

家禽の卵黄および血漿中コレステロール量と脂肪酸組成について

富田裕一郎・山田 晃・林 国興・本坊敏郎

(昭和49年8月28日受理)

Cholesterol Content and Fatty Acid Composition in Egg Yolks and Blood Plasma of Poultry

Yuichiro TOMITA, Akira YAMADA, Kunioki HAYASHI
and Toshiro HONBO

(Laboratory of Animal Nutrition)

鶏卵が優れた栄養価を有することは古くから知られた事実である。しかし、これはコレステロールを多量に含み、またコレステロールの吸収率は鶏卵として摂取する場合が大であるといわれている¹⁾。このため成人病、糖尿病あるいは心臓病などの患者にはコレステロール量が問題となり、鶏卵コレステロール量を減少することを目的として、育種学的あるいは飼養学的面からの研究^{2,3,4)}が進められつつあるが、未だ十分な成果は得られていないと言えよう。一方、卵の成分は血液より移行するといわれている⁵⁾。鶏の血中コレステロール量に関する研究は雄鶏について行なわれたものが多かった^{6,7)}が、産卵鶏についても最近検討されるようになってきた^{8,9)}。しかし、産卵鶏では産卵により影響をうけるため、不明の点も多い。

以上の点から、鶏卵中コレステロール量の実態を把握する必要があると考えられるので、現在わが国で飼育されている鶏種のうち卵用種、産肉専用種、卵肉兼用種から6品種、愛玩用のチャボ、日本ウズラおよびアヒルの計9種の家禽卵黄コレステロール量について比較検討した。次に、血漿中および卵黄中コレステロール量の関係を明らかにするため、日本ウズラを用いて検討した。さらに、コレステロールを含む動物性脂肪あるいは副産物の飼料への利用の点を考慮し、この基礎的研究として日本ウズラにコレステロールを給与した時の血漿中、卵黄中コレステロール量および全脂質中の脂肪酸組成に及ぼす影響について検討した。

実験材料および方法

I. 実験材料

A. 卵黄コレステロール量比較試験

供試卵としては次の家禽卵を用いた。

1) 白色レグホン (White Leghorn: 以下 W.L. と略す)

2) ニューハンプシャー (New Hampshire: N.

H.)

3) ロードアイランドレッド (Rode Island Red: R.I.)

4) 横斑プリマスロック (Barred Plymouth Rock: B.P.)

5) 白色プリマスロック (White Plymouth Rock: W.P.)

6) 白色コーニッシュ (White Cornish: W.C.)

7) チャボ (Japanese Bantam: J.B.)

8) 日本ウズラ (Japanese Quail: J.Q.)

9) 大阪アヒル (Osaka Duck: D.)

1)~6)は鹿児島県養鶏試験場産、7)~9)は本学家畜育種学教室および附属農場産のものである。

何れも11月~翌年1月にわたる2カ月間に3~4回採卵し分析に供した。

B. ウズラ血漿、卵黄中コレステロール量および脂肪酸組成の比較試験

1) 飼育方法

本学家畜育種学教室より供与をうけた約200日令の日本ウズラ13羽を12月より翌年1月まで2カ月間、同一環境、同一飼料で不断給餌、給水により飼育した。

飼料は市販採卵用のもので、その主成分は粗たん白質:20.0%以上、粗脂肪:2.5%以上、粗センイ:5.0%以下、粗灰分:11.0%以下であった。

コレステロール投与試験は、飼育の最後の5日間、飼料のみの対照区4羽、飼料に2%相当量のコレステロール (E. Merck 製、特級) を混合したコレステロール区4羽について行なった。

2) 採卵および採血法

採卵は飼育期間に3回、当日産卵した全卵を供試し、採血は原則として産卵後(午後8:00~10:00)翼下静脈よりヘパリン処理して行ない血漿を得た。コレステロール投与試験では、最終日の5日目の卵を供

試卵とし、採血は最終日に屠殺後、放血し採血を行ない同様に血漿を得た。

II. 分析方法

A. コレステロール定量法

卵黄は全卵を15分間煮沸し、冷却後割卵して得た。卵黄のコレステロール定量は Sperry-Webb 法¹⁰⁾ 血漿については柴田らの方法¹¹⁾ を適用した。

B. 脂肪酸の分析

1) 脂質の抽出および加水分解

脂質の抽出、精製は Folch らの方法^{12,13)} を準用した。

卵黄は生卵を割卵分離し、飼料は粉碎して抽出試料とした。これらは脂質抽出後減圧乾涸し、血漿は直接 0.5 N KOH-MeOH を加え、60°C で3時間ケン化を行ない、塩酸で微酸性とし、石油エーテルで抽出後、水洗、脱水、溶媒溜去して混合脂肪酸を得た。

2) 脂肪酸のメチルエステル化

混合脂肪酸試料は BF₃-MeOH 法¹⁴⁾ によってメチルエステル化し、ガスクロマトグラフィ (G. L. C.) 分析に供した。

3) G. L. C. による脂肪酸メチルエステルの分析

使用機器は島津製 GC-4APTF 型で水素炎イオン検出器を用いた。

運転条件は次の通りである。

カラム：ステンレス製、3φ×3 m

充填剤：1～5% Diethylene Glycol Succinate + H₃PO₄

カラム温度：190°C

検出器温度：230°C

注入口温度：250°C

キャリアガス (N₂) 流速：50 ml/min

水素ガス流速：40 ml/min

空気流速：1 l/min

4) 脂肪酸の同定および定量

市販の脂肪酸のメチルエステルおよびメチルエステル化したものを標準物質 (C_{14:0}, C_{15:0}, C_{16:0}, C_{18:0}, C_{18:1}, C_{18:2}, C_{20:0}, C_{20:4}) とし、あらかじめ同一条件下で得た保持時間との比較により同定したが、標準物質のないものは保持時間および文献値より推定した。

脂肪酸の定量はピーク面積を半値巾法により求め、その面積比より組成百分率を算出した。

結果および考察

1. 卵黄コレステロール含量

結果は表-1に示した。総コレステロール量は供試卵中ではアヒル卵が最も高く、卵用種の鶏 W. L. が最も小さい値を示し、J. Q., J. B. を除く他種の卵との間に有意差が認められた。鶏の品種間では卵肉兼用種の B. P. が最も高い値を示したが、産肉専用種の W. C. と卵肉兼用種間には有意差は認められなかった。J. Q. および J. B. は W. L. とほとんど差は認められなかったが、何れも W. L. よりやや高い値を示した。遊離コレステロール量は総コレステロール量の約 95～6% を占め、また W. L. 卵黄の遊離コレステロール量は B. B., W. P., W. C. および D. のそれに比べ有意に低い値を示した。

卵黄コレステロール値については多くの報告があり、荒木¹⁵⁾ は市販鶏卵の卵黄について 22 mg/gm, 古賀¹⁶⁾ は 12～17 mg/gm, 佐伯ら²⁾ は W. L., W. P., W. C. および N. H. について 14～17 mg/gm の範囲内にあったと報告している。また、Clarenburg ら¹⁾ は W. L. で 14 mg/gm 程度、Bartov ら¹⁷⁾ は同

Table 1. Cholesterol content in the egg yolk of poultry

Breeds and Species	No. of eggs	Cholesterol, mg/gm ^{a)}	
		Total	Free
Domestic fowl			
White Leghorn (W.L.)	6	10.6±1.2	10.3±2.8
New Hampshire (N.H.)	7	13.1±1.2**	12.5±1.4
Rode Island Red (R.I.)	4	13.5±2.1*	13.5±2.1
Barred Plymouth Rock (B.P.)	6	15.7±1.1**	14.9±1.4**
White Plymouth Rook (W.P.)	10	13.8±1.5**	13.2±1.7*
White Cornish (W.C.)	7	14.2±2.3*	13.7±2.0*
Japanese Bantam (J. B.)	3	10.9±0.4	10.9±2.2
Japanese quail			
Osaka Duck (J. Q.)	5	11.8±0.4	11.1±0.4
(D.)	4	17.3±4.0**	17.2±2.9**

a) Means±SD

*, **: Significantly different from W.L. at 5% or 1% level.

じく W.L. で 11.7~14.8 mg/gm としており、本研究の結果はおおむねこれらの値と似た傾向にあると言える。Turk ら¹⁸⁾ によると肉用鶏の卵中コレステロール値は卵用種の卵に比べ高値を示し、またアヒルやウズラでは、これより更に高い値を示すと報告している。本研究でもアヒルでは同様に高い値が認められたが、日本ウズラの場合は W.L. とほぼ同程度の値であった。

2. 日本ウズラ卵黄および血漿中コレステロール量

卵黄中の遊離コレステロール量(乾物中, 卵黄水分平均 50.3%)と血漿中の総コレステロール量との関係を図-1に示した。卵黄中遊離コレステロール量は 20~30 mg/gm, 血漿コレステロール量は 250~450 mg/dl とかなり変動があり、個体差が認められたが、こ

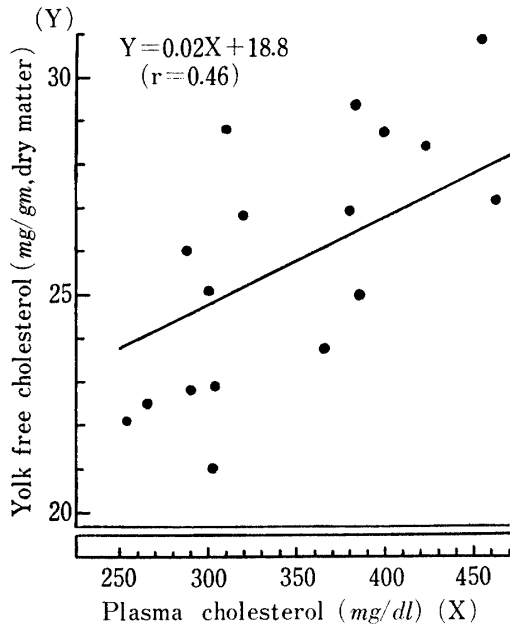


Fig. 1. The relationship between cholesterol concentrations in egg yolks and blood plasma of Japanese quail

の両者間には正の相関 ($r = 0.46$) が認められた。

Bartov ら¹⁷⁾ は W.L. を用い連続的に6日間、午前 8:00 に採血し調べた結果、血漿コレステロールは減少し、この変動と卵黄コレステロール量に影響しないとしている。本報では、J.Q. を用い、連続的な採血、採卵を行わず特定日に産卵した卵黄とその後午後 8:00~10:00 に採血しコレステロール値を測定したという条件の違いがある。また産卵鶏においては産卵率^{8,9)}、摂取ビタミンA量¹⁹⁾あるいは飼料中のコレステロール量⁴⁾などにより卵黄コレステロール量に変動を来たすことが認められており、これらについて今後検討を加える必要がある。

3. コレステロール投与時の日本ウズラ卵黄, 血漿中のコレステロール量および脂肪酸組成

コレステロール量の変化および脂肪酸組成の変化について、それぞれ表-2および3に示した。

コレステロール投与後、卵黄中のコレステロール量はやや増加の傾向が認められたが有意差はなく、血漿では総、遊離コレステロールとも増加し、ことに総コレステロール量は有意 ($p < 0.05$) に高い値を示した(表-2)。

これらの結果は産卵鶏で行なった Hullett ら²⁰⁾、Dua ら¹⁹⁾ の結果とほぼ一致する結果であった。

脂肪酸組成の変化について(表-3)見ると、血漿においては $C_{18:1}$ がやや増加した以外は大きな変化は認められず、卵黄においてもほとんど大きな変化は認められなかった。日本ウズラ血漿および卵黄中の脂質脂肪酸組成についての報告は見当らないようであるが、鶏については多くの報告がある。コレステロールを投与すると血漿において $C_{18:1}$ がいちじるしく増加するということは多くの研究者^{21)~25)} が認めており、ほぼ一致する結果といえよう。

卵黄においては Chung ら²⁴⁾ は Corn oil と Hy-

Table 2. The effects of 2% dietary cholesterol on egg yolk and plasma cholesterol levels of Japanese Quail

Treatment	Free C ^{b)} , in yolk (mg/gm dry matter ^{a)})		Plasma (mg/dl ^{a)})	
	Pre-experimental	Final ^{c)}	Final ^{c)}	
			Total C ^{b)}	Free C ^{b)}
Control	25.8 ± 2.7(6) ^{d)}	25.2 ± 1.9(4)	301.3 ± 47.9(4)	114.3 ± 18.2(3)
Cholesterol	23.5 ± 1.3(6)	24.9 ± 2.1(4)	456.0 ± 93.6*(4)	151.0 ± 31.7(3)

a),*: See footnote to Table 1.

b): Cholesterol

c): The dietary period of cholesterol was 5 days

d): Number of eggs in parentheses

Table 3. The effects of dietary cholesterol on the fatty acid compositions of total lipid in egg yolks and blood plasma of Japanese Quail

Fatty acid ^{a)}	Basal diet (2) ^{b)}	Control		Cholesterol	
		Plasma(4)	Yolk(4)	Plasma(3)	Yolk(3)
12:0	0.6%	0.7%	1.1%	0.3%	1.7%
:1	0.4	0.6	0.7	0.3	1.1
14:0	tr	0.5	0.4	0.5	0.7
:1	0.5	0.5	1.0	0.4	2.5
15:0	0.8	1.3	0.7	1.1	0.5
:1	tr	0.7	0.2	0.6	0.2
16:0	15.1	31.6	27.7	30.6	27.2
:1	2.8	9.2	7.4	9.3	6.9
18:0	2.7	10.0	8.9	9.7	9.9
:1	28.8	33.9	41.2	36.8	39.9
:2	44.0	11.0	10.7	10.4	9.4
:3	4.3	—	—	—	—
S ^{c)}	19.2	44.1	38.8	42.2	40.0
U ^{d)}	80.8	55.9	61.2	57.8	60.0
U/S	4.21	1.27	1.58	1.37	1.50

a) Carbon chain length : number of double bonds

b) Number of samples in parentheses

c) Saturated fatty acid

d) Unsaturated fatty acid

drogenated coconut oil を油脂としてそれぞれ 10%づつ加えて調製した飼料に 2%コレステロールを加えて給与した産卵鶏の卵黄で、前者では 1 週間後に C_{18:2} が増し C_{18:0} と C_{16:0} が減少するが、後者では C_{14:0} が増し C_{16:1} が減少すると報告している。また Summers ら²⁵⁾ は卵の脂肪酸組成はタローなどを 10 あるいは 20%添加すると不飽和脂肪酸が減少し、不飽和結合 1 個の脂肪酸が増し、大豆油やサフラワー油では C_{18:1} が減少し C_{18:2} が増すと報告しており、飼料に加えた油脂の種類によりコレステロール投与の影響に変動を与えることを認めている。本研究では市販の飼料を用いた（その全脂質の脂肪酸組成を表-3 に併記した）が、これらの点、すなわち、飼料原料あるいは割合など今後なお考慮し検討する必要がある。

不飽和脂肪酸指数 (U/S) は鶏卵黄中、中村ら²⁶⁾ は 1.12, Evans ら²⁷⁾ は 1.74, Skellon²⁸⁾ 1.94 と報告しており、日本ウズラ卵黄では 1.58 とその中間的な値を示した。

謝 辞

稿を終えるにあたり、実験材料の御恵与を賜った鹿児島県養鶏試験場長坂之上学氏、本学部武富萬治郎教授、小山田翼助教授、橋口勉助教授に謝意を表す。

要 約

本研究は家禽卵黄コレステロール量の変動に影響する因子を明らかにするための基礎的資料を得ることを目的として行ったものである。

結果は次の通りである。

1) 白色レグホン種の卵黄コレステロール量とニューハンプシャー、横斑プリマスロック、白色プリマスロック、白色コーニッシュあるいはアヒルの卵黄コレステロール間には有意 ($p < 0.01$) の差が得られたが、チャボあるいは日本ウズラとの間には有意差は認められなかった。卵黄中の遊離コレステロール量は総コレステロール量の約 95~6%を占めた。

2) 日本ウズラの卵黄および血漿（産卵後ほぼ定刻：午後 8:00~10:00 に採血した）中コレステロール量間に正の相関が認められた。

3) 日本ウズラに 5 日間 2%コレステロールを加えた市販飼料を給与すると血漿コレステロールは有意 ($p < 0.05$) に増加したが、卵黄では有意差は認められなかった。卵黄および血漿中の脂組成にはほとんど影響は認められなかったが、血漿中でオレイン酸が若干増加した。

文 献

- 1) 五島雄一郎：代謝，**2**，463-469 (1965).
- 2) 佐伯祐武，秋田富士：1969年度日本家禽学会秋季大会講演要旨，9 (1969).
- 3) Chung, R. A., Rogler, J. C. and Stadelman, W. J.: *Poultry Sci.*, **44**, 221-228 (1965).
- 4) Clarenburg, R., Chung, I. A. K. and Wakefield, L. M.: *J. Nutr.*, **101**, 289-297 (1971).
- 5) 佐々木清綱監修：畜産大事典，554，養賢堂 (1966).
- 6) Wilcox, F. H., Chermis, Jr., F. L., Van Vleck, L. D., Harvey, W. R. and Shaffner, C. S.: *Poultry Sci.*, **42**, 37-42 (1963).
- 7) Estep, G. D., Fanguy, R. C. and Ferguson, T. M.: *ibid.*, **48**, 1908-1911 (1969).
- 8) Johnson, Jr., D., Mehring, Jr., A. L. and Ferguson, T. M.: *ibid.*, **38**, 1109-1113 (1959).
- 9) Leveille, G. A. and Fisher, H.: *ibid.*, **37**, 658-664 (1958).
- 10) Sperry, W. M. and Webb, M.: *J. Biol. Chem.*, **187**, 97-99 (1950).
- 11) 柴田 進，高橋 浩：臨床化学の技術，193-198 金原出版 (1960).
- 12) Folch, J., Ascori, I., Lees, M., Meath, J. A. and LeBaron, F. N.: *J. Biol. Chem.*, **191**, 833-841 (1951).
- 13) Folch, J., Lees, M. and Stanley, G. H. S.: *ibid.*, **226**, 497-509 (1957).
- 14) Metcalfe, L. D. and Schmitz, A. A.: *Anal. Chem.*, **33**, 363-364 (1961).
- 15) 荒木瑞枝：栄養と食糧，**10**，285-287 (1957).
- 16) 古賀美子：同誌，**23**，412-421 (1970).
- 17) Bartov, I., Bornstein, S. and Budowski, P.: *Poultry Sci.*, **50**, 1357-1364 (1971).
- 18) Turk, D. E. and Barnett, B. D.: *ibid.*, **50**, 1303-1306 (1971).
- 19) Dua, P. N., Dilworth, B. C., Day, E. J. and Hill, J. E.: *ibid.*, **46**, 530-531 (1967).
- 20) Hulett, B. J., Davies, R. E. and Couch, J. R.: *ibid.*, **43**, 1075-1078 (1964).
- 21) Evans, J. D., Oleksyshyn, N., Luddy, F. E., Barford, R. A. and Reimenschneider, R. W.: *Arch. Biochem. Biophys.*, **85**, 317-322 (1959).
- 22) Swell, L. M., Law, D., Schools, Jr., P. E. and Treedwell, C. R.: *J. Nutr.*, **75**, 181-191 (1961).
- 23) Leveills, G. A., Tillotson, J. A. and Sanberlich, H. E.: *ibid.*, **81**, 357-362 (1963).
- 24) Chung, R. A., Davis, E. Y., Munday, R. A., Tsao, Y. C. and Moore, A.: *Poultry Sci.*, **46**, 133-141 (1967).
- 25) 田中桂一，阿部竹生，藤吉和朗，神谷俊雄：岐阜大農研究報告，28号，219-229 (1969).
- 26) 中村孝雄，高橋敏夫，梅田 勲，川井昭司：同誌，24号，271-281 (1967).
- 27) Evans, R. J., Bandemer, S. L. and Davidson, J. A.: *Poultry Sci.*, **46**, 151-155 (1967).
- 28) Skellon, J. H.: *J. Sci. Food Agr.*, **13**, 300-305 (1962).

Summary

The purpose of this study was to obtain some fundamental data for the isolation of the factor responsible for the variabilities in cholesterol levels in egg yolks of poultry.

The results were as follows:

1) Significant ($P < 0.01$) differences were obtained between the yolk cholesterol levels of eggs produced by White Leghorn and those by New Hampshire, Barred Plymouth Rock, White Plymouth Rock, White Cornish or Osaka duck, but no difference was found between White Leghorn and Japanese Bantam or Japanese quail. The percentage of the free cholesterol levels to the total cholesterol in egg yolk were about 95-96%.

2) Some positive co-relationship was observed between cholesterol concentrations in egg yolks and blood plasma, which were noted constantly at the same hours (p.m. 8:00-10:00) after the egg was laid by Japanese quail.

3) The supplementation of commercial laying diet with 2% cholesterol for 5 days to Japanese quail produced a significant ($P < 0.05$) increase in plasma cholesterol, whereas no significant difference was brought forth in yolks.

The fatty acid compositions of the total lipids in the yolks and plasma were scarcely affected to be increased by dietary cholesterol except that the oleic acid in plasma was observed a little.