

烏骨鶏卵の栄養特性と酸化安定性

豊崎 俊幸*¹ 瀬瀬 守*²

*¹とよさき・としゆき (香蘭女子短期大学 食物栄養学科)

*²こうけつ・まもる (岐阜大学 生命科学総合実験センター機器分析部門)

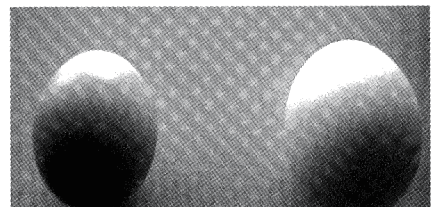
はじめに

烏骨鶏は、中国では"薬用鶏"として古くから珍重され、日本へは約400年前に渡来した。シルクのような毛並みをしていることや、その優美さから日本に渡来したときは今で言うペットとして珍重されていた。烏骨鶏が日本に渡来したときに、一緒に本草綱目なる薬学書も渡来したため、薬用鶏としても利用されるようになった。薬用鶏として中国はもとより、東南アジア地域では常食として平素摂食されている。烏骨鶏の食文化と併せてその調理方法については、すでに本誌に照会しているので興味ある読者はそちらを参照していただきたい¹⁾。

ところで、烏骨鶏卵の薬用効果に関しての研究報告はほとんど見あたらないことから、烏骨鶏卵の栄養特性はもちろんのこと、薬用効果の有無についても明らかにされていないのが現状であり、いまだ未知なる卵である。本稿では烏骨鶏卵について今までに我々が明らかにしてきた研究成果^{2), 3)}の一端を紹介しながら、烏骨鶏卵の持つ優れた特性について考察する。

1. 烏骨鶏卵の外観と卵黄・卵白

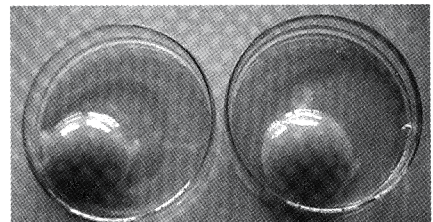
烏骨鶏卵のサイズを鶏卵と比較した実際の外見写真を**Photo. 1**に示した。また、それらの全卵を割卵した外見写真を**Photo. 2**に示した。みておわかりのように、烏骨鶏卵は鶏卵に比較して小さいことが一目で確認できる。実際に重量を測定した結果、鶏卵の70.9g (10個当たりの平均値) に対して烏骨鶏卵の38.5g (10個当たりの平均値) と、54.3%ほど小さい (**Table 1**)。しかし、割卵した写真をみておわかりのように、卵黄サイズを観察すると、両者の大きさに大差ないことが確認できる。実際に測定した結果、烏骨鶏卵の卵黄は鶏卵の卵黄に比べて4%ほど大きい (**Table 1**)。いっぽう、卵白に関しては、烏骨鶏卵の卵白は鶏卵の卵白に比較して8%ほど少ない (**Table 1**)。つまり、烏骨鶏卵は卵黄の占める割合が圧倒的に多いが、卵白は少ないのが特徴である。このように烏骨鶏卵の外見と卵黄・卵白の割合だけを鶏卵と比較しても両者には歴然とした違いが確認できる。



Silky fowl egg

Hen egg

Photo. 1. Form of silky fowl egg and hen egg



Silky fowl egg

Hen egg

Photo. 2. Comparison between yolk and albumen of silky fowl egg and hen egg

Table 1 . Proportional parts and general properties of whole egg of silky fowl and hen.

	Silky fowl egg	Hen egg
Whole egg weight (g)	38.5±2.6*	70.9±5.9
Specific gravity	1.09±0.05	1.07±5.9
Rate of albumen (%)	53.1±1.6**	61.1±2.8
Rate of egg yolk (%)	32.8±2.3**	28.4±1.7
Egg yolk index	0.52±0.03	0.48±0.04
pH of egg yolk	6.00±0.03	6.21±1.3
pH of albumen	9.26±0.35	9.45±0.42

Value are mean ± standard deviation (n=10).

* : Significantly different from hen's egg (p<0.01).

** : Significantly different from hen's egg (p<0.05).

2. 烏骨鶏卵の栄養特性

著者らは鶏卵とは異なる特徴をもつ烏骨鶏卵の栄養特性について詳細に検討したので、それらの結果を次に掲示しながら、烏骨鶏卵のもつ優れた特性を述べることにする。

Table 2 に烏骨鶏卵および鶏卵の化学的な特性について調べた結果を示した。烏骨鶏卵がもつ特徴として、リン脂質含有割合が鶏卵に比較して烏骨鶏卵では有意 (p<0.05) に多いことと併せコレステロール含有割合が鶏卵に比較して有意 (p<0.01) に少ないことである。コレステロールは細胞膜の構成成分であるとともに、胆汁酸やステロイドホルモンの前駆体でもあり、生体の維持に不可欠な脂質である。しかし、動脈硬化の研究から、蓄積脂質は主にコレステロールであることが判明すると動脈硬化を引き起こす脂質との認識が加わった。その両面があることを考えると、当然至適血中濃度が存在することになる。したがって、高脂血症あるいは高コレステロール血症である場合には、平素のコレステロール摂取量を低く見積もらなければならないことになるが、鶏卵の場合、コレステロール含有量が多いので、高脂血症あるいは高コレステロール血症のある場合は摂取量を控えなければならない。いっぽう、烏骨鶏卵の場合はコレステロール含有量が鶏卵に比較して少ないことから、平素の食事を利用する場合、コレステロール摂取量を気にせずにご利用できる利点がある。また、健康の維持・増進を考える場合、烏骨鶏卵は健康意識を高めるためには利用しやすい卵ということになる。

Table 2 . Chemical constituents of whole egg of silky fowl and hen.

	Silky fowl egg	Hen egg
Moisture (%)	73.2±2.5	76.2±0.9
Protein (%)	15.9±1.2	11.9±1.8
Total lipids (%)	11.9±0.9	10.3±2.4
Triacylglycerol (%)	8.35±0.4	8.31±0.6
Phospholipid (%)	5.18±0.3**	3.34±0.2
Cholesterol (%)	0.387±0.0212*	0.457±0.0109
Ash (%)	3.11±0.34	2.54±0.41

Value are mean ± standard deviation (n=10).

* : Significantly different from hen's egg (p<0.01).

** : Significantly different from hen's egg (p<0.05).

Table 3 に烏骨鶏卵と鶏卵における各種ビタミンおよびミネラル含有量について測定した結果を示した。脂溶性ビタミンであるAおよびD含有量について調べた結果、ビタミンAについては烏骨鶏卵と鶏卵とにはほとんど大差はなく、この結果は五訂日本食品標準成分表⁴⁾記載量とほぼ同量値であった。ビタミンD含有量に関しては、烏骨鶏卵の12 IUに対して、鶏卵の6 IUと烏骨鶏卵は有意 ($p<0.05$) に高値が確認された。これらの値は五訂日本食品標準成分表⁴⁾記載量とほとんど同量値であった。ミネラル含有量について、烏骨鶏卵ではFe, Ca, MgおよびKのいずれも鶏卵に比較して烏骨鶏卵は多く、とくにCaの67.1mg/100g, Kの13.5mg/100gといずれのミネラルも有意

Table 3. Vitamins and minerals of whole egg of silky fowl and hen.

	Silky fowl egg	Hen egg
Vitamin A (IU)	700±5.4	680±31.5
Vitamin B ₁ (mg/100g)	0.42±0.03	0.34±0.04
Vitamin B ₂ (mg/100g)	0.72±0.02*	0.51±0.02
Vitamin B ₆ (mg/100g)	0.55±0.03*	0.21±0.01
Vitamin B ₁₂ (μ g/100g)	6.91±0.05	6.11±0.02
Vitamin D (IU)	12±3.84**	6±10.8
Vitamin E (mg/100g)	2.48±1.1**	1.24±0.4
Fe (mg/100g)	2.21±0.51	1.83±0.94
Ca (mg/100g)	67.1±5.3*	53.2±4.5
Mg (mg/100g)	10.3±1.4	8.6±1.3
K (mg/100g)	135±15.2*	121±10

Value are mean \pm standard deviation (n=10).

* : Significantly different from hen's egg ($p<0.01$).

** : Significantly different from hen's egg ($p<0.05$).

($p<0.01$) に多く含有していたことを確認した。これらの値についても五訂日本食品標準成分表⁴⁾記載量とほとんど同量値であった。このように烏骨鶏卵の栄養特性が優れている点を考えると、平素、烏骨鶏卵を摂食することで骨粗鬆症の予防効果が期待できるものと推察される。また、ビタミンE含有量も鶏卵の1.24mg/100gに対して、烏骨鶏卵の2.48mg/100gと有意 ($p<0.05$) に多い。つまり、烏骨鶏卵中には約2倍量のビタミンEが含まれている。ビタミンEは脂質過酸化の防止や老化防止に有効な手段として広く知られていることから、ビタミンD同様に健康維持・増進に大いに期待できるものと考えられる。水溶性ビタミンに関しては、ビタミンB群、とくにB₂およびB₆含有量が鶏卵に比較して烏骨鶏卵に多く (有意差 $p<0.01$) 確認された。他のビタミン含有量も有意なほどではなかったが、A, B₁およびB₁₂のいずれも鶏卵に比較して烏骨鶏卵に多いことが確認された。

栄養学的立場から烏骨鶏卵を鶏卵と比較した場合、Table 1, 2 および 3 に示したように、烏骨鶏卵は優れた栄養特性をもっていることが明らかとなった。このことは烏骨鶏卵を摂食することで健康の維持・増進を可能にする一つの手段として期待できるものと考えられる。

次に卵黄中の脂質画分について詳細に検討したので、それらの結果を掲示しながら烏骨鶏卵の栄養特性について述べてみたい。総脂質含有量は烏骨鶏卵あるいは鶏卵ともに約10%ほどを占めていることから、摂食した場合生体への影響は大きい。一般に脂質は我々の健康の維持・増進を左右する重要な栄養素であることから、できるだけ質の良い脂質を摂食すべきである。脂質の質

の良し悪しを決定する指標として、脂肪酸組成からある程度推測できる。そこで、著者らは烏骨鶏卵の脂肪酸組成について調べた。なお、比較するために鶏卵の脂肪酸組成も併せて測定した。その結果をTable 4に示した。飽和脂肪酸と不飽和脂肪酸との割合を比較すると、烏骨鶏卵では飽和脂肪酸よりも不飽和脂肪酸の占める割合が多いことが特徴である。さらに特徴的な脂肪酸組成の違いは、パルミチン酸 (C16:0)、パルミトレイン酸 (C16:1) およびリノール酸 (C18:2) 含有量がそれぞれ有意 ($p<0.05$) に少ない。いっぽう、オレイン酸 (C18:1; 有意差 $p<0.05$) およびアラキドン酸 (C20:4; 有意差 $p<0.01$) が多い。さらに、n-3系脂肪酸であるイコサペンタエン酸 (C20:5) およびドコサヘキサエン酸 (C22:6) が有意 ($p<0.01$) に多いことが特徴である。

ほとんどの飽和脂肪酸 (ステアリン酸; C18:0を除く) は血清コレステロール上昇作用のあることが報告⁵⁾ されていることから、飽和脂肪酸を主構成単位とする脂質の摂取は生活習慣病を増加させるおそれがある。これに対して、不飽和脂肪酸、とくにn-3系多価不飽和脂肪酸には血小板凝集抑制、血清トリアシルグリセロール濃度低下などを介して動脈硬化抑制作用がある。また、n-3系不飽和脂肪酸の摂取量を増加させることが虚血性心疾患の予防であることも既知の事実^{6), 7)} である。いっぽう、必須脂肪酸であるリノール酸 (C18:2; n-6) の過剰摂取は、動物実験により癌のリスクがあることが報告されているが、ヒトでの疫学調査からはリノール酸が乳癌、大腸癌、前立腺癌のリスクを高めるということは報告されていない⁸⁾。また、オレイン酸 (C18:1; n-9) の生体での役割が徐々に明らかになり、コレステロール低下作用、抗動脈硬化作用などがあることが報告されている⁹⁾⁻¹¹⁾。

これらの多くの報告から、烏骨鶏卵のもつ栄養特性を脂肪酸組成から考察すると、少なくとも鶏卵よりも烏骨鶏卵のほうが健康の維持・増進を考える場合や生活習慣病の予防効果は高いものと考えられる。

このように烏骨鶏卵のもつ栄養特性、とくに脂肪酸組成は鶏卵よりも優れていることが明らかとなった。

Table 4. Fatty acid compositions of whole egg of silky fowl and hen.

Fatty acids	Silky fowl egg ^a	Hen egg ^a
C14:0	0.4±0.02	0.5±0.06
C16:0	24.9±2.0**	33.1±3.7
C16:1	1.6±0.01**	2.7±0.97
C16:1	0.9±0.01	0.4±0.02
C17:0	0.1±0.01	0.1±0.01
C17:1	0.1±0.02	0.1±0.01
C18:0	11.8±2.5	12.2±2.4
C18:1 (n-9)	35.3±6.7**	31.4±4.7
C18:1 (n-7)	1.2±0.5	1.1±0.3
C18:1 (n-5)	Trace	Trace
C18:2 (n-6)	12.7±2.8**	14.4±1.8
C18:3 (n-6)	0.3±0.02	0.2±0.03
C18:3 (n-3)	Trace	0.1±0.01
C20:0	0.3±0.01	0.2±0.02
C20:1	0.1±0.02	0.1±0.01
C20:3 (n-6)	0.2±0.01	0.1±0.02
C20:4 (n-6)	4.9±0.01*	2.0±0.07
C20:5 (n-3)	0.2±0.01	0.1±0.02
C22:5 (n-3)	0.8±0.01*	0.2±0.01
C24:1	Trace	Trace
C22:6 (n-3)	4.2±0.09*	1.0±0.04
Saturates	37.5%	46.1%
Unsaturates	62.5%	53.9%

Value are mean ± standard deviation (n=10).

*: Significantly different from hen's egg ($p<0.01$).

**: Significantly different from hen's egg ($p<0.05$).

^aFatty acid concentration expressed as wt % of individual fatty acid methyl esters in the total fatty acid methyl esters.

3. 烏骨鶏卵の酸化安定性

次に著者らは烏骨鶏卵の栄養特性、とくに脂肪酸組成と酸化安定性との関係について詳細に検討した結果、興味ある事実が得られたのでそれらの内容について触れてみたい。烏骨鶏卵を恒温器中で2週間放置し、その間の脂質の酸化安定性について追跡した結果、鶏卵に比較して烏骨鶏卵の酸化安定性は高いことが明らかになった (Figs. 1, 2)。Fig. 1の結果は脂質過酸化の初期段階をモニターしているが、過酸化物が生成するまでの日数に差があることがわかる。つまり、鶏卵の場合、4日目あたりまではほとんど脂質過酸化は誘導されないが、6日目あたりから脂質過酸化が起こり始めている。しかし、烏骨鶏卵の場合は、8日目あたりから脂質過酸化が起こり始める。この2日間のラグタイムの差から、鶏卵に比較して烏骨鶏卵は酸化安定性が高いことを示唆しているものと考えられる。また、Fig. 2の結果はいわゆる二次生成物といわれている、過酸化物が分解あるいは重合したものであり、この指標はかなり脂質過酸化が進行していることを意味している。この結果もFig. 1同様に鶏卵よりも烏骨鶏卵は生成されている二次生成物 (マロンジアルデヒド) 量が少ないことは明らかである。

酸化安定性を左右する因子として、栄養特性との関わり合いが考えられる。とくに脂肪酸組成や抗酸化効果を有するビタミンE含有量などと深く関係しているものと考えられる。ビタミンEについては、鶏卵に比較して烏骨鶏卵には多く含有されていることから、このビタミンEが抗酸化効果として作用したものと推察される。なお、ビタミンEの抗酸化効果については食品化学分野や生化学分野において古くから研究されており、数多くの優れた報告がある¹²⁾⁻¹⁴⁾ので興味ある読者はそちらを参照していただきたい。

脂肪酸組成の違いが、酸化安定性に影響をおよぼすことは既知の事実であり、一般に空気中で

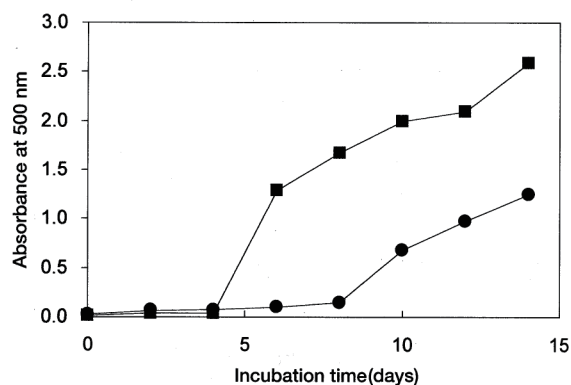


Fig. 1. Amount of hydroperoxides in whole silky fowl's eggs (-●-) and hen's eggs (-■-).

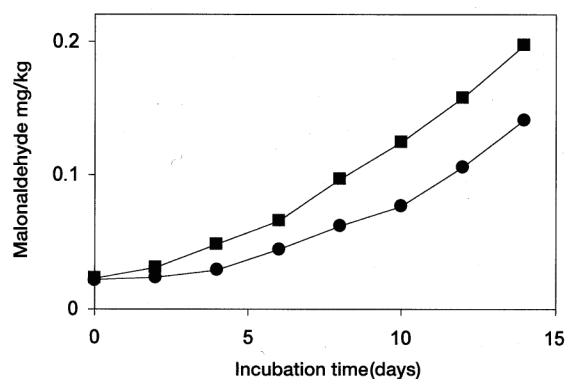


Fig. 2. Amount of malonaldehyde in whole silky fowl's eggs (-●-) and hen's eggs (-■-).

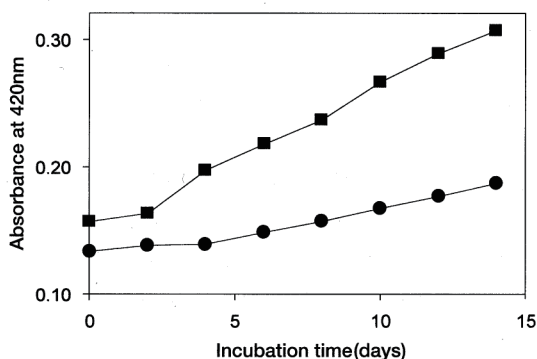


Fig. 3. Observation of browning of whole silky fowl's eggs (-●-) and Hen's eggs (-■-).

の脂肪酸の過酸化は連鎖反動的に進行し、その速度はほぼ二重結合の数（不飽和度）に比例するといわれている。さらに、n-3系脂肪酸は鎖長の同じn-6系よりも二重結合が多く過酸化反応を受けやすいとされている。ただ、これらは脂質の存在形態もその酸化安定性に大きな影響を与えることになることから、卵の場合、必ずしもこのようなことが当てはまることは考えにくい。烏骨鶏卵の酸化安定性は、少なくとも鶏卵よりも高いことから、脂質過酸化の誘発を防止する何らかの成分が関与していることは十分に考えられる。この点については今後の研究成果に期待する。また、抗酸化効果を有する成分として、リン脂質自身に抗酸化効果があることが報告¹⁵⁾⁻¹⁸⁾されている。リン脂質含有量について、鶏卵と烏骨鶏卵とを比較（Table 2）すると、烏骨鶏卵のリン脂質含有量は多い。このことから、烏骨鶏卵の酸化安定性が高い理由として、リン脂質が抗酸化剤として関与していることも十分に考えられるが、この点についても今後検討しなくてはならない。

脂質の過酸化が原因で誘発される変化として褐変が起こるものと考えられたことから、ここでは濁度を2週間にわたり測定した。鶏卵に比較して烏骨鶏卵の濁度は少ない（Fig. 3）。この現象は脂質過酸化により生成される過酸化物が関与することでタンパク質が変性し、結果として濁度が増加したものと推察できる。このことが原因なのかはさらに詳細に検討する必要がある

おわりに

今回、烏骨鶏卵の栄養特性と併せ脂質の酸化安定性について、著者らが研究してきた内容を紹介した。ここで取り上げた研究内容は烏骨鶏卵には優れた栄養特性を秘めていることが明らかになったことである。烏骨鶏卵は我々の健康の維持・増進を可能にできる食品として期待できるが、まだまだ未知なる卵であり、今後多くの研究者により烏骨鶏卵のもつ特徴が明らかとなることを期待するとともに、一人でも多くの方に烏骨鶏卵を摂食していただきたいことを願ってピリオドを打ちたい。

なお、烏骨鶏卵のタンパク質についての様々な特徴については現在検討中であるが、この段階で公表できる情報は今のところ若干であることから、今後得られた研究成果についてはこの紙面をお借りして報告させていただくことにする。

引用文献

- 1) 橋爪伸子, 豊崎俊幸, 李 名元; 烏骨鶏の食文化と調理法. *New Food Industry*, **40**, 52-58 (1998).
- 2) Koketsu, M. and Toyosaki, T.: Nutritive constituents of silky fowl eggs: comparison with hen eggs of white leghorn origin. *Animal Sci. J.*, **75**, 67-69 (2004).
- 3) Toyosaki, T. and Koketsu, M.: Oxidative stability of silky fowl eggs. Comparison with hen eggs. *J. Agric. Food Chem.*, **52**, 1328-1330 (2004).
- 4) 五訂日本食品標準成分表, 科学技術庁資源調査会編, p.250, (2000).
- 5) 板倉弘重, 菅野道廣, 石川俊次, 池田郁男, 近藤和雄; 脂質研究の最新情報 適正摂取を考える. 第一出版, P.28, p.53, (2000).
- 6) De Lorgeril, M., Renaud, S., Mamelle, N., Salen, P., Martin, J. L., Monjaud, I., Guidollet, J., Youboul, P. and Delaye J.: Mediterranean alpha-linolenic acid-rich diet in secondary prevention of coronary heart disease. *Lancet*, **343**, 1454-1459 (1994).
- 7) Green, P., Fuchs, J., Schoenfeld, N., Leibovici, L., Lurie, Y., Beigel, Y., Rotenberg, Z., Mamet, R.

- and Budowski, P.; Effects of fish-oil ingestion on cardiovascular risk factors in hyperlipidemic subjects in Israel: a randomized double-blind crossover study. *Am. J. clin. Nutr.*, **52**, 1118-1124 (1990).
- 8) Zock, P.L. and Katan, M.B.: Linoleic acid intake and cancer risk: a review and meta-analysis. *Am. Clin. Nutr.*, **69**, 142-153 (1998).
 - 9) Grundy, S.M.: Comparison of monounsaturated fatty acids and carbohydrates for lowering Plasma cholesterol. *N. Engl. J. Med.*, **314**, 745-748 (1986).
 - 10) Grundy, S.M., Nix, D., Whelan, M.F. and Franklin, L.: Comparison of three cholesterol-lowering diets in normolipidemic men. *J. Am. Med. Assoc.*, **256**, 2351-2355 (1986).
 - 11) Grundy, S.M., Florentin, L., Nix, D., and Whelan, M.F.: Comparison of monounsaturated fatty acids and carbohydrates for reducing raised levels of plasma cholesterol in man. *Am. J. Clin. Nutr.*, **47**, 965-969 (1988).
 - 12) Burton, G.W. and Traber, M. G.: Vitamin E: Antioxidant activity, Biochemistry, and Bioavailability. *Annu. Rev. Nutr.*, **10**, 357-3382 (1990).
 - 13) Kamel-Eldin, A. and Appelqvist, L. A.: The chemistry and antioxidant properties of tocopherols and tocotrienols. *Lipids*, **31**, 671-701 (1996).
 - 14) 山内 亮: ビタミンEの酸化生成物。油化学, **48**, 95-102 (1999).
 - 15) Husain, S.R., Terao, J. and Matsushita, S.: Effects of browning reaction products of phospholipids on autoxidation of methyl linoleate. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **63**, 1457-1460 (1986).
 - 16) Kashima, M., Cha, G. S., Isoda, Y., Hirano, J. and Miyazawa, T.: The antioxidant effects of phospholipids on perilla oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **68**, 119-122 (1991).
 - 17) King, M.F., Boyd, L.C. and Sheldon, B.W.: Antioxidant properties of individual phospholipids in a salmon oil model system. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **69**, 545-551 (1992).
 - 18) Sugino, H., Ishikawa, M., Nitoda, T., Koketsu, M., Juneja, L.R., Kim, M. and Yamamoto, T.: Antioxidative activity of egg yolk phospholipids. *J. Agric. Food Chem.*, **45**, 55-1554 (1997).