
 報 文

 卵黄・全卵加熱ゲルのテクスチャーに
 及ぼす殻付鶏卵貯蔵処理の影響

 Effect of Storage of Shell Eggs on Heat-induced
 Aggregation of Yolk and Whole Egg

 小川 宣子*, 田名部尚子*
 (Noriko Ogawa), (Hisako Tanabe)

Texture properties of heated egg yolk and whole egg after the storage for 35 days at 3 °C and 25 °C were compared. Egg yolks were separated from stored shell eggs and were heated for 8 min in a water bath at 98°C. Whole eggs were also obtained from stored shell eggs and diluted with same volume of water. After mixing these, heating was carried out for 14 min in a water bath at 98°C.

Gel strength of heated egg yolk decreased when stored at 3°C and 25°C for 14 days, and that of heated whole egg decreased when stored for 7 days. Gel strength of heated egg yolk when stored at 3°C was harder than that at 25°C. The change of elasticity of heated egg yolk when stored at 25°C appeared 7 days later than that at 3°C. Cohensiveness was the highest in the storage for 14 days at 3°C and 25°C. Elasticity and cohesiveness of heated whole egg decreased when stored at 3°C and 25°C for 14 days.

It is suggested that chemical and structural changes in egg yolk proteins appeared earlier than in egg white proteins for 20~30 days of storage.

卵黄は、ホスビチンおよびリポビテリンが格子状に配列された結晶性顆粒画分と、脂肪の多いLDL（低密度リポタンパク質）やリベチンなどの蛋白質が分散したプラズマ画分から構成されており、各蛋白質間の構成成分の偏在と、各成分の化学特性に起因する乳化性、ゲル化性などの調理機能において、卵白とは異なる特性を持っている¹⁾。卵黄加熱変性においては、脂質70%、蛋白質30%の不溶性の複合凝集体を形成し²⁾、みかけ上の粘度が高いにもかかわらず、この凝集体によるゲル架橋の結合力が弱いなど卵白とはかなり異なるゲル化状態を示すことが報告されている³⁾。また、卵黄の貯蔵変化については、pHは6.0程度に長期間保たれるにもかかわらず、卵黄膜の脆弱化、貯蔵中の水分の増加などの変化がおこることが報告されている⁴⁾。一方、卵白の貯蔵は、卵白蛋白質の耐熱性⁵⁾、ゲル化性⁶⁾に変化を与えることが報

告されている。

そこで、本実験は、殻付卵の貯蔵条件とその経過時間の卵黄加熱ゲル化性におよぼす影響を調べることにした。さらに、貯蔵殻付卵の全卵液のゲル化能の経時変化を卵黄のそれと比較し、構成蛋白質の貯蔵と加熱ゲル化の相互作用を検討することを目的とした。

方 法

1) 貯蔵卵黄及び全卵試料

鶏卵は、岐阜県種鶏場より白色レグホーン種の当日卵を用い、その殻付卵を鈍端を上にして、3°Cの冷蔵庫と25°Cの恒温器に35日間貯蔵した。貯蔵1, 7, 14, 21, 29, 35日目ごとに、卵を取り出して割卵し、加熱ゲル化試験の試料とした。

2) 加熱卵黄のテクスチャー

測定試料の作製

卵試料を、卵黄（冷蔵庫保存卵黄 pH6.00~6.20, 恒

* 岐阜女子大学

温器保存卵黄 pH6.00~6.40), 卵白に分け, 直ちに, 卵黄ゲルの作製をした。卵黄ゲルは, 卵黄を軽く混ぜ, 円型の金属製プリン型 ($\phi 4$ cm) 6個に, 各々高さが 1.3cm になるまで入れ, アルミホイルで各々蓋をして $98^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ の湯浴中で, 8分間蒸し, ゲル化させた。加熱処理中の卵黄の温度変化は, 最初の卵黄温度は 25°C で, その後, 2分後は 73°C , 4分後 87°C , 6分後 93°C , 8分後 95°C であった。加熱後, 直ちに卵黄ゲルを 20°C まで氷水で冷却し, 各々の型の中央より, $2 \times 2 \times 1.3$ cm の物性測定のための試料ゲルを得た。

硬さ・弾力性・凝集性の測定

物性の測定は, レオロメーター (飯尾 RMT-1303) を用いて, 咀嚼曲線を取り, 硬さ, 弾力性, 凝集性を求めた。測定条件はクリアランス 2mm で, 感圧軸は $\phi 40$ mm, 運動回数 2回, 運動速度 12 cycle/min. とし, 硬さは, ピークの高さ, 弾力性は, 粘土を基準として第一ピークと第二ピークの距離の差より算出し, 凝集性は, 第一ピークと第二ピークの面積比より求めた。(弾力性, 凝集性の単位は, 後藤ら⁷⁾の報告と同様に R. U. とした)。硬さ, 弾力性, 凝集性の各測定項目において, 貯蔵日数間の有意性をダンカンのマルチプルレンジテストにより検定した。又, 同一貯蔵日数において, 貯蔵温度間の有意性を F 検定により調べた。

3) 加熱全卵のテクスチャー

測定試料の作製

卵試料を, 割卵後, 卵白と卵黄が泡だたないように攪拌混合し, 同量の蒸留水を加えて, 2倍に希釈したものを, 縦横 13.5cm の角型アルミ製容器に高さ 1.3cm までそれぞれ入れ, $98^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ の湯浴中で, 14分間加熱し, ゲル化させた。加熱処理中の全卵の温度変化は, 最初の全卵温度は 25°C で, その後, 1分後は 39°C , 3分後 62°C , 5分後 75°C , 7分後 82°C , 9分後は 87°C , 11分後 91°C , 13分後 94°C , 14分後 95°C であった。加熱後, 直ちに全卵ゲルを 20°C まで氷水で冷却し, 4つの角と真ん中の 2ヶ所

より, $2 \times 2 \times 1.3$ cm の大きさの立方体, 計 6個を物性測定のための試料ゲルとした。

硬さ・弾力性・凝集性の測定

卵黄ゲルと同様の方法で測定した。

結果

1) 加熱卵黄のテクスチャー

加熱卵黄の硬さの変化を図 1 に示した。これより, 3°C に貯蔵した卵による加熱卵黄の硬さの場合は, 1日

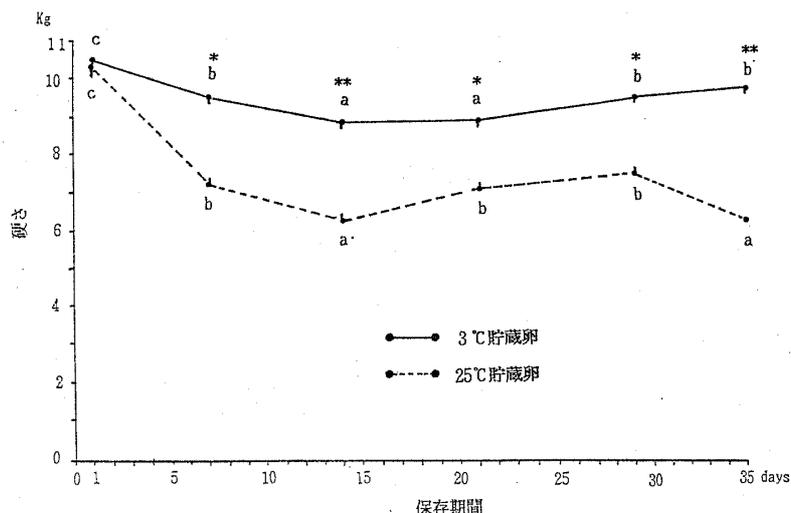


図 1 保存卵による卵黄ゲルの硬さ

各点は 6 個の平均値, 縦線は標準誤差を示す。異なるアルファベットは貯蔵温度間において危険率 1% 以下で統計的に有意差のあることを示す。
* は, 同一貯蔵日数における貯蔵日数間のデータに 5% 以下の危険率で統計的に有意差のあることを示す。
** は, 同一貯蔵日数における貯蔵日数間のデータに 1% 以下の危険率で統計的に有意差のあることを示す。

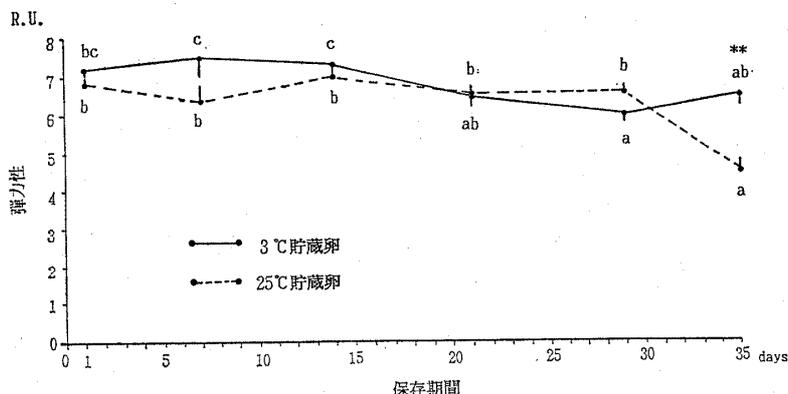


図 2 保存卵による卵黄ゲルの弾力性

各点は 6 個の平均値, 縦線は標準誤差を示す。異なるアルファベットは貯蔵温度間において危険率 1% 以下で統計的に有意差のあることを示す。
** は, 同一貯蔵日数における貯蔵日数間のデータに 1% 以下の危険率で統計的に有意差のあることを示す。

卵黄・全卵加熱ゲルのテクスチャーに及ぼす殻付鶏卵貯蔵処理の影響

目, 7日目, 14日目それぞれ 10.50kg, 9.55kg, 8.86kg と減少し, 25°C に貯蔵した卵による加熱卵黄の硬さの場合は, 1日目, 7日目, 14日目にそれぞれ 10.30kg, 7.23kg, 6.27kg と低下した。また, その硬さの低下は, 14日までいずれの場合も測定日間は, 統計的に有意 ($P < 0.01$) であった。加熱ゲルの硬さの減少の程度は, 25°C 保存の方が 3°C に貯蔵した卵より大であった ($P < 0.05$)。又, 7~35日の貯蔵期間において 3°C 貯蔵卵の卵黄ゲルは, 25°C 貯蔵卵の卵黄ゲルに比べて, いずれの保存日数の場合も硬く, その差は統計的に有意 ($P < 0.05$) であった。

加熱卵黄の弾力性の変化を図2に示した。3°C に貯蔵した卵の加熱卵黄ゲルの弾力性は, 1~14日目保存までは, ほぼ一定であったが, 7日目に 7.50 R.U. で, 3°C 貯蔵卵の卵黄加熱ゲルの弾力性の最大値を示した。保存14日目から21日の間に 7.33 R.U. から 6.50 R.U. と弾力性の低下がみられ, その差は統計的に有意 ($P < 0.01$) であった。25°C に貯蔵した卵による卵黄ゲルの弾力性は, 保存日数29日目までは保存日数間の成績に有意な低下はなかった。3°C に貯蔵した場合に比べて, 弾力性の減少が2週間遅く, 35日目保存で有意 ($P < 0.01$) に減少した。又, 弾力性の最大値は, 14日の 7.00 R.U. で, 35日目には 4.50 R.U とかなり低下した。3°C 貯蔵卵の卵黄ゲルの弾力性は, 25°C 貯蔵の卵の卵黄ゲルと比べてやや高い傾向にあったが, 35日保存卵卵黄ゲル以外は, 3°C 貯蔵と 25°C 貯蔵の場合で統計的な差はなかった。

卵黄ゲルの凝集性の変化を図3に示した。これより, 3°C に貯蔵した卵の場合も 25°C に貯蔵した卵の場合も保存日数による凝集性の変化は同様であり, いずれの保存の場合も, 14日目で最高値を示し, 29日目で最小値を示した。

2) 加熱全卵のテクスチャー

加熱全卵の硬さの変化を図4に示した。3°C に貯蔵した卵による加熱全卵は, 1日目から7日目で硬さが有意 ($P < 0.01$) に減少し, その後, 保存21日目で 0.35kg の硬さであったのが, 29日目には 0.46kg と有意 ($P < 0.01$) に

硬くなった。

25°C に貯蔵した場合は, 3°C 貯蔵と同様に1日目から7日目で硬さが有意 ($P < 0.01$) に減少し, その後, 保存7日目で 0.25kg の硬さであったのが, 14日目で 0.46kg と有意 ($P < 0.01$) に硬くなった。これは, 3°C 貯蔵の場合と比べて2週間早い変化であった。

加熱全卵の弾力性の変化を図5に示した。3°C に貯蔵した方が 25°C に貯蔵した場合に比べて弾力性は小であったが, 卵の保存日数が加熱全卵の弾力性に及ぼす変化

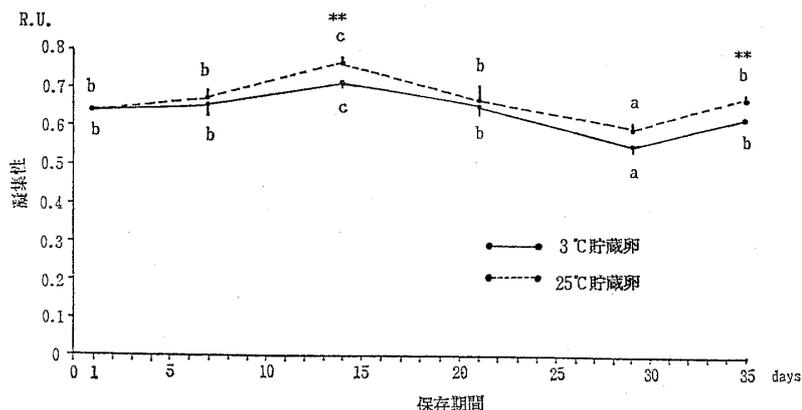


図3 保存卵による卵黄ゲルの凝集性

各点は6個の平均値, 縦線は標準誤差を示す。異なるアルファベットは貯蔵温度間において危険率1%以下で統計的に有意差のあることを示す。
**は, 同一貯蔵日数における貯蔵日数間のデータに1%以下の危険率で統計的に有意差のあることを示す。

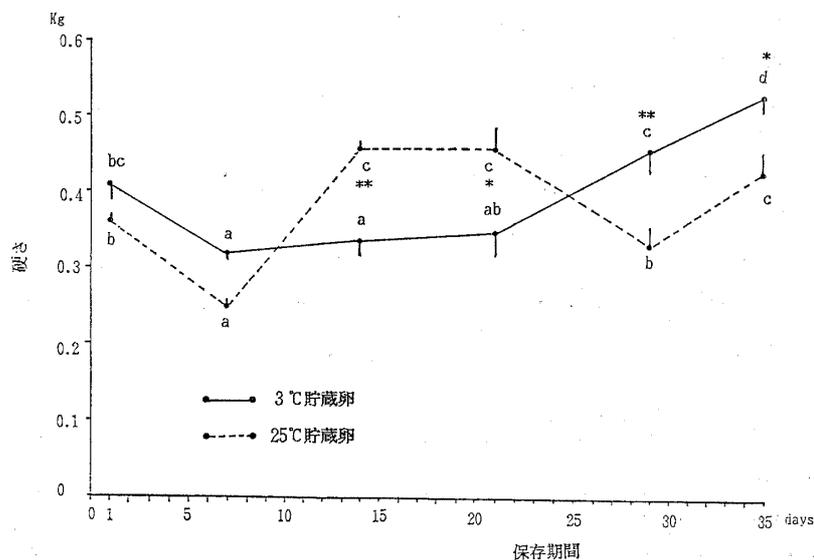


図4 保存卵による全卵ゲルの硬さ

各点は6個の平均値, 縦線は標準誤差を示す。異なるアルファベットは貯蔵温度間において危険率1%以下で統計的に有意差のあることを示す。
* は, 同一貯蔵日数における貯蔵日数間のデータに5%以下の危険率で統計的に有意差のあることを示す。
**は, 同一貯蔵日数における貯蔵日数間のデータに1%以下の危険率で統計的に有意差のあることを示す。

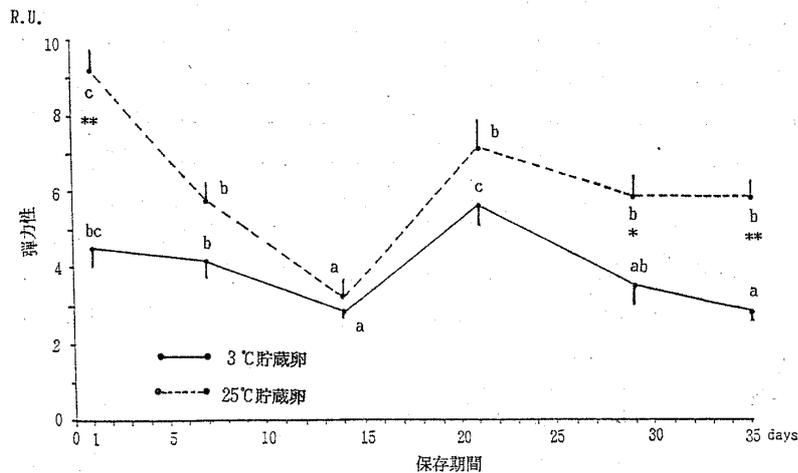


図5 保存卵による全卵ゲルの弾力性

各点は6個の平均値、縦線は標準誤差を示す。
異なるアルファベットは貯蔵温度間において危険率1%以下で統計的に有意差のあることを示す。
*は、同一貯蔵日数における貯蔵日数間のデータに5%以下の危険率で統計的に有意差のあることを示す。
**は、同一貯蔵日数における貯蔵日数間のデータに1%以下の危険率で統計的に有意差のあることを示す。

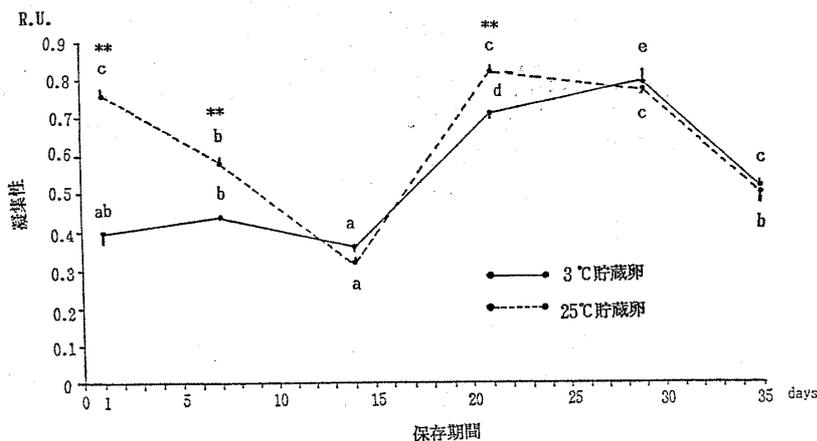


図6 保存卵による全卵ゲルの凝集性

各点は6個の平均値、縦線は標準誤差を示す。
異なるアルファベットは貯蔵温度間において危険率1%以下で統計的に有意差のあることを示す。
**は、同一貯蔵日数における貯蔵日数間のデータに1%以下の危険率で統計的に有意差のあることを示す。

は、3°Cに貯蔵した場合も25°Cに貯蔵した場合もよく似ていた。3°Cに貯蔵した場合は、21日目に5.67R.U.と最大値を示し、35日目に2.83R.U.と最小値を示した。25°Cに貯蔵した場合は、1日目に9.20R.U.と最大値を示し、14日目に3.25R.U.と最小値を示した。

加熱全卵の凝集性の変化を図6に示した。3°Cに貯蔵した卵による加熱全卵は、保存14日目で0.36R.U.と最小値を示し、29日目で0.79R.U.と最大値を示した。25°Cに貯蔵した卵による加熱全卵は、3°Cに貯蔵した卵と同様に保存14日目で0.32R.U.と最小値を示し、

最小値は、3°Cに貯蔵した卵より8日早く、21日目で0.82R.U.と最大値を示した。

考察

小川・田名部⁸⁾において、殻付貯蔵卵の卵白によるゲル化能について、応力緩和およびテクスチャーの変化について調べた結果、その硬さの減少は、3°Cに貯蔵した場合は21日目から29日目におこり、25°Cに貯蔵した場合は、14日目から21日目におこったと報告した。しかし、本実験において、殻付卵として貯蔵した卵黄による加熱ゲルのテクスチャーの変化を調べ、3°Cに貯蔵した卵の加熱卵黄の硬さは、保存1日目から7日目で有意($P < 0.01$)な低下がおこったことを観察した。又、加熱卵黄ゲルの弾力性は、保存14日目から21日目で有意($P < 0.01$)に減少し、29日目でさらに減少した。このように弾力性の貯蔵変化は、硬さの貯蔵変化より遅れて起こった。これより、卵黄蛋白質の加熱ゲルの硬さの低下に影響を及ぼす蛋白質の貯蔵変化は、卵白蛋白質に比べて3°C貯蔵でも少なくとも2週間早くおこっていることが推定された。また、25°Cに貯蔵した卵の卵黄ゲルの硬さの低下の日数は、3°Cと同様であったが、弾力性の方は、29日目から35日目で有意な減少がおこった。又、田名部・小川⁹⁾の卵黄の外観的性状の貯蔵変化について、25°Cで100日間にわたって調べ、割卵時の卵黄の高さは貯蔵直後より直線的に低下し、20日から30日目には卵黄高の低下が卵白高の低下より著しく、30日目に卵黄の崩

れがおこったことを報告している。卵黄高の低下は、卵黄における水分量の増加と卵黄膜の脆弱化によるものであり、特に卵黄中の水分量の増加は、卵黄成分の相互作用に影響を与え、弾力性に影響を及ぼしていると考えられる。

又、本実験において、殻付貯蔵卵の全卵ゲルの硬さの低下は、3°C貯蔵、25°C貯蔵のいずれも、保存7日目で低下したが、加熱全卵ゲルの硬さの変化は加熱卵黄の硬さの減少の時期とほぼ一致した。このことから卵黄と卵白を混合して作成する加熱全卵の硬さに対しては、卵

卵黄・全卵加熱ゲルのテクスチャーに及ぼす殻付鶏卵貯蔵処理の影響

黄の構成成分の変化が関係が強いと考えられた。全卵ゲルの弾力性は、14日貯蔵卵のもので最低になり、21日貯蔵で上昇し、その後は、再び弾力性が低下した。これは、前報⁹⁾での、卵白ゲルの弾力性の変化の、14日目で最小になり、その後上昇するという変化とほぼ一致した。これより、加熱全卵ゲルの弾力性の貯蔵変化は、卵白蛋白質の貯蔵変化と関係があると思われる。渡辺らは¹⁰⁾、卵白-卵黄の混合系を作り、加熱ゲル強度に及ぼす要因の一つとして、卵黄の添加量が多いほどゲル形成性が大であると報告している。本実験の結果から貯蔵卵を用いた場合、卵黄加熱ゲルの硬さに及ぼす影響は大であるが、弾力性への影響は、卵黄よりもむしろ卵白の方が大きいと考えられた。Evans¹¹⁾は、卵の卵黄中のリポピテリンや低密度リポタンパク質などの含量は、保存中には変化しないと報告している。従って、保存中の卵を用いた加熱卵黄のテクスチャーの変化は、加熱中の蛋白質間の会合の強さに影響を及ぼす構造上の変化が卵白より早くおこるのではないかと推定された。このことについてはさらに詳細な検討を要する。

なお、本実験においては、全卵加熱ゲルのテクスチャーの測定は、全卵を2倍希釈したもので検討を行った。これは、殻付卵の貯蔵による蛋白質の変化に起因するテクスチャーの変化を調べるためには、希釈しない全卵を試料にした場合、加熱ゲルは硬く凝固しすぎてその変化を顕著にとらえることができなかったためである。さらにまた、卵白と卵黄を混合して調理素材として使う時、希釈した全卵を使用する場合が多い。これらの調理学上の観点から検討を加える目的で、今回は全卵を2倍希釈したものを試料に用いた。今後、さらに卵黄、卵白が全卵の加熱ゲルのテクスチャーに及ぼす影響を検討するためには、希釈をしない全卵の加熱ゲルのテクスチャーについての検討も必要があると思われる。

要約

卵を3°Cと25°Cに35日間保存し、卵黄及び2倍希釈全卵を加熱し、レオロメーターでテクスチャーとして硬さ、凝集性、弾力性を調べ、卵の保存が加熱卵黄、加熱全卵に及ぼす影響について検討した。

加熱卵黄ゲルの硬さは3°Cおよび25°C貯蔵いずれ

も貯蔵14日目まで低下したが35日の貯蔵期間を通して、3°C貯蔵の方が、有意(P<0.05)に硬かった。弾力性の変化は、25°C貯蔵は、3°C貯蔵より1週間遅れておこった。凝集性は、3°C、25°C貯蔵のいずれの場合も14日目に最大値を示した。

加熱全卵の硬さは、3°C貯蔵の時は、はじめは貯蔵7日目で最も硬さが減少し、その後上昇の傾向を示した。しかし、25°C貯蔵の場合は、保存7日目以降硬くなり、29日目で再び硬さが減少した。全卵ゲルの弾力性は、3°C、25°C貯蔵のいずれの場合も貯蔵14日まで低下した。又、貯蔵期間を通して25°C貯蔵の方が3°C貯蔵に比べて弾力性は大きかった。全卵ゲルの保存日数による凝集性についても、3°C貯蔵と25°C貯蔵のいずれの場合でも、14日目で最小値を示し、弾力性との変化とよく似た変化を示した。

保存中の卵を用いた加熱卵黄のテクスチャーの変化からは、卵黄内において加熱中の蛋白質間の会合の強さに及ぼす構造上の変化が貯蔵中に卵白よりやや早くおこっていると推定された。

文 献

- 1) 筒井知己：日食工誌，33，349 (1986).
- 2) Parkinson, T. L.: *J. Sci. Fd. Agric.*, 21, 481 (1970).
- 3) 渡辺乾二：食卵の科学，佐藤泰編，pp. 216-217. 地球社，東京，1980.
- 4) 田名部尚子，小川宣子，早川 博，関谷竜吉：家禽会誌，14，292 (1977).
- 5) 田名部尚子，小川宣子：家禽会誌，17，242 (1980).
- 6) 小川宣子，田名部尚子：家政誌，10，1071，(1988)
- 7) 後藤扶三江，吉松藤子，松元文子：家政会誌，34，363 (1983).
- 8) 小川宣子，田名部尚子：調理科学 印刷中(1989).
- 9) 田名部尚子，小川宣子：家禽会誌，14，292 (1977)
- 10) 渡辺乾二，早川 茂，中村 良：日本畜産学会第80回大会要旨集，III-44，p. 82 (1988).
- 11) Evans, R. J., Bauer, D. H. & Fleegal C. J.: *Poultry Sci.*, 53, 645, (1974).

(昭和63年6月27日受理)