

キサンタンガム添加卵白ゲルのレオロジー的特性

Effects of Xanthan Gum on the Rheological Properties of Heat Induced Egg White Gels

高山真衣* 河村フジ子* 小川宣子**

(Mai Takayama)

(Fujiko Kawamura)

(Noriko Ogawa)

The physical properties (texture and rheology) of egg white gel with xanthan gum as an additive were studied. Egg white was first diluted with water (10g of H₂O to 20g of egg white) and then xanthan gum was added to a final volume of 0.1% or 0.3%. The mixture was heated from 25°C to 85°C for 15min and kept at 85°C for 15min.

The egg white gel with 0.1% xanthan gum was similar to that of the control with no additive, although syneresis was lower in the former case. The viscosity and syneresis of the frozen control egg white gel were higher, the hardness was lower, and the elasticity was also lower than in the non-frozen control sample. The physical properties of the frozen egg white gel with added xanthan gum were similar to the non-frozen sample, although the syneresis was lower. These results suggest that freezing may have no influence on the physical properties of egg white gel with added xanthan gum. The structure of the frozen stored egg white with added xanthan gum was composed of clusters similar to those before freezing or storage. Such clusters might have been responsible for the physical properties and syneresis of egg white with added xanthan gum.

キーワード：キサンタンガム Xanthan gum；卵白ゲル Egg white gels；物性 Physical property；構造 Structure；離漿 Syneresis

緒 言

卵白は、練り製品やハンバーグなどに食感改善の目的でつなぎとして添加されている。添加の形態としては卵白を乾燥させた粉末状のものを添加する場合や冷凍卵白を解凍して液状卵白として添加する場合がある。つなぎとして卵白が添加された材料は加熱を行い製品とし、冷蔵および冷凍保存されるが、保存により離漿や弾力性の低下など品質の劣化が見られる。卵白が添加された練り製品などでは卵白はゲルとして存在することから保存中の製品の品質抑制を考える上で加熱卵白ゲルの品質抑制に注目した。

これまで卵の調理方法などについては数多く研究^{1)~4)}がされている。また、熱凝固に関する研究⁵⁾や卵の保存による影響などについても多く検討⁶⁾されている。しかし、冷凍保存をした加熱卵白ゲルについての報告は少ない。

そこで、冷凍保存による卵白ゲルの品質劣化を抑えることを目的として、卵白へ工業的に利用頻度が高いキサンタンガムを添加することを試みた。キサンタンガムはD-グルコース、D-マンノース、D-グルクロン酸酢酸エステル、D-グルクロン酸ピルビン酸エステルが2.8:3.0:2.0:1.7:0.6から構成されている⁷⁾。キサンタンガムは増粘剤としてパンや菓子類などに利用されているが、広範囲のpHで安定した粘度を示し、耐熱性、耐酸性および凍結-解凍耐性を示す^{8,9)}。さらにはキサンタンガムのゲルは弾力があり、硬くなく、ゼラチンに近いテクスチャーを示す理想的なゲルであると報告されている⁷⁾。キサンタンガムのこれらの特

* 東京家政大学家政学部
(Faculty of Home Economics, Tokyo Kasei University)

** 岐阜女子大学食物栄養学専攻
(Department of Nutrition and Food Science, Gifu Women's University, Gifu 501-2592)

性をふまえ、凍結を行う加熱卵白ゲルへの添加剤としてキサンタンガムについて検討を行うこととした。

本報告では卵白へのキサンタンガム添加濃度、冷凍および冷蔵保存による卵白ゲルの品質劣化防止効果について報告する。

実験方法

1. 実験試料

鶏卵は、産卵2日目の無精卵を用い、購入後は5°Cで保存した。

2. 試料調製

卵白を16メッシュで裏ごしし、卵液とした。卵液20gに蒸留水を10g加え、40秒間で40回攪拌した。直径6cmのプディング型にポリエチレンシートをひき、希釈した卵液20gを入れ、アルミ箔で蓋をした。蒸し器で25°Cから85°Cまで15分間加熱し、15分間その温度を維持し、合計30分間加熱を行なった。加熱後直ちに4°Cで20分間冷却した。このように、作製した卵白ゲルを以下無添加卵白ゲルとした。

キサンタンガム（東京化成製）の添加方法は、0.03g、0.09g（全重量30gの0.1、0.3%）のキサンタンガムに蒸留水を加えて10gとし5°Cで24時間膨潤させた。無添加卵白ゲルと同様の方法で、攪拌、加熱、冷却を行い測定用試料とした。このように作製したゲルを以下キサンタンガム添加卵白ゲルとし、キサンタンガムの添加濃度が0.1%の場合の卵白ゲルを0.1%キサンタンガム添加ゲル、0.3%の場合を0.3%キサンタンガム添加ゲルとした。

また、0.1%キサンタンガム添加ゲルを冷蔵及び冷凍保存し、キサンタンガム添加が保存中の卵白ゲルの品質に及ぼす影響について調べた。

作製した卵白ゲルを5°Cで1日保存して、冷蔵保存を行った卵白ゲルを以下冷蔵保存卵白ゲルとした。また、作製した卵白ゲルを5°Cで1日保存後、-32°Cで1日保存を行ったものを、蒸し器で卵白ゲルの内部温度が85°Cになるまで20分間加熱し、この温度を15分間維持した後、冷却したものを冷凍保存卵白ゲルという。

3. 測定方法

1) 離漿率

作製した卵白ゲルを容器から出し、2分間放置後、離漿分を濾紙で吸着させ、その増加重量を測定し、ゲル重量に対する比率を離漿率とした。

2) 物性

卵白ゲルを20°Cまで冷却後、20mm×20mm×10mm（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。レオロメーター（山電製 RE-3305）を用いた。

テクスチャーの測定条件は、プランジャー直径5mm円形を用い、圧縮率は50%、圧縮スピード5mm/secで行った。クリープの測定条件はプランジャー直径30mmの円形、荷重は線型性の範囲である10gとし、圧縮時間5分、圧縮スピード5mm/sec、除重時間5分で行った。得られたクリープ曲線から6要素フォークト模型により粘弾性定数（瞬間弾性率 E_0 、遅延弾性率 E_1 、 E_2 、遅延粘性率 η_1 、 η_2 、定常粘性率 η_n ）を求めた。

3) 動的粘弾性

レオログラフゾル（東洋精機）により試料1.5mlを用い、動的粘弾性を求めた。測定条件は周波数3Hz、加熱条件は卵白ゲル作製時の温度上昇と同様の条件である15分間で25°Cから85°Cまで加熱し、85°Cを15分間維持した。このとき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。測定時には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。

4) 組織構造

作製した卵白ゲルの表面中央部分の表面構造を走査電子顕微鏡（日本電子 JSM-T 300）により3,500倍で観察した。観察試料は、5×5×5mm角に切断した卵白ゲルを、0.1Mリン酸緩衝液で洗浄後、1%グルタルアルデヒド溶液中で1時間固定後、50～100%濃度のエチルアルコール溶液を用いて段階的に試料の脱水を行った。その後、臨界点乾燥装置（日本電子 JCD-5）により乾燥を行い、導電性接着剤を塗布し、イオンスパッタリング法により真空金蒸着（日本電子 FINE COAT ION SPUTTER JFC-1100）して作製した。観察条件は加速電圧20kV、電子ブローム12nm、作動距離20mmとした。

5) ポリアクリルアミド電気泳動法

卵白ゲルからの分離液中の構成タンパク質をポリアクリルアミド電気泳動法により調べた。

泳動用試料は、各卵白ゲルに同重量の0.1Mリン酸緩衝液を加え、3,000rpmで3分間、6,000rpmで3分間ホモゲナイズしたものを、3,000rpmで15分間遠心分離し、その上澄み液20 μ lを用いた。標準物質として未加熱卵白を2 μ l用いた。ポリアクリルアミド電気泳動法は10%分離ゲル、4%濃縮ゲルのグラジエントゲル（0.1Mリン酸緩衝液 pH7.2）を用い、電極用緩衝液はほう酸緩衝液（pH9.0）で行った。泳動条件は30mAの定電流で約2時間とし、終了後はCBBRにより染色

キサンタンガム添加卵白ゲルのレオロジー的特性

を行い、5% 酢酸で弁色を行った。

結果および考察

1. キサンタンガム添加濃度が卵白ゲルの性状に及ぼす影響

1) 離漿率

キサンタンガム添加濃度が異なる卵白ゲルからの離漿率を図1に示した。キサンタンガム添加卵白ゲルは無添加卵白ゲルに比べ有意 ($p < 0.01$) に離漿率が低下した。これはキサンタンガムが卵白ゲル中の自由水を十分吸収し離漿を抑制したと考えられる。添加濃度による離漿率の差は見られず、キサンタンガムは低濃度においても卵白ゲルからの離漿を抑制することがわかった。これはキサンタンガムの特性として保水性が高いことがあげられていることと一致する¹⁰⁾。

2) 物性

キサンタンガム添加濃度が異なる卵白ゲルのテクスチャー特性値を表1に、クリープ特性値を表2に示した。

表1より、キサンタンガムを添加した卵白ゲルは無添加卵白ゲルに比べ有意 ($p < 0.01$) に硬く、凝集性が小さい卵白ゲルになった。

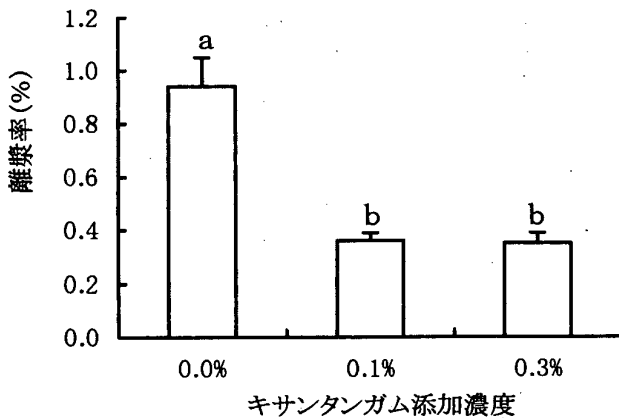


図1. キサンタンガム添加濃度が異なる卵白ゲルの離漿率

値は5個の平均値±標準偏差
異なるアルファベットは1%以下の危険率で試料間に有意差があることを示す。

表1. キサンタンガム添加濃度が異なる卵白ゲルのテクスチャー特性値

添加濃度	硬さ $\times 10^3 \text{ N/m}^2$	凝集性 $\times 10^{-1} \text{ T.U.}$
0.0%	$8.92^b \pm 0.82$	$5.16^a \pm 0.17$
0.1%	$14.08^a \pm 1.06$	$5.03^a \pm 0.10$
0.3%	$13.87^a \pm 1.39$	$4.98^b \pm 0.19$

値は5個の平均値±標準偏差

異なるアルファベットは1%以下の危険率で試料間に有意差があることを示す。

表2より、0.1% キサンタンガム添加ゲルでは、無添加卵白ゲルの E_0 , E_1 , E_2 , η_2 , η_n との間に有意差は見られなかったのに対し、0.3% キサンタンガム添加ゲルでは、 η_n , E_1 , E_2 , η_1 において無添加卵白ゲルとの間に有意差 ($p < 0.01$) が認められた。0.3% キサンタンガム添加ゲルでは高い粘性を示し、無添加卵白ゲルとの間に有意差が出たと考えられる。0.1% キサンタンガム添加ゲルは、無添加卵白ゲルに近い物性であることがわかった。

3) 動的粘弾性

キサンタンガム添加濃度が異なる卵白の加熱に伴う貯蔵弾性率 (G') の変化、損失弾性率 (G'') の結果を図2に示した。

図2より、キサンタンガムを添加した卵白ゲルの G' , G'' の値が上昇する温度は G' , G'' 共に無添加卵白ゲルと同様の 77°C であった。このことからキサンタンガム添加は、卵白の G' , G'' の変化に影響を示さないことがわかった。

貯蔵弾性率において0.1% キサンタンガム添加ゲルは無添加卵白ゲルの温度変化に伴う変性と類似した曲線を描くのに対し、0.3% キサンタンガム添加ゲルでは 80°C 以降、変化がやや緩慢になった。このことから、キサンタンガム添加濃度が高くなると、卵白の熱変性が緩慢になると考えられる。

損失弾性率において、貯蔵弾性率と同様に0.1% キサンタンガム添加ゲルでは無添加卵白ゲルの挙動に近い卵白ゲルが得られたが、0.3% キサンタンガム添加

表2. キサンタンガム添加濃度が異なる卵白ゲルのクリープ特性値

添加濃度	$E_0 \times 10^3 \text{ N/m}^2$	$E_1 \times 10^4 \text{ N/m}^2$	$E_2 \times 10^4 \text{ N/m}^2$	$\eta_1 \times 10^5 \text{ Pa.s}$	$\eta_2 \times 10^4 \text{ Pa.s}$	$\eta_n \times 10^6 \text{ Pa.s}$
0.0%	$4.07^a \pm 0.20$	$2.20^a \pm 0.06$	$2.20^a \pm 0.08$	$6.99^b \pm 0.19$	$8.12^a \pm 0.27$	$6.19^b \pm 0.37$
0.1%	$4.43^a \pm 0.26$	$2.28^a \pm 0.07$	$2.19^a \pm 0.16$	$7.62^a \pm 0.26$	$8.14^a \pm 0.55$	$6.30^b \pm 0.28$
0.3%	$4.31^a \pm 0.14$	$1.75^b \pm 0.07$	$1.67^b \pm 0.10$	$7.80^a \pm 0.39$	$8.08^a \pm 0.26$	$6.97^a \pm 0.29$

値は5個の平均値±標準偏差

異なるアルファベットは1%以下の危険率で試料間に有意差があることを示す。

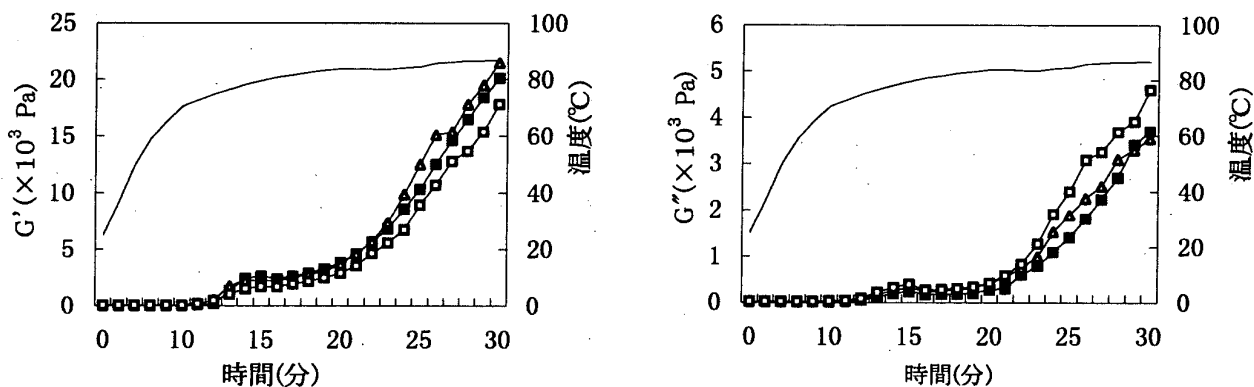


図2. キサンタンガム添加濃度が異なる卵白ゲルの動的粘弾性率

- 無添加卵白ゲル
- △— 0.1%キサンタンガム添加ゲル
- 0.3%キサンタンガム添加ゲル
- 温度

ゲルではどの温度においても無添加卵白ゲル及び0.1%キサンタンガム添加ゲルよりも高い値を示した。キサンタンガムは低濃度においても粘性が高いため、添加濃度0.3%では損失弾性率が高く、粘性が高いゲルになったと考えられる。この結果はクリープ特性値で0.3%キサンタンガム添加の卵白ゲルの η_n が無添加、0.1%添加ゲルに比べ有意 ($p < 0.01$) に大きくなったことと一致した。

キサンタンガムを0.3%卵白に添加すると貯蔵弾性率や損失弾性率が大きくなったのは、キサンタンガムは可塑性が強く、切断後、すぐに粘度が回復したり¹¹⁾、結着性¹⁰⁾が大きい性質をもっているためと考えられる。

4) 表面構造

キサンタンガム添加濃度が異なる卵白ゲルの表面構造を走査電子顕微鏡により観察した結果を図3に示した。

0.1%キサンタンガム添加ゲルでは幅 $1\mu\text{m}$ のひだが、きめ細かくまた直線的であったのに対し、0.3%添加ゲルでは0.1%と同様のひだが観察できたが、直線的な構造は観察できなかった。また、所々ひだが寄り集まり幅 $3\mu\text{m}$ の凝集体になっていた。無添加卵白ゲルは、キサンタンガム添加卵白ゲルに比べきめが粗い表面構造であった。キサンタンガムの添加により、卵白ゲルはきめが細かい表面構造になった。このきめの細かい表面構造がキサンタンガム添加卵白ゲルが硬く、粘性が大になった原因と考えられる。

5) 卵白ゲルの分離液中の構成タンパク質

キサンタンガム添加濃度が異なる卵白ゲル分離液中のポリアクリルアミド電気泳動の結果を図4に示し

た。

aは無加熱卵白、bは無添加卵白ゲル、cは0.1%キサンタンガム添加ゲル、dは0.3%キサンタンガム添加ゲルである。未加熱卵白(a)は13本の泳動帯から構成されており、泳動速度の速いものからNo.1としたとき、No.1~5は卵白の主要タンパク質であるオボアルブミン域であり、No.6~8はオボムコイド域、No.9~11はオボグロブリン域、No.12,13はオボトランスフェリン域であった¹²⁾。

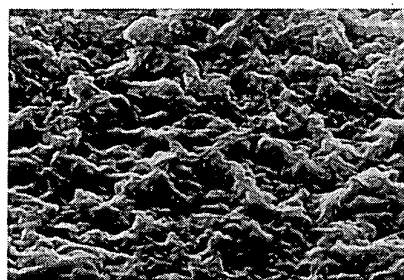
無添加卵白ゲルの分離液中のタンパク質(b)はNo.3,7,10の3本の泳動帯から構成されておりNo.7のオボムコイド域の泳動帯が濃く存在していた。オボムコイドはきわめて熱安定性が高いタンパク質である^{12,13)}ことから、卵白ゲル分離液中で高い濃度を示した。0.1%キサンタンガム添加の分離液(c)中にも無添加卵白ゲルと同様の泳動帯から構成され、無添加卵白ゲルに比べNo.3の泳動帯の染色濃度が高くなっていった。主要タンパク質であるオボアルブミンは比較的熱変性を受けやすいタンパク質であるが、0.1%キサンタンガム添加によりオボアルブミン域のタンパク質の変性が抑制されたことが考えられた。しかし、0.3%キサンタンガム添加では、オボアルブミンの熱変性を抑制する効果はみられなかった。このことからキサンタンガムの保水性は濃度に由来しないことが推定できる。

2. 0.1%キサンタンガム添加が冷蔵および冷凍保存後の卵白ゲルの性状に及ぼす影響

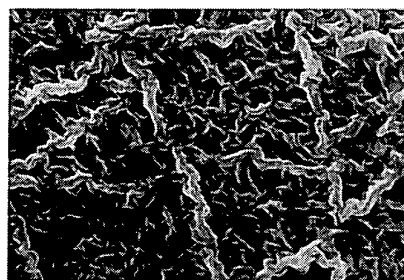
1) 離漿率

0.1%キサンタンガム添加卵白ゲルの冷蔵および冷凍保存後の離漿率を図5に示した。

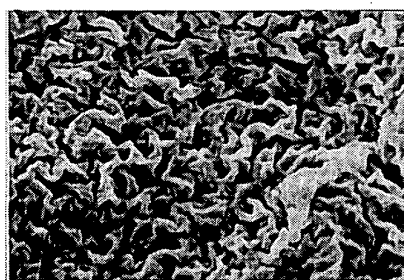
キサンタンガム添加卵白ゲルのレオロジー的特性



無添加卵白ゲル



0.1%キサンタンガム添加ゲル



0.3%キサンタンガム添加ゲル

図3. キサンタンガム添加濃度が異なる卵白ゲルの走査電子顕微鏡像

倍率：3,500 倍

加速電圧：10 kv

電子プローブ：12 nm

冷蔵キサンタンガム添加卵白ゲル (RX) は、冷蔵無添加卵白ゲル (RN) に比べ離漿率は有意 ($p < 0.01$) に少なかったが、保存前のキサンタンガム添加卵白ゲル (X) との離漿率の間に違いはなかった。また、無添加卵白ゲルは、冷凍保存をすると卵白ゲルからの離漿が有意 ($p < 0.01$) に増加したが、キサンタンガムを添加することで冷凍してもゲルからの離漿が抑制され、保存前の卵白ゲルと同じ離漿率であった。

キサンタンガムを添加した卵白ゲルは冷凍保存による離漿の増加は見られなかった。

このことから、キサンタンガムは冷蔵および冷凍保存においても卵白ゲルの離漿を抑制する効果が高く、その効果は冷凍保存の場合に顕著であった。これは冷

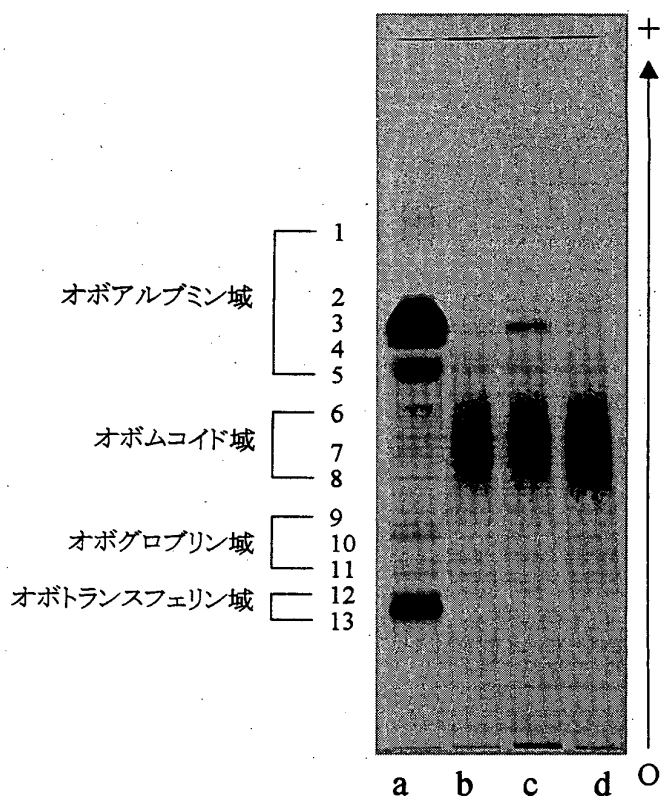


図4. キサンタンガム添加濃度が異なる卵白ゲルからの分離液の電気泳動像

a: 未加熱卵白

b: 無添加卵白ゲル

c: 0.1% キサンタンガム添加ゲル

d: 0.3% キサンタンガム添加ゲル

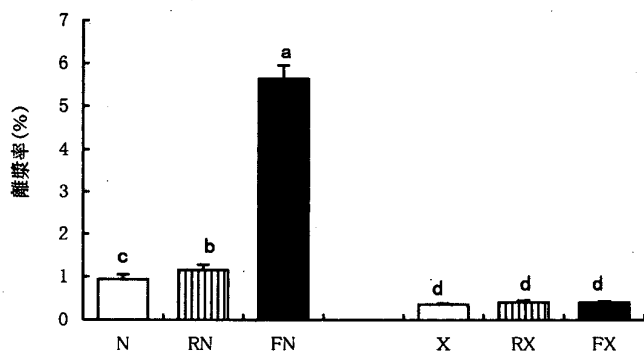


図5. 0.1% キサンタンガム添加した卵白ゲルの冷蔵及び冷凍保存後の離漿率

N: 無添加卵白ゲル

RN: 冷蔵無添加卵白ゲル

FN: 冷凍無添加卵白ゲル

X: キサンタンガム添加卵白ゲル

RX: 冷蔵キサンタンガム添加卵白ゲル

FX: 冷凍キサンタンガム添加卵白ゲル

値は5個の平均値±標準偏差

異なるアルファベットは1%以下の危険率で試料間に有意差があることを示す。

蔵保存中にキサンタンガムのエステル結合部分の構造に変化が起こり、キサンタンガムの特性を消失したか、冷凍保存ではキサンタンガムの保水性が維持されていることが要因の一つではないかと推定する。

2) 物性

0.1% キサンタンガム添加卵白ゲルの冷凍保存後のテクスチャー特性値を表3に、クリープ特性値を表4に示した。

表3より、冷凍保存後の無添加卵白ゲルは冷凍保存前の卵白ゲルに比べて有意($p < 0.01$)に軟らかく、凝集性が小さい卵白ゲルになった。しかし、キサンタンガムを添加した卵白ゲルの凝集性は冷蔵及び冷凍保存を行っても、保存前の卵白ゲルとの間に有意差はなかった。

表4より、無添加卵白ゲルを冷凍保存することにより E_0 は有意($p < 0.01$)に小さくなった。しかし、キサンタンガムを添加した卵白ゲルの E_0 は、テクスチャー特性値と同様に保存による有意差は見られなかった。また、 η_n は無添加卵白ゲルで $6.19 \times 10^6 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ であり、これを冷蔵保存すると $7.78 \times 10^6 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ と η_n は大きくなり、冷凍保存するとさらに $9.23 \times 10^6 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ になった。また、キサンタンガムを添加した卵白ゲルでも冷凍保存による η_n の増加はみられ、キサンタンガム添

加は E_0 と異なり、 η_n の変化を抑える効果は見られなかった。さらに、遅延粘弾性率(E_1, E_2, η_1, η_2)においてもキサンタンガム添加による弾性および粘性回復の効果は見られなかった。

以上のことから、卵白ゲルの冷凍保存においてキサンタンガムの添加は品質の維持に効果があったが、定常粘性率の変化を抑制する効果は低かった。

3) 表面構造

0.1% キサンタンガム添加卵白ゲルの冷凍保存後の表面構造を図6に示す。

無添加卵白ゲルはひだがある構造をしているが(図3)、冷蔵保存するとこのひだ状の凝集体が無添加卵白ゲルより大きくなった。冷凍保存するとこのひだ状の凝集体がさらに大きくなり、粗い構造となった。

キサンタンガム添加卵白ゲルは、冷蔵保存、冷凍保存いずれの場合でも保存前の構造に近い構造をしていた。

以上のことから、0.1% キサンタンガムを添加することにより冷蔵及び冷凍保存による卵白ゲルの構造変化が抑えられることがわかった。また、卵白はオボアルブミンをはじめとするタンパク質が結合し、これにオボムシン鎖がさらに結合したものと推定されている¹⁴⁾。無添加卵白ゲルは冷蔵および冷凍保存によりタ

表3. 0.1% キサンタンガム添加した卵白ゲルの冷蔵及び冷凍保存後のテクスチャー特性値

サンプル名	硬さ $\times 10^3 \text{ N/m}^2$	凝集性 $\times 10^{-1} \text{ T.U.}$
無添加卵白ゲル	$8.92^c \pm 0.82$	$5.16^a \pm 0.06$
冷蔵保存無添加卵白ゲル	$9.35^c \pm 0.84$	$5.29^a \pm 0.17$
冷凍保存無添加卵白ゲル	$6.82^d \pm 0.07$	$4.73^b \pm 0.38$
キサンタンガム添加卵白ゲル	$14.08^a \pm 1.14$	$5.03^{ab} \pm 0.10$
冷蔵保存キサンタンガム添加卵白ゲル	$12.53^b \pm 1.17$	$5.06^{ab} \pm 0.04$
冷凍保存キサンタンガム添加卵白ゲル	$11.93^b \pm 1.42$	$5.22^a \pm 0.42$

値は5個の平均値 $\pm$ 標準偏差

異なるアルファベットは1%以下の危険率で試料間に有意差があることを示す。

表4. 0.1% キサンタンガム添加した卵白ゲルの冷蔵及び冷凍保存後のクリープ特性値

サンプル名	$E_0 \times 10^3 \text{ N/m}^2$	$E_1 \times 10^4 \text{ N/m}^2$	$E_2 \times 10^4 \text{ N/m}^2$	$\eta_1 \times 10^5 \text{ Pa}\cdot\text{s}$	$\eta_2 \times 10^4 \text{ Pa}\cdot\text{s}$	$\eta_n \times 10^6 \text{ Pa}\cdot\text{s}$
無添加卵白ゲル	$4.07^b \pm 0.20$	$2.20^a \pm 0.06$	$2.20^a \pm 0.08$	$6.99^b \pm 0.19$	$8.12^a \pm 0.27$	$6.19^c \pm 0.37$
冷蔵保存無添加卵白ゲル	$4.17^b \pm 0.55$	$2.31^a \pm 0.13$	$2.13^a \pm 0.44$	$7.85^a \pm 0.84$	$8.27^a \pm 0.98$	$7.78^b \pm 0.46$
冷凍保存無添加卵白ゲル	$3.42^c \pm 0.37$	$0.70^b \pm 0.07$	$1.01^b \pm 0.07$	$3.10^c \pm 0.51$	$6.85^b \pm 0.92$	$9.23^a \pm 0.31$
キサンタンガム添加卵白ゲル	$4.43^{ab} \pm 0.26$	$2.28^a \pm 0.07$	$2.19^a \pm 0.16$	$7.62^a \pm 0.26$	$8.14^a \pm 0.55$	$6.30^c \pm 0.28$
冷蔵保存キサンタンガム添加卵白ゲル	$4.71^a \pm 0.35$	$2.24^a \pm 0.07$	$2.23^a \pm 0.14$	$8.84^a \pm 0.67$	$8.77^a \pm 0.79$	$6.78^{bc} \pm 0.91$
冷凍保存キサンタンガム添加卵白ゲル	$4.56^a \pm 0.30$	$0.60^b \pm 0.07$	$1.02^b \pm 0.08$	$3.10^c \pm 0.45$	$7.60^{ab} \pm 0.67$	$7.35^b \pm 0.29$

値は5個の平均値 $\pm$ 標準偏差

異なるアルファベットは1%以下の危険率で試料間に有意差があることを示す。

キサンタンガム添加卵白ゲルのレオロジー的特性

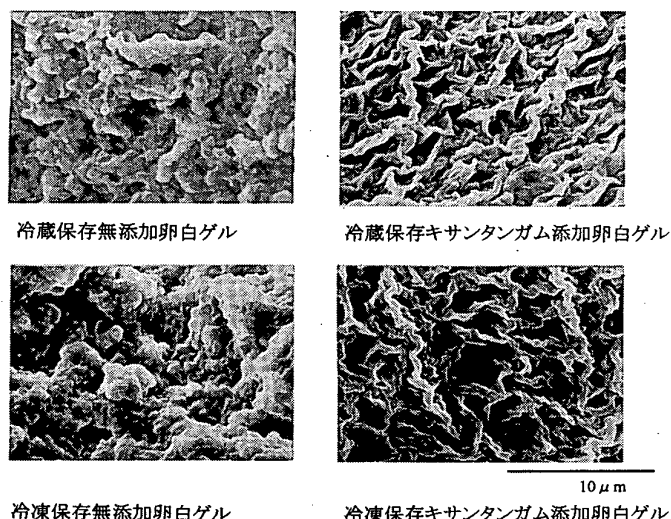


図6. 0.1% キサンタンガム添加した卵白ゲルの冷蔵
及び冷凍保存後の走査電子顕微鏡像

倍率：3,500倍

加速電圧：10kv

電子プローブ：12nm

ンパク質の変性が起こり、凝集体同士が互いに結合しさらに大きな固まりになったと考えられる。それに対しキサンタンガム添加卵白ゲルは保存によるタンパク質の変性がキサンタンガムの添加により抑制されているのではないかと考えられた。これは卵白ゲルは疎水結合を伴うことにより形成されるが、キサンタンガムが添加されることで水素結合による結合が加わり、より強固な網目構造が生じ、ゲルが変性しにくくなったのではないかと推定する。キサンタンガムだけでなく、他の多糖類を併用することでより熱安定性及び耐凍性にとり、弾力性があるゲルになる可能性が考えられる。

要 約

練り製品などの食感改善として卵白が添加されているが、その際加熱後、冷蔵・冷凍保存される。卵白は製品中では卵白ゲルとして存在するが保存中に品質の低下が見られる。卵白ゲルの品質低下抑制を目的として、卵白へのキサンタンガム添加効果について検討した。すなわち、最適キサンタンガム添加濃度と、キサンタンガムの添加が冷蔵・冷凍保存した卵白ゲルに及ぼす影響について検討し、以下の結果を得た。

キサンタンガムを0.1% 卵白に添加すると卵白ゲル

からの離漿が抑制され、無添加卵白ゲルの物性に近い卵白ゲルが得られた。添加濃度が0.3%の卵白ゲルは無添加のものに比べ離漿は抑制されるが、高い粘性を示した。

冷凍保存を行った無添加卵白ゲルは離漿率が増加し、軟らかく、弾力性が低下し、くずれにくい卵白ゲルになったのに対し、0.1% キサンタンガムを添加した卵白ゲルは冷凍保存後も保存前に近い物性を示した。また、表面構造の観察からもキサンタンガム添加卵白ゲルは冷蔵・冷凍保存後も保存前に近い構造をしていた。

文 献

- 1) 山脇美美子, 松元文子 (1963) 鶏卵の調理に関する研究 プディングの加熱条件, 家政学雑誌, **14**, 155~160
- 2) 山崎清子, 手塚信子 (1966) 焼き物に関する研究 うす焼き卵について, 家政学雑誌, **17**, 153~156
- 3) 小川宣子 (1997) 卵を調理する一厚焼き卵, 日調科誌, **30**, 94-99
- 4) 田島真理子 (1999) 締め卵の性状に及ぼす調製条件の影響について, 日調科誌, **32**, 109~114
- 5) 小川宣子 (1994) 加熱速度, 食塩濃度が卵白ゲルの物性および表面構造に及ぼす影響, 日食工誌, **41**, 191~195
- 6) 小川宣子, 田名部尚子 (1991) 貯蔵殻付卵の加熱卵白ゲルに対する塩処理の影響, 日食工誌, **38**, 1117~1123
- 7) J. R. Mitchell (1976) Rheology of gels, *J. Texture Stud.*, **7**, 313-339
- 8) 大和谷和彦 (1998) キサンタンガムの近況と利用技術, ジャパンフードサイエンス, **5**, 52~58
- 9) 関谷啓治, 鈴木章弘 (1997) 増粘多糖類の現状と利用, *New Food Industry*, **39**, 33~40
- 10) 佐野征男 (1978) 増粘・結着剤の多角的利用, *New Food Industry*, **20**, 42~48
- 11) D. A. Betz (1979) Xanthan gum, a biosynthetic polysaccharide for the food industry, *Food Technol. Aust.*, **31**, 11~16
- 12) 田名部尚子, 小川宣子 (1980) 各種家禽卵の性状ならびに成分の比較 5. 水平式ポリアクリルアミドグラジェント薄層ゲル電気泳動によるニワトリ卵白タンパク質の個体変異, 家禽会誌, **17**, 242~248
- 13) 中村良 (1998) 卵の科学, 朝倉書店, 東京, 10~16
- 14) 小川宣子 (1994) 鶏卵の熱凝固性, *New Food Industry*, **36**, 63~80

(2001年3月19日受理)