“煮こごり”のゲル化の研究

—調味料添加の影響について—

永塚規衣*・大川祐輔**・木元幸一*・長尾慶子*

(*東京家政大学, **千葉大学)

A gelation study of “Nikogori”

— Effects of adding seasonings —

Norie Nagatsuka*, Yusuke Okawa**, Kouichi Kimoto*, Keiko Nagao*

*Faculty of Home Economics, Tokyo Kasei University, 1-18-1 Kaga, Itabashiku, Tokyo 173-8602

**Graduate School of Science and Technology, Chiba University, 1-33 Yayoicho, Inageku, Chibashi 263-8522

*〒173-8602 東京都板橋区加賀 1-18-1

**〒263-8522 千葉県稲毛区弥生町 1-33

“Nikogori” extracted from cooked fish or meat has been noted as an easy-to-eat food for old aged people and those with medical problems associated with swallowing. The unique texture of “Nikogori” is the source of its good taste.

We investigated the effects of adding seasonings (soy sauce, rice vinegar, wine vinegar, milk and mayonnaise) and changes in the processing of “Nikogori” made from chicken on the physical properties of “Nikogori”.

We examined the rheological properties of “Nikogori” using dynamic viscoelasticity, rupture characteristics, lightness, pH, ^{17}O -NMR data and microscopy. Also, the relationship between the change in the quantity of collagen and the molecular weight distribution of the gelatin was studied by electrophoresis.

As a result, the mechanical properties of the “Nikogori” were found to be dependent on the presence of the seasonings, such as wine vinegar, rice vinegar or mayonnaise.

We found that the pH and fats of the solution had an influence on the solubilization of the collagen and gelation. When meat was heated in a low pH solution (adding wine vinegar or rice vinegar), the collagen was eluted very well, turned into gelatin and formed stronger gels.

On the other hand, when mayonnaise was added to the “Nikogori”, they formed weaker gels. When we prepared a model gel with added fats, it formed weaker gels and its spin-lattice relaxation times (T_1) based on the ^{17}O -NMR data tended to be shorter as the molecular motion in the solution was retarded.

1. 緒 言

動物の硬タンパク質から抽出された“煮こごり”料理は、今日の高齢社会において吸収特性の優れたタンパク質給源や水分補給源としてだけでなく、健康機能面^{1)~3)}からも高齢者や咀嚼嚥下困難者に適した食べ物として注目されつつある⁴⁾。

我々は調理学的視点から煮こごりのゲル化について研

究を続けており、前報⁵⁾にて煮こごり料理のおいしさの大きな要素となるテクスチャーについて検討し、食材の種類及び加熱時間や添加調味料などの調製条件が煮こごりの物性に大きく影響することを明らかにした。また煮こごりの機能性面にも注目し、材料の異なる煮こごりの抗酸化能及び醤油添加の効果について実験検討⁶⁾し、その結果、煮こごりが特にヒドロキシラジカルやペルオキシラジカルの高い捕捉活性を有すること、醤油添加で更

にその効果が増強されることを既に報告している。

今回は煮こごり材料として、和・洋・中国料理に広く用いられている鶏肉を取り上げ、各種調味料を添加して調製した鶏肉煮こごりのpHの変化及び溶出した脂肪の存在状態がゲルの物性に及ぼす影響について検討を行った。得られた知見について報告する。

2. 実験方法

(1) 実験材料

材料はブロイラー（岩手産の若鶏）の鶏手羽先（手羽中も含む）を用いた。と鶏後1日以内のものを都内の専門肉店より購入し、直ちに必要量ずつ小分けにして-50℃の冷凍庫にて急速冷凍保存した。試験日の前日に5℃の冷蔵庫に移し、低温解凍させてから試料調製を行った。調味料は、一般的な市販品である赤ワインビネガー（ウイングエース(株)）、本醸造醤油（キッコーマン(株)）、穀物酢（(株)ミツカン）、普通牛乳（日本ミルクコミュニティ(株)）及びマヨネーズ（キューピー(株)）を用いた。

また、マヨネーズを想定した乳化モデル試料の調製においてはアルカリ処理低温（60℃）抽出ゼラチン（新田ゼラチン(株)製、JIS規格表示；pH5.6、粘度4.4mPa・s、ゼリー強度285g）、サラダ油（日清オイリオ(株)）及びSpan80（和光純薬工業(株)製乳化剤）並びにTween80（Becton Dickinson and Co. 製乳化剤）を使用した。

(2) 試料調製

1) 煮こごりゾルの調製 鶏手羽先50gを約1cmの角切りにし、500mlの耐熱ピーカーに入れ、全面が水に浸る水量30gを加えて600Wの電熱器で加熱、沸騰後火力を300Wに調節して、蒸発水分を補いながら10～120分の定時間加熱した。加熱終了後試料をろ過し、煮汁が30gとなるように調製し、水煮煮こごり試料（対照）とした。調味料添加煮こごり試料の場合は、pHに影響すると考えられる食酢、赤ワインビネガー、醤油及び牛乳をそれぞれ内割りで煮汁の10wt%を加熱初期から添加し、水煮試料と同様に定時間加熱した。マヨネーズは加熱終了後の煮汁に添加した。

2) 煮こごりゲルの調製 1)で調製した各試料ゾルを内径32mm、高さ15mmのペトリ皿に10gずつ分注し、冷蔵庫（5℃）で24時間保藏してゲル化させ、各々の煮こごりゲル試料を得た。

3) 乳化モデル液の調製 マヨネーズを想定して水と油の割合を1：3とした乳化モデル液50gを調製した。すなわち、水12.5g及び油37.5gにTween80（親水性乳化剤）及びSpan80（疎水性乳化剤）を外割りで1wt%添加し、O/W型乳化モデル液を得た。

4) 乳化モデル試料ゾルの調製 4.0wt%アルカリ処理低温抽出ゼラチンの乳化モデルゾルを以下のように調製した。ゼラチン4.0gに蒸留水20.0gを加えて20分間膨潤後、さらに50.0gの蒸留水を加えて湯浴（60℃）上で定速（60回/min）攪拌・溶解させた。その後、3)

で調製した乳化モデル液をそれぞれ10.0g、20.0g及び50.0g添加して攪拌・溶解させ、メスアップし、蒸発を防ぐためにラップで蓋をして40℃に保持した。

5) 乳化モデル試料ゲルの調製 4)で調製した各ゾルを内径32mm、高さ15mmのペトリ皿に10g分注し、5℃の恒温水槽で2時間冷却しゲル化させた。

(3) 実験方法

1) ゲルの力学的性質の測定

(i) 破断試験 レオメーター（(株)山電製、RE2-33005）及び自動解析装置（(株)山電製、BAS-33005-16）を用いて、各試料ゲルの破断応力を求めた。測定はペトリ皿に入れた状態（試料径32mm、試料高15mm）で行い、測定条件はプランジャー径8mm、試料台速度5mm/s、歪率90%とした。1試料につき測定数は10～16個とし、平均値と標準偏差を求めた。

(ii) 動的粘弾性の測定 レオメーター（Haake RS-75）、温度制御装置（Haake TC-80）を用いた。測定条件は、試料1.6mL、測定周波数0.68Hz、プレート直径35mm、プレートステージ間ギャップ1.0mmとした。温度プログラムは既報^{7),8)}に準じ、以下のような条件で行った。すなわち40℃から10℃までは約0.9℃/分で緩慢冷却し、10℃を60分間保持し、10℃から40℃までは2.0℃/分で上昇させ、40℃を10分間保持した。

2) pH測定 pHメータ（(株)堀場製作所製、F-11）を用いた。

3) 電気泳動分析 電気泳動用試料は、各種煮こごりゾル試料10μlに試料処理液20μlを加えた後、60℃で10分間加熱処理して調製した。その後、ATTO製AE-6440型ラビダス・ミニスラブ電気泳動装置を用い、SDSポリアクリルアミドゲル電気泳動法で煮こごり中のタンパク質の分子量を分析した。ゲル濃度は7.5wt%とし、染色はクマジーブリリアントブルーで行った。

4) 顕微鏡観察 煮こごりゾル試料をズダンⅢ染色し、これを直径15mm、厚さ2mmの円板状（セル容量0.35mL）のガラス製密閉セルに充填した。そして、光学顕微鏡（ニコン製DIAPHOTO-TMD）の試料台に温度制御装置（コレット工業(株)製MC-1000Y）を備えたガラス製の密閉式試料セル（(株)三啓製）を固定し、顕微鏡接眼部に設けたデジタルカメラ（DIAGNOSTIC製14.2 Color Mosaic）を通してパソコン画面上で検鏡像を観察した。測定温度は室温（25℃）とした。

5) 総固形物量の定量 水煮試料液30gを約48時間凍結乾燥（タイテック(株)製、VD-800F）し、その重量から総固形物量を求めた。

6) 透過色（L値）測定 測色色差計（日本電色工業(株)製、ND-1001DP）を用いて透過色（L値）を測定し、各試料の透明度の指標とした。

7) ¹⁷O-NMRによるスピン-格子緩和時間（T₁）の測定 日本電子(株)製JNM-EX400 FT-NMRを用いた。測定条件は既報⁵⁾に準じ、測定温度21±2℃、測定周波

数54.196MHzとした。 ^{17}O -NMRの緩和時間(T_1)は、 $180^\circ - t - 90^\circ$ パルス系列を用いた反復回転法で測定した。積算回数は128回とした。

3. 結果及び考察

(1) 煮こごりの力学的性質に及ぼす各種調味料添加の影響

1) 破断応力の変化 各種調味料添加試料の加熱時間と破断応力との関係から各試料のゲル強度の変化を推定した。結果を図1に示した。

マヨネーズを除くいずれの調味料添加試料も加熱時間の経過に伴い破断応力は増加する傾向がみられた。赤ワインビネガー添加試料は加熱初期から他よりも硬いゲルを形成し、加熱90分をピークに破断応力の低下が観察された。醤油添加、食酢添加、牛乳添加試料に関しては、無添加の水煮(対照)と比べ加熱初期では破断応力に大きな差が見られなかったが、加熱時間の経過に伴い醤油添加及び食酢添加試料は無添加の水煮(対照)に比べ硬いゲルを形成した。牛乳添加試料は加熱時間を通して無添加の水煮(対照)と同程度の値を示した。マヨネーズ添加試料に関しては、無添加の水煮(対照)に比べ軟らかいゲルを形成した。これはマヨネーズ中の多量の脂肪がゲルのネットワークを妨げたことと含有する食酢が試料溶液のpHの低下に寄与し、ゲルのネットワークを妨げたことによるもの⁹⁾と推測された。

そこで試料溶液のpHが破断応力に影響を与えているのではないかと推測し、煮汁中のpHを測定し、結果を表1に示した。

調味料添加試料のpHはいずれも無添加の水煮(対照)に比べ酸性側に位置していることが明らかとなった。水煮、醤油、牛乳添加試料の加熱中10~120分におけるpHは僅差であるが低下した。赤ワインビネガーは食酢

表1 各種調味料添加試料のpHの変化

加熱時間(分)	0	10	30	60	120
水煮(対照)	6.48	6.65	6.59	6.53	6.43
醤油	5.18	6.30	6.31	6.21	6.08
食酢	3.95	5.31	5.69	5.89	6.03
赤ワインビネガー	3.77	4.99	5.37	5.64	5.86
牛乳	6.78	6.64	6.58	6.53	6.43
マヨネーズ	—	5.57	5.60	5.55	5.52

・添加調味料はいずれも10wt%である。

・マヨネーズは定時間加熱後に添加した

と共に加熱前は他に比べてより酸性側にあったが、加熱時間につれて肉成分の溶出により、pHの増加が認められた。加熱中の赤ワインビネガー添加試料のpHは約pH5.0~5.9と低かった。これはマヨネーズ添加試料を除き、破断試験結果と同様の傾向を示し、試料溶液のpHが低いほど硬いゲルを形成していた。先行研究^{10)~12)}にも報告されているように、本実験においても生肉にワインや食酢、醤油などの調味料を加えて加熱した場合は、肉の等電点からpHが下がることで食酢や醤油に含まれる有機酸及び赤ワイン中のポリフェノールが肉の結合組織に作用し、その結果、加熱により変性したコラーゲンが溶出されやすくなり強固な煮こごりゲルが得られたと推測された。

またマヨネーズは煮こごりゲルのゲル化に及ぼす脂肪の影響をみるための調味料として添加したものであるが、先述の脂肪の影響の他にマヨネーズ中の食酢が試料溶液のpHを低下させ、煮こごりゾル中に含まれるゼラチン分子のゲル形成を抑制するもの⁹⁾と推測された。

2) 動的弾性率の変化 動的弾性率はゲル全体のネットワークの発達度を追跡することができる¹³⁾。我々は既に精製ゼラチンを用いた基礎実験より、添加する糖やアルコールの量によってゲル状食品の弾性率が変化し^{7),8)}、口に入れた時の歯ざわりや舌ざわりなどのテクスチャーに大きく影響することを明らかにしている。

そこで上記に示した無添加の水煮(対照)試料の破断試験結果から判断して破断応力の増加が一段落する加熱60分試料を対象に比較した。図2は各種調味料添加によるゲルの発達度を示したものであるが、各種調味料添加試料の動的弾性率は先の破断応力の変化と同様の傾向を示し、調味料により明らかな差がみられた。マヨネーズ添加試料は水煮に比べて動的弾性率が低く、ゲル全体のネットワークが少ない軟らかいゲルを形成したのに対し、その他の調味料添加試料のそれは水煮よりも高く硬いゲルを形成した。中でも赤ワインビネガー添加試料の弾性率は特に高く、ゲル全体のネット

図1 各種調味料添加がゲルの硬さに及ぼす影響

・マヨネーズは定時間加熱後に添加した。

▲ 水煮(対照) △ 醤油添加試料 □ 食酢添加試料
■ 赤ワインビネガー添加試料 ● 牛乳添加試料 ◇ マヨネーズ添加試料

図2 各種調味料添加が動的弾性率に及ぼす影響
・マヨネーズは定時間加熱後に添加した。

▲ 水煮 (対照) △ 醤油添加試料 □ 食酢添加試料
■ 赤ワインビネガー添加試料 ● 牛乳添加試料 ◇ マヨネーズ添加試料

ワークがより密になっていることが推察される。また、図3での弾性率の立ち上がり部分（図2を拡大表示したもの）を比較すると、赤ワインビネガー添加試料はゲル化開始時間も他に比べて早いことから、煮汁中のゼラチン化がより促進されている状況が伺える。

以上の破断試験や動的弾性率の測定結果から、煮こごりのゲル化には pH の影響に加えて煮こごり中に溶出されたタンパク質や脂肪の存在状態も大きく影響しているのではないかと推測された。

そこで、煮汁中に溶出してきた内容物のうち、ゲル化に関与するタンパク質の分子量分布を電気泳動分析により検討すること、及び溶出脂肪の存在状態を顕微鏡観察すると共に乳化モデル試料による実験結果から煮こごり中の油の存在状態と破断応力との関係を検討することとした。

(2) 煮こごり試料中のタンパク質の分子量分布

まず、溶出内容物のうちゲル化に関与する要因の1つであると考えられるタンパク質の分子量分布を調べるために SDS ポリアクリルアミドゲル電気泳動分析により検討した。

各種調味料添加試料の加熱60分における分析結果を図4に示した。

標準液としてコラーゲン、血清アルブミン、オボアルブミン、分子量マーカーを用いた。主

図3 温度冷却に伴う動的弾性率
図2の時間軸0分～30分までを拡大したものである。

40°C→10°C (≒0.9°C/分)

・マヨネーズは定時間加熱後に添加した。

▲ 水煮 (対照) △ 醤油添加試料 □ 食酢添加試料
■ 赤ワインビネガー添加試料 ● 牛乳添加試料 ◇ マヨネーズ添加試料

にゲル化に寄与する分子量は約100kDa (α 鎖)¹⁴⁾と言われており、特に赤ワインビネガー及び食酢添加試料において94kDa 付近のバンドが濃く観察された。また、水煮や他の調味料添加試料に比べ明らかに低分子化の状況が認められた。これらのことから、煮汁の pH の低下により材料からのコラーゲンの溶出が促進されること、同時に煮汁中のコラーゲンの分解も促進されること、結果として破断応力が高められることが明らかとなった。

7.5%SDS-PAGE

図4 SDS-PAGE 法による各種調味料添加試料のタンパク質の分子量分布
試料加熱時間：60分

ゲル濃度：7.5%

標準液：コラーゲン、血清アルブミン、オボアルブミン、分子量マーカー

図5 対照（水煮）試料の顕微鏡写真

図6 ワインビネガー添加試料の顕微鏡写真

(3) 試料ゾル中の顕微鏡観察

煮こごりのゲル化を左右するものとして、上記タンパク質以外に溶出された脂肪の影響も考えられる。そこで実際の煮汁中に溶出してくる脂肪の量及びその存在状態がゲル化に及ぼす影響を明らかにするために、無添加の水煮及び赤ワインビネガー添加試料の加熱10分及び120分試料中の脂肪球をズダン染色した状態で顕微鏡観察を行った（図5、図6）。図中色が濃くみえる球がズダン染色された脂肪球であるが、加熱時間が長いほど煮こごりゾル中に溶出された油脂成分がO/W型エマルジョンとして分散している様子が観察された。凍結乾燥法により求めた水煮試料の総固形物量の変化（表2）からも加熱10分よりも120分試料の方が溶出成分量の多いことが明らかである。また、加熱120分では赤ワインビネガー

表2 凍結乾燥による水煮試料液の総固形物量(wt%)の変化

加熱時間 (分)	10	60	120
総固形物量 (wt%)	8.1	15.6	18.2

添加試料の方が水煮に比べて透明度（L値）は低い（表3）、図5、図6を比較した場合観察された溶出脂肪量は赤ワインビネガー添加試料の加熱120分の方が少ないことが明らかとなった。

煮汁の透明度の低下の原因として、加熱に伴い材料からの油脂や水溶性タンパク質の溶出量が増加することと、長時間の加熱によって材料から遊離した脂肪やタンパク質が煮汁の対流による攪拌現象によりエマルジョン化し、

表3 各種調味料添加試料の加熱時間に伴う透明度(L値)の変化

加熱時間 (分)	10	30	60	120
水煮 (対照)	16.9	12.76	9.01	9.42
醤油	18.15	22.62	22.33	8.36
食酢	69.06	51.63	19.21	8.47
赤ワインビネガー	82.28	71.52	36.74	7.43
牛乳	7.18	4.43	4.40	3.42
マヨネーズ	0.73	0.70	0.75	0.73

・各種調味料の添加量は全て水煮の10wt%とした

・マヨネーズは定時間加熱後に添加した。

・その他の調味料は加熱前に添加して定時間加熱した。

細かく分散することが考えられる。図1の結果と合わせて考察すると、赤ワインビネガー添加試料は無添加の水煮と比べ、すでに加熱10分で硬いゲルを形成していることからコラーゲンなどのゲル化に関与する成分が加熱初期から煮汁中に多く溶出していると推測される。同時に赤ワインビネガー添加試料は加熱中、アクや油脂成分がより多く浮遊している様子が観察されることから、遊離してきた油脂成分がアク成分と共に試料調製時にろ過されるため、ろ液は脂肪などの夾雑物による影響が少なく、加熱60分までは透明度の高い硬いゲルを形成したと考えられた。しかし、赤ワインビネガー添加試料の加熱60分以降の急激な透明度の低下は、加熱に伴い材料からの水溶性タンパク質の溶出量が一段と増加し、煮汁中に分散したことによって生じたものと考えられた。このことはろ過後の肉を含む残渣量が無添加の水煮に比べ2.5wt%減少したことから、その溶出成分量が煮汁に移行したものと推察できる。

(4) ゼラチンゲル強度に及ぼす脂肪添加の影響

先の破断試験及び動的弾性率の測定結果より、マヨネーズ添加はゲル全体のネットワークが少なく軟らかいゲルを形成することが明らかとなった。また、煮こごりゾル中の顕微鏡観察より脂肪などの夾雑物もゲル化に影響を与えることが推測された。

そこでゲル化への脂肪の影響を詳しく検討するために、脂肪とゼラチン以外の溶出成分の影響を排除したモデル試料による実験結果から検討することにした。乳化モデル試料を調製し、油脂の添加がゼラチンの破断応力に及ぼす影響について検討した(表4)。その結果、乳化モデル液添加量の増加、すなわち油脂添加量が多くなるほどゼラチンの破断応力及び破断歪率は低下し、軟らかくて脆いゲルを形成した。また、スピン—格子緩和時間(T_1)も短くなる傾向がみられた(表5)。一般にNMR測定において緩和時間(T_1)が短いことは分子運動が抑制され、自由に動き回れない状態にあることが示唆さ

れる。4 wt%精製ゼラチンにマヨネーズを同じく10wt%, 20wt%及び50wt%添加した場合もこれらの結果と同様の傾向が得られた。これらの結果より、低分子ペプチド化したコラーゲン分子やゼラチン分子の構造間に油脂が入り込みゲル化を阻害すると共に試料ゲル中の水分子の動きも抑制されていることが推測され、煮こごりゲル中の水分子の動態はこれら油脂の影響も反映していると考えられた。

以上のことから、煮こごりのゲル化と物性に影響する因子としてゼラチンなどの溶出成分量と共に脂質のエマルション化も大きな影響を与えていること、それには添加する調味料の種類も大きく関わってくるものが推測された。

4. 要 約

各種調味料添加が“煮こごり”のゲル化に及ぼす影響を明らかにするために、煮汁のpH測定および透過色測定、煮こごりゲルの動的粘弾性、レオメーターによる力学試験、溶出タンパク質の電気泳動分析、煮こごり(溶出物)の顕微鏡観察及びNMRによるスピン—格子緩和時間(T_1)を測定し、以下の知見が得られた。

1) 煮汁のpH低下は肉組織からのコラーゲンの溶出を促進し、同時に煮汁中のコラーゲンの分解も促進し、その結果破断応力を高めることが明らかとなった。特に赤ワインビネガー及び食酢添加試料はその傾向が著しかった。

2) 水煮試料に油脂含量の多いマヨネーズを添加するとゲル化が抑制され、破断応力の低下が観察された。

3) マヨネーズを想定した乳化モデル形を用いての破断試験及び ^{17}O -NMR測定から、乳化した油脂量が多くなるほどゼラチンゲルの硬さは弱く脆くなり、ゲル中の水分子の動きも抑制されていることが観察された。

表4 添加量の異なる乳化モデルゲルの破断試験結果

	対照 (ゼラチン 4 wt%)	モデルゲル		
		乳化液 (水:油=1:3) 混合ゲル		
		10wt%添加	20wt%添加	50wt%添加
破断応力 ($\times 10^5 \text{ N/m}^2$)	1.33	0.61	0.48	0.46
破断歪率 (%)	84.3	78.6	77.3	56.9

表5 添加量の異なる乳化モデルゲルにおける ^{17}O -NMRのスピン—格子緩和時間(T_1 :msec)

	対照 (ゼラチン 4 wt%)	モデルゲル		
		乳化液 (水:油=1:3) 混合ゲル		
		10wt%添加	20wt%添加	50wt%添加
緩和時間 (msec)	5.6	5.5	5.4	5.0

謝 辞

NMR 測定及び電気泳動実験遂行に際し、多大のご協力とご指導をいただきました埼玉医科大学松下和弘先生・仁科正実先生、東京家政大学林あつみ先生・中山知子先生に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 1) Nagler Anderson, Loretta A. Bober, M. Elizabeth Robinson, Gregory W. Siskind, and G. Jeanette Thorbecke : Suppression of type II collagen-induced arthritis by intragastric administration of soluble type II collagen., *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **83**, 7443-7446 (1986)
- 2) 長谷川隆則, 岩井浩二, 田口靖希, 森松文毅, 山田良司, 中村孝志, 佐藤健司, 大槻耕三: 経口摂取した鶏 I 型, II 型コラーゲンペプチドの血中吸収, *食肉の科学*, **44**, 139-142 (2003)
- 3) 佐々木啓介: 畜産物の機能性成分に関する研究動向 3, *農林水産研究文献解題*, p.135-136 (2004)
- 4) 橋詰昌幸: 水産物の高齢者食品への応用, *月刊フードケミカル*, **20**, 48-50 (2004)
- 5) 永塚規衣, 海宝朝実, 倉内真友美, 松下和弘, 仁科正実, 長尾慶子: “煮こごり” のゲル化の研究 —材料及び調理条件の影響について—, *日本食生活学会誌*, **15**, 247-252 (2005)
- 6) NORIE NAGATSUKA, KAZUKI HARADA, MAMI ANDO, KEIKO NAGAO: Effect of soy sauce on the antioxidative capacity of 'Nikogori' gelatin gel as a swallowing food using the chemiluminescence method, *Int J Mol Med*, **16**, 427-430 (2005)
- 7) 永塚規衣, 大野隆司, 大川祐輔, 松下和弘, 仁科正実, 峯木真知子, 長尾慶子: アルコール添加量がゼラチン溶液のゲル化に及ぼす影響, *日調科誌*, **37**, 360-365 (2004)
- 8) 永塚規衣, 松下和弘, 仁科正実, 大川祐輔, 大野隆司, 長尾慶子: 各種糖添加ゼラチン溶液のゲル化に及ぼす要因, *家政誌*, **55**, 159-166 (2004)
- 9) S.Takayanagi, T.Ohno, N.Nagatsuka, Y.Okawa, F.Shiba, H.Kobayashi and F.Kawamura, Effect of Concentration and pH on Sol-Gel Transition of Gelatin, *J.Soc.Photogr.Sci. Technol.Japan*, **65**, 49-54 (2002)
- 10) Okuda,K., and R.Ueda, Comparison of the Effects of White and Red Wines on Beef Round Texture, *J.Home Econ.Jpn.*, **44**, 1007-1020 (1993)
- 11) 南出隆久, 横山みき, 畑 明美: 食酢添加が鶏肉のカルシウム溶出に及ぼす影響, *京都府立大学学術報告*, **47**, 13-18 (1996)
- 12) 畑江敬子: 牛肉の加熱調理に伴う変化, *食肉の科学*, **43**, 121-129 (2002)
- 13) Y.Okawa, W.Komuro, H.Kobayashi and T.Ohno: Rheological Study on Gelatin Gelation, *Imaging Sci. J.*, **45**, 197-200 (1997)
- 14) 高橋幸資, 鈴木 敦, 和田敬三: 豚骨不溶性コラーゲンのゼラチン, *日食工誌*, **36**, 538-542 (1989)