

鶏卵の鮮度および品質に保存の向きが与える影響

峯木眞知子^{†1} 小泉昌子^{†1,2}

(令和4年12月3日査読受理日, 研究ノート)

Effect of storage position on egg freshness and quality

Machiko Mineki^{†1} Akiko Koizumi^{†1,2}

(Accepted for publication 3 December, 2022, Research Note)

要約

卵黄は鶏卵内部の中央に位置するが、保存により浮き上がり、卵殻・卵殻膜に接して品質低下が引き起こされる。そのため鶏卵は、気室が存在する鈍端部が上向きに保存されてきた。しかし最近の市販卵は、鈍端部が下向きにパック詰めされているものもある。そこで本研究は、鶏種（白玉・赤玉）・保存温度（5℃・25℃）・保存日数（1～20日）の条件で、一般的な「鈍端部を上向き」の場合と、「鋭端部を上向き」の場合について、鶏卵の鮮度および品質を比較・評価した。その結果、鶏卵の保存の向きに関わらず、鶏卵の品質に大きな違いはなかった。5℃20日間保存では、パック詰めされた鶏卵の向きの違いにより、鮮度や品質を心配する必要があることが示唆された。なお、25℃以上の気温である夏季で20日以上保存する場合には、冷蔵庫で保存することを勧める。

Abstract

The egg yolk inside chicken eggs can rise and contact the shell and shell membrane during storage, potentially causing damage and decreasing quality. For that reason, eggs are generally stored with the small end down. However, recently, some commercial eggs have been packed with the small end up. In this study, chicken eggs were compared and evaluated in terms of freshness and quality after being stored with the small end up or down. The results showed that storage position had no effect on egg freshness and quality, regardless of the hen lineage, storage temperature, and number of days stored through 20 days at 5°C. However, it is recommended that eggs be stored in refrigerator because storage at 25°C led to a significant decrease in quality after 20 days.

キーワード：鶏卵, 保存, 卵黄, 品質

Key words: Hen egg, Storage, Yolk, Quality

1. はじめに

鶏卵は、卵殻、卵殻膜、卵白部、卵黄部により構成されている。卵の外観の尖っている方を鋭端部、丸い方を鈍端部と呼ぶ。卵殻には気孔と呼ばれる目視できない小さな穴が多数空いている。

市販卵は、一般的に卵パックの中で鈍端が上になって詰められている。この理由として、時間の経過とともに卵内部で、下記の2つの現象が起きるためと考えられる。すなわち、①鈍端に気室ができる、②卵黄が浮くという現象である。

鈍端部に存在する気室は、鶏の卵管内で温められた卵が、放卵後に外気により冷却されて卵白・卵黄の体積が減少するのに伴い、気孔からの空気が侵入して形成される。鈍端部は卵殻が薄く、気孔の数が多いため、鋭端部ではなく鈍端部に気室が形成されると考えられている。その模式図を Figure 1 に示した。

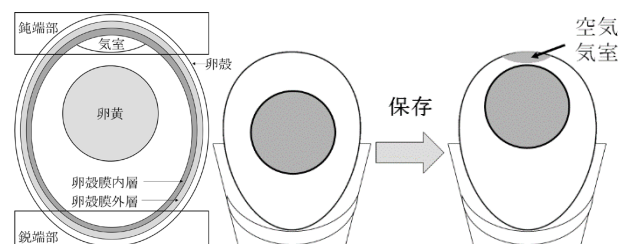


Figure 1 鶏卵の内部構造と保存

産卵直後の卵白には、二酸化炭素が多量に含まれており、pHは約7.5である。しかし保存することにより二酸化炭素が卵殻膜外層と内層の間を通り、卵殻鈍端部の気孔より空気中へ逸散され、pHは約9.5まで上昇する。この際、鈍端部の気室にも二酸化炭素が貯まる¹⁾。

卵黄はカラザにより濃厚卵白へ固定されているため、常に卵の中心部に維持されている。卵を保存すると、上述した二酸化炭素の逸散、濃厚卵白の水様化、カラザの脆弱化等の現象が複合的に起きる。そのために卵黄が卵の中心部で維持できなくなり、上部に浮く現象が起きる²⁾。

卵内部の微生物防御機構は、卵殻膜の網目状構造により

^{†1} 東京家政大学大学院共同研究講座タマゴのおいしさ研究所

^{†2} 東京家政大学短期大学部栄養科

侵入を阻止することや、卵白中のリゾチームによる溶菌活性、卵黄膜が外圧や内圧に耐える強度を持っていること等により、何重にも障壁の役割を果たしている²⁾。このような防御機構により卵内部への微生物の侵入は防御される。しかし、保存期間が長くなるに伴い、この機構が弱くなり、最終的には微生物汚染により卵内部が腐敗する。

そのため卵の保存は、鈍端部を上向きに保存することによって、上部に浮いた栄養豊富な卵黄が卵殻に接しないことで、汚染防止になると考えられてきた。しかし最近、パック入り殻付き卵において、鋭端部が上になって市販されている商品を見かけるようになった。また、これらの知識が消費者に正しく浸透されていないため、パックから冷蔵庫のエッグコーナーに移動する際に、鋭端部を上向きにして入れることも考えられる。そこで、卵の保存の向きについて研究報告を見ると、鈍端部を上向きに保存した場合は、卵の鮮度が高いことを示すグレード1級が69.7%なのに対して、鋭端部を上向きに保存した場合には、グレード2級が72.7%であった³⁾。このような結果より、現在では鈍端部を上向きに保存することが一般化された。さらに1970年代に海外で行われた試みとして、パック入りの殻付き卵をディスプレイケースに垂直に立てた状態で販売した。これは主に、消費者の目線の高さに合わせることににより、視界に入りやすくする狙いがあり、結果的に利益が30%増加した⁴⁾。この販売形式の場合、販売中すなわち保存中の卵の向きが従来の垂直ではなく水平になる。そこで、水平に保存した場合の卵の品質について鈍端を上にした場合の結果と比較すると、卵の内部で卵黄が浮き上がり、位置が中央からずれたことが報告されている⁵⁾。さらにこれに加えて、鋭端部を上にした実験も行い、卵の品質に違いがなかったことも報告されている⁶⁾。

以上のように、鈍端部の上下の向きにより保存した場合の卵の品質は、報告者によって結果が異なっている。そこで本研究では、鈍端部が上および鋭端部が上で保存した場合の卵の状態を観察し、品質を評価した。これらの知見は、卵の正しい知識を消費者へ普及する一助になると考える。

2. 方法

2.1 材料および調製条件

卵の保存の向きは、一般的な「鈍端が上向き」と、「鋭端が上向き」の2種類とした。

その他の条件は、下記の通りである。

①鶏種による卵：白色レグホーン種の産んだ白玉卵（以下、W試料）

ボリスブラウン鶏の産んだ赤玉卵（以下、R試料）

②保存温度：冷蔵（5℃）、室温（25℃）

③保存日数：1, 5, 10, 15, 20日

なお、温度と湿度はそれぞれ、冷蔵庫が $4.8 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ 、 $84.9 \pm 0.7\%$ 、恒温器が $24.9 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$ 、 $78.6 \pm 0.6\%$ であった。

2.2 測定方法

2.2.1 全卵重量および保存による経時変化割合

すべての試料について、殻付きの状態のまま全卵重量を電子天秤で測定した。各試料の重量の散布図より、近似曲線を求めて保存日数による重量減少の傾きを算出した。

2.2.2 卵の品質判定

すべての試料について、卵質測定装置（DET6500、ナベル製）を用いてハウ・ユニット（HU）、卵黄色、卵黄係数を測定した。HUは値が高いほど卵白の鮮度が高いことを示す。アメリカ合衆国農務省（USDA）の卵質基準では、72以上でAA級、60.0~71.9がA級、31.0~59.9がB級、30.0までがC級と設定されており、日本もこれに準拠している⁷⁾。

卵黄色は、色が濃いほど値が高くなり、1~18色で表される。

また、卵黄は鮮度の低下により、卵黄膜が脆弱化して卵黄が広がり、高さが低くなる。そこで、卵黄の高さと直径からの割合を求め、鮮度を表す卵黄係数を使用する。卵黄係数は新鮮卵が0.36~0.44を示し、保存により値が低くなる。

卵白のpHは、コンパクトpHメータ（pH-22B、堀場アドバンスドテクノ製）で測定した。

2.2.3 気室および卵黄位置の観察

賞味期限の限度である20日保存した時点で、蒸し卵を調製した。蒸し加熱の場合、食材は同じ位置で固定されるため、保存時の卵内部がそのまま加熱される。そのため、気室の大きさや卵黄の位置も評価できるので、蒸した後の断面観察を行った。蒸し卵は、水1Lを鍋に入れて沸騰させ、卵6個を保存した向きのまま、15分間蒸して調製した。

さらに、実際に食べることを考慮し、ゆで卵の調製および断面観察も実施した。ゆで卵は、2Lの水を沸騰させた後、6個の卵を入れて再沸騰するまで卵を転がしながら12分間加熱し、断面を観察した。

2.3 統計解析

測定データは、IBM SPSS Statistics Version 24.0を用いて、Tukeyの多重比較で検定した。有意水準は、5%とした。

3. 結果および考察

3.1 全卵重量の経時変化

全卵重量の経時変化は、Figure 2に示した。これに加えて、各試料について近似曲線を示した。

全卵重量は、すべての試料について近似曲線の傾きがマイナスを示したことから、保存日数とともに低下したこと

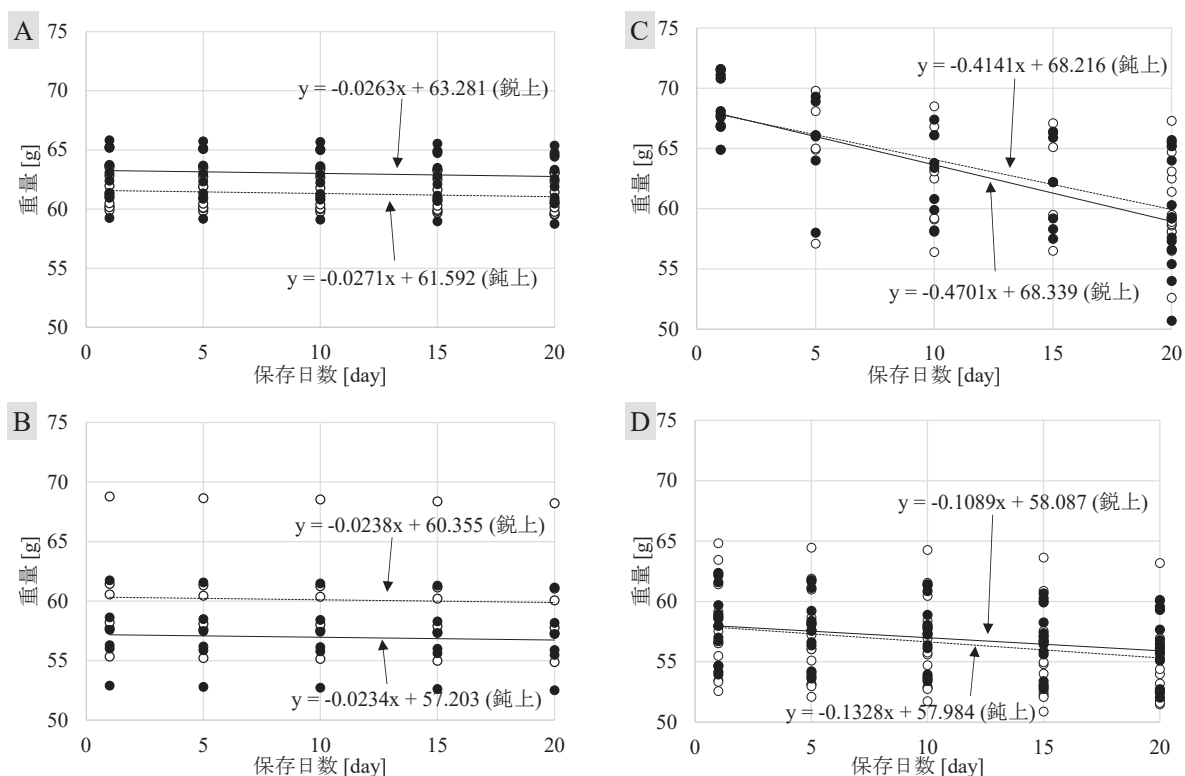


Figure 2 保存日数による全卵重量の経時変化

- 1) n=10 2) A : 5°C W 試料, B : 5°C R 試料, C : 25°C W 試料, D : 25°C R 試料
- 3) ○ : 鈍端上, ● : 鋭端上, --- : 線形近似式 (鈍端上), - : 線形近似式 (鋭端上)
- 4) 各図の式は, 保存による重量変化の近似式を算出.

が確認された. これは, 卵殻に存在する気孔から卵内の水分が空气中へ逸散するためである.

5°C下保存では, 鈍端および鋭端のどちらを上にして保存した場合でも, 全卵重量に違いはなかった (Figure 2-A,B).

25°C下保存では, 全卵重量の減少による傾きは, W 試料の鈍端上向き試料で-0.41, 鋭端上向き試料で-0.47であった (Figure 2-C). 同様に R 試料の鈍端上向き試料で-0.13, 鋭端上向き試料で-0.11であった (Figure 2-D). 25°C下保存でも, 卵の向きによる重量には違いがみられなかった.

しかし, 鶏種の違いで見ると, 25°C保存の W 試料は R 試料よりも, 保存による重量減少の傾きが高い値で, 顕著に減少していた (Figure 2-C,D). この原因の一つとして, 25°C下保存で用いた卵の全卵重量の平均値をみると, W 試料で 64.16 ± 4.70 g, R 試料で 58.01 ± 3.28 g であり, 鶏種間に有意差があったことが影響したと考えられた ($n=20$, $p<0.05$). つまり, 25°C下保存の R 試料で重量減少が少なかったのは, 卵が小さいために卵殻の表面積も小さかったことが影響したと考えられた. また, 卵殻の気孔構造の違いが影響した可能性がある. そこで, 全卵重量が同じである 50 週齢の新鮮卵⁸⁾について, 鈍端部卵殻表面を卓上 SEM で観察した. その結果, W 試料で気孔数が多く観察された (Figure 3). このことから, 全卵重量の影響だけでなく, 鶏種による卵殻構造の違いにより, 保存によって, R 試料は顕著に減少

したと考えられた.

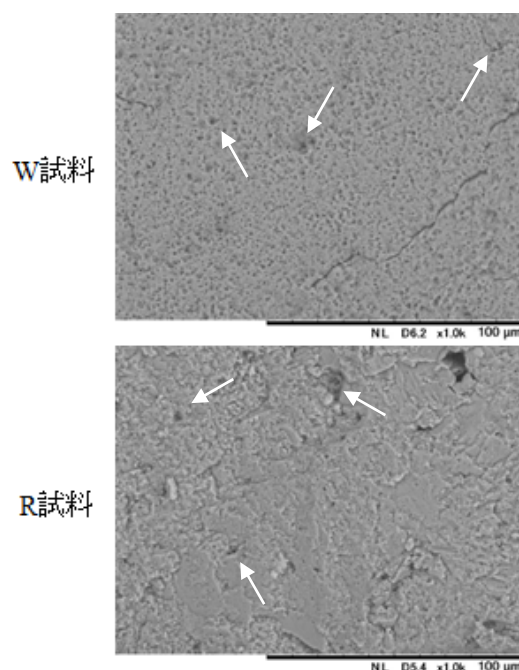


Figure 3 新鮮卵鈍端部の卵殻表面構造

- 1) 走査型卓上顕微鏡 TM3030Plus (日立ハイテック製) で観察.
- 2) 加速電圧 : 15kV 3) ↑ : 気孔

Table 1 鶏卵の保存向きの違いによる品質変化

項目	条件	1日	冷蔵(5℃)				室温(25℃)				
			5日	10日	15日	20日	5日	10日	15日	20日	
HU	W	鈍端上	82.83±5.24 ^{ab}	77.45±8.23 ^b	77.67±5.04 ^b	78.57±4.53 ^b	77.45±4.03 ^b	68.27±6.76 ^c	60.74±6.61 ^d	53.46±7.91 ^e	55.49±8.93 ^e
		鋭端上		77.20±7.17 ^b	85.16±7.54 ^a	78.49±6.16 ^b	80.56±5.01 ^{ab}	67.52±11.59 ^c	59.34±7.19 ^d	48.15±7.91 ^e	52.46±4.45 ^e
	R	鈍端上	84.68±5.38 ^a	83.65±10.02 ^a	88.23±3.88 ^a	87.30±7.56 ^a	82.81±5.71 ^{ab}	72.54±5.31 ^c	64.22±4.87 ^d	58.72±6.99 ^{de}	55.71±8.61 ^{de}
		鋭端上		88.55±6.61 ^a	82.45±6.67 ^{ab}	81.00±7.63 ^{ab}	83.51±5.07 ^a	71.16±6.47 ^c	61.98±5.81 ^d	59.69±5.26 ^{de}	57.43±7.52 ^{de}
卵白 pH	W	鈍端上	8.94±0.04 ^c	8.96±0.10 ^c	8.93±0.04 ^c	9.06±0.05 ^{bc}	9.06±0.09 ^{bc}	9.12±0.09 ^{ab}	9.22±0.03 ^a	9.18±0.05 ^a	9.20±0.04 ^a
		鋭端上		8.98±0.10 ^{bc}	8.96±0.10 ^{bc}	9.07±0.07 ^b	9.09±0.06 ^b	9.14±0.08 ^{ab}	9.24±0.04 ^a	9.23±0.02 ^a	9.21±0.03 ^a
	R	鈍端上	8.84±0.06 ^d	8.92±0.09 ^{cd}	8.86±0.05 ^d	9.00±0.04 ^c	8.91±0.13 ^{cd}	9.10±0.04 ^b	9.16±0.03 ^{ab}	9.20±0.03 ^a	9.20±0.04 ^a
		鋭端上		8.93±0.07 ^{cd}	8.92±0.02 ^d	9.08±0.06 ^{bc}	8.94±0.04 ^d	9.13±0.03 ^b	9.18±0.02 ^{ab}	9.21±0.03 ^a	9.20±0.03 ^a
卵黄色	W	鈍端上	13.41±0.40 ^{ab}	12.58±0.80 ^b	12.50±1.47 ^{bc}	13.11±0.47 ^b	13.40±0.89 ^{ab}	13.13±0.63 ^b	11.59±1.75 ^d	14.06±0.84 ^a	14.01±0.64 ^a
		鋭端上		13.00±0.58 ^b	12.61±0.74 ^c	13.29±0.49 ^b	13.27±0.96 ^{ab}	13.30±0.63 ^b	11.68±1.46 ^d	14.17±0.51 ^a	13.74±0.63 ^a
	R	鈍端上	13.29±0.54 ^b	13.24±0.42 ^b	13.38±0.29 ^b	13.90±0.53 ^a	14.03±0.44 ^a	13.54±1.02 ^{ab}	13.95±1.34 ^{ab}	13.74±0.76 ^a	14.03±0.47 ^a
		鋭端上		13.25±0.47 ^b	13.30±0.62 ^b	13.70±0.59 ^a	13.86±0.45 ^a	13.87±0.68 ^a	14.00±1.15 ^{ab}	13.67±0.88 ^a	14.10±0.65 ^a
卵黄 係数	W	鈍端上	0.45±0.03 ^a	0.43±0.07 ^a	0.43±0.02 ^a	0.46±0.04 ^a	0.45±0.03 ^a	0.35±0.05 ^b	0.29±0.03 ^{bc}	0.26±0.02 ^{cd}	0.24±0.03 ^d
		鋭端上		0.41±0.07 ^a	0.47±0.04 ^a	0.46±0.04 ^a	0.47±0.04 ^a	0.34±0.01 ^b	0.29±0.03 ^{bc}	0.26±0.02 ^{cd}	0.24±0.02 ^d
	R	鈍端上	0.45±0.02 ^a	0.48±0.05 ^a	0.49±0.07 ^a	0.48±0.05 ^a	0.46±0.03 ^a	0.37±0.02 ^{ab}	0.30±0.03 ^{bc}	0.28±0.03 ^c	0.26±0.03 ^{cd}
		鋭端上		0.49±0.05 ^a	0.45±0.06 ^a	0.46±0.04 ^a	0.46±0.03 ^a	0.38±0.02 ^{ab}	0.29±0.02 ^{bc}	0.28±0.03 ^c	0.26±0.03 ^{cd}

1) n=15 2) 値は平均値±標準偏差 3) a,b,c,d,e : 各項目の異符号間について有意差あり ($p<0.05$)

3.2 卵の鮮度および品質

卵の保存の向きの違いによる卵白の HU, pH, 卵黄色および卵黄係数の結果を示した (Table 1)。

HU について鈍端上・鋭端上試料を比較すると、鶏種や保存条件が同じ場合には、2 試料間に違いはなかった。W 試料および R 試料の 1 日目は 82.83 および 84.68 で高い値を示し、卵質基準の 72 以上で AA 級であった。5℃下保存では、20 日保存しても 1 日目と差がなかった。しかし、25℃下で 20 日保存した場合には、52~57 を示し、卵質基準の 31.0~59.9 の範囲で B 級の判定になった。

卵白の pH について鈍端上・鋭端上試料を比較すると、2 試料間に違いはなかった。

5℃下保存では、保存 15 日目から pH が有意に高くなった。25℃下保存では、4 試料とも 5 日保存の時点で 1 日目よりも有意に高い値を示し、保存日数の経過とともに pH は高くなった。

卵黄色については、鈍端上・鋭端上試料を比較したところ、鶏種や保存条件が同じ場合には、2 試料間に違いはなかった。鶏に給与する飼料に含まれる成分は、卵黄色に大きく影響することが知られている⁹⁾。本実験では市販卵を実験に用いているので、飼料は不明である。W 試料・R 試料で比較すると、W 試料について 5℃下における 10 日・15 日保存や 25℃下の 10 日保存で低い値を示した。しかしこれらの前後の保存日数について鶏種間で差がないことから、卵の個体差によるものであると考えられた。

卵黄係数について、鈍端上・鋭端上試料を比較すると、鶏種や保存条件が同じ場合には、2 試料間に違いはなかった。

5℃下保存における W 試料および R 試料は、20 日間保存しても変化はなかった。25℃下 20 日保存では、W 試料で 0.24, R 試料で 0.26 まで低下した。

以上の総合的な結果より、卵白および卵黄の鮮度・品質は、鈍端上および鋭端上のどちらで保存した場合でも、違いはみられなかった。

このことから、保存の向きは鈍端・鋭端のどちらが上向きにして保存しても良いことが明らかになった。

一方、保存温度の比較では、25℃下における保存日数の延長に伴い、卵白・卵黄ともに鮮度が顕著に低下することが示された。そのため生卵の鮮度保持には、冷蔵庫での保存が薦められる。

3.3 気室および卵黄位置の観察


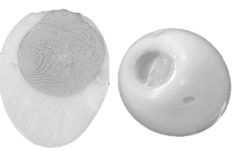

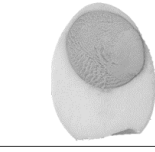
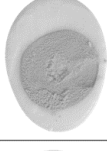
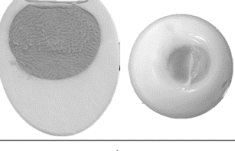

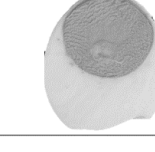
20 日間保存後、蒸し卵にした断面写真は、Table 2 に示した。卵中の卵黄は、保存することにより濃厚卵白の水様化やカラザの脆弱化が起こるため、上部へ浮いてくる。

5℃下保存の場合、W 試料では、卵黄が中央ではなく、上向きにしていた方に浮き上がって観察された。それに対して R 試料では、どちらを上向きに保存した場合でも、W 試料より卵黄の位置が一定であった。5℃、20 日間 (Table 1) の卵の鮮度・品質には、鶏種の差がみられなかったが、この断面写真より、R 試料の方が W 試料よりカラザの脆弱化や卵黄膜の変化が起こりにくく、卵黄が中央に保たれやすい可能性があると考ええる。

25℃下で保存した場合、保存の向きによる蒸し卵の断面は、卵殻に接するほど卵黄が極端に浮き上がっていた。これにより、室温 (25℃) 20 日保存した場合には、保存の向

きにかかわらず、卵黄が卵殻に接することが確認された。さらに鈍端部の気室と卵黄の位置を確認するために、鈍端部の表面写真を撮影した。その結果、気室に存在する卵殻膜を透過して卵黄が観察された。これは、気室の卵殻膜を押し上げる形で卵黄が浮き上がっていることを示す。

Table 2 20日間保存後の蒸し卵断面および一部表面観察

条件	冷蔵 (5℃)	常温 (25℃)
W		
		
R		
		

このことから、冷蔵 (5℃) 20 日保存した卵は、卵殻に接することがないため、品質や衛生的な観点では問題がないことが確認された。しかし常温 (25℃) 20 日保存すると、卵黄が卵殻に接するため、この条件での保存は、卵の保存の向きにかかわらず、汚染されやすいので、避けたほうが

良いことが示唆された。

次にゆで卵にした場合の断面を観察した。ゆで卵は蒸し卵と違い、加熱中に鍋内で卵を転がすことにより、卵黄を中央に調製することができた。その結果、写真では示していないが、鈍端・鋭端どちらを上にも保存したとしても、転がしながら加熱することにより、卵黄が中央に位置するゆで卵を調製することができた。

4. 結論

卵の保存について、鈍端部を上もしくは鋭端部を上にした場合の卵の鮮度・品質を評価した。その結果、鶏種による卵・保存温度・保存日数を同条件で比較した場合には、卵の保存の向きの違いにより、卵白の鮮度および卵黄の鮮度・品質に違いはなかった。このことから、市販されている殻付き卵がパックの中でどちらの方向で詰められていたとしても、20 日間保存した卵の鮮度および品質については卵の向きの違いはないことが示唆された。

5℃保存では、鋭端部・鈍端部のどちらを上にして保存したとしても、卵黄が卵殻膜に接することはなかった。従って、冷蔵庫保管では卵の向きはあまり品質に関係しなかった。一方、25℃保存では鈍端部・鋭端部のどちらが上でも接していたので、注意する必要があった。

このことから、卵の品質低下を防止するためには、冷蔵 (5℃) 保存する必要があることが再確認された。

なお、25℃以上の気温である夏季で長期保存する場合には、できるだけ冷蔵庫で保存することを勧める。また、早めに食べることが望ましい。

これらの知見は、卵の正しい知識を消費者へ普及する一助になることを期待する。

参考文献

- 1) 浅野悠輔, 石原良三: 卵-その化学と加工技術-, 光琳, 東京 (1985)
- 2) 加藤文雄, 中村良: シリーズ《食品の科学》卵の科学, 朝倉書店, 東京 (1998)
- 3) Baker, R. L.: The effect of large versus small end on assigned egg grade, Poultry Science, Vol.32, pp.1090-1092 (1953)
- 4) Oesterle E. C., Stadelman W. J., Cotterill, O. J.: EGG SCIENCE and TECHNOLOGY Fourth Edition, Haworth Food & Agricultural Products Press, New York (1995)

- 5) Marcia M. Cardetti, A. R. Rhorer, W. J. Stadelman: Effect of egg storage position on consumer quality attributes of shell eggs, Poultry Science, Vol.58, pp.1403-1405 (1979)
- 6) Marcia M. Cardetti, A. R. Rhorer, W. J. Stadelman: Effect of egg storage position on consumer quality attributes of shell eggs, Poultry Science, Vol.58, pp.1403-1405 (1979)
- 7) U. S. D. A.: Egg-Grading Manual, Washington, D. C. (1968)
- 8) 小泉昌子: 鶏の給与飼料および週齢の違いが卵の品質および調理特性に与える影響, 東京家政大学大学院修士論文 (2018)
- 9) 小泉昌子, 峯木真知子: マリーゴールド抽出物を給与した 3 鶏種が産んだ卵の調理および嗜好特性の比較, 東京家政大学研究紀要 (2)自然科学, Vol.62, pp.19-25 (2022)