b</sup>	20.30 <sup>c</sup>	0.53 <sup>a</sup>	0.53 <sup>a</sup>	0.52 <sup>a</sup>	0.50 <sup>a</sup>	0.11
(%of intake)	72.78	71.40	74.43	72.23	71.53	74.43	72.26	0.42
<b>After changing to the control diet (28 d)</b>								
Feed intake (g/d AD)	109.8	107.9	106.8	109.7	108.3	108.1	106.9	0.93
Cu intake (mg/d AD)	0.74	0.73	0.73	0.74	0.73	0.73	0.72	0.01
<b>Excreta</b>								
(g/d fresh wt.)	41.49	41.19	40.15	41.10	39.49	41.08	40.72	0.42
(g/d AD) <sup>2/</sup>	14.40	15.29	12.32	14.45	13.15	14.43	15.58	0.46
(g/d DM)	13.85	14.91	11.99	14.00	12.79	14.05	15.09	0.44
<b>Cu in excreta</b>								
(mg/kg fresh wt.)	4.9	5.2	4.4	5.2	4.8	5.1	5.5	0.1
(mg/kg AD) <sup>2/</sup>	14.1	14.1	14.4	14.9	14.2	14.3	14.4	0.2
Cu excretion (mg/d)	0.20	0.21	0.18	0.22	0.18	0.21	0.22	0.01
<b>Cu retention</b>								
(mg/d)	0.54	0.52	0.55	0.53	0.55	0.53	0.50	0.01
(%of intake)	72.5	70.8	75.7	71.0	74.5	71.8	69.3	1.1

<sup>abc</sup> Values within a column with no common superscripts are significantly different (P<0.05).

<sup>1/</sup> Used in the diets at the level.

<sup>2/</sup> dry at 60°C for 48 hours.



**Table Appendix B 18.** Copper content (mg/kg) in visceral organs of laying hens fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 168 days.

Source of plant oil <sup>1/</sup>	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	S.E.M.	
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)				
		125	250	200				400
<b>Heart</b>								
R1	2.52	2.78	3.32	3.15	3.20	3.46	3.38	
R2	3.54	3.54	3.74	3.58	2.18	2.06	3.14	
R3	2.34	2.74	3.54	2.18	2.58	2.60	2.34	
Average	2.80	3.02	3.53	2.97	2.65	2.70	2.95	0.12
<b>Liver</b>								
R1	1.24	1.34	1.85	1.18	1.20	1.46	1.42	
R2	1.53	1.52	1.73	1.57	1.78	1.85	1.48	
R3	1.51	1.57	1.48	1.53	1.18	0.90	1.40	
Average	1.43	1.48	1.69	1.43	1.39	1.40	1.43	0.06
<b>Gizzard</b>								
R1	0.47	0.66	0.50	0.40	0.58	0.32	0.77	
R2	1.12	1.05	2.47	1.04	1.56	1.74	1.63	
R3	0.45	0.53	0.48	0.30	0.36	0.40	0.36	
Average	0.68	0.75	1.15	0.58	0.83	0.82	0.92	0.15
<b>Gastrointestinal tract <sup>2/</sup></b>								
R1	8.48	124.43	250.77	8.40	8.58	8.32	6.77	
R2	7.13	120.95	254.09	7.05	7.57	7.74	7.65	
R3	8.34	120.53	252.31	8.26	8.21	7.76	8.33	
Average	7.98 <sup>a</sup>	121.97 <sup>b</sup>	252.39 <sup>c</sup>	7.90 <sup>a</sup>	8.15 <sup>a</sup>	7.94 <sup>a</sup>	7.58 <sup>a</sup>	0.25

<sup>abc</sup> Values within a column with no common superscripts are significantly different (P<0.05).

<sup>1/</sup> Used in the diets at the level of 3%.

<sup>2/</sup> Gut content from small intestine to cloaca.

### ❖ Japanese Quails

**Table Appendix B 19.** Egg production (%) of Japanese quails fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 84 days.

Source of plant oil <sup>1/</sup>	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	S.E.M	
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)				
		125	250	200				400
Period 1	72.43	81.60	79.63	79.07	79.53	72.03	75.25	1.48
Period 2	76.37	91.80	88.43	84.42	73.03	84.52	83.77	2.42
Period 3	85.72	84.46	80.81	73.57	79.17	84.12	79.43	1.63
Period 1-3	78.17	85.96	82.95	79.02	77.24	80.22	79.48	1.17

No significant difference was found among the groups. (P>0.05)

<sup>1/</sup> Used in the diets at the level of 3%.

**Table Appendix B 20.** Feed intake (g/day) of Japanese quails fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 84 days.

Source of plant oil <sup>1/</sup>	Control	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	S.E.M
		Cu (ppm)		Cr (ppb)				
		125	250	200	400			
Period 1	26.12	26.93	25.54	26.59	25.13	26.86	26.80	0.44
Period 2	24.61	25.27	24.90	24.36	25.59	25.24	24.42	0.26
Period 3	23.07	24.46	22.79	23.80	23.10	23.84	23.78	0.33
Period 1-3	24.60	25.55	24.41	24.91	24.61	25.31	25.00	0.30

No significant difference was found among the groups. (P>0.05)

<sup>1/</sup> Used in the diets at the level of 3%.

**Table Appendix B 21.** Feed used (kg)/100 egg of Japanese quails fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 84 days.

Source of plant oil <sup>1/</sup>	Control	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	S.E.M
		Cu (ppm)		Cr (ppb)				
		125	250	200	400			
Period 1	3.66	3.31	3.27	3.39	3.19	3.74	3.55	0.07
Period 2	3.29	2.79	2.88	2.97	3.57	3.01	2.92	0.10
Period 3	2.72	2.90	2.81	3.29	2.95	2.83	3.02	0.07
Period 1-3	3.22	3.00	2.99	3.21	3.24	3.20	3.16	0.08

No significant difference was found among the groups. (P>0.05)

<sup>1/</sup> Used in the diets at the level of 3%.

**Table Appendix B 22.** Feed used (kg)/kg. egg of Japanese quails fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 84 days.

Source of plant oil <sup>1/</sup>	Control	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	S.E.M
		Cu (ppm)		Cr (ppb)				
		125	250	200	400			
Period 1	3.17	2.63	2.65	2.75	2.66	3.13	2.80	0.07
Period 2	2.97	2.23	2.32	2.52	2.94	2.41	2.40	0.10
Period 3	2.49	2.42	2.34	2.93	2.41	2.36	2.62	0.07
Period 1-3	2.88	2.43	2.44	2.73	2.67	2.63	2.61	0.06

No significant difference was found among the groups. (P>0.05)

<sup>1/</sup> Used in the diets at the level of 3%.

**Table Appendix B 23.** Egg weight (g) of Japanese quails fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 84 days.

Source of plant oil <sup>1/</sup>	Control	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	S.E.M
		Cu (ppm)		Cr (ppb)				
		125	250	200	400			
Period 1	11.54 <sup>b</sup>	12.57 <sup>a</sup>	12.31 <sup>ab</sup>	12.37 <sup>ab</sup>	12.02 <sup>ab</sup>	11.96 <sup>ab</sup>	12.70 <sup>a</sup>	0.12
Period 2	11.15 <sup>b</sup>	12.56 <sup>a</sup>	12.10 <sup>a</sup>	12.05 <sup>a</sup>	12.18 <sup>a</sup>	12.50 <sup>a</sup>	12.17 <sup>a</sup>	0.09
Period 3	10.94 <sup>c</sup>	12.01 <sup>ab</sup>	12.02 <sup>ab</sup>	11.28 <sup>bc</sup>	12.22 <sup>a</sup>	12.01 <sup>ab</sup>	11.56 <sup>abc</sup>	0.13
Period 1-3	11.20 <sup>b</sup>	12.38 <sup>a</sup>	12.25 <sup>a</sup>	11.87 <sup>a</sup>	12.14 <sup>a</sup>	12.16 <sup>a</sup>	12.14 <sup>a</sup>	0.01

<sup>abc</sup> Values within a row with no common superscripts are significantly different ( $P < 0.05$ ).

<sup>1/</sup> Used in the diets at the level of 3%.

**Table Appendix B 24.** Yolk color (score) of Japanese quails fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 84 days.

Source of plant oil <sup>1/</sup>	Control	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	S.E.M
		Cu (ppm)		Cr (ppb)				
		125	250	200	400			
Period 1	7.44	7.56	7.44	7.33	7.67	7.44	7.56	0.05
Period 2	7.55	7.33	7.33	7.44	7.67	7.56	7.44	0.05
Period 3	7.56	7.78	7.56	7.55	7.67	7.78	7.56	0.05
Period 1-3	7.52	7.56	7.44	7.44	7.67	7.59	7.52	0.03

No significant difference was found among the groups. ( $P > 0.05$ )

<sup>1/</sup> Used in the diets at the level of 3%.

**Table Appendix B 25.** Egg shell thickness (mm) of Japanese quails fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 84 days.

Source of plant oil <sup>1/</sup>	Control	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	S.E.M
		Cu (ppm)		Cr (ppb)				
		125	250	200	400			
Period 1	0.206	0.201	0.215	0.213	0.200	0.206	0.202	0.002
Period 2	0.210	0.215	0.210	0.214	0.212	0.210	0.213	0.002
Period 3	0.211	0.209	0.215	0.216	0.214	0.209	0.211	0.002
Period 1-3	0.209	0.208	0.213	0.214	0.209	0.208	0.209	0.001

No significant difference was found among the groups. ( $P > 0.05$ )

<sup>1/</sup> Used in the diets at the level of 3%.

**Table Appendix B 26.** Cholesterol in yolk and egg of Japanese quails fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 84 days.

Source of plant oil <sup>1/</sup>	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	S.E.M	
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)				
		125	250	200				400
<b>In yolk (mg/g)</b>								
Period 1	14.73 <sup>a</sup>	14.52 <sup>ab</sup>	13.97 <sup>ab</sup>	13.74 <sup>ab</sup>	13.74 <sup>ab</sup>	13.61 <sup>b</sup>	13.84 <sup>ab</sup>	0.13
Period 2	14.53 <sup>a</sup>	14.34 <sup>ab</sup>	13.77 <sup>ab</sup>	13.34 <sup>b</sup>	13.89 <sup>ab</sup>	13.55 <sup>ab</sup>	13.75 <sup>ab</sup>	0.10
Period 3	13.61	12.97	12.76	12.25	12.69	12.85	13.09	0.16
Period 1-3	14.28	13.94	13.50	13.11	13.43	13.33	13.56	0.14
% decrease	-	2.4	5.5	8.3	5.9	6.7	5.1	-
<b>In whole egg (mg/egg)</b>								
Period 1	48.55	48.42	47.92	46.91	48.97	47.24	47.42	0.02
Period 2	53.76	47.77	46.05	46.72	45.56	47.30	47.14	0.20
Period 3	50.63 <sup>ab</sup>	47.41 <sup>ab</sup>	50.22 <sup>ab</sup>	42.42 <sup>a</sup>	51.72 <sup>ab</sup>	56.06 <sup>b</sup>	47.54 <sup>ab</sup>	0.47
Period 1-3	50.98	47.87	48.06	45.35	48.75	50.20	46.82	0.70
% decrease	-	6.1	5.7	11.0	4.4	1.5	8.2	-

<sup>ab</sup> Values within a row with no common superscripts are significantly different (P<0.05).

<sup>1/</sup> Used in the diets at the level of 3%.

**Table Appendix B 27.** Copper content in excreta of Japanese quails fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 84 days.

Source of plant oil <sup>1/</sup>	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	S.E.M.	
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)				
		125	250	200				400
Feed intake (g/d)	24.6	25.6	24.4	24.9	24.6	25.3	25.0	0.3
Cu intake (mg/d)	0.226 <sup>a</sup>	3.428 <sup>b</sup>	6.327 <sup>c</sup>	0.229 <sup>a</sup>	0.226 <sup>a</sup>	0.232 <sup>a</sup>	0.229 <sup>a</sup>	0.034
<b>Excreta</b>								
(g/d fresh wt.)	16.2	15.9	15.1	16.9	16.3	16.2	17.5	0.26
(g/d AD)	5.6	5.1	4.6	5.7	5.5	5.6	5.2	0.13
(g/d DM)	5.5	4.9	4.5	5.6	5.3	5.4	5.1	1.26
<b>Cu in excreta</b>								
(mg/kg fresh wt.)	6.6 <sup>a</sup>	126.4 <sup>b</sup>	255.0 <sup>c</sup>	6.7 <sup>a</sup>	7.4 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	2.6
(mg/kg AD)	19.0 <sup>a</sup>	402.0 <sup>b</sup>	844.7 <sup>c</sup>	20.5 <sup>a</sup>	22.4 <sup>a</sup>	19.0 <sup>a</sup>	22.0 <sup>a</sup>	17.5
Cu excretion (mg/d)	0.107 <sup>a</sup>	2.001 <sup>b</sup>	3.856 <sup>c</sup>	0.114 <sup>a</sup>	0.121 <sup>a</sup>	0.106 <sup>a</sup>	0.110 <sup>a</sup>	0.04
<b>Cu retention</b>								
(mg/d)	0.119 <sup>a</sup>	1.428 <sup>b</sup>	2.471 <sup>c</sup>	0.115	0.104 <sup>a</sup>	0.126 <sup>i</sup>	0.119 <sup>a</sup>	0.05
(% of intake)	52.6	41.5	39.0	50.2	46.2	54.7	52.4	2.23

<sup>abc</sup> Values within a column with no common superscripts are significantly different (P<0.05).

<sup>1/</sup> Used in the diets at the level of 3%.

**Table Appendix B 28.** Retention time, area peak and fatty acid profiles in egg yolk of Japanese quails fed diets containing different sources of plant oil and various levels of copper and chromium during 84 days.

Source of plant oil <sup>1/</sup>	Palm oil				Soybean oil	Linseed oil	
	Control	Cu (ppm)		Cr (ppb)			
		125	250	200			400
<b>Retention time (minute)</b>							
Palmitic (C16:0)	22.910	23.023	22.480	22.623	22.660	22.598	22.917
Palmitoleic (C16:1)	22.970	23.100	22.530	22.700	22.740	22.670	23.007
Steric (C18:0)	23.096	23.270	22.720	22.880	22.910	22.840	23.230
Oleic (C18:1)	23.292	23.430	22.900	23.030	23.060	22.980	23.370
Linoleic (C18:2)	24.257	24.290	23.877	24.030	24.050	24.030	24.370
Linolenic (C18:3)	25.075	25.203	25.263	25.443	25.320	25.370	25.590
EPA (C20:5)	28.370	28.630	28.883	28.470	28.460	28.580	28.620
DHA (C22:6)	32.030	32.250	32.470	32.057	32.210	32.280	32.430
<b>Area peak</b>							
Palmitic (C16:0)	6325	7444	8168	6960	8298	8230	7425
Palmitoleic (C16:1)	856	1082	742	583	688	703	616
Steric (C18:0)	4125	4462	3861	4691	5702	5478	5379
Oleic (C18:1)	7563	7864	6827	7442	8367	6775	6517
Linoleic (C18:2)	4578	5170	4978	5213	5475	7550	4935
Linolenic (C18:3)	297	278	416	458	304	686	943
EPA (C20:5)	46	38	26	47	40	152	123
DHA (C22:6)	57	50	49	54	55	175	204
Total	24297	26844	25441	25868	29425	30242	26632
<b>Fatty acid (% of total fatty acid)</b>							
Palmitic (C16:0)	26.03	27.73	32.11	26.91	28.20	27.21	27.88
Palmitoleic (C16:1)	3.52	4.03	2.92	2.26	2.34	2.32	2.31
Steric (C18:0)	16.98	16.62	15.18	18.14	19.38	18.11	20.20
Oleic (C18:1)	31.13	29.30	26.83	28.77	28.43	22.40	24.47
Linoleic (C18:2)	18.84	19.26	19.57	20.15	18.61	24.97	18.53
Linolenic (C18:3)	1.22	1.04	1.64	1.77	1.03	2.27	3.54
EPA (C20:5)	0.19	0.14	0.10	0.18	0.13	0.50	0.46
DHA (C22:6)	0.23	0.19	0.19	0.21	0.19	0.58	0.76

<sup>1/</sup> Used in the diets at the level of 3%.



**Table Appendix B 29.** Cholesterol content in serum and egg (or yolk) of laying hen and Japanese quails egg yolk from various reports during 1980-2003.

Source	Serum (mg/dl)	Cholesterol		Weight		Added fat	Method <sup>1/</sup>
		mg/g yolk	mg/egg	Yolk	Egg		
<b>Laying hen</b>							
(g.)							
धुवरेत् (2537)	-	15.64	214.89	13.74	-	Tallow 3.0%	
	-	15.27	209.20	13.74	-	Fish oil 1.5%	Enzyme
	-	14.16	187.76	13.26	-	Fish oil 3.0%	
สมชาย (2539)	155.2	14.22	197.23	13.87	54.93	-	
	154.3	13.85	197.64	14.27	56.05	Palm oil 4%	
	160.1	13.50	193.05	14.30	55.25	Palm stearin 4%	Enzyme
	150.9	14.24	198.36	13.93	55.75	Palm olein 4%	
	145.2	13.49	192.91	14.30	56.34	Soybean oil 4%	
	154.6	13.40	186.13	13.89	54.82	Tallow 4%	
สุริย์ (2541)	-	11.21	157.0	14.0	-	-	
	-	11.08	152.9	13.8	-	Fish oil 1.5%	
	-	11.27	155.6	13.8	-	Fish oil 3.0%	GC
	-	11.16	151.8	13.6	-	Fish oil 4.5%	
	-	10.49	136.5	13.0	-	Fish oil 6.0%	
อัจฉริยา (2541) <sup>1/</sup>	-	26.8	398.1	14.88	-	-	Color
ตรุณีและไพโชค	-	10.81	153.39	14.19	-	Palm oil 3%	
(2542)	-	11.21	158.17	14.11	-	Palm oil 6%	Color
	-	11.33	160.43	14.16	-	Palm oil 9%	
<b>Japanese quails</b>							
อัจฉริยา (2541) <sup>1/</sup>	-	28.00	100.1	3.58	11.63	-	Color
Bitman and Wood							
(1980)	-	12.83	43.0	3.32	8.90	-	GC
Mutia and Uchida							
(1999)	118.50	19.73	-	3.11	9.60	Soybean oil	GC
Sahin et al.(2001)	237.40	-	-	3.45	-	-	-
Choi et al.(2001) <sup>1/</sup>	-	12.96	42.15	-	-	-	Color
Bragagnolo and							
Rodriguez-Amaya							
(2003) <sup>1/</sup>	-	12.1	39	3.2	9.8	-	HPLC

<sup>1/</sup>Egg from market.

<sup>2/</sup>GC = gas chromatography method, Color = Colorimetric method, Enzyme = Enzymatic method, HPLC = High performance liquid chromatography method,



**Table Appendix B 30.** Fatty acid profiles (% of total fatty acid) of laying hen egg yolk from various reports.

Source of fat/oil	NA <sup>1/</sup>	Soybean <sup>2/</sup>	Soybean <sup>3/</sup>	Soybean <sup>3/</sup>	Linseed <sup>3/</sup>	Linseed <sup>3/</sup>	Palm <sup>4/</sup>	Linseed <sup>5/</sup>
Level in diet (%)	-	4.0	5.0	10.0	5.0	10.0	3.5	5.0
C14:0	-	-	0.29	0.23	0.27	0.23	-	0.21
C16:0	38.0	10.90	23.10	22.40	21.50	19.40	21.8	18.75
C16:1	1.5	-	2.06	1.44	3.06	2.13	2.8	2.41
C18:0	5.5	3.70	9.53	9.63	8.80	9.32	8.9	7.63
C18:1	44.3	28.91	37.50	34.00	39.80	36.40	43.4	37.90
C18:2 (n-6)	9.0	51.29	21.90	26.10	12.90	14.20	10.8	16.81
C18:3 (n-3)	-	5.20	1.39	1.64	10.30	14.90	7.5	9.96
C 20:0	-	-	0.11	0.12	0.10	0.09	-	0.12
C 20:4 (n-6)	-	-	1.90	1.96	0.91	0.92	0.7	0.80
C 20:5 (n-3)	-	-	<0.10	<0.10	0.27	0.31	0.3	0.16
C 22:5 (n-3)	-	-	0.16	0.20	0.28	0.37	0.3	0.26
C 22:6 (n-3)	-	-	1.28	1.43	1.57	1.53	2.1	1.61
SFA	43.5	14.60	33.03	32.38	30.67	29.04	30.7	26.71
UFA	54.8	85.40	66.29	66.87	69.09	70.76	67.9	69.91
MUFA	45.8	28.91	39.56	35.44	43.86	38.53	46.2	42.31
PUFA	9.0	56.49	26.73	31.43	26.23	32.23	21.7	29.60
UFA/SFA	1.26	5.85	2.01	2.07	2.25	2.46	2.2	2.68
n-6	9.0	51.29	23.80	28.06	13.81	15.12	11.5	17.61
n-3	-	5.20	2.93	3.37	12.42	17.11	10.2	11.99
n-6/n-3	-	9.86	8.12	8.33	1.11	0.88	1.1	1.47

SFA = saturated fatty acid, UFA=unsaturated fatty acid, MUFA = monounsaturated fatty acid, PUFA = polyunsaturated fatty acid, n-3 = total n-3 fatty acid, n-6 = total n-6 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 = Linolenic acid, C20:4 = Arachidonic acid, C20:5 = eicosapentaenoic acid (EPA), C22:5 = Docosapentaenoic, C22:6 = Docosahexaenoic acid (DHA)

<sup>1/</sup> NRC (1994), NA = No data available.

<sup>2/</sup> สหชาต (2539)

<sup>3/</sup> Grobas *et al.* (2001)

<sup>4/</sup> Kang *et al.* (2001)

<sup>5/</sup> Galobart *et al.* (2001)

**Table Appendix B 31.** Fatty acid profiles (% of total fatty acid) of Japanese quails egg yolk from various reports.

Source of fat/oil	Tallow <sup>1/</sup>	Soybean <sup>1/</sup>	Corn <sup>1/</sup>	NA <sup>2/</sup>
Level in diet (%)	5	5	5	-
C14:0	0.37	0.25	0.18	0.6
C16:0	30.61	31.76	30.85	27.4
C16:1	2.99	1.87	2.30	6.6
C18:0	15.63	18.27	17.61	8.3
C18:1	37.65	24.81	26.92	44.5
C18:2 (n-6)	10.89	21.68	20.30	9.1
C18:3 (n-3)	0.58	0.65	0.56	0.2
C20:4 (n-6)	1.28	0.72	1.28	1.7
C20:5 (n-3)	-	-	-	0.4
C22:6 (n-3)	-	-	-	0.4
SFA	46.61	50.28	48.64	36.3
UFA	53.39	49.73	51.36	62.9
MUFA	40.64	26.68	29.22	51.1
PUFA	12.75	23.05	22.14	11.8
UFA/SFA	1.15	0.99	1.06	1.7
n-6	12.17	22.40	21.58	10.8
n-3	0.58	0.65	0.56	1.0
n-6/n-3	20.98	34.46	38.54	10.8

SFA = saturated fatty acid, UFA = unsaturated fatty acid, MUFA = monounsaturated fatty acid, PUFA = polyunsaturated fatty acid, n-3 = total n-3 fatty acid, n-6 = total n-6 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 = Linolenic acid, C20:4 = Arachidonic acid, C20:5 = Eicosapentaenoic acid (EPA), C22:6 = Docosahexaenoic acid (DHA)

<sup>1/</sup> Mutia and Uchida. (1999), NA = No data available.

<sup>2/</sup> Choi *et al.* (2001)

All rights reserved

**Table Appendix B 32.** Fatty acids profiles of some plant oils compared with tallow (g/100g fat).

Source of fat/oil	Linseed			Soybean		Palm		Tallow	
	1/	3/	4/	1/	5/	2/	5/	1/	2/
C14:0	0.07	0.10	0.2	0.06	0.1	1.91	1.2	3.59	2.55
C16:0	6.46	5.93	8.6	10.80	10.5	41.59	46.8	26.7	26.04
C16:1	0.12	0.04	-	-	-	-	-	1.74	3.18
C18:0	4.10	3.99	3.3	4.04	3.2	4.14	3.8	20.6	41.77
C18:1	22.10	17.90	15.8	24.10	22.3	42.00	37.5	37.7	25.53
C18:2 (n-6)	14.30	14.70	14.2	52.90	54.5	10.36	10.0	4.02	0.93
C18:3 (n-3)	52.40	55.44	57.5	7.49	8.3	-	-	2.49	-
C20:0	0.22	0.19	-	0.16	-	-	-	0.14	-
SFA	10.85	10.21	12.1	15.06	13.8	47.64	51.8	51.03	70.36
UFA	88.92	88.08	87.5	84.49	85.1	52.36	47.5	45.95	29.64
MUFA	22.22	17.94	15.8	24.10	22.3	42.00	37.5	39.44	28.71
PUFA	66.70	70.14	71.7	60.39	62.8	10.36	10.0	6.51	0.93
UFA/SFA	8.20	8.63	7.23	5.61	6.17	1.10	0.92	0.90	0.52
n-6	14.30	14.70	15.8	52.90	54.5	10.36	10.0	4.02	0.93
n-3	52.40	55.44	57.5	7.49	8.3	-	-	2.49	-
n-6/n-3	0.27	0.27	0.25	7.06	6.6	-	-	1.61	-

SFA = saturated fatty acid, UFA = unsaturated fatty acid, MUFA = monounsaturated fatty acid, PUFA = polyunsaturated fatty acid, n-3 = total n-3 fatty acid, n-6 = total n-6 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 = Linolenic acid, C20:0 = Arachidic acid

<sup>1/</sup>Grobas *et al.* (2001)

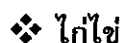
<sup>2/</sup>สมชาย (2539)

<sup>3/</sup>Crepo and Esteve-Garcia (2002)

<sup>4/</sup>Clandinin *et al.* (1997)

<sup>5/</sup>นิตยา (2539)

## Appendix C



**Table Appendix C 1** ANOVA : Egg production of laying hens for 168 days.

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	92.913	15.485	0.366 <sup>ns</sup>	0.896
Error	35	1481.510	42.329		
Total	41	1574.423			

C.V. = 7.90 %    S.E.M. = 1.004     $\bar{X}$  = 82.34

**Table Appendix C 2** ANOVA : Feed intake of laying hens for 168 days.

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	100.670	16.778	3.031 *	0.017
Error	35	193.768	5.536		
Total	41	294.438			

C.V. = 2.20 %    S.E.M. = 0.363     $\bar{X}$  = 106.92

T3    T7    T6    T2    T5    T4    T1  
 104.3   105.3   106.8   107.1   107.3   108.4   109.1

a \_\_\_\_\_  
 b \_\_\_\_\_

**Table Appendix C 3** ANOVA : Feed/doz. egg of laying hens for 168 days.

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	0.08562	0.01427	0.161 <sup>ns</sup>	0.985
Error	35	3.094	0.0840		
Total	41	3.180			

C.V. = 16.81%    S.E.M. = 0.045     $\bar{X}$  = 1.72

**Table Appendix C 4** ANOVA : Feed/kg egg of laying hens for 168 days.

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	0.198	0.03294	0.270 <sup>ns</sup>	0.947
Error	35	4.269	0.122		
Total	41	4.466			

C.V. = 14.63 %    S.E.M. = 0.054     $\bar{X}$  = 2.39

**Table Appendix C 5** ANOVA : Body weight gain of laying hens for 168 days.

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	19961.905	3326.984	0.627 <sup>ns</sup>	0.707
Error	14	74333.333	5309.524		
Total	20	94295.238			

C.V. = 45.68 %    S.E.M. = 15.901     $\bar{X}$  = 159.52

**Table Appendix C 6** ANOVA : Egg weight of laying hens for 168 days.

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	17.537	2.923	0.288 <sup>ns</sup>	0.939
Error	35	354.985	10.142		
Total	41	372.522			

C.V. = 5.26%    S.E.M. = 0.491     $\bar{X}$  = 60.50

**Table Appendix C 7** ANOVA : Haugh unit of laying hens for 168 days.

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	116.741	19.457	4.226 **	0.003
Error	35	161.140	4.604		
Total	41	277.882			

C.V. = 2.30%    S.E.M. = 0.331     $\bar{X}$  = 93.42

T1	T6	T2	T7	T3	T5	T4
89.7	92.9	93.6	93.8	94.3	94.5	95.1

a\_\_\_\_\_

b\_\_\_\_\_

**Table Appendix C 8** ANOVA : Egg specific gravity of laying hens for 168 days.

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	0.0008857	0.00001476	2.468 *	0.043
Error	35	0.0002093	0.000005981		
Total	41	0.0002979			

C.V. = 0.22 %    S.E.M. = 0.0004     $\bar{X}$  = 1.09

T5	T3	T2	T6	T1	T4	T7
1.087	1.088	1.089	1.090	1.090	1.091	1.091

a\_\_\_\_\_

b\_\_\_\_\_

**Table Appendix C 9** ANOVA : Egg shell thickness of laying hens for 168 days.

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	0.002106	0.0003509	2.389 *	0.049
Error	35	0.005141	0.0001469		
Total	41	0.007247			

C.V. = 3.59 %    S.E.M. = 0.002     $\bar{X}$  = 0.34

T5	T3	T2	T7	T6	T1	T4
0.321	0.335	0.340	0.341	0.341	0.341	0.342

a\_\_\_\_\_

b\_\_\_\_\_

**Table Appendix C 10** ANOVA : Yolk color of laying hens for 168 days.

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	1.115	0.186	0.175 <sup>ns</sup>	0.982
Error	35	37.261	1.065		
Total	41	38.376			

C.V. = 12.09%    S.E.M. = 0.159     $\bar{X}$  = 8.53

**Table Appendix C 11** ANOVA : Egg grading No. 5 (< 50 g.) of laying hens for 168 days.

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	24.939	4.157	1.432 <sup>ns</sup>	0.230
Error	35	101.557	2.902		
Total	41	126.496			

C.V. = 137.7 %    S.E.M. = 0.263     $\bar{X}$  = 1.24

**Table Appendix C 12** ANOVA : Egg grading No. 4 (51–55 g.) of laying hens for 168 days.

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	920.245	153.374	1.054 <sup>ns</sup>	0.408
Error	35	5091.898	145.483		
Total	41	6012.143			

C.V. = 75.79 %    S.E.M. = 1.861     $\bar{X}$  = 15.91

**Table Appendix C 13** ANOVA : Egg grading No. 3 (56–60 g.) of laying hens for 168 days.

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	1410.442	235.074	2.446 *	0.044
Error	35	3363.553	96.102		
Total	41	4773.995			

C.V. = 32.00 %    S.E.M. = 1.513     $\bar{X}$  = 30.63

T6	T5	T7	T1	T4	T3	T2
20.6	24.5	30.0	32.4	32.5	36.2	38.3

a \_\_\_\_\_  
b \_\_\_\_\_  
c \_\_\_\_\_

**Table Appendix C 14** ANOVA : Egg grading No. 2 (61–65 g.) of laying hens for 168 days.

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	345.456	57.576	0.464 <sup>ns</sup>	0.830
Error	35	4341.329	124.038		
Total	41	4686.784			

C.V. = 40.95 %    S.E.M. = 1.719     $\bar{X}$  = 27.20

**Table Appendix C 15** ANOVA : Egg grading No. 1 (66–70 g.) of laying hens for 168 days.

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	483.999	80.666	0.714 <sup>ns</sup>	0.640
Error	35	3952.277	112.922		
Total	41	4436.275			

C.V. = 73.50 %    S.E.M. = 1.640     $\bar{X}$  = 14.46



**Table Appendix C 16** ANOVA : Egg grading No. 0 (>70 g.) of laying hens for 168 days.

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	171.880	28.647	0.554 <sup>ns</sup>	0.763
Error	35	1809.354	51.696		
Total	41	1981.235			

C.V. = 124.03 %    S.E.M. = 1.109     $\bar{X}$  = 5.80

**Table Appendix C 17** ANOVA : Serum cholesterol of laying hens for 168 days.

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	2470.406	411.734	3.584 *	0.023
Error	14	1608.361	114.883		
Total	20	4078.767			

C.V. = 10.41 %    S.E.M. = 2.339     $\bar{X}$  = 102.92

T3    T7    T6    T2    T5    T4    T1  
88.78 92.67 98.00 100.83 105.08 112.22 122.89

a \_\_\_\_\_  
b \_\_\_\_\_  
c \_\_\_\_\_

**Table Appendix C 18** ANOVA : Serum cholesterol of laying hens (after changing to the control diet)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	3276.33	546.056	0.4659 <sup>ns</sup>	0.8288
Error	35	41025.50	1172.157		
Total	41	44301.83			

C.V. = 28.97%    S.E.M. = 5.282     $\bar{X}$  = 118.17

**Table Appendix C 19** ANOVA : Yolk cholesterol of laying hens for 168 days. (mg/g yolk)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	1.816	0.303	1.489 <sup>ns</sup>	0.122
Error	35	7.114	0.203		
Total	41	8.930			

C.V. = 3.45 %    S.E.M. = 0.070     $\bar{X}$  = 13.06

**Table Appendix C 20** ANOVA : Yolk cholesterol of laying hens (after changing to the control diet,

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	2.535	0.4225	0.749 <sup>ns</sup>	0.620
Error	14	7.897	0.5641		
Total	20	10.432			

C.V. = 5.72 %    S.E.M. = 0.164     $\bar{X}$  = 13.12

**Table Appendix C 21** ANOVA : Yolk cholesterol of laying hens for 168 days. (mg/egg)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	752.998	125.500	0.790 <sup>ns</sup>	0.584
Error	35	5558.785	158.822		
Total	41	6311.783			

C.V. = 5.70 %    S.E.M. = 1.945     $\bar{X}$  = 220.91

**Table Appendix C 22** ANOVA : Yolk cholesterol of laying hens (after changing to the control diet, mg/egg)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	42.738	7.123	0.022 <sup>ns</sup>	1.000
Error	14	4532.009	323.715		
Total	20	4574.747			

C.V. = 8.29 %    S.E.M. = 3.922     $\bar{X}$  = 216.91

**Table Appendix C 23** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (C16:0, % of total fatty acid)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	16.994	2.832	2.431 *	0.080
Error	14	16.315	1.165		
Total	20	33.308			

C.V. = 6.20 %    S.E.M. = 0.24     $\bar{X}$  = 17.4138

T7    T3    T6    T5    T2    T4    T1  
15.67 16.86 17.10 17.49 18.10 18.21 18.47

a\_\_\_\_\_

b\_\_\_\_\_

**Table Appendix C 24** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (C16:1, % of total fatty acid)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	0.119	0.01979	0.806 <sup>ns</sup>	0.582
Error	14	0.344	0.02455		
Total	20	0.462			

C.V. = 14.90 %    S.E.M. = 0.03     $\bar{X}$  = 1.0514

**Table Appendix C 25** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (C18:0, % of total fatty acid)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	1.328	0.221	1.957*	0.141
Error	14	1.583	0.113		
Total	20	2.911			

C.V. = 6.17 %    S.E.M. = 0.08     $\bar{X}$  = 5.4486

T2    T5    T3    T4    T1    T7    T6  
5.24 5.25 5.27 5.34 5.47 5.59 5.99

a\_\_\_\_\_

b\_\_\_\_\_

**Table Appendix C 26** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (C18:1, % of total fatty acid)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	142.157	23.693	16.739**	0.000
Error	14	19.816	1.415		
Total	20	161.973			

C.V. = 3.55 %    S.E.M. = 0.26     $\bar{X}$  = 33.5357

T7	T6	T3	T2	T5	T1	T4
29.49	29.51	34.54	34.88	34.94	35.17	36.28

a \_\_\_\_\_  
b \_\_\_\_\_

**Table Appendix C 27** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (C18:2, % of total fatty acid)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	63.582	10.597	32.938**	0.000
Error	14	4.504	0.322		
Total	20	68.086			

C.V. = 5.30 %    S.E.M. = 0.12     $\bar{X}$  = 10.7124

T2	T4	T3	T1	T5	T7	T6
9.25	9.36	9.75	10.17	10.25	11.63	14.58

a \_\_\_\_\_  
b \_\_\_\_\_  
c \_\_\_\_\_

**Table Appendix C 28** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (C18:3, % of total fatty acid)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	70.115	11.686	106.789**	0.000
Error	14	1.532	0.109		
Total	20	71.647			

C.V. = 29.37 %    S.E.M. = 0.07     $\bar{X}$  = 1.1243

T1	T2	T4	T5	T3	T6	T7
0.21	0.26	0.29	0.31	0.31	0.92	5.57

a \_\_\_\_\_  
b \_\_\_\_\_  
c \_\_\_\_\_

**Table Appendix C 29** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (C20:5, % of total fatty acid)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	0.156	0.02595	0.673 <sup>ns</sup>	0.674
Error	14	0.540	0.03858		
Total	20	0.696			

C.V. = 53.43 %    S.E.M. = 0.04     $\bar{X}$  = 0.3676

**Table Appendix C 30** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (C22:6, % of total fatty acid)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	2.190	0.365	10.527**	0.000
Error	14	0.485	0.03467		
Total	20	2.675			

C.V. = 53.64 %    S.E.M. = 0.04     $\bar{X}$  = 0.3471

T4	T3	T1	T2	T5	T6	T7
0.07	0.09	0.12	0.15	0.33	0.74	0.93

a \_\_\_\_\_

b \_\_\_\_\_

**Table Appendix C 31** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (SFA, % of total fatty acid)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	15.637	2.606	2.043*	0.127
Error	14	17.861	1.276		
Total	20	33.497			

C.V. = 4.94 %    S.E.M. = 0.25     $\bar{X}$  = 22.8543

T7	T3	T5	T6	T2	T4	T1
21.21	22.12	22.74	23.09	23.34	23.55	23.94

a \_\_\_\_\_

b \_\_\_\_\_

**Table Appendix C 32** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (UFA, % of total fatty acid)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	16.994	2.832	19.123*	0.092
Error	14	17.128	1.223		
Total	20	34.122			

C.V. = 2.35 %    S.E.M. = 0.24     $\bar{X}$  = 47.1386

T2	T3	T1	T6	T5	T4	T7
46.01	46.13	46.87	47.18	47.29	47.60	48.89

a \_\_\_\_\_

b \_\_\_\_\_

**Table Appendix C 33** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (MUFA, % of total fatty acid)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	141.166	23.528	19.123*	0.000
Error	14	17.225	1.230		
Total	20	158.390			

C.V. = 3.21 %    S.E.M. = 0.24     $\bar{X}$  = 34.5862

T7	T6	T3	T2	T5	T1	T4
30.57	30.60	35.53	35.90	35.96	36.06	37.48

a \_\_\_\_\_

b \_\_\_\_\_

**Table Appendix C 34** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (PUFA, % of total fatty acid)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	208.986	34.831	56.792**	0.000
Error	14	8.586	0.613		
Total	20	217.573			

C.V. = 6.24 %    S.E.M. = 0.17     $\bar{X}$  = 12.5529

T2	T4	T3	T1	T5	T6	T7
10.11	10.12	10.60	10.82	11.33	16.58	18.32

a\_\_\_\_\_

b\_\_\_\_\_

c\_\_\_\_\_

**Table Appendix C 35** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (UFA/SFA, % of total fatty acid)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	0.249	0.04155	3.148*	0.036
Error	14	0.185	0.0132		
Total	20	0.434			

C.V. = 5.55 %    S.E.M. = 0.03     $\bar{X}$  = 2.0695

T1	T2	T4	T6	T5	T3	T7
1.96	1.97	2.03	2.04	2.08	2.09	2.31

a\_\_\_\_\_

b\_\_\_\_\_

**Table Appendix C 36** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (n-3, % of total fatty acid)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	7.893	1.315	8.723**	0.000
Error	14	2.111	0.151		
Total	20	10.004			

C.V. = 32.03 %    S.E.M. = 0.08     $\bar{X}$  = 1.2133

T1	T4	T3	T2	T5	T6	T7
0.65	0.75	0.84	0.86	1.08	2.00	2.31

a\_\_\_\_\_

b\_\_\_\_\_

**Table Appendix C 37** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (n-6, % of total fatty acid)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	63.582	10.597	32.938**	0.000
Error	14	4.504	0.322		
Total	20	68.086			

C.V. = 5.30 %    S.E.M. = 0.12     $\bar{X}$  = 10.7124

T2	T4	T3	T1	T5	T7	T6
9.25	9.36	9.75	10.17	10.25	11.63	14.58

a\_\_\_\_\_

b\_\_\_\_\_

c\_\_\_\_\_



**Table Appendix C 38** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (n-3/n-6, % of total fatty acid)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	303.740	50.623	2.676*	0.065
Error	14	245.917	18.917		
Total	20	549.656			

C.V. = 43.98 %    S.E.M. = 0.95     $\bar{X}$  = 9.8885

T7	T6	T5	T1	T4	T2	T3
1.74	7.61	10.26	11.24	12.60	12.76	13.46

a \_\_\_\_\_

b \_\_\_\_\_

**Table Appendix C 39** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (C16:0, g/100g yolk)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	8.528	1.421	0.165 <sup>ns</sup>	0.928
Error	14	120.481	8.606		
Total	20	129.009			

C.V. = 32.68 %    S.E.M. = 0.64     $\bar{X}$  = 8.9776**Table Appendix C 40** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (C16:1, g/100g yolk)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	0.05351	0.008919	0.279 <sup>ns</sup>	0.938
Error	14	0.448	0.03200		
Total	20	0.502			

C.V. = 33.27 %    S.E.M. = 0.04     $\bar{X}$  = 0.5376**Table Appendix C 41** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (C18:0, g/100g yolk)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	0.524	0.08737	0.123 <sup>ns</sup>	0.992
Error	14	9.915	0.708		
Total	20	10.439			

C.V. = 30.17 %    S.E.M. = 0.18     $\bar{X}$  = 2.7886**Table Appendix C 42** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (C18:1, g/100g yolk)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	88.293	14.716	0.464 <sup>ns</sup>	0.464
Error	14	443.585	31.685		
Total	20	531.878			

C.V. = 32.25 %    S.E.M. = 1.23     $\bar{X}$  = 17.3157



**Table Appendix C 48** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (UFA, g/100g yolk)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	89.746	14.958	0.272 <sup>ns</sup>	0.941
Error	14	769.439	54.960		
Total	20	859.185			

C.V. = 30.58 %    S.E.M. = 1.62     $\bar{X}$  = 24.2424

**Table Appendix C 49** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (MUFA, g/100g yolk)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	91.097	15.183	0.451 <sup>ns</sup>	0.831
Error	14	468.193	33.442		
Total	20	559.290			

C.V. = 32.39 %    S.E.M. = 1.26     $\bar{X}$  = 17.8543

**Table Appendix C 50** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (PUFA, g/100g yolk)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	57.083	9.514	3.282*	0.031
Error	14	40.588	2.899		
Total	20	97.671			

C.V. = 26.65 %    S.E.M. = 0.37     $\bar{X}$  = 6.3881

T2	T1	T4	T3	T5	T6	T7
4.93	4.99	5.23	5.92	6.33	7.43	9.89
a_____			b_____			

**Table Appendix C 51** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (UFA/SFA, g/100g yolk)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	0.215	0.03582	2.918*	0.046
Error	14	0.172	0.01228		
Total	20	0.387			

C.V. = 5.38 %    S.E.M. = 0.02     $\bar{X}$  = 2.0610

T1	T2	T4	T6	T5	T3	T7
1.94	1.97	2.03	2.04	2.08	2.10	2.27
a_____			b_____			

**Table Appendix C 52** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (n-3, g/100g yolk)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	24.461	4.007	80.561**	0.000
Error	14	0.708	0.05060		
Total	20	25.169			

C.V. = 24.78 %    S.E.M. = 0.05     $\bar{X}$  = 0.9076

T1	T2	T4	T5	T3	T6	T7
0.29	0.34	0.39	0.49	0.53	0.78	3.53
a_____			b_____			

**Table Appendix C 53** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (n-6, g/100g yolk)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	12.375	2.063	0.835*	0.563
Error	14	34.584	2.470		
Total	20	46.959			

C.V. = 28.68 %    S.E.M. = 0.34     $\bar{X}$  = 5.4790

**Table Appendix C 54** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (n-6/n-3, g/100g yolk)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	369.093	61.515	2.887*	0.051
Error	14	276.953	21.304		
Total	20	646.045			

C.V. = 52.96 %    S.E.M. = 1.01     $\bar{X}$  = 10.5680

T7	T6	T3	T5	T4	T2	T1
1.81	8.55	10.21	11.84	12.23	13.33	16.02

a-----  
b-----

**Table Appendix C 55** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (C16:0, g/egg)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	0.230	0.03825	0.168 <sup>ns</sup>	0.981
Error	14	3.190	0.228		
Total	20	3.420			

C.V. = 31.12 %    S.E.M. = 0.10     $\bar{X}$  = 1.5343

**Table Appendix C 56** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (C16:1, g/egg)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	0.001581	0.0002635	0.302 <sup>ns</sup>	0.925
Error	14	0.01220	0.0008714		
Total	20	0.01378			

C.V. = 31.95 %    S.E.M. = 0.01     $\bar{X}$  = 0.09238

**Table Appendix C 57** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (C18:0, g/egg)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	0.01465	0.002441	0.129 <sup>ns</sup>	0.990
Error	14	0.264	0.01885		
Total	20	0.279			

C.V. = 28.75 %    S.E.M. = 0.03     $\bar{X}$  = 0.4776

**Table Appendix C 58** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (C18:1, g/egg)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	2.395	0.399	0.485 <sup>ns</sup>	0.809
Error	14	11.513	0.822		
Total	20	13.908			

C.V. = 30.59 %    S.E.M. = 0.20     $\bar{X} = 2.9643$

**Table Appendix C 59** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (C18:2, g/egg)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	0.417	0.06942	0.978*	0.475
Error	14	0.993	0.07095		
Total	20	1.410			

C.V. = 28.41 %    S.E.M. = 0.06     $\bar{X} = 0.9376$

**Table Appendix C 60** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (C18:3, g/egg)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	0.581	0.09683	65.596**	0.000
Error	14	0.02067	0.001476		
Total	20	0.602			

C.V. = 37.89 %    S.E.M. = 0.01     $\bar{X} = 0.1014$

T1	T2	T4	T5	T3	T6	T7
0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.07	0.51

a\_\_\_\_\_

b\_\_\_\_\_

**Table Appendix C 61** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (C20:5, g/egg)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	0.001981	0.0003302	1.444*	0.266
Error	14	0.003200	0.0002286		
Total	20	0.005181			

C.V. = 54.74 %    S.E.M. = 0.003     $\bar{X} = 0.02762$

T7	T6	T1	T2	T4	T5	T3
0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04

a\_\_\_\_\_

b\_\_\_\_\_

**Table Appendix C 62** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (C22:6, g/egg)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	0.01003	0.001671	8.775**	0.000
Error	14	0.002667	0.0001905		
Total	20	0.001270			

C.V. = 57.97 %    S.E.M. = 0.003     $\bar{X} = 0.02381$

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.05	0.07

a\_\_\_\_\_

b\_\_\_\_\_



**Table Appendix C 63** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (SFA, g/egg)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	0.286	0.04760	0.128 <sup>ns</sup>	0.991
Error	14	5.199	0.371		
Total	20	5.485			

C.V. = 4.94 %    S.E.M. = 0.25     $\bar{X} = 2.0138$

**Table Appendix C 64** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (UFA, g/egg)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	2.098	0.350	0.242 <sup>ns</sup>	0.955
Error	14	20.264	1.447		
Total	20	22.362			

C.V. = 28.99 %    S.E.M. = 0.26     $\bar{X} = 4.1490$

**Table Appendix C 65** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (MUFA, g/egg)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	2.413	0.402	0.467 <sup>ns</sup>	0.822
Error	14	12.069	0.862		
Total	20	14.482			

C.V. = 30.37 %    S.E.M. = 0.20     $\bar{X} = 3.0571$

**Table Appendix C 66** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (PUFA, g/egg)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	1.580	0.263	3.161*	0.036
Error	14	1.166	0.0833		
Total	20	2.746			

C.V. = 26.42 %    S.E.M. = 0.06     $\bar{X} = 1.0924$

T2	T1	T4	T3	T5	T6	T7
0.85	0.85	0.87	1.01	1.10	1.32	1.64

a \_\_\_\_\_

b \_\_\_\_\_

**Table Appendix C 67** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (UFA/SFA, g/egg)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	0.208	0.03469	2.829*	0.051
Error	14	0.172	0.01226		
Total	20	0.380			

C.V. = 5.37 %    S.E.M. = 0.02     $\bar{X} = 2.0624$

T1	T2	T4	T6	T5	T3	T7
1.95	1.97	2.03	2.04	2.08	2.10	2.27

a \_\_\_\_\_

b \_\_\_\_\_

**Table Appendix C 68** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (n-3, g/egg)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	0.671	0.112	65.265**	0.000
Error	14	0.024	0.001714		
Total	20	0.695			

C.V. = 26.92 %    S.E.M. = 0.01     $\bar{X}$  = 0.1538

T1	T2	T4	T5	T3	T6	T7
0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.14	0.59

a \_\_\_\_\_  
 b \_\_\_\_\_  
 b \_\_\_\_\_

**Table Appendix C 69** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (n-6, g/egg)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	0.417	0.06942	0.978*	0.475
Error	14	0.993	0.07095		
Total	20	1.410			

C.V. = 28.41 %    S.E.M. = 0.06     $\bar{X}$  = 0.9376

**Table Appendix C 70** ANOVA : Fatty acid profile of laying hens (n-6/n-3, g/egg)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	354.66	59.111	2.081*	0.121
Error	14	397.734	28.410		
Total	20	752.400			

C.V. = 52.96 %    S.E.M. = 1.16     $\bar{X}$  = 10.0643

T7	T6	T1	T3	T5	T4	T2
1.81	8.55	8.97	10.18	12.22	12.76	15.95

a \_\_\_\_\_  
 b \_\_\_\_\_

**Table Appendix C 71** ANOVA : Copper in heart of laying hens for 168 days.

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	1.548	0.258	0.809 <sup>ns</sup>	0.580
Error	14	4.468	0.319		
Total	20	6.016			

C.V. = 19.17 %    S.E.M. = 0.123     $\bar{X}$  = 2.947

**Table Appendix C 72** ANOVA : Copper in liver of laying hens for 168 days.

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	0.195	0.03254	0.483 <sup>ns</sup>	0.810
Error	14	0.943	0.06738		
Total	20	1.139			

C.V. = 17.75 %    S.E.M. = 0.056     $\bar{X}$  = 1.46



**Table Appendix C 77** ANOVA : Copper retention of intake of laying hens for 168 days.

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	28.471	4.745	1.259 <sup>ns</sup>	0.336
Error	14	52.777	3.770		
Total	20	81.248			

C.V. = 0.90 %    S.E.M. = 0.424     $\bar{X} = 72.72$ **Table Appendix C 78** ANOVA : Copper in excreta of laying hens (after changing to the control diet, fresh wt.)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	2.236	0.373	0.854 <sup>ns</sup>	0.550
Error	14	6.106	0.436		
Total	20	8.343			

C.V. = 7.59%    S.E.M. = 0.144     $\bar{X} = 5.00$ **Table Appendix C 79** ANOVA : Copper in excreta of laying hens (after changing to the control diet, AD)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	1.117	0.189	0.138 <sup>ns</sup>	0.989
Error	14	18.930	1.352		
Total	20	20.047			

C.V. = 3.51 %    S.E.M. = 0.254     $\bar{X} = 14.37$ **Table Appendix C 80** ANOVA : Copper retention of intake of laying hens (after changing to the control diet)

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	236.092	39.349	1.519 <sup>ns</sup>	0.243
Error	14	362.659	25.904		
Total	20	598.751			

C.V. = 1.49 %    S.E.M. = 1.111     $\bar{X} = 70.93$ 

### ❖ Japanese Quail

**Table Appendix C 81** ANOVA : Egg production of Japanese quail for 84 days.

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	165.238	27.540	0.925 <sup>ns</sup>	0.506
Error	14	416.793	29.771		
Total	20	582.031			

C.V. = 6.78 %    S.E.M. = 1.191     $\bar{X} = 80.44$ **Table Appendix C 82** ANOVA : Feed intake of Japanese quail for 84 days.

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	3.066	0.511	0.268 <sup>ns</sup>	0.943
Error	14	26.731	1.909		
Total	20	29.797			

C.V. = 5.55 %    S.E.M. = 0.302     $\bar{X} = 24.91$

**Table Appendix C 83** ANOVA : Feed/100 egg of Japanese quail for 84 days.

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	0.205	0.03412	0.282 <sup>ns</sup>	0.936
Error	14	1.693	0.121		
Total	20	1.898			

C.V. = 11.06 %    S.E.M. = 0.076     $\bar{X}$  = 3.15

**Table Appendix C 84** ANOVA : Feed/kg of Japanese quail egg for 84 days.

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	0.457	0.07620	1.000 <sup>ns</sup>	0.463
Error	14	1.067	0.07621		
Total	20	1.524			

C.V. = 10.51 %    S.E.M. = 0.060     $\bar{X}$  = 2.63

**Table Appendix C 85** ANOVA : Body weight gain of Japanese quail for 84 days.

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	47.033	7.839	0.481 <sup>ns</sup>	0.812
Error	14	228.327	16.309		
Total	20	275.360			

C.V. = 16.31 %    S.E.M. = 0.881     $\bar{X}$  = 24.75

**Table Appendix C 86** ANOVA : Egg weight of Japanese quail for 84 days.

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	2.772	0.462	3.335 *	0.030
Error	14	1.939	0.139		
Total	20	4.711			

C.V. = 3.10 %    S.E.M. = 0.081     $\bar{X}$  = 12.02

T1    T4    T5    T7    T6    T3    T2  
 11.2   11.87   12.14   12.14   12.16   12.25   12.38

a\_\_\_\_\_

b\_\_\_\_\_

**Table Appendix C 87** ANOVA : Egg shell thickness of Japanese quail for 84 days.

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	0.0001190	0.00001984	0.903 <sup>ns</sup>	0.520
Error	14	0.0003077	0.00002198		
Total	20	0.0004267			

C.V. = 2.23 %    S.E.M. = 0.0001     $\bar{X}$  = 0.21

**Table Appendix C 88** ANOVA : Yolk color of Japanese quail for 84 days.

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	0.116	0.01931	1.196 <sup>ns</sup>	0.364
Error	14	0.226	0.0614		
Total	20	0.342			

C.V. = 3.29 %    S.E.M. = 0.054     $\bar{X}$  = 7.53



**Table Appendix C 89** ANOVA : Yolk cholesterol of Japanese quail 84 days (mg/g yolk).

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	2.819	0.470	1.151 <sup>ns</sup>	0.385
Error	14	5.715	0.408		
Total	20	8.534			

C.V. = 4.70 %    S.E.M. = 0.139     $\bar{X}$  = 13.60

**Table Appendix C 90** ANOVA : Yolk cholesterol of Japanese quail 84 days (mg/egg).

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	66.389	11.065	1.111 <sup>ns</sup>	0.404
Error	14	139.485	9.963		
Total	20	205.874			

C.V. = 6.54 %    S.E.M. = 0.689     $\bar{X}$  = 48.29

**Table Appendix C 91** ANOVA : Copper in excreta of Japanese quail for 84 days (fresh wt.).

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	169813.324	28302.221	204.539**	0.00
Error	14	1937.188	138.371		
Total	20	171750.512			

C.V. = 2.70 %    S.E.M. = 2.567     $\bar{X}$  = 59.30

T7	T5	T6	T1	T4	T2	T3
6.35	6.42	6.58	6.64	7.72	126.43	254.96

a \_\_\_\_\_  
b \_\_\_\_\_  
c \_\_\_\_\_

**Table Appendix C 92** ANOVA : Copper in excreta of Japanese quail for 84 days (AD).

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	1851114.260	308519.043	48.164**	0.00
Error	14	89677.952	6405.568		
Total	20	1940792.212			

C.V. = 2.17 %    S.E.M. = 17.465     $\bar{X}$  = 192.80

T6	T1	T4	T7	T5	T2	T3
18.99	19.00	20.47	22.02	22.38	402.02	844.68

a \_\_\_\_\_  
b \_\_\_\_\_  
c \_\_\_\_\_

**Table Appendix C 93** ANOVA : Copper retention of intake of Japanese quail for 84 days.

SOV	df	SS	MS	F-value	Pr > F
Treatment	6	651.365	108.561	1.044 <sup>ns</sup>	0.439
Error	14	1455.770	103.984		
Total	20	2107.135			

C.V. = 3.10 %    S.E.M. = 2.225     $\bar{X}$  = 48.08

## ประวัติผู้เขียน

- ชื่อ** นางสาวยุรฉัตร เสาร์เกิด
- วัน เดือน ปีเกิด** 17 พฤษภาคม 2519
- Email address** Yurachat\_s@yahoo.com
- ประวัติการศึกษา** มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนพะเยาพิทยาคม อ.เมือง จ.พะเยา (ปีการศึกษา 2537)
- ปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ปีการศึกษา 2542)
- ผลงานทางวิชาการ** สุขน ตั้งทวีวัฒน์, ยุรฉัตร เสาร์เกิด และบุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2547. การผลิตไข่ไก่ที่มีคอเลสเทอรอลระดับต่ำ โดยเสริมแร่ธาตุอินทรีย์หรือไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน. รายงานการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 42, สาขาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- สุขน ตั้งทวีวัฒน์, ยุรฉัตร เสาร์เกิด และบุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2547. การผลิตไข่นกกระทาที่มีคอเลสเทอรอลระดับต่ำ โดยเสริมแร่ธาตุอินทรีย์หรือไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน. รายงานการประชุมทางวิชาการ สาขาสัตวศาสตร์/สัตวบาล มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.