

## 殻付き冷凍タマゴの調製条件が品質特性に及ぼす影響

小泉昌子<sup>†1,2</sup> 大雅世<sup>†3</sup> 峯木眞知子<sup>†2</sup>  
(令和4年12月3日査読受理日, 研究ノート)

### Effect of preparation conditions on quality characteristics of frozen shell eggs

Akiko Koizumi<sup>†1,2</sup> Masayo Dai<sup>†3</sup> Machiko Mineki<sup>†2</sup>  
(Accepted for publication 3 December, 2022, Research Note)

#### 要約

鶏卵を殻付きのまま冷凍する「冷凍タマゴ」は、長期保存の目的や卵黄の食感の新しさから、注目されている。古くから、鶏卵を割卵した凍結液卵に関する報告は多いが、殻付き卵に関する報告はほとんどなく、割卵の有無は冷凍状態に大きく影響すると考えられる。そこで本研究は、冷凍タマゴの調製条件を、冷凍時間・解凍時間・鶏卵の鮮度の3因子から検討した。その結果、冷凍タマゴを調製する条件は、①卵黄の中心温度が $-15^{\circ}\text{C}$ であること、② $-10^{\circ}\text{C}$ から $-20^{\circ}\text{C}$ で9時間以上凍結処理することであった。得られた冷凍タマゴの特性として、①冷凍保存期間が7日までであれば解凍した卵黄のかたさに違いはないこと、②冷凍保存期間が長いほど解凍した卵黄の付着性が高いこと、③解凍して泡立てた卵白泡の安定性は冷凍保存期間が短いほど生卵白に近い状態であること、を明らかにした。

#### Abstract

“Frozen shell eggs” are eggs frozen with the shell intact to allow for long-term storage and to make a new yolk texture. Although there are many studies on “frozen liquid eggs,” which are eggs removed from the shell, beaten, and frozen, there are few reports on frozen shell eggs. It is thought that the presence or absence of a shell has a large effect on the condition of frozen eggs. In this study, we examined frozen shell eggs in terms of freezing time, thawing time, and egg freshness. The results suggested that frozen shell eggs should be frozen at temperatures between  $-10^{\circ}\text{C}$  and  $-20^{\circ}\text{C}$  over 9 h, and that the core temperature of the yolk should be  $-15^{\circ}\text{C}$ . No difference was observed in the hardness of thawed egg yolks frozen for 7 days compared with those frozen for 1 day. The longer the freezing time, the stickier the thawed egg yolk became. The stability of foam made from thawed egg whites frozen for a shorter time was closer to foam made from raw egg whites.

キーワード：鶏卵, 冷凍, 解凍, 調製条件, テクスチャー特性

Key words: hen egg, freezing, thawing, preparation conditions, texture properties

## 1. 緒言

家庭における食材の冷凍保存は、共働き世帯が増えたことや、コロナ渦において家庭での調理が促進されたことを受け、近年一般化され「ホームフリージング」と呼ばれている。食材を冷凍するメリットは、温度を低下させることにより分子の動きを緩慢にし、化学的・酵素的反応すべてを遅延させ、品質劣化を遅くして<sup>1)</sup>、長期保存を可能にすることである。家電メーカーやテレビ番組においても、食材の冷凍保存に着目しており、その中で卵の冷凍も取り上げられている。

卵を冷凍する手法は、食品加工産業において古くから利用されてきた。卵を大量に使用する場合には、いわゆる殻付き卵ではなく、卵殻を割って液状に加工殺菌された全卵液、卵白液、卵黄液を使用する。これらは急速凍結することにより、1年程度の長期保存が可能になった。凍結卵白は解凍することにより液体状に戻り、凍結状態で30日以

上保存した場合、卵白泡の安定性が低下するが、30日以内であれば違いがないことが報告されている<sup>2)</sup>。これらの凍結液卵の中で、凍結卵黄のみ $-6^{\circ}\text{C}$ 以下の凍結により流動性がなくなりゲル化することが報告されている<sup>3)</sup>。この現象は、卵黄中のプラズマ画分に含まれる低密度リポタンパク質(LDL)の変性により、ゲル化や凝集が起きるためである<sup>4)</sup>。食品加工産業では、この現象が商品価値の低下と捉えられ、ゲル化防止のために調味料等を添加した研究が報告されている<sup>5)</sup>。

一方で家庭における卵の冷凍は、「冷凍タマゴ」と呼ばれ、ゲル化した卵黄が「新しい食感」であるということで注目されている。先述した食品加工産業では割卵していたのに対して、家庭では殻付きのまま冷凍される。この点が食品加工産業とホームフリージングにおける最大の違いである。冷凍タマゴは食品加工産業では利用できないため、研究報告は少ない。冷凍タマゴの調製について報告している研究は、 $-3^{\circ}\text{C}$ ~ $-7^{\circ}\text{C}$ の温度帯では9日冷凍しても卵黄のゲル化が

†1 東京家政大学短期大学部栄養科

†2 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

†3 国際学院埼玉短期大学

起こらず、-24~-29°Cの温度帯で 24 時間冷凍すると粘稠状のゲルが得られること<sup>6)</sup>以外見当たらない。

以上のことから本研究は、ホームフリージングによる冷凍タマゴの調製条件を明らかにすることを目的とする。これまでに家庭用冷凍庫の温度帯で冷凍タマゴを調製した報告はないため、調製に必要な時間およびその温度を検討する。さらに卵黄はゲル化すると不可逆性であるが、その解凍時間により物理的特性が異なる可能性を考え、解凍時間についても検討した。さらに、冷凍保存のメリットとして長期保存が可能であることが挙げられるため、冷蔵保存期間の検討も実施した。これらの条件により得られた冷凍タマゴがどのような特性を持つのか、卵黄の物理的特性を測定した。また、解凍してもゲル化が起こらない卵白は、起泡性を中心として検討を行った。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 使用した材料および調製条件

#### 2.1.1 材料

材料は、スーパーマーケットで販売されている、パック日から3日以内の白色レグホーン種の卵を購入した。卵は、購入直後のものを「新鮮卵」、購入後2週間冷蔵保存(4.8±0.6°C)したものを「保存卵」とする。保存卵を2週間保存に設定したのは、賞味期限内での使用を考えたためである。

卵は冷凍することにより卵殻が割れる点が問題視される。これは、卵白の水分が約90%<sup>7)</sup>であることから、冷凍により卵白が膨張するためである。冷凍時に卵をチャック付袋へ入れることにより、冷凍庫内への流出を防止した。

#### 2.1.2 調製条件の検討

##### 1) 冷凍タマゴ調製に必要な凍結処理時間の検討

冷凍タマゴ調製に必要な凍結処理時間は、3, 6, 9, 12 時間とし、卵内部、特に卵黄中心部の冷凍状態を確認した。

##### 2) 卵の鮮度および冷凍保存日数の違いによる検討

冷凍条件は、新鮮卵を冷凍庫で1(24時間)、7, 28日冷凍および、保存卵を冷凍庫で1日冷凍について検討した(Figure 1)。その後、すべての冷凍試料を、水5Lをウォーターバス(サーマルロボSTR-Sα, アズワン製)に入れて25°Cで30分間解凍した。なお、冷凍タマゴの殻は既に割れているため、小さなポリ袋に1個ずつ入れて、解凍した。試料名はそれぞれ、新鮮卵試料が、冷凍保存期間1日をF1試料、7日をF7試料、28日をF28試料と表記した。保存卵の冷凍保存期間1日試料はP1試料と表記した。

##### 3) 卵の鮮度および解凍時間の違いによる検討

解凍条件は、水中での解凍時間を検討した。冷凍条件の結果を受け、新鮮卵および保存卵ともに、冷凍庫で1日冷凍後、水中(25°C)で30分間もしくは60分間解凍した

(Figure 2)。試料名はそれぞれ、新鮮卵試料をF-30, F-60, 保存卵試料をP-30, P-60と表記した。

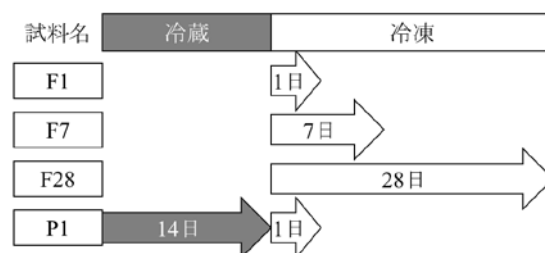


Figure 1 冷凍日数の違いによる検討

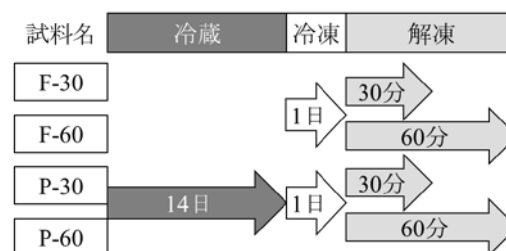


Figure 2 解凍時間の違いによる検討

### 2.2 測定方法

#### 2.2.1 冷凍タマゴ調製に必要な凍結処理時間の検討

##### 1) 冷凍中の温度履歴

生卵の時点で卵殻の鈍端部に穴を空け、そこから熱電対を差し込み、卵黄の中央に位置するように調整した。その後、冷凍庫内での卵黄の中心温度履歴をサーモロガー(AM-8000E, 安立計器製)により1時間おきに記録した。また、冷凍庫内の温度も、確認のために記録した。

##### 2) 断面観察

断面観察は、水中で5分間解凍後、割卵もしくは殻を剥いて、半分に切断し、その断面をデジタルカメラ(WG-7, リコーイメージング製)を用いて写真撮影した。

#### 2.2.2 卵の鮮度および冷凍保存日数の違いによる検討

##### 1) 全卵重量および部位別重量割合

全卵重量は、水中で30分間解凍後、測定した。部位別重量割合は、割卵して卵殻、卵白、卵黄に分けて各重量を測定した後、計算により求めた。

$$\text{部位別重量割合}[\%] = (\text{部位別重量}[\text{g}] \div \text{全卵重量}[\text{g}]) \times 100$$

##### 2) 卵黄の物理的特性

上記と同様に解凍後の卵黄を用いて、破断およびテクスチャーをレオナー(RE-2-3305B-1, 山電製)により測定した。両測定ともに、解凍後の冷凍タマゴを割卵し、卵黄を取り出して半分に切り、断面を下にしてステージにセットした。両測定の測定条件は、ロードセル20N, 速度0.5 mm/sec, プランジャー円柱8 mmであった。歪率のみ、破断測定が99%, テクスチャー測定が66.7%に設定した。

3) 卵黄の組織構造観察

解凍後の卵黄について、組織構造を観察した。試料は、F1 試料および、組織構造観察のために新鮮卵 14 日冷凍試料を調製した。卵黄は一部を切り取り、2.5%グルタルアルデヒド溶液に 2 時間浸漬固定を行い、0.1M リン酸緩衝液 (pH7.4) で洗浄した。その後自然乾燥後、観察試料とした。観察は、卓上走査型電子顕微鏡 (TM3030Plus, 日立ハイテック製) で行った。

4) 卵白の pH および起泡性

解凍後の卵白について、pH および起泡性を測定した。pH は、冷凍タマゴの鮮度を確認するために、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。卵白の起泡性は、起泡力 (比重) および安定性を測定した。卵白泡は、解凍した卵白 50 g が 11℃ になったことを確認し、ハンドミキサー (PMK-H01, アイリスオーヤマ製) のレベル 4 で 3 分間攪拌した。起泡力は泡比重、安定性は経時的に卵白泡からの離水量を記録した。

起泡力 (比重) = 卵白泡の重量[g] ÷ 卵白泡と同じ体積の水の重量[g]

安定性[%] = 離水量[g] ÷ 卵白泡の重量[g] × 100

なお比較のため、新鮮な生卵白についても同条件で測定した。

2.2.3 卵の鮮度および解凍時間の違いによる検討

1) 卵黄の外観および高さ

冷凍タマゴの卵黄は、LDL の冷凍変性が不可逆であるため、解凍されても卵黄は真球状を保つことが知られている。そのため、冷凍タマゴを解凍することにより、卵黄の高さに変化するかを確認するため、経時的に外観観察および定規を用いた高さの測定を実施した。

2) 解凍後の卵黄断面の温度

水中で 25℃30 分および 60 分解凍後の卵黄の断面について、温度を測定した。測定は、卵黄を切断直後に、非接触型放射温度計 (AD-5611A, エー・アンド・デイ製) により実施した。

2.3 統計処理

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 冷凍タマゴ調製に必要な冷凍温度および時間の検討

3.1.1 冷凍中の温度履歴および外観・断面観察

冷凍庫内および卵黄の中心温度を記録した (Figure 3)。冷凍庫内の温度は、-10℃から-20℃を推移した。家庭における冷凍タマゴの調製を念頭に置いたため、冷凍庫の扉を 2 時間毎に 20 秒間開けた場合の温度の違いにも着目した。

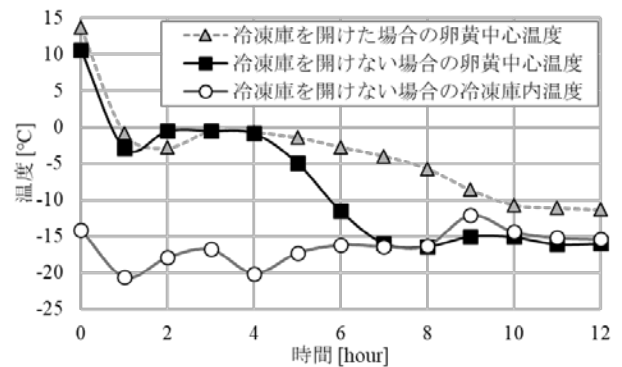


Figure3 冷凍中の卵黄中心および冷凍庫内温度履歴  
1) n=1-3

その結果、冷凍 1 時間後には 0℃まで低下した。冷凍庫

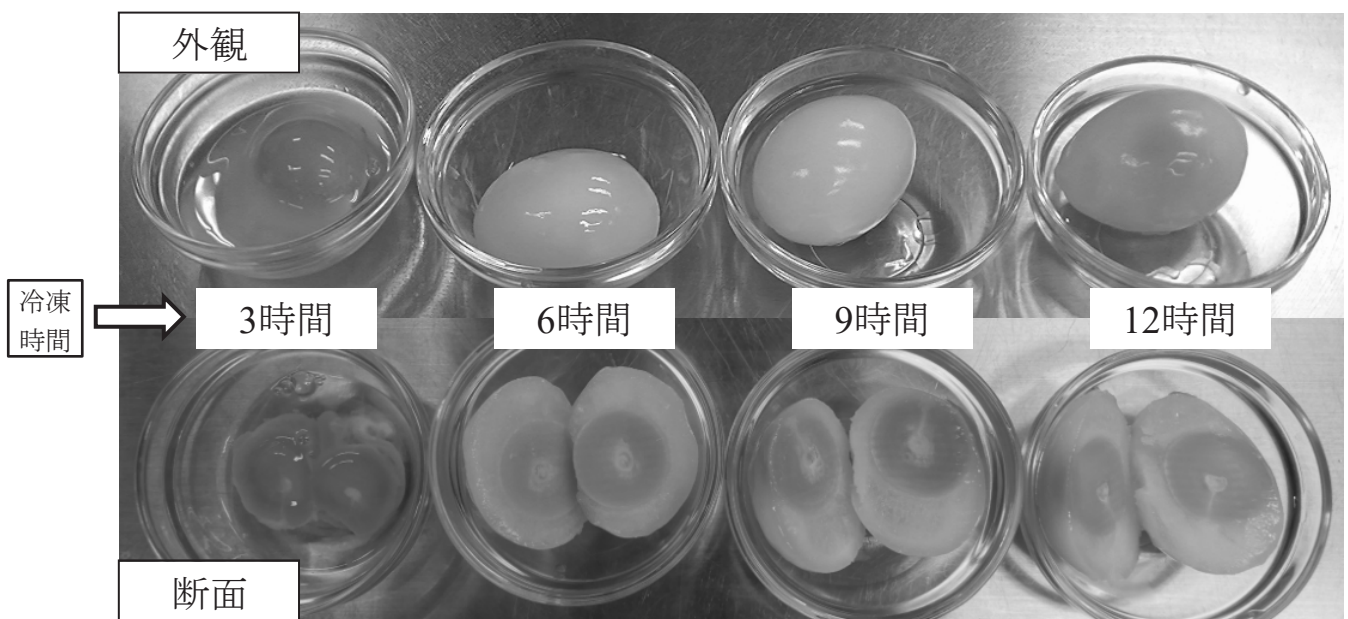


Figure4 凍結処理時間の違いによる冷凍タマゴの外観および断面観察

を2時間毎に開けた場合、卵黄の中心温度は緩やかに低下し、12時間経過後には約-11℃、24時間後には約-15℃に達した(データ未掲載)。冷凍庫を開けなかった場合、卵黄の中心温度は、4時間まで大きな変化はないが、5時間以降急激に温度が下がり、6時間後には約-11℃、8時間後には-15℃に達した。

次に、冷凍庫の扉を開けずに調製した、冷凍タマゴの外観を観察した(Figure 4)。3時間冷凍を除く3試料は、卵殻にひびが入っていた。

冷凍時間ごとに冷凍タマゴを割卵し、断面を観察した。3時間冷凍では、冷凍後すぐに割卵できる状態であり、卵白は生状態で、卵黄は若干冷凍されているように見えた。6時間以上の冷凍では、割卵することができず、水に浸けながら卵殻を剥いた。断面は、6時間冷凍では卵白・卵黄ともに冷凍が甘く、9時間冷凍では中心部までしっかりと冷凍されているように観察された。

以上の結果より、卵黄中心部まで冷凍された冷凍タマゴを調製するためには、卵黄中心部の温度が-15℃に達する必要があることが推察された。また、その調製条件としては、-10℃から-20℃の温度域の冷凍庫内で、9時間以上冷凍する必要があった。このことから以降の実験では、1日(24時間)以上冷凍した卵を冷凍タマゴとして取り扱った。

### 3.2 卵の鮮度および冷凍日数の違いによる特性

#### 3.2.1 全卵重量および部位別重量割合

冷凍タマゴの全卵重量は、Table 1に示した。これらの卵は、冷凍前重量にも違いがあったため、この差は冷凍により生じたものではなかった。

Table 1 冷凍タマゴの解凍後の全卵重量および部位別重量割合

項目	試料			
	F1	F7	F28	P1
全卵重量 [g]	61.09 ± 2.37	56.68 ± 4.06	61.44 ± 2.73	59.47 ± 2.66
部位別重量割合 [%]				
卵殻	13.27 ± 0.59	14.00 ± 1.23	13.13 ± 0.81	13.7 ± 0.99
卵白	55.02 ± 3.08 <sup>b</sup>	51.27 ± 4.33 <sup>b</sup>	52.56 ± 2.52 <sup>b</sup>	57.14 ± 2.27 <sup>a</sup>
卵黄	31.72 ± 2.45 <sup>ab</sup>	32.26 ± 2.45 <sup>ab</sup>	32.27 ± 2.23 <sup>a</sup>	29.79 ± 1.94 <sup>b</sup>

1) n=3~18 2) a,b,c : 項目別異符号間に有意差あり (p<0.05)

部位別重量割合では、新鮮卵3試料の卵殻・卵白・卵黄重量割合に有意差はなかった(Table 1)。P1試料はF1・F7・F28試料に比べて、卵白重量割合が有意に高かった。冷凍保存期間が長いF28試料と冷蔵保存期間が長いP1試料を比較すると、P1試料の卵黄割合は有意に低かった。一般的に生卵を保存すると卵黄膜が脆弱化し、卵白の水分が卵黄膜を通じて卵黄へ移行し、卵黄の重量が重くなることが報告されている<sup>8)</sup>。このことから冷凍により、水分の移動が生卵とは異なる可能性が考えられるが、今後詳しく検討する必要がある。

#### 3.2.2 卵黄の物理的特性および組織構造観察

破断測定において冷凍タマゴの卵黄は、破断しなかった。凝固している点で共通しているかたゆで卵の卵黄と比較したところ、ゆで卵では破断点が明確であったが、冷凍タマゴの卵黄では、低い値を推移しており、破断点はなかった(Figure 5)。このことから、冷凍タマゴの卵黄で言われている「もちもち」という食感、破断しないことを指していると推察された。

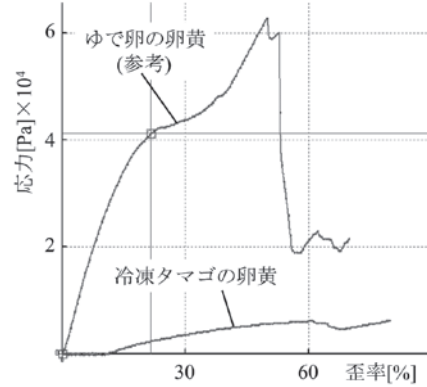


Figure 5 ゆで卵および冷凍タマゴの卵黄の破断波形 1) n=5 2) 代表的な波形を選択

テクスチャー特性を測定した結果をFigure 6に示した。かたさは、F28試料で最も高く、F1, F7, P1試料間には差がなかった。冷凍食品の凍結保存において、保存中、品温のわずかな変動により、一部氷結晶が融解と再結晶を繰り返し、小粒の氷結晶ほど融解しやすいため、しだいに大粒の氷結晶に併合されると言われている<sup>9)</sup>。卵黄液では、-60℃で冷凍保存した場合、冷凍開始1時間まではわずかに粘度が上昇するが、それ以降の変化はほとんどみられないことが報告されている<sup>10)</sup>。F28試料のかたさが高かったことは、本研究の冷凍温度帯が-10℃から-20℃であったこと、冷凍庫内の温度変動が見られたことから、氷結晶の巨大化が引き起こされる時間が長く、ゲル化の程度が著しくなると推察された。

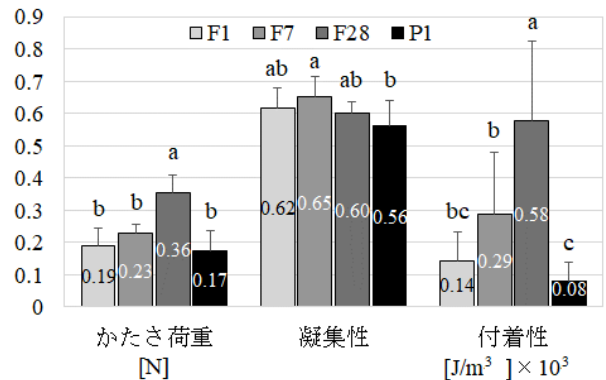


Figure 6 冷凍日数による冷凍タマゴを解凍した卵黄のテクスチャー特性

1) n=6-22 2) a,b,c : 項目別異符号間に有意差あり (p<0.05)

この結果より、解凍後の冷凍タマゴの卵黄のかたさは28日冷凍すると、かたくなることが明らかになった。なお、本研究で実施した7日冷凍までであれば、解凍後の卵黄のかたさは変わらないことも示された。凝集性は、新鮮卵3試料では違いがなかった。P1試料は、F1、F28試料とは差がなかったが、F7試料よりも低かった。付着性は、F28試料が有意に高く、F1、F7試料間には差がなかった。P1試料は、F1試料と差がなかった。この結果より、冷凍タマゴの卵黄の付着性は卵の鮮度に関わらず、冷凍日数が長いほど高くなることが明らかになった。このことは冷凍日数の長さにより、冷凍タマゴの内部構造に違いがある可能性が考えられる。

卵黄は通常、卵黄膜に包まれているため、内部に含まれる卵黄球は緊密充填され、多面体の形状をしている<sup>11)</sup>。しかし卵黄膜を破って卵黄が流れ出ると、卵黄球の構造が消失もしくは球状に変形する。この卵黄球の構造の変化により、加熱した際には卵黄膜を破壊した卵黄液の方がかたく、凝集性も高く、そのテクスチャーが異なることが報告されている<sup>12)</sup>。冷凍タマゴの卵黄の構造を観察した報告はないが、卵黄がゲル化し、真球状になっている。このことから、卵黄内の卵黄球が緊密充填されて、多面体の形状をしていると推測される。そこで、購入直後の冷凍1日(F1試料)と組織構造観察のために調製した冷凍14日の卵黄の組織構造を観察した(Figure 7)。いずれも多面形の卵黄球が緊密充填していた。卵黄球の形状を見ると、F1試料の方が卵黄球の多面形の角が丸く、冷凍14日試料で多面形が明確であった。このことから、冷凍日数が長い試料では、卵黄のゲル化が進んでいることが確認できた。

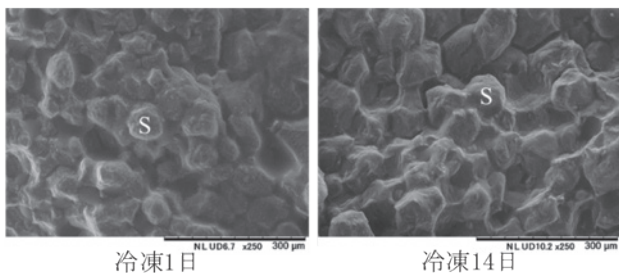


Figure 7 卵黄の組織構造

1) 加速電圧：15kV 2) S：卵黄球

### 3.2.3 卵白の pH および起泡性

卵白の pH および起泡性については、生卵白を用いた測定値も比較した(Table 2)。なお、F28試料については、冷凍期間中に賞味期限を過ぎてしまうことや、先述した卵黄のテクスチャー特性の結果より他の試料に比較して異質であったことから、卵白の実験からは除いた。

卵白の pH は、8.77~8.87 であり、生卵白を含む4試料間には差がなかった(Table 2)。卵白の pH は産卵直後が7.5~7.6 であるが、卵白内の二酸化炭素が卵殻の気孔を通して空気

中に逸散するため、保存により値が上昇する<sup>13)</sup>。このことから、4試料間の卵白には鮮度に違いがないことを確認できた。

Table 2 卵白の pH および泡比重

項目	試料			
	F1	F7	P1	生卵白(参考)
卵白pH	8.77±0.11	8.84±0.16	8.87±0.08	8.83±0.03
泡比重	0.19±0.01 <sup>a</sup>	0.20±0.01 <sup>a</sup>	0.18±0.02 <sup>ab</sup>	0.16±0.00 <sup>b</sup>

1) n=4 2) a,b：異符号間に有意差あり (p<0.05)

泡比重は、冷凍タマゴ3試料間で差はなかった(Table 2)。生卵白と比較すると、P1試料では差がなかったが、F1およびF7試料では有意に高かった。泡比重が高いということは、空気の含有量が少ないということであるため、新鮮卵を冷凍した場合には、空気を抱き込みにくいということが示唆された<sup>2)</sup>。

安定性は、10分経過時までは3試料間に差はなかった(Figure 8)。しかし20分経過時には、F7>P1>F1>生卵白試料の順で離水量が多く、安定性が低かった。この結果より、卵の保存の有無に関わらず、冷凍日数が短いほうが生卵白に近い卵白泡の安定性の高さが得られた。

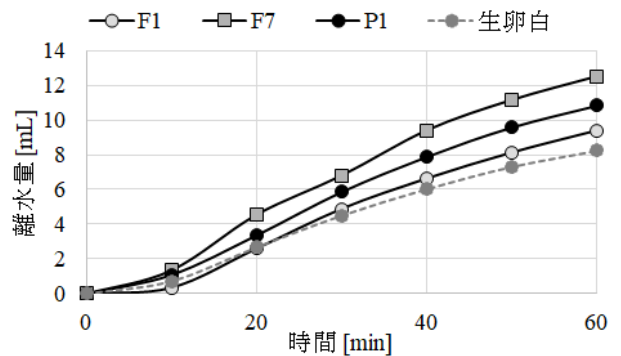


Figure 8 卵白泡の安定性(離水量)

1) n=3

### 3.3 卵の鮮度および解凍時間の違いによる特性

#### 3.3.1 解凍中の外観観察および卵黄の高さ

卵黄は、解凍時間経過とともに高さが低くなり、平たい形状になった(Table 3)。解凍60分では最も高さが低くなったが、卵黄の内部が液体状に戻ることはなく、ゲル状が維持されていた。

Table 3 解凍時間による卵黄の状態

項目	解凍時間 [min]		
	0	30	60
外観観察			
卵黄の高さ [cm]	2.87±0.12	2.60±0.17	2.40±1.73

### 3.3.2 卵黄の断面温度およびテクスチャー特性

卵黄の断面温度は、F-30 試料で  $20.3 \pm 1.7^\circ\text{C}$ 、F-60 試料で  $24.6 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 、P-30 試料で  $24.9 \pm 3.7^\circ\text{C}$ 、P-60 試料で  $28.6 \pm 2.1^\circ\text{C}$  であり、 $F-30 < F-60 \approx P-30 < P-60$  の順番で、低かった。解凍は  $25^\circ\text{C}$  の水中で実施したが、F-30 試料の断面温度は  $25^\circ\text{C}$  に達していなかった。他 3 試料は約  $25^\circ\text{C}$  に達していた。解凍時間が 30 分から 60 分に延長されると断面温度が  $4^\circ\text{C}$  上がることがわかった。また、新鮮卵と保存卵を比較すると、新鮮卵の方が約  $4^\circ\text{C}$  断面温度が低かったことから、新鮮卵は保存卵よりも解凍されにくい可能性が示唆された。これは、新鮮生卵では濃厚卵白が多く、卵白の構造が繊維状で緻密化している<sup>14)</sup>ことや新鮮卵では卵黄の水分が少ないことも原因の一つと考える。

この結果より、解凍時間は冷凍タマゴの卵黄の食感（テクスチャー）には影響しないことが示唆された。

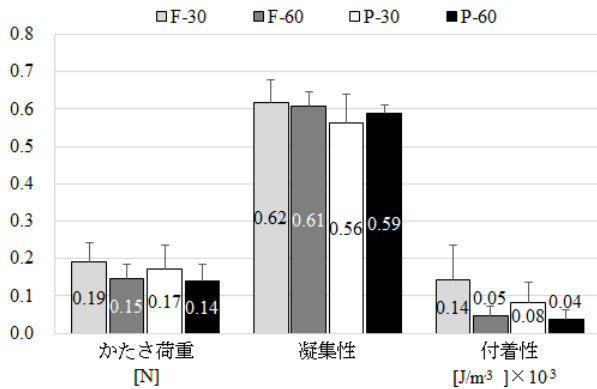


Figure 9 解凍時間による卵黄のテクスチャー特性

1)  $n=6-22$  2) n.s.

## 参考文献

- 鈴木徹: 冷凍食品とホームフリージング, 日本食生活学会誌, Vol.30, No.4, pp.178-182 (2020).
- 森高明, 中村良, 佐藤泰: 鶏卵の凍結貯蔵に関する研究, 日本食品工業学会誌, Vol.21, No.5, pp.228-233 (1974).
- Palmer, H. H., Ijichi, K., Roff, H.: Partial thermal reversal of gelation in thawed egg yolk products, Journal of Food Science, Vol.35, No.4, pp.403-406 (1970).
- 有満和人: 食卵の科学と機能-発展的利用とその課題, アイ・ケイ コーポレーション, 東京 (2016).
- 佐藤康, 中村良, 土屋友一: 凍結による卵黄の流動性の変化について(1)卵黄構成相と凍結条件, 日本食品工業学会誌, Vol.14, No.10, pp.455-460 (1967).
- 日比喜子, 丸山由幾子, 中浜信子: 凍結および加熱卵黄の性状と組織, 日本家政学会誌, Vol.29, No.4, pp.217-222 (1978).
- 文部科学省: 日本食品標準成分表 2020 年版 (八訂), p.584 (2020), [https://www.mext.go.jp/content/20201225-mxt\\_kagsei-mext\\_01110\\_011.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20201225-mxt_kagsei-mext_01110_011.pdf) (2022 年 9 月 20 日).
- D. A. Silverstrini, L. E. Dawson, R. J. Evans, J. A. Davidson: Effects of nicarbazin in diet on mottled yolks, Poultry Science, Vol.44, pp.467-473 (1965)

## 4. 結論

家庭用冷蔵庫を用いて、冷凍タマゴを調製する条件として、凍結条件、冷凍保存期間および解凍条件の違いによる冷凍タマゴの特性を明らかにした。

### 4.1 冷凍タマゴ調製に必要な冷凍温度および時間

冷凍タマゴを調製するためには、卵黄中心部の温度が  $-15^\circ\text{C}$  に達すると完全に凝固した。その際の冷凍庫内の条件は、 $-10^\circ\text{C}$  から  $-20^\circ\text{C}$  の温度域で 9 時間以上であることが示唆された。なお、冷凍庫を開閉する場合には、24 時間冷凍することが確実な調製方法である。

### 4.2 卵の鮮度および冷凍日数の違いによる特性

新鮮卵および 2 週間冷蔵保存後に調製した冷凍タマゴは、解凍した卵白の起泡性や卵黄のテクスチャー等の特性に違いはなかった。

冷凍日数が 1 日から 7 日であれば、調製した冷凍タマゴのかたさに違いがないことがわかった。その一方で付着性は、冷凍日数が長いほど高くなることが明らかになった。卵白の起泡性は、泡比重では冷凍日数による違いはなく、安定性では冷凍日数が短いほど生卵白に近い値となった。

### 4.3 卵の鮮度および解凍時間の違いによる特性

解凍時間は長いほど、卵黄の形状が真球状よりやや平たくなつた。しかし、30 分と 60 分では卵黄の食感（かたさ・凝集性・付着性）に違いがないことが示唆された。

これらの知見が、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。

- 日本冷蔵(株)研究所: 要説冷凍食品, 建帛社, 東京 (1979).
- 若松利男, 佐藤泰, 斎藤芳子: 卵黄のゲル化と未凍結水量に及ぼす凍結時間と凍結保存温度の影響, 日本農芸化学会誌, Vol.55, No.8, pp.699-704 (1981).
- Mineki, M., Kobayashi, M.: Morphometric analysis of the size and number of yolk spheres in hen eggs, The Japan Society of Cookery Science, Vol.33, No.1, pp.53-57 (2000).
- 西楽慈子, 田村咲江, 卵黄の加熱によるテクスチャーと微細構造の変化, 日本家政学会誌, Vol.49, No.4, 353-362 (1998).
- Romanoff, A.L., Romanoff, A.J.: The Avian Egg, New York, Sons Inc. (1949).
- 峯木眞知子: 食品・調理・加工の組織学, 田村咲江監修, 第 9 章 卵類, 学窓社, 東京, p.143 (1999)