

異なる飼料を給与した鶏が産卵した卵の調理特性

Effect of Nutritional Supplement on the Properties of Egg During Cooking

小川宣子* 峯木真知子**

(Noriko Ogawa)

(Machiko Mineki)

The effect of cooking on the properties of a special egg enriched with vitamin E and α -linoleic acid was studied and compared with that of a normal egg (control). The elasticity and viscosity of the heated special egg white were higher than those of the normal egg white, although the difference was not significant. Enrichment with vitamin E and α -linoleic acid had no a pronounced effect on the elasticity or viscosity of the heated egg white, but influenced the cohesiveness of the heated special egg yolk and the viscosity of the egg yolk. The addition of vitamin E and α -linoleic acid increased the emulsifying properties of the special egg yolk. The lipid particle size of the special egg yolk was smaller than that of the normal egg yolk, so it is suggested that the lipid particle size is related to the cooking properties of egg yolk.

キーワード：特殊卵 Special egg；化学成分 Chemical constituents；物性 Reological parameter；動的粘弾性 Dynamic viscoelasticity；乳化性 Emulsifying property；粘性 Viscosity

近年、多種にわたる特殊卵が市場で見られる。この特殊卵は、一般的である白玉卵を産卵する白色レグホーン種以外の種の鶏であるロードアイランドレッド種や烏骨鶏などが産卵した卵を指す場合と、DHA やビタミン E などを添加した飼料を摂取した鶏が産卵した場合がある。前者のように種が異なる鶏等の卵の一般成分については陸系の種の卵間は一般成分に違いはなく、水系（あひるなど）の卵は陸系に比べ、卵黄の脂肪含量を多く含むことを報告してきた（田名部ら 1979）。最近では後者のようにコレステロールや血圧低下の効果を期待して餌に多種類の添加物が添加されている。産卵鶏の餌は新鮮卵の品質に影響を及ぼし、例えば卵殻の強さは餌中のカルシウム、リン、マンガン及びビタミン D 含量との関係（William J. Stadelman ed., 1995）や飼料中の蛋白質レベルが卵殻強度、ハウユニット、卵殻厚さなどに及ぼす影響について報告されている（福岡ら 1997）。餌に添加される物質の生理

作用や添加量の卵黄への成分移行（西藤ら 1996）については多くの報告がある。しかし、このような特殊卵を料理に使用する際にその調理性は標準飼料により成育した鶏が産卵した普通卵と比べ、異なるのであろうか。特殊卵の市場への出回り頻度を考えると、家庭においても特殊卵を実際に調理する機会が増えてきているが、東京、埼玉に在住する主婦を対象に特殊卵についてアンケートを行った結果、特殊卵は価格が高い、味がよい、卵の色・安全性・品質がよいという印象であったが、知名度は全体の約半数であった（中島ら 1996）。このように特殊卵の名前だけが先行し、特殊卵の実体が理解されていない。特殊卵を利用する上で普通卵と比較し、特殊卵の調理特性を明らかにすることは重要なことである。そこで本研究においては、餌にビタミン E と α -リノレン酸を添加した場合の特殊卵の卵黄及び卵白の調理特性を調べることを目的とした。

実験方法

1. 試 料

48 週令白色レグホーン種鶏において標準飼料を給

* 岐阜女子大学食物栄養学専攻
(Department of Nutrition and Food Science, Gifu Women's University)

** 青葉学園短期大学食物栄養学科
(Faculty of Food Nutrition, Aoba Gakuen Junior Colledge)

与した鶏が産卵した卵（以下普通卵）と標準飼料にビタミン E（ビタミン E 含量 10% 製剤）を 0.05% と α -リノレン酸を比較的多く含む植物油（ α -リノレン酸含量 60%）を 1% 添加した飼料を給与した鶏が産卵した卵（以下特殊卵）でいずれも産卵 24 時間以内のものを用了。この時の特殊卵の卵黄 100 g 中に含有したビタミン E（総トコフェロール）、 α -リノレン酸量は 5.04 mg, 240 mg, 普通卵の卵黄 100 g 中では 2.30 mg, 60 mg であった。又、産卵率は標準飼料区で 95.2%, 添加飼料区で 96.4% と標準飼料区と添加飼料区の違いはなかった。

2. 方 法

1) 卵白の調理特性

① 動的粘弾性

レオログラフゾル（東洋精機）により動的粘弾性を求めた。20°C から 85°C の温度変化に伴う貯蔵弾性率 (G'), 損失弾性率 (G'') から熱依存性による弾性, 粘性の変化を調べた。この時の加温速度はゆで卵の作成の場合（小川 1991）の卵白温度上昇と同様の条件（20°C~80°C は 4°C/分, 80°C~85°C は 0.5°C/分）で行った。なお試料は割卵, 攪拌などの外的応力による卵白の構造破壊を最小限に抑えるためにはさみで 1g の卵白を切り取り, 採取した。又, 測定中の水分の蒸発を防ぐために 2.5cS のシリコンオイルを試料に重層した。

② 加熱卵白の物性

殻付きのまま加熱し, 卵白の内部温度が 85°C になったら（約 25 分）氷水中で室温になるまで冷却し, 2cm×2cm×1cm（縦×横×高さ）に切断した試料のテクスチャー（硬さ, 凝集性）, クリープ特性値を測定した。テクスチャーの測定条件は, プランジャー直径 18mm 円型を用い, 圧縮率は 50% で行った。クリープの測定条件はプランジャー直径 30mm の円型, 荷重は線型性の範囲である 60~100 g とした。

2) 卵黄の調理特性

① 動的粘弾性

卵白の動的粘弾性測定と同様の方法で 20°C~77°C の温度で測定した。ただし, 温度上昇条件は, ゆで卵における卵黄の温度上昇条件（20°C~25°C, 35°C~50°C, 70°C~77°C は 1°C/分, 25°C~35°C は 2°C/分, 50°C~70°C は 4°C/分）と同様で行った。試料の量は 2.4 ml とし, シリコンオイルは 5.0cS を重層した。

② 加熱卵黄の物性

加熱卵白と同様の方法で測定した。ただし, 卵黄の内部温度は 80°C のものを試料とした。テクスチャー及

びクリープ測定条件は加熱卵白と同様の方法で行った。

③ 粘 性

生卵黄の粘度を E 型粘度計（東京計器：Viscomic ED 形）による粘性を測定し, みかけの粘度を算出した。E 型粘度計測定試料は 1 ml で行った。

④ 乳化性

酢 3.0 g, 落花生油 3.0 g, 卵黄 2.0 g, そして卵黄のグラニュールを溶解するために 10% 食塩水 1.7 g とこれらを 10 分間振とうさせた（318 往復/分）後, 10 000 rpm で 1 分 of ホモジナイズを行い, エマルションを作製した（Kevin et al. 1978）。これを 0.1% トリトン X-100 にて 500 倍に希釈した時の油脂の粒子の大きさや数から乳化性を判断した。エマルションの粒子状況を光学顕微鏡で観察後, プリントした画像をコンピュータによる画像処理から油脂粒子の数と油脂粒子の一つの大きさの平均値を求めた。

⑤ 組織構造（小川ら 1999）

割卵後, 液体窒素で凍結した卵黄をカッターナイフで卵黄膜側より 5mm の部位を切断した。試料は 30°C の 1% パラホルム・2.5% グルタルアルデヒド溶液で前固定し, 5°C の 1% オスミウム酸溶液で後固定を行い, エタノール系列により脱水をした。脱水後, 酢酸イソアミルで置換し, 臨界点乾燥を行い, 白金・パラジウムでイオンコーティングを施し, 日立 S-4000 型走査電子顕微鏡で加速電圧 10 kV で観察を行った。

実験結果

1. 卵白の調理特性

1) 動的粘弾性

特殊卵の卵白の熱変性温度は, 貯蔵弾性率 (G'), 損失弾性率 (G'') のいずれの変化から 77°C からと普通卵の 78°C と比べて変性温度が低かった（図 1）。又, 85°C の時の特殊卵の卵白ゲルの G' , G'' は 1733 ± 305 Pa, 167 ± 71 Pa と普通卵の 1367 ± 252 Pa, 91 ± 9 Pa と比べ弾性, 粘性とも大きなゲルであることを示したが, 統計的に特殊卵と普通卵の卵白ゲルの G' , G'' には有意差はなかった。

2) 加熱卵白の物性

特殊卵の加熱卵白の硬さ, 凝集性は普通卵に比べて違いはなかった（表 1）。又, クリープ特性値は瞬間変形部と遅延変形部を合わせると変形の 73% を占めることから, 瞬間弾性率 (E_0), 遅延粘性率 (NN) のクリープ特性値から特殊卵と普通卵の加熱卵白の比較を行った結果（表 2）, 特殊卵白ゲルの E_0 , NN が大であ

異なる飼料を給与した鶏が産卵した卵の調理特性

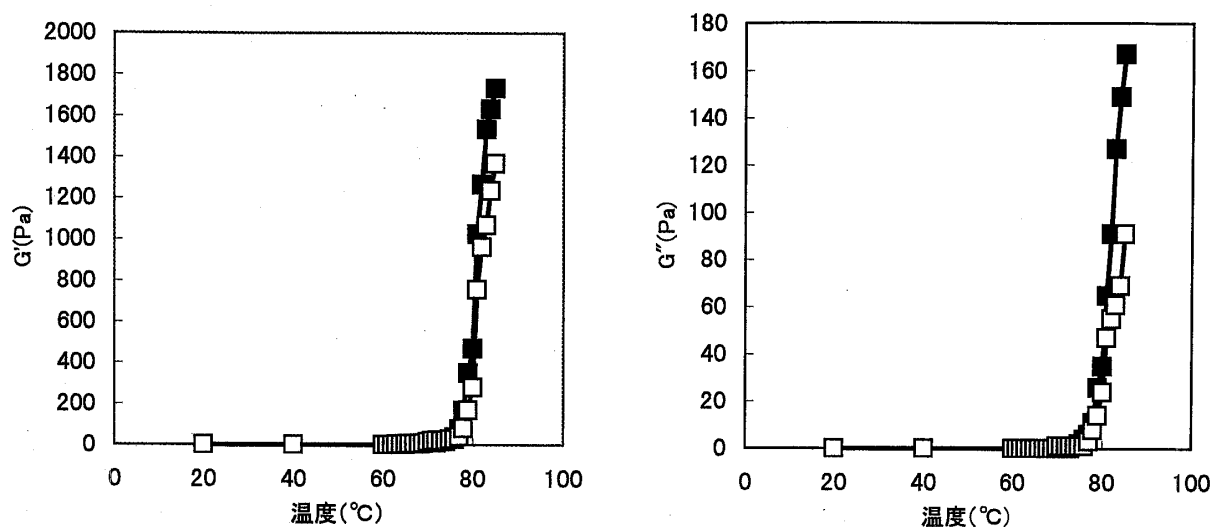


図1. 飼料が異なる濃厚卵白の動的粘弾性

■：特殊卵 □：普通卵 G' ：貯蔵弾性率 G'' ：損失弾性率

測定条件：周波数 3Hz 温度変化 20～85°C

表1. 加熱卵白のテクスチャー

		特殊卵	普通卵
硬さ	$\times 10^4 \text{ Pa}$	1.56 ± 0.66	2.09 ± 0.31
凝集性	$\times 10^{-1} \text{ T. U.}$	0.94 ± 0.14	1.21 ± 0.65

値は3個の平均値±標準偏差

表2. 加熱卵白のクリープ特性値

		特殊卵	普通卵
E0	$\times 10^4 \text{ Pa}$	1.68 ± 0.27	1.47 ± 0.05
NN	$\times 10^7 \text{ Pa} \cdot \text{s}$	2.68 ± 0.53	1.91 ± 0.87

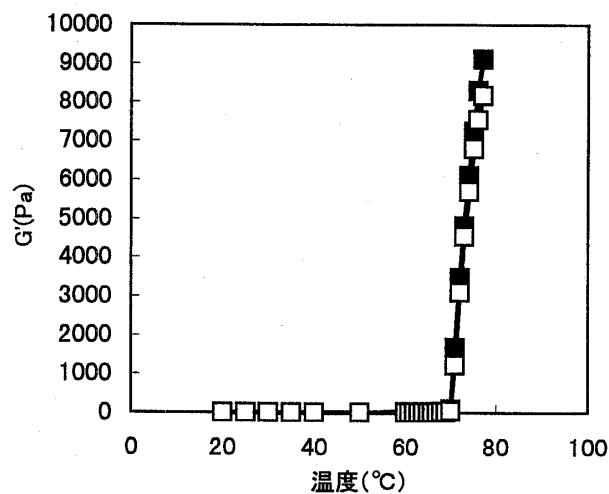
値は3個の平均値±標準偏差

ったが、有意な差ではなかった。

2. 卵黄の調理特性

1) 動的粘弾性

特殊卵卵黄の70°C以上の温度の時の G' は普通卵に比べて大きく、特殊卵の加熱卵黄ゲルは普通卵の卵黄ゲルに比べ弾性が高いことを示した(図2)。



2) 加熱卵黄の物性

特殊卵の加熱卵黄ゲルの硬さは普通卵に比べ、有意差はなかったが、凝集性は普通卵に比べて5%以下の危険率で有意に大であった(表3)。しかし、特殊卵と普通卵の加熱卵黄ゲルのE0, NNのクリープ特性値はやや大であったが、有意差はなかった(表4)。

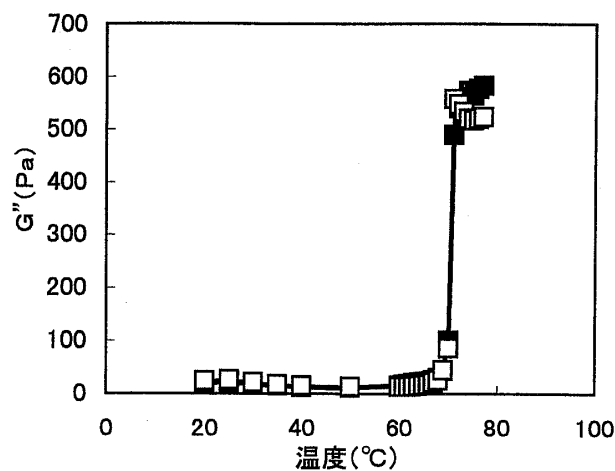


図2. 飼料が異なる卵黄の動的粘弾性

■：特殊卵 □：普通卵 G' ：貯蔵弾性率 G'' ：損失弾性率

測定条件：周波数 3Hz 温度変化 20～85°C

表 3. 加熱卵黄のテクスチャー

		特殊卵	普通卵
硬さ	$\times 10^4 \text{ Pa}$	3.30 ± 1.28	2.53 ± 1.23
凝集性	$\times 10^{-1} \text{ T. U.}$	$0.82^* \pm 0.11$	0.26 ± 0.24

¹⁾ 値は 3 個の平均値 $\pm$ 標準偏差²⁾ *: $P < 0.05$

表 4. 加熱卵黄のクリープ特性値

		特殊卵	普通卵
E 0	$\times 10^4 \text{ Pa}$	3.21 ± 0.63	3.05 ± 0.45
NN	$\times 10^7 \text{ Pa} \cdot \text{s}$	1.71 ± 0.87	1.70 ± 0.39

値は 3 個の平均値 $\pm$ 標準偏差

3) 粘 性

生卵黄の粘性をみかけの粘度から比較した結果 (表 5), 特殊卵の卵黄の方が 1% 以下の危険率で有意に粘りがあった。

4) 乳化性

特殊卵の卵黄を用いたエマルジョンの油滴は普通卵に比べて面積が有意 ($P < 0.01$) に小さく, 油滴の数も多く, 特殊卵黄を用いたエマルジョンの油滴は普通卵に比べて小さかった (表 6)。

5) 組織構造

特殊卵の卵黄球の表面に存在する脂肪球は普通卵の場合に比べ, その大きさは小さいものであった。これは名古屋コーチンの卵黄球における脂肪球の大きさと同じ位の大きさであった (小川ら 1999) が, その数は名古屋コーチンに比べ少なかった (図 3)。

表 5. 飼料が異なる生卵黄のみかけの粘度

単位: $\text{mPa} \cdot \text{s}$

特殊卵	普通卵
$1.86^{**} \pm 0.18$	1.38 ± 0.10

¹⁾ 値は 3 個の平均値 $\pm$ 標準偏差²⁾ 回転速度 1rpm の時のみかけの粘度³⁾ **: $P < 0.01$

表 6. エマルジョンの油滴数と油滴一粒の平均面積

	特殊卵	普通卵
油滴数 (個)	$288.66^{**} \pm 5.68$	102.00 ± 15.72
油滴一粒の平均面積	39.43 ± 1.94	$109.78^{**} \pm 10.33$

¹⁾ 値は 3 個の平均値 $\pm$ 標準偏差²⁾ **: $P < 0.01$

考 察

ビタミン E, リノレン酸を添加した飼料を給与した鶏が産卵した卵 (特殊卵) の卵白は普通卵に比べ熱依存による弾性, 粘性, 加熱卵白の物性には違いがなかった。しかし, 特殊卵の生卵黄は普通卵に比べ粘りがあり, 又, 加熱卵黄ゲルも普通卵に比べ, 弾力が大で, さらにエマルジョンの油滴が細かく, 優れた乳化性を示した。又, 特殊卵の加熱卵黄は普通卵に比べ凝集性が大きなゲルであった。これは, 飼料組成は卵黄に影響を与え, 飼料への添加物は卵黄に移行したことが原因と考えられる。ビタミン E, リノレン酸のように脂溶性の物質は特に卵黄の脂肪の質に影響を与える。この飼料組成が卵黄の成分に及ぼす影響については, 飼料

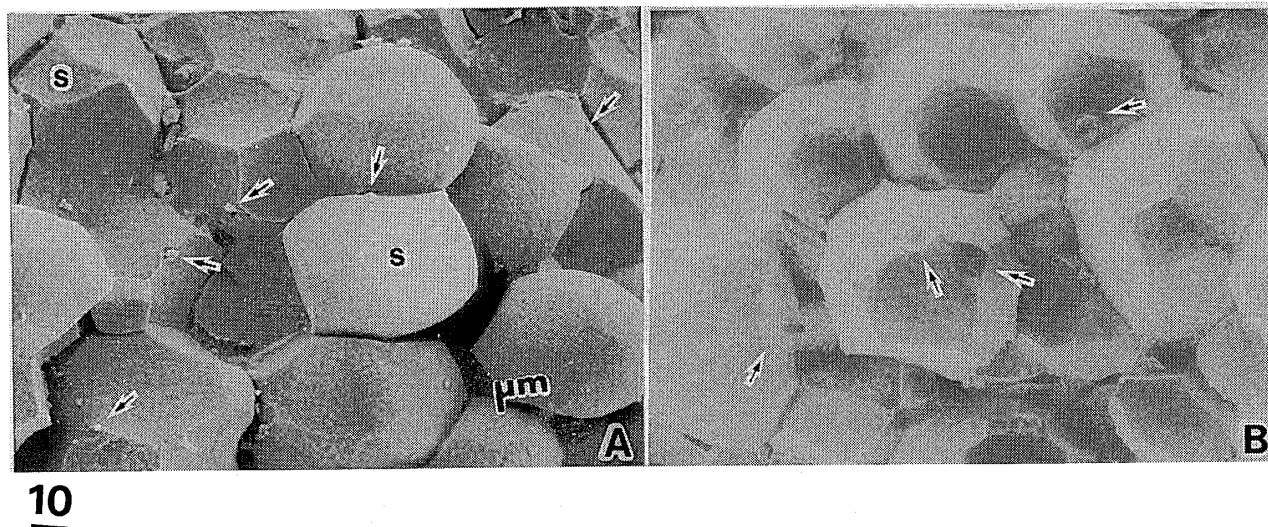


図 3. 特殊卵卵黄外層部の卵黄球の走査電子顕微鏡像

A: 特殊卵 B: 普通卵 S: 卵黄球 矢印: 脂肪球又は脂肪球跡

異なる飼料を給与した鶏が産卵した卵の調理特性

の種類や給与飼料への脂肪の配合割合は鶏卵脂質中の中性脂質、リン脂質、コレステロールなどの脂質成分の含量には影響を及ぼさないが、卵黄脂質の脂肪酸組成は、飼料の種類や脂質の影響を受けることは知られている(大武ら 1974, 平田ら 1985)。特に卵黄のリン脂質、トリグリセリドの組成は飼料脂質の脂肪酸組成との関連が大であり、リノレン酸はトリグリセリドの1,3-位置に多くエステル結合として存在している(関崎ら 1977)。低密度リポタンパク質は球形のトリグリセリドを中心とし、その周りをタンパク質とリン脂質で覆われた形をとっていることより、このトリグリセリドやリン脂質の脂肪酸組成及びトリグリセリドにおける脂肪酸の配位が卵黄の機能特性に影響を及ぼしていることが推定できる。

小川らにより名古屋コーチン卵と白色レグホーン種の卵黄の性状の違いは、卵黄球に存在する脂肪球の大きさによることを報告した(小川ら 1999)。このことは、本研究で用いた特殊卵の卵黄球中の脂肪球の大きさも名古屋コーチンと同様に小さなものが存在したことと一致する。これはリノレン酸が飼料に添加されることにより、卵黄トリグリセリドの1,3-位置に多くエステル結合として存在し、さらにはリン脂質の脂肪酸組成も若干変わることによって低密度リポタンパク質のミセル構造が変化し、卵胞の脂肪球が細分化して産卵した卵の卵黄中の卵黄球に存在する脂肪球が小さくなったのではないかと考える。リノレン酸含有量が多くなることで、卵黄中のトリグリセリドやリン脂質の脂肪酸組成及びトリグリセリドでの脂肪酸の配位に変化が生じ、これに伴い低密度リポタンパク質の構造が変わることによって脂肪球の形状にも変化がみられ、これらのことが複合して卵黄の粘りが大きく、乳化性が高まり、加熱卵黄の凝集性が高まったのではないかと推定する。

又、ビタミンEはリポタンパク質により卵細胞に運ばれ、そのリポタンパク質がリノレン酸の影響を受ける可能性があることが報告されている(Nimph et al. 1993)ことから、ビタミンE及びリノレン酸の相乗効果により卵黄の脂肪球の構造が小球化したのではないかと考える。

ビタミンE、リノレン酸が飼料に添加された特殊卵は卵黄の粘りが大であったことから、すきやき用の卵やクッキーなどのつや用に適し、乳化性に優れているためマヨネーズに適している卵ではないかと推定する。

飼料に有機野菜、海藻、特殊穀類などさまざまなものが添加された特殊卵が市場に多くでており、これら

特殊卵卵白の調理性は検討中であるが、本研究より卵黄の調理特性にはそれぞれの特殊卵の特性をもつと考えられた。これよりそれぞれの特殊卵の卵黄の調理特性にあった料理に特殊卵を利用することで特殊卵は栄養的価値だけでなく、調理的価値の向上も期待できると考える。今後は卵黄、卵白それぞれの熱凝固性だけでなく、全卵の熱凝固性や卵白の起泡性など卵の他の調理性についても検討していく予定である。

要 約

標準飼料にビタミンEと α -リノレン酸を添加した飼料を摂取した鶏が産卵した卵(以下特殊卵)の卵白、卵黄の調理特性について普通卵と比較し、明らかにした。加熱卵白ゲルは弾性、粘性ともに普通卵に比べ大きかったが、有意な違いではなく、クリープ特性値も差はなく、飼料の違いは卵白のゲルの性状には影響を及ぼさなかった。しかし、ビタミンEと α -リノレン酸を添加した飼料の卵黄は、標準飼料に比べ、卵黄ゲルの凝集性が大きくなり、生卵黄の粘性は大になった。又、特殊卵卵黄の乳化性は普通卵に比べ優れていた。これは卵黄球中の脂肪球が小さいことが要因の一つではないかと推定した。

文 献

- 福岡義教・石橋晃(1997)換羽後飼料の粗蛋白質レベルおよび再給餌方法の産卵成績及び卵黄への影響, 日本家禽学会誌, **34**, 255~262
- 平田明弘, 西野松之, 木村貞司, 大武由之(1985)産卵鶏への投与油脂が卵黄脂質の脂肪酸組成ならびに鶏卵の機能特性に及ぼす影響, 日本食品工業会誌, **32**, 892~898
- Kevin N. Pearce and John E. Kinsella (1978) Emulsifying Properties of Proteins Evaluation of a Turbidimetric Techniques, *J. Agric. Food Chem.*, **26**, 716~723
- 中島亜美, 吹谷美穂, 石岡宏司, 張敬万(1996)特殊卵の生産と消費 1. 特殊卵に対する消費者意識についてアンケート実施, 鶏の研究, **71**, 85~88
- 西藤克己, 田鎖高晴, 対馬義弘, 野村真美(1996)卵黄内脂肪酸含有率に及ぼすエゴマ粗給与の影響, 青森県畜産試験場試験研究成績書 1994/1995, 112~119
- Nimph, J. and Schneider, W. J. (1991) Receptor-Mediated Lipoprotein Transport in Laying Hens, *J. Nutr.*, **121**, 1471~1474
- 小川宣子(1991)貯蔵殻付卵の加熱卵白ゲルに対する塩処理の影響: 物性と走査電子顕微鏡像からの検討, 日本食品工業会誌, **38**, 1117~1123
- 小川宣子, 申七郎, 伊藤秀夫, 山本るみ子, 峯木真知子(1999)名古屋コーチン卵の物理化学的特性—白色レグホーンとの比較—, 日本調理科学会誌, **32**, 96~101

大武由之, 星野保治, 福森讓 (1974) ウズラおよび鶏の卵黄脂質の脂肪酸ならびにトリグリセリド組成, 日本畜産学会報, **45**, 558~560

関崎仁, 勝木辰男 (1978) 卵黄質のトリグリセリド内脂肪酸分布におよぼす不飽和脂肪酸の影響, 日本畜産学会報, **49**, 556~565

田名部尚子, 小川宣子 (1979) 各種家禽卵の性状ならびに

成分の比較 1. アヒル, バリケン, ニワトリおよびその卵の構成成分および化学成分の比較, 日本家禽学会誌, **16**, 329~336

William J. Stadelman and Owen J. Cotterill ed. (1995) Egg Science and Technology fourth, Food Products Press, New York, p. 30

(1998 年 11 月 24 日受理)