

コエンザイム Q10 添加飼料を用いて生産した卵の調理特性

The Cooking Properties of the Eggs that Are Laid by Hens Fed with Coenzyme Q10

食物学科 高橋 敦子 藤井 恵子
Dept. of Food and Nutrition Atsuko Takahashi Keiko Fujii

抄 録 本研究では、コエンザイム Q10 を飼料に添加して、生産された卵の調理特性を明らかにすることを目的とした。試料として、コエンザイム Q10 卵、強化卵 A、標準卵を選び、割卵の鮮度をハウユニット、卵黄係数を用いて評価した後、液卵の粘度、色度、卵黄の動的粘弾性を測定した。次に3種の卵を用いてゆで卵、卵焼き、プリンを調製し、破断特性値および色度を測定し、評点法により官能評価を行い、嗜好性を評価した。その結果、コエンザイム Q10 卵は卵黄の粘弾性が最も高く、全ての調理法において標準卵と比べ、色が濃く、コクがあると評価された。卵焼きでは、破断応力は最も低値を示したが、官能評価においては最も硬いと評価された。またプリンは三種の中で最も総合評価が高かったことから、「蒸す」料理がコエンザイム Q10 卵に適していると考えられた。

キーワード：卵、コエンザイム Q10、調理特性、物性、官能評価

Abstract The major object of this study was to demonstrate the cooking properties of the egg with coenzyme Q10 (CoQ10 egg). As ingredients, we choose a CoQ10 egg, specialty egg A and a normal egg. We measured the freshness of each egg by haugh unit and yolk index, and we measured the viscosity and chromaticity of liquid egg and dynamic viscoelasticity of egg yolk. We cooked boiled eggs, baked eggs, and puddings with each kinds of egg. We compared the differences in quality of these kinds of cooking by scoring the physical properties, chromaticity and sensory evaluation. These results indicated that the CoQ10 egg had the highest viscosity and elasticity, and it was a deeper yellow and tasted better than the normal egg. As for baking, the CoQ10 egg was the softest in rupture stress but was the hardest in sensory evaluation. The best results were with the puddings with steaming being most suited for the CoQ10 egg.

Keywords : egg, coenzyme Q10, cooking properties, physical properties, sensory evaluation

1. 緒言

近年、消費者の多様なニーズに応えるべく、各種の特殊卵が店頭に並んでいる。2010年4月の時点で、特殊卵は1,400種類を超えている。特殊卵には栄養強化卵（ヨウ素、リノール酸、 α -リノレン酸、EPA、DHA、ビタミンEなど特定の栄養成分を多く含む卵）、ブランド卵（名古屋コーチン種、秋田比内鶏、烏骨鶏など）、エサの原料にこだわった卵など、差別化を図って作られたものがあげられる。最近では妊産婦および乳幼児に必要な葉酸を多く含む卵も発売されている¹⁾。

鶏の餌に添加するコエンザイム Q10（以下 CoQ10 と略す）とは、ミトコンドリアに多く含まれて、体内の ATP 産生の過程で要となる役割を果たしている物質である。もともと私たちの体内に存在するものであるが、20歳前後から加齢に伴い減少していき、これに伴って細胞のエネルギー産生力も低下してしまうので、食事やサプリメントから積極的に摂取するのが望ましい。また CoQ10 は、自らが抗酸化物質として脂質の酸化防御に働く一方で、ビタミン E の抗酸化力を強化する作用がある。よって卵黄レシチンビタミン E を効率よく働かせるのに不可欠な物質であるといえる²⁻⁶⁾。

これまでに、ビタミンEと α -リノレン酸を添加した場合の特殊卵の調理特性⁷⁾、ミネラルを添加した飼料を摂取した鶏が産卵した卵の性状などについては、報告がある⁸⁻¹⁵⁾。また、CoQ10についてはヒトにおける摂取量と血中濃度上昇値に関するデータ¹⁶⁾や、CoQ10の給与が鶏の血漿及び卵黄コレステロールに及ぼす影響、CoQ10を給与した産卵鶏では卵黄中のCoQ10量が高くなること¹⁷⁾が報告されている。しかし、CoQ10を添加した飼料を摂取した鶏の卵についての調理科学的な報告はない。

そこで本研究では、補酵素であるCoQ10を飼料に添加し、それを給餌した鶏が生産した卵のおいしさおよび調理特性を明らかにすることを目的とした。

2. 実験材料および方法

2.1 試料

CoQ10添加飼料卵（水分76.7%，たんぱく質12.4 g，脂質9.9 g，灰分0.9 g，炭水化物0.1 g，エネルギー147 kcal，ナトリウム140 mg，CoQ10 0.31 mg），強化卵A（水分77%，たんぱく質12.3 g，脂質9.1 g，灰分0.8 g，炭水化物0.8 g，エネルギー134 kcal，ナトリウム138 mg），標準卵（水分76.9%，たんぱく質12 g，脂質9.9 g，灰分0.9 g，炭水化物0.3 g，エネルギー146 kcal，ナトリウム130 mg，CoQ10 0.14 mg）の3種の卵を使用した。

2.2 試料の調製

2.2.1 液卵

ボウルに卵を割り入れ、菜箸でよく攪拌して、ストレーナーで一回漉したものを試料とした。

2.2.2 ゆで卵

予め25℃に戻しておいた卵10個を、1,600 mlの水を入れたIH用両手鍋に静かに入れ、沸騰するまでゆっくりかきまぜ、沸騰したら火を弱めて10分間ゆでた。ゆであがったら直ちに冷水に取り、殻を剥いた。卵白、卵黄はいずれも直径18 mm×高さ13 mmに成形した。

2.2.3 卵焼き

ボウルに卵6個を割り入れ、卵に対し、砂糖10%，塩0.9%を加え、菜箸で卵白を切るように均一に混ぜ、ストレーナーで一回漉して、液卵を調製した。このうち300 mlを用い、IH用卵焼き器に流し入れ、表面温度が55℃になったら巻き始め、5～6

回で巻き終わるようにした。中心温度が80℃になったら、火からおろし、表面をそぎ落とし、15 mm×15 mm×15 mmに成形した。

2.2.4 プリン

ボウルに全卵250 g，卵黄60 gを入れ、卵に対しグラニュー糖40%を入れてすり混ぜ、60℃に温めた牛乳620 mlを加えて混ぜ、ストレーナーで漉した後バニラエッセンスを9滴加えた。プリン型に50 mlずつ分注し、スチームコンベクションオーブンのバイオ機能85℃で15分間加熱し、その後-18℃に設定したブラストチラーで10分間冷却し、直径18 mm×高さ13 mmに成形した。

2.3 割卵の鮮度

卵を割卵後、濃厚卵白の高さ(H)を卵質計で測定し、卵重(W)からハウ・ユニット値[H.U.= $100 \cdot \log(H - 1.7W^{0.37} + 7.6)$]を求めた。また、卵質計で卵黄の高さを測定し、卵黄係数(卵黄の高さ/卵黄の直径)を算出した^{18, 19)}。測定温度は25℃とした。

2.4 液卵の粘度

音叉型振動式粘度計(株式会社エーアンドデイ:SV型)を用いて、25℃の液卵の振動開始1分後の粘度を測定した。測定試料は10 ml，固有振動数30 Hzとした。

2.5 卵黄液の動的粘弾性

割卵後、卵黄のみを取り分け、卵黄膜を外してガラス棒で5回攪拌した卵黄を、粘弾性測定装置(TA Instrument Japan社製:ARES-RFS-BATH)を用いて測定した。測定温度は25℃で、直径50 mmの平行平板型の治具を用いて、ひずみは0.1%とし、周波数依存性における貯蔵弾性率G' [Pa]，損失弾性率G'' [Pa]，損失正接 $\tan\delta$ [G''/G']を求めた。

2.6 破断特性

ゆで卵、卵焼き、プリン破断特性を、レオメーター(株式会社山電:RE-3305)を用いて測定した。ゆで卵とプリンは直径18 mm×高さ13 mm，卵焼きは15 mm×15 mm×15 mmに成形した。測定温度は25℃で直径40 mmの円柱状プランジャーを用いて、圧縮速度を1 mm/sec，圧縮率を80%とし、破断ひずみ，破断応力，破断エネルギーを求めた。

2.7 色度

液卵, ゆで卵, 卵焼き, プリンの色度をハンディ型分光色度計 (日本電色工業株式会社: NR-3000) を用いて測定した。明度 (L^*), 赤味 (a^*), 黄色味 (b^*) を測定し, 色相 (b^*/a^*), 彩度 [$\sqrt{(a^{*2} + b^{*2})}$], 色差 [$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})}$] を算出した。

2.8 官能評価

CoQ10 卵, 強化卵 A, 標準卵の嗜好性を調べるために, 液卵, ゆで卵, 卵焼き, プリンについて, 官能評価を行った。パネルは, 日本女子大学家政学部食物学科の学生他 16 名で, 7 段階評点法により評価した。評価項目は液卵については色, におい, 粘り, 卵の塩味, 人工的な味, コク, 総合評価, ゆで卵は卵黄の色, におい, 卵黄のキメ, かたさ, もろさ, 卵白の弾力, 舌触り, コク, 総合評価, 卵焼きは色, 卵の香り, かたさ, 舌触り, コク, 総合評価, プリンは色, 風味, かたさ, 弾力性, 舌触り, コク, 口の中の残留感, 総合評価とした。

3. 結果および考察

3.1 割卵の鮮度および生卵の調理特性

生卵の鮮度の指標であるハウユニット, 卵黄係数の値および液卵の粘性率, 色度の結果を Table 1 に示す。CoQ10 卵のハウユニット, 卵黄係数は標準卵に比べ有意に高く, 強化卵 A とは有意差は認められなかった。液卵の粘性率については CoQ10 卵は標準卵と強化卵 A の中間値を示したが有意差は認められなかった。また色度については, CoQ10 卵は強化卵 A とほぼ近い値を示し, 色差は“わずかに”識別できる値となったのに対し, 標準卵と比べるといずれの項目においても低い値を示し, 色差は“めだつほどに”識別できる値となった。

卵黄の動的粘弾性の結果を Fig. 1 に示す。CoQ10 卵の卵黄の貯蔵弾性率, 損失弾性率はいずれも, 3 種の卵の中で最も高い値を示し, CoQ10 卵は粘弾性の高い卵であることが示された。

官能評価の結果を Fig. 2 に示す。液卵の色度の項目で, CoQ10 卵は標準卵に比べ有意に濃く ($p < 0.01$), 強化卵 A とは有意差は無かった。官能評価の色のうすさは色度での明るさに対応していること

Table 1 The measurement of the freshness of egg and chromaticity and viscosity of the liquid egg

	Haugh unit	Yolk index	Viscosity (mPa·s)	Value	Hue	Chroma	Color difference (ΔE)
CoQ10 egg	82.4 ^a	0.49 ^a	7.51	11.8	0.885	21.0	0.809 trace
Specialty egg A	84.3 ^a	0.50 ^a	7.99	12.0	0.953	21.1	4.08 appreciable
Normal egg	71.6 ^b	0.44 ^b	6.62	13.1	1.41	19.4	

a, b: Values with different superscript letters in the same column show significant difference ($p < 0.05$).

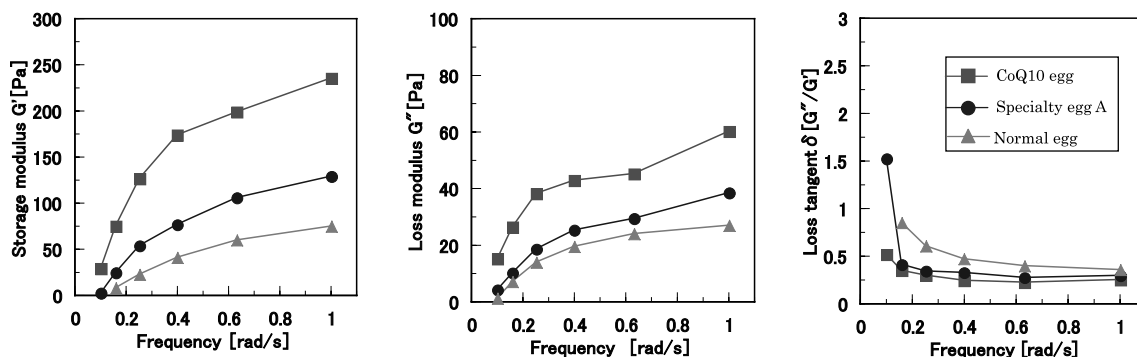


Fig. 1 Frequency versus dynamic viscoelasticity for the egg yolk samples (strain 0.1).

が明らかとなった。ただし、官能評価の感想の中で、標準卵の色味を“人工的な黄色味”と評する意見もあることから、色度の数値の高さが必ずしも好まし

い結果には結び付いていないと考えられた。また、粘り、コク、総合評価において、CoQ10卵は標準卵に比べて有意に高く評価され ($p < 0.01$)、強化卵Aとは有意差が認められなかった。

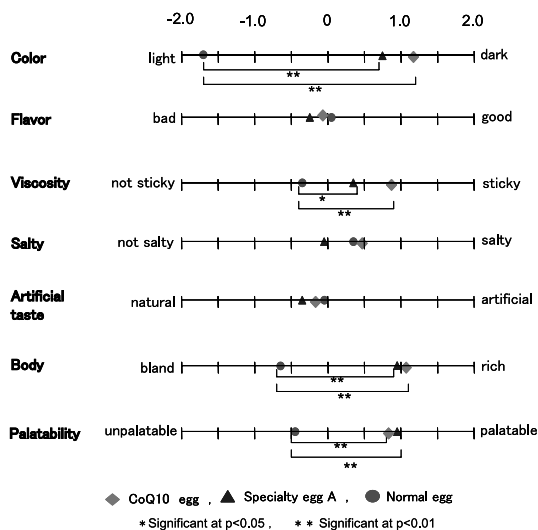


Fig. 2 The sensory evaluation of the liquid egg.

3.2 ゆで卵の調理特性

ゆで卵の破断特性値の結果を Fig. 3 に示す。CoQ10卵の卵黄は、破断ひずみ、破断応力、破断エネルギーのいずれも、標準卵と強化卵Aの中間の値となり、有意差は認められなかった。また、卵白については、CoQ10卵と強化卵Aは、いずれの特性値も近い値で、標準卵に比べて破断応力、破断エネルギーは有意に高い値となった。

ゆで卵の色度の結果を Table 2 に示す。CoQ10卵の卵黄は標準卵および強化卵Aに比べて、明度、彩度ともに低い値となった。これは、強化卵Aと標準卵は黄色味が強く、逆にCoQ10卵はやや赤味を帯びて肌色を呈していたためと考えられた。CoQ10卵が赤味を呈していた理由としては、餌に添加したパプリカが影響したと思われる。しかし Fig. 4 に示す官能評価では、CoQ10卵は強化卵Aと同様、標準卵

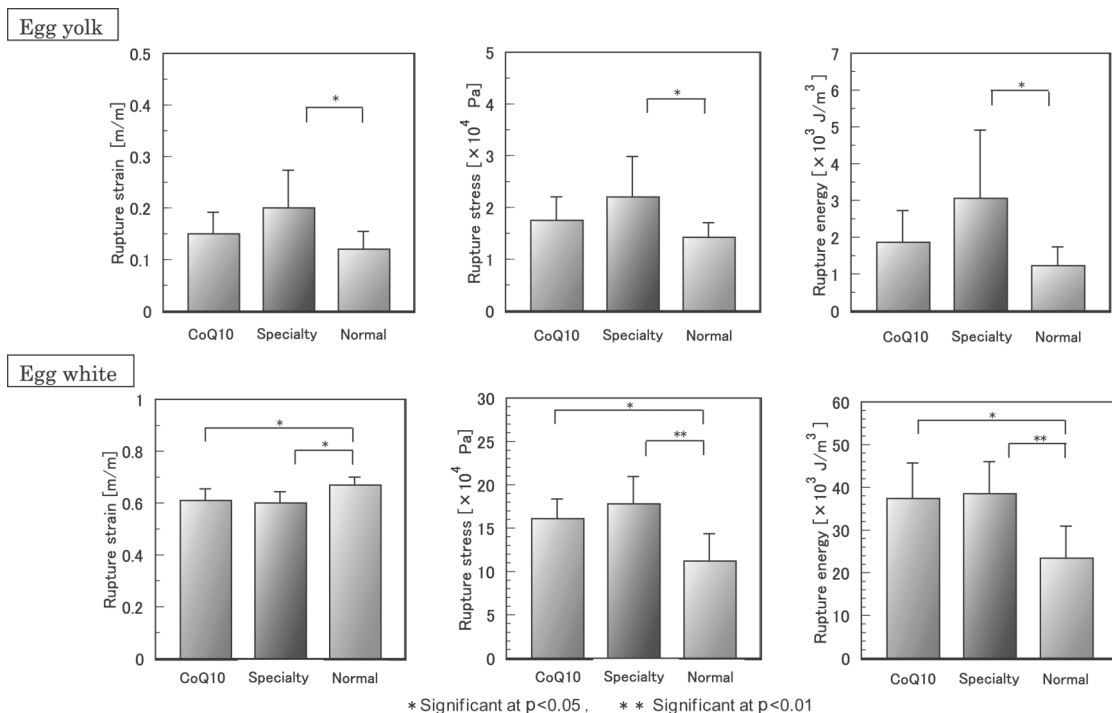


Fig. 3 The rupture properties of the boiled eggs.

Table 2 The measurement of the chromaticity of the boiled eggs

	Value	Hue	Chroma	Color difference (ΔE)	
CoQ10 egg	49.7	-8.89	39.6	$\left. \begin{array}{l} 22.3 \\ \text{very much} \\ 7.17 \\ \text{much} \end{array} \right\} 20.5 \text{ very much}$	
Specialty egg A	61.6	-20.5	58.3		
Normal egg	62.3	-6.03	55.5		

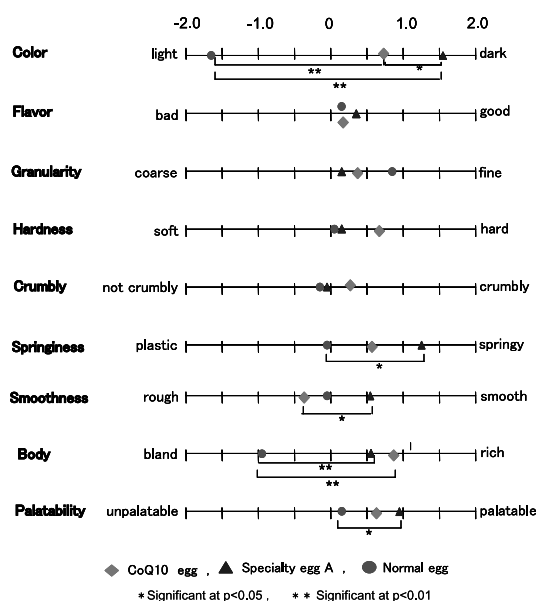


Fig. 4 The sensory evaluation of the boiled eggs.

より有意に色が濃いと評価された。官能評価の色のうすさは、色度における色の明るさに対応しているように思われた。また破断ひずみ、破断応力、破断エネルギーの結果は官能評価の“かたさ”および“卵白の弾力”の項目と対応していた。おいしさの指標となるコクについては、官能評価の結果、CoQ10卵は強化卵Aと有意差は無かったものの、3種の卵の中でもっとも高く、標準卵より有意にコクがあると評価された。

3.3 卵焼きの調理特性

卵焼きの破断特性値の結果を Fig. 5 に示す。卵焼きを上から（垂直方向から）圧縮したものについても、CoQ10卵は、破断ひずみ、破断応力、破断エネルギーのいずれについても、標準卵および強化卵Aに比べて有意に低い値となった ($p < 0.01$)。また

横から（平行方向から）圧縮したものについても、CoQ10卵は、標準卵より有意に低い値となり ($p < 0.01$)、もろくて、やわらかい卵焼きであることが示された。

官能評価の結果を Fig. 6 に示す。CoQ10卵の“かたさ”は標準卵及び強化卵Aよりも有意に硬いと評価された。これは破断特性値と異なる結果となった。破断特性値の高い標準卵および強化卵Aが“やわらかい”と評価されたのは、標準卵の感想に、“かまぼこのよう”と評する意見があり、しなやかさが硬さの感覚に反映したと考えられた。また、CoQ10卵のコクは標準卵より有意にコクがあると評価されたが、強化卵Aとは有意差が認められなかった。総合評価では、CoQ10卵は標準卵とは有意差がなかったが、強化卵Aに比べ、有意に好まれない結果となった。

3.4 プリンの調理特性

プリン破断特性値の結果を Fig. 7 に、色度の結果を Table 3 に、官能評価の結果を Fig. 8 に示す。CoQ10卵は、破断ひずみ・破断応力・破断エネルギーのいずれについても、標準卵および強化卵Aと近い値で、有意差は認められなかった。プリンの物性値には3種の卵の違いが反映されないことが明らかとなった。

色度をみると、CoQ10卵の明度、彩度は、標準卵および強化卵Aに比べてかなり低い数値を示した。これは、標準卵がうすい黄色味、強化卵Aが濃い黄色味を呈しているのに対し、CoQ10卵はやや赤味を帯びてうすい肌色を呈していたためと思われる。しかしCoQ10卵の色を“自然な優しい色”と評する意見もあった。

また、官能評価においては、CoQ10卵は標準卵に比べて、有意にコクがあり、風味が良く、強化卵Aとは有意差はなかったものの、総合的に3種の卵の中で最も高い評価を得た。

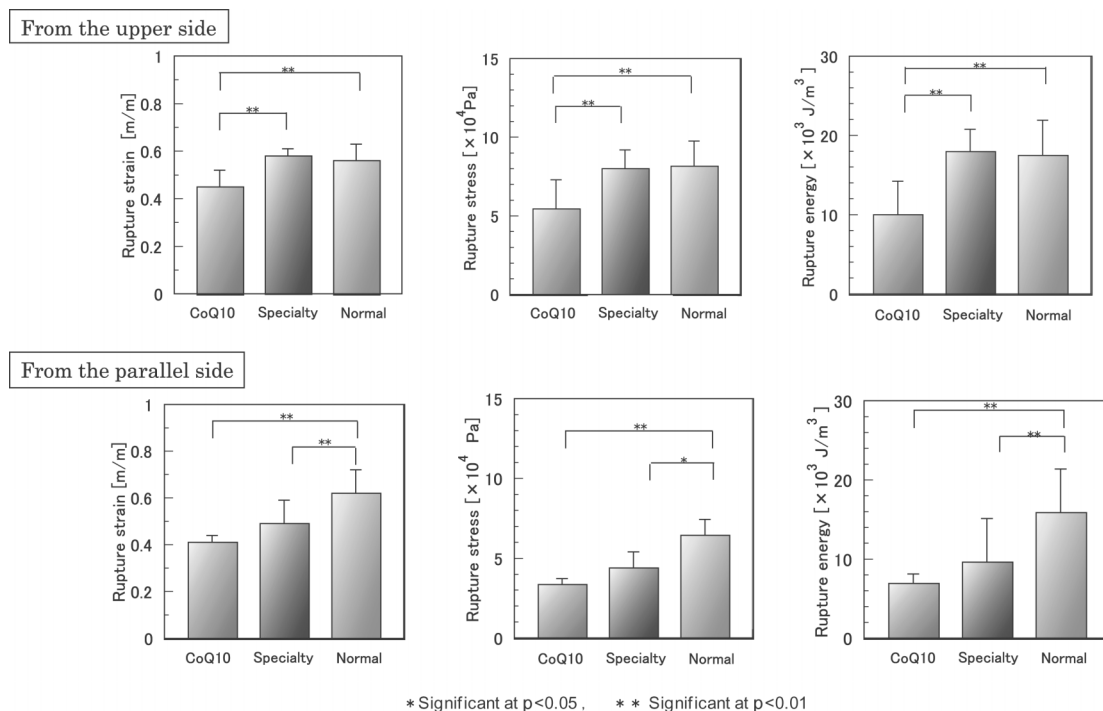


Fig. 5 The rupture properties of the baked eggs.

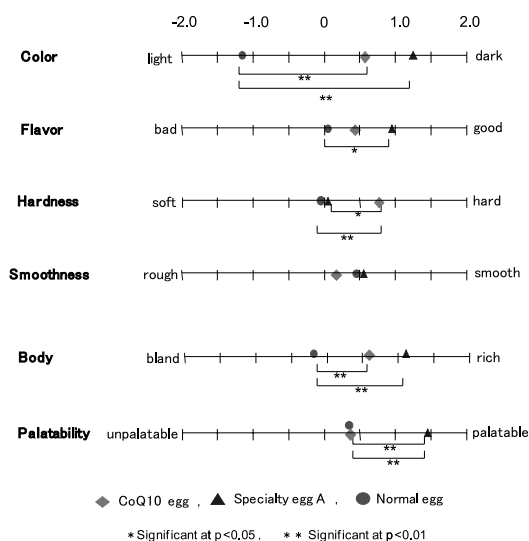


Fig. 6 The sensory evaluation of the baked eggs.

4. まとめ

CoQ10を飼料に添加して生産された卵について、生卵、ゆで卵、卵焼き、およびプリンの調理特性を、標準卵、強化卵Aと比較検討した。

その結果、生卵では、CoQ10卵は標準卵より色が濃く、コクがあり、卵黄の粘弾性は3種の卵の中で最も高い値を示したことから、卵かけごはんやすきやきの卵など、卵黄を絡めて食べる料理に適していると考えられた。

加熱調理では、ゆで卵、卵焼き、プリンのいずれにおいてもCoQ10卵は標準卵よりも有意に色が濃く、コクがあると評価された。また、ゆでる、焼く、蒸すの調理法別に見てみると、CoQ10卵はプリンにおいて、3種の卵の中で最も高い総合評価が得られたことから、“蒸す”調理が向いていると考えられた。

今後は、それぞれの特徴の違いを活かした、調理法について検討し、おいしい卵料理の開発に資する知見を蓄積させていきたい。

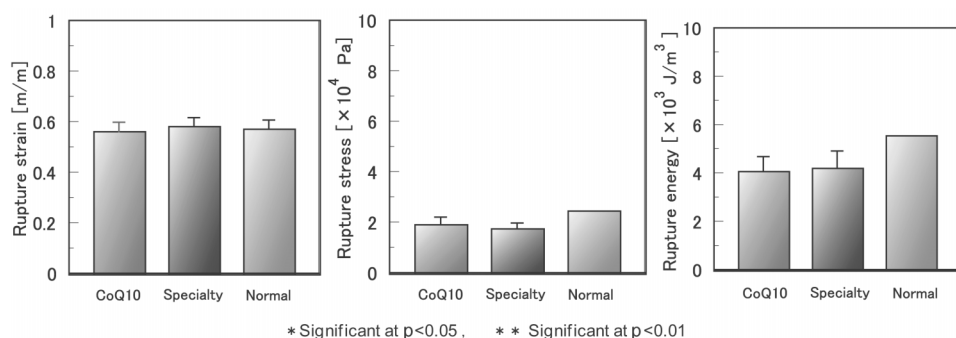


Fig. 7 The rupture properties of the puddings.

Table 3 The measurement of the chromaticity of the puddings

	Value	Hue	Chroma	Color difference (ΔE)
CoQ10 egg	20.2	-1.93	10.2	$\left. \begin{array}{l} 13.6 \\ 5.64 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{very much} \\ \text{appreciable} \end{array}$
Specialty egg A	29.9	-1.69	19.7	
Normal egg	32.9	-1.11	22.1	
				17.9 very much

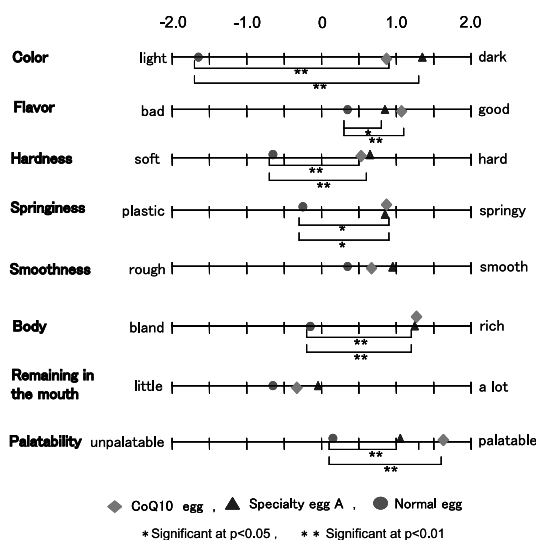


Fig. 8 The sensory evaluation of the puddings.

引用文献

- 1) 渡邊乾二：食卵の科学と機能，(株)アイ・ケイコーポレーション，東京，151-161，221-224，273-275 (2008)
- 2) 藤井健志：還元型コエンザイム Q10 とアンチエ
- 3) 藤井健志：還元型コエンザイム Q < 10 > の生理作用上の特徴に関する一考察，ビタミン，**83**，669-671 (2009)
- 4) Kubo H., Kawabe T., Matsumoto S., Kishida H., Hosoe K., and Fujii K.: Food content of ubiquinol-10 and ubiquinone-10 in the Japanese diet, *J. Food Compos. Anal.*, **21**, 199-210 (2008)
- 5) Van Elswyk M. E., Sams A. R., and Hargis P. S.: Composition, functionality, and sensory evaluation of eggs from hens fed dietary menhaden oil, *J. Food Sci.*, **57**, 342-344, 349 (1992)
- 6) Cherian G., Holsonbake T. B., and Goeger M. P.: Fatty acid composition and egg components of specialty egg, *Poult. Sci.*, **81**, 30-33 (2002)
- 7) 小川宣子，峯木真知子：異なる飼料を給与した鶏が産卵した卵の調理特性，日本調理科学会誌，**32**，317-322 (1999)
- 8) 小川宣子，峯木真知子，山中なつみ：異なる飼料を給与した鶏が産卵した卵の調理特性 (第2報)，日本調理科学会誌，**33**，185-191 (2000)
- 9) 小川宣子，申 七郎，伊藤秀夫，山本のみ子，

- 峯木真知子：名古屋コーチン卵の物理化学的特性，日本調理科学会誌，**32**，96-101（1999）
- 10) 小川宣子，申 七郎，伊藤秀夫，山本るみ子，野坂千秋，渡邊乾二：名古屋コーチン卵の物理化学的特性（第2報），日本調理科学会誌，**33**，437-440（2000）
- 11) 小出あつみ，山内知子：エミュー卵の調理特性，名古屋女子大学紀要，**55**，19-30（2009）
- 12) 小川宣子：科学的視点から検証した卵のおいしさ，日本調理科学会誌，**39**，93-101（2006）
- 13) 峯木真知子：食品組織学研究法による卵の調理特性の解明，日本調理科学会誌，**43**，64-70（2010）
- 14) 下坂智恵，杉山静代，熊谷佳代子，木下朋美，市川朝子，下村道子：カスタードプディングの嗜好性と物性に及ぼすクリーム添加の効果，日本調理科学会誌，**37**，344-351（2004）
- 15) 峯木真知子，棚橋伸子：ダチョウの卵で作ったプリンの品質—熱凝固性—，東京医療保健大学紀要，**1**，9-18（2005）
- 16) 吉村育生：コエンザイム Q10 のヒトにおける摂取量と血中濃度上昇値に関する網羅的データの収集とその解析，ビタミン，**82**，449-458（2008）
- 17) Kamisoyama H., Honda K., Kitaguchi K., and Hasegawa S.: Transfer of dietary coenzyme Q10 into the egg yolk of laying hens, *J. Poult. Sci.*, **47**, 28-33 (2010)
- 18) 浅野悠輔，石原良三：卵—その加工と技術，（株）光琳，東京，165-168（1985）
- 19) 中村 良：卵の科学，（株）朝倉書店，東京，109-110（1998）