

## ゲル状嚥下食品“煮こごり”の調理性および抗酸化性の研究

## A Study on the Cooking Properties and Antioxidative Properties of 'Nikogori', a Readily Swallowed Gelatin Food

永塚規衣\*

Norie Nagatsuka



## はじめに

我が国では古くから魚介類を多量に摂取しており、多種多様な魚がそれぞれ独特のおいしさを持つことを誰もが経験的に知っている。その中でホシザメ、ヒラメ、マコガレイなど肉基質たんぱく質の多い魚を煮魚にすると煮汁が冷えた場合にゲル化し、いわゆる“煮こごり”となる。“煮こごり”料理は周囲を海に囲まれた日本で昔から食されて来た伝統料理であり、熱い飯にかけたり、来客時のもてなし料理としたり、忙しいときの保存食とするなどその土地ごとで様々な食べ方が伝承されて来た。鶏肉、豚肉、牛肉などの獣鳥類を多く食してきたヨーロッパや中国大陸でも肉基質の多い肉が古くから西洋料理や中華料理のだし（素汁）素材として利用されており、特に鶏骨や豚皮は旨味成分を多く含みコラーゲン含量が高いため、スープ、ソースやゼリーの材料として広く使われている。“煮こごり”料理の特徴である滑らかな口当たりは、肉基質たんぱく質であるコラーゲンの3重螺旋構造がほどこけたゼラチンのゲル化によるところが大きいと言われ<sup>1)</sup>、そのおいしさはゲルのテクスチャーと煮汁に溶出した旨味成分および調味料との複合効果によると推察される。

本研究はこれまでにゲル状食品“煮こごり”を将来の嚥下障害者用食品として視野に入れ、“煮こごり”のゲル化成分であるゼラチンの基礎研究<sup>2-5)</sup>を行うとともに、材料の異なる“煮こごり”の物理学特性および調理学特性<sup>6-8)</sup>、ならびに抗酸化性<sup>9-11)</sup>について検討を行ってきた。さらに廃棄物のゼロ・エミッションに貢献することを目的として、未利用の水産加工残渣から“煮こごり”を調製し、それら“煮こごり”調製後の二次廃棄物である残渣も再度新たな食品素材や機能性素材として活用しようという研究も進めてきた<sup>12, 13)</sup>。

本論文では上記獣鳥類から得られるゲル状食品も“煮こごり”と称すことにし、これまでの一連の研究の中から得られた知見を、特に調理性と抗酸化性に注目して総括したものである。

1. “煮こごり”の調理性と物性<sup>10-12)</sup>

## (1) 材料別“煮こごり”の物性

“煮こごり”の材料として牛すね肉、豚すね肉、鶏手羽先（手羽中を含む）、マコガレイを用いた。

まず、“煮こごり”の材料となる各種生肉試料の組織構造の違いを調べるために、各種生肉試料内における水分子の挙動を<sup>1</sup>H-NMRの緩和時間から推定した。数多くのNMR分光法の中で<sup>1</sup>H-NMR分光法は化学構造の研究手段としてよく使われ、主として純粋な化合物の構造決定に用いられている。一般にNMR測定において緩和時間(T<sub>1</sub>)が長いことは水分子が遊離し自由に動き回れる状態にあることが示唆される。本試料のように自然界の魚や肉の水分系においては、緩和時間は含有されるカリウムやナトリウムイオンや他の成分の影響も無視しえないので、これらの成分及び含有量との関連性については今後詳細な検討を進めていく必要があると考えているが、試料の種類間で比較した場合 (Table 1), 牛すね肉は豚すね肉や鶏手羽先およびマコガレイに比べて緩和時間が短いことより、組織内でのたんぱく質と水の結合が強いことならびにたんぱく質の螺旋構造そのものが強靱であることが推測された。一方、魚のマコガレイは緩和時間が長いことから水分子の自由度が大きいことが推測された。これらの結果から各種試料間で形成する組織構造が異なることが推測された。

次に、牛すね肉、豚すね肉、鶏手羽先、マコガレイ各試料の水煮（調味料を加えていない水のみでの加熱）時間を変えて得られる“煮こごり”の破断強度測定を行い、得られた結果 (Fig. 1) より水煮時間の経過とゲル強度との関係を検討した。さらに、高齢者用食品に適した各材料毎の“煮こごり”ゲルの最適加熱時間を明らかにした<sup>9)</sup>。

牛すね肉はコラーゲンの多いとされる皮や骨部を含まない部位であることから120分の加熱では全くゲル化が認められず、240分まで加熱すると初めて弱いゲル化がみられ

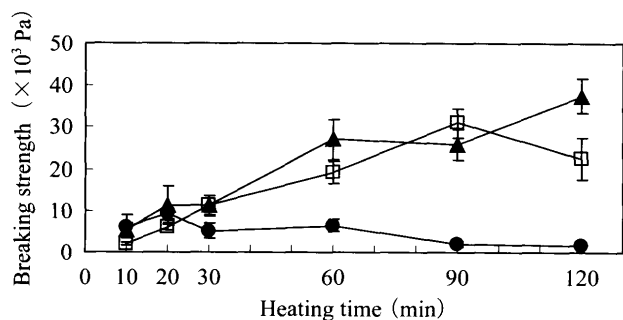
Table 1. Spin-lattice time (T<sub>1</sub>) of materials (raw meat) by <sup>1</sup>H-NMR

Beef (leg)	Pork (leg)	Chicken wing	Flatfish
1.3	1.6	1.7	1.8

Unit: sec

\* 東京家政大学

(Department of Food and Nutrition, Faculty of Home Economics)



**Fig. 1.** Effects of materials and heating times on the breaking strength of gels  
The beef sample did not form a gel even after 240 minutes.  
□ Pork (leg) ▲ Chicken wing ● Flatfish

た。そこで、高圧加熱法が結合組織の溶出に有効ではないかと考えて圧力鍋による加熱（強火5分+弱火20分）を試みたところ、ゲル化が観察された。一方、豚すね肉は試料に皮部を含むため90~120分加熱で最も硬いゲルを形成し、その後加熱を続けるとゲル強度は低下した。豚皮のたんぱく質は殆どコラーゲンからなりその中で不溶性コラーゲンが大部分を占めている。加熱することにより不溶性コラーゲンが可溶化し、その一部が溶出してくるとの報告<sup>14)</sup>があるように、本実験に於いてもコラーゲンの可溶化の程度は加熱時間に比例して増加することが明らかである。鶏手羽先やマコガレイは加熱初期から硬いゲルを形成した。特にマコガレイは20分加熱で最も硬いゲルを形成し、その後加熱を続けるに従いゲル強度は低下した。一方、鶏手羽先は長時間にわたって硬さが増加し安定したゲルを形成した。

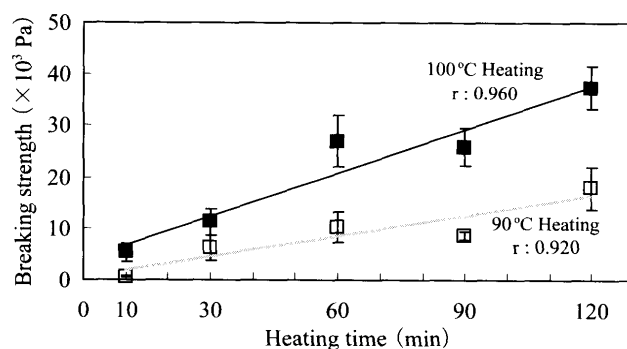
魚のコラーゲン含有量は魚種間の差が大きいため魚肉と獣鳥肉のコラーゲン含有量を比較することはできないが、一般的な傾向として、魚肉のコラーゲンは畜肉に比べて溶解性が高く、安定な分子間架橋結合が少ない<sup>15)</sup>と考えられている。そのため、魚肉のコラーゲンは変性・溶解しやすい特性があり、物性に対するコラーゲンの寄与が畜肉と異なると推測された。

## (2) “煮ごり”の溶出成分と力学的性質の変化

ここでは上記“煮ごり”材料の中から季節変動が少なく年間を通して安定した試料が入手しやすい鶏手羽先を取り上げ、加熱温度および加熱時間を変化させた“煮ごり”を調製し、各試料中のヒドロキシプロリン量、溶出たんぱく質の分子量分布およびコラーゲン分解生成物の $\alpha$ 成分の量とその変化を追跡し、物性と合わせて詳細な検討を行うことにした。

### 1) “煮ごり”ゲルのレオロジー特性

加熱温度（100℃ 強火加熱と90℃ 弱火加熱）および加熱時間（10, 20, 30, 60, 90および120分）を変えて調製した“煮ごり”の破断試験を行い、破断応力の変化をFig. 2に示した。

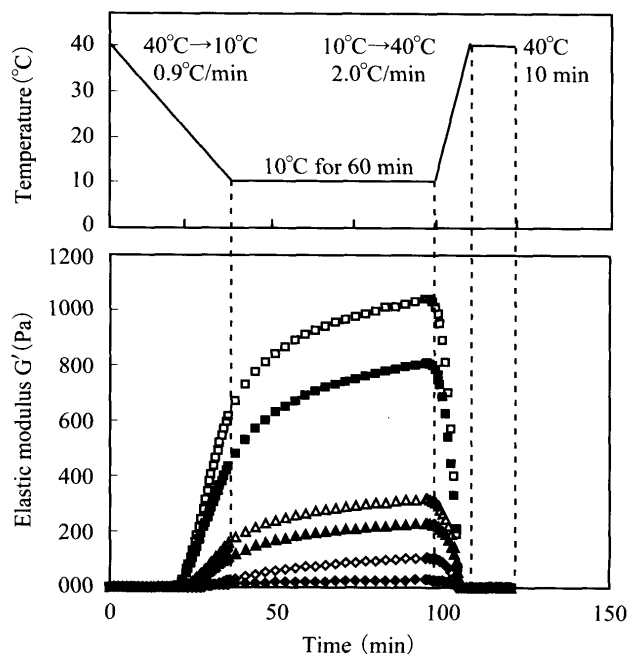


**Fig. 2.** Effects of heating temperature and heating time on the breaking strength of 'Nikogori' gels  
Symbol  $r$  in graph denotes the correlation coefficient obtained by the least-squares method.

100℃ 強火加熱、90℃ 弱火加熱共に加熱時間の経過に伴い有意に硬いゲルを形成した（100℃ :  $r=0.960$ , 90℃ :  $r=0.920$ ）。同じ加熱時間における破断応力は、100℃ 強火加熱の方が90℃ 弱火加熱に比べて硬いゲルを形成した。

次いで、動的粘弾性試験を行いゲル全体のネットワークの発達度を追跡した。100℃ で定時間加熱した各試料の動的弾性率および温度プログラムをFig. 3に、10℃ に達してから60分後の各試料の動的弾性率をFig. 4に示した。

Fig. 3より、試料ゾルの加熱時間が長いほど動的弾性率は増加し、ゲル全体のネットワークがより密になっていることが明らかとなった。また、Fig. 4の動的弾性率はFig. 2の破断応力と同様の傾向を示していたことから、本実験試料における大変形時の破断応力と微小変形時の動的



**Fig. 3.** Changes in the elastic modulus of 'Nikogori' sol during gelation, ageing, and melting processes in samples extracted at 100°C.

Heating time for extraction (min)  
◆ 10 ◇ 20 ▲ 30 △ 60 ■ 90 □ 120

## ゲル状嚙下食品“煮こごり”の調理性および抗酸化性の研究

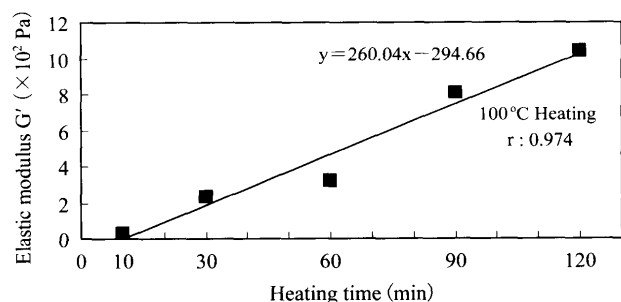


Fig. 4. Change in the elastic modulus of 'Nikogori' gels cooled for 60 min at 10°C, for samples extracted at 100°C. Symbol r in graph denotes the correlation coefficient obtained by the least-squares method.

弾性率の傾向が一致することが明らかとなった。そして、いずれの試料ゾルも冷却の進行に伴い弾性率が急激に上昇する点が見られるが、これはゾルからゲルへの変換過程を示している<sup>16,17)</sup>。Fig. 5はFig. 3のゾルからゲルへの変化過程を拡大して示したものである。弾性率が上昇する時期、すなわちゲル化開始時期およびゲル化温度は各試料により異なり、試料ゾルの加熱時間が長いほどゲル化温度は高い傾向を示すことが明らかとなった(Fig. 6)。このことから、加熱時間が長いほど生肉からのコラーゲン溶出量が増加し、試料ゾル中のゼラチン化が促進されていることが推測

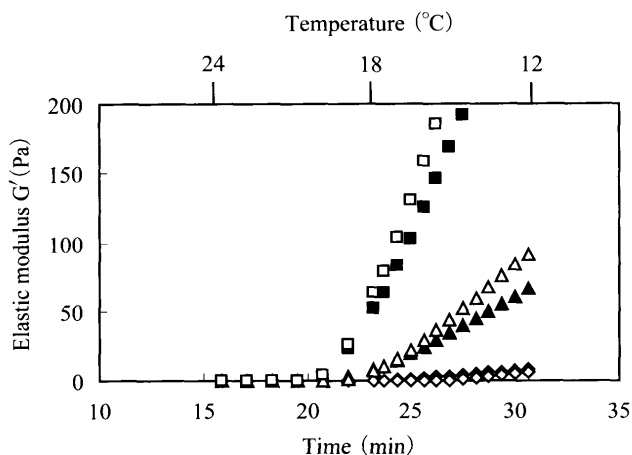


Fig. 5. Magnification of fig. 2 around the sol-to-gel transition. Heating time for extraction (min): ◆ 10 ◇ 20 ▲ 30 △ 60 ■ 90 □ 120

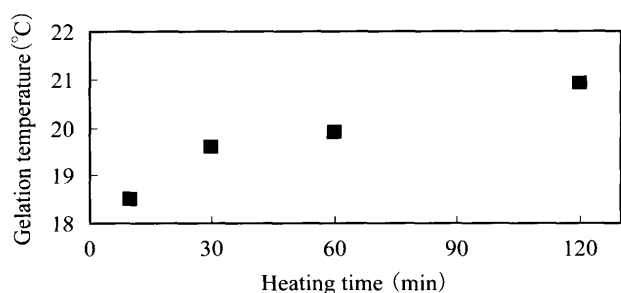


Fig. 6. Change in the gelation temperature with heating time. Heating temperature 100°C

された。実際に各試料ゾル中のヒドロキシプロリン量を測定したところ、ヒドロキシプロリン量はゲルの破断応力および動的弾性率と関連していることが示唆され、加熱時間が長くヒドロキシプロリン量が多いほど硬いゲルを形成することが明らかとなった。ゼラチンのゾル-ゲル変換については大川ら<sup>16,17)</sup>や高柳ら<sup>18)</sup>が既に報告しているように、これら現象はパーコレーション転移理論<sup>16,17,19,20)</sup>により説明できると考えられる。すなわち、ゼラチン濃度が高くなるにつれて平均分子間距離が小さくなるため、冷却の進行に伴い分子間結合を生じやすくなる。それと同時に、形成された架橋点間隔が小さいため、より密なゲルを形成すると推測された。融解過程(ゲルからゾルへの変換)においてはいずれの試料も昇温開始と同時に弾性率が減少することが明らかとなった。

90°C 弱火加熱試料においては100°C 強火加熱試料と比べて弾性率が小さくゲルを形成しにくいだが、100°C 強火加熱と同様の傾向が観察された。

## 2) 煮汁中に溶出したゼラチンの分子量分布

次に、ゲル化に関与する要因の一つであると考えられる“煮こごり”試料中のたんぱく質の分子量分布を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。

Fig. 7はポリアクリルアミドゲル5% および7.5% における100°C 強火加熱試料の分析結果を示したものである。

ゲル濃度5%のSDS-PAGEにはコラーゲンとミオシンを標準液に用いた。加熱10分で300 kDa, 200 kDa および100 kDaの部分に明らかなバンドが観察され、抽出されたたんぱく質の大部分がゼラチン化していることが明らかとなった。また、300 kDa および200 kDaのバンドは長時間加熱することによって減少し、明らかに低分子化が生じていることが観察されたため、低分子化の様子をより詳細に分析するためにゲル濃度を7.5%に変えて実験を行った。ゲル濃度7.5%のSDS-PAGEにはコラーゲン、ミオシン、アルブミン、ならびに分子量マーカーを標準液に用いた。

その結果、加熱時間の経過と共に分子量100 kDa以下のバンドが濃く観察され、加熱60分付近からたんぱく質の分子量は低分子側に移動していることが明らかとなった。これは主としてペプチド鎖の熱加水分解によるものと推測された。90°C 弱火加熱のSDS-PAGEはここには示していないが、100°C 強火加熱と同様の傾向を示した。しかし、100°C 強火加熱よりも分子量100 kDa以下へのバンド移動の程度が少ないことが明らかであった。このことは90°C 弱火加熱では100°C 強火加熱と比較してペプチド鎖の熱加水分解および不純物の含有量が少ないものと推測された。

以上の電気泳動分析結果より、“煮こごり”試料中の溶出成分にはたんぱく質が幅広い分子量で分布していることが明らかとなった。そこで、分子量とゲル化特性との関連

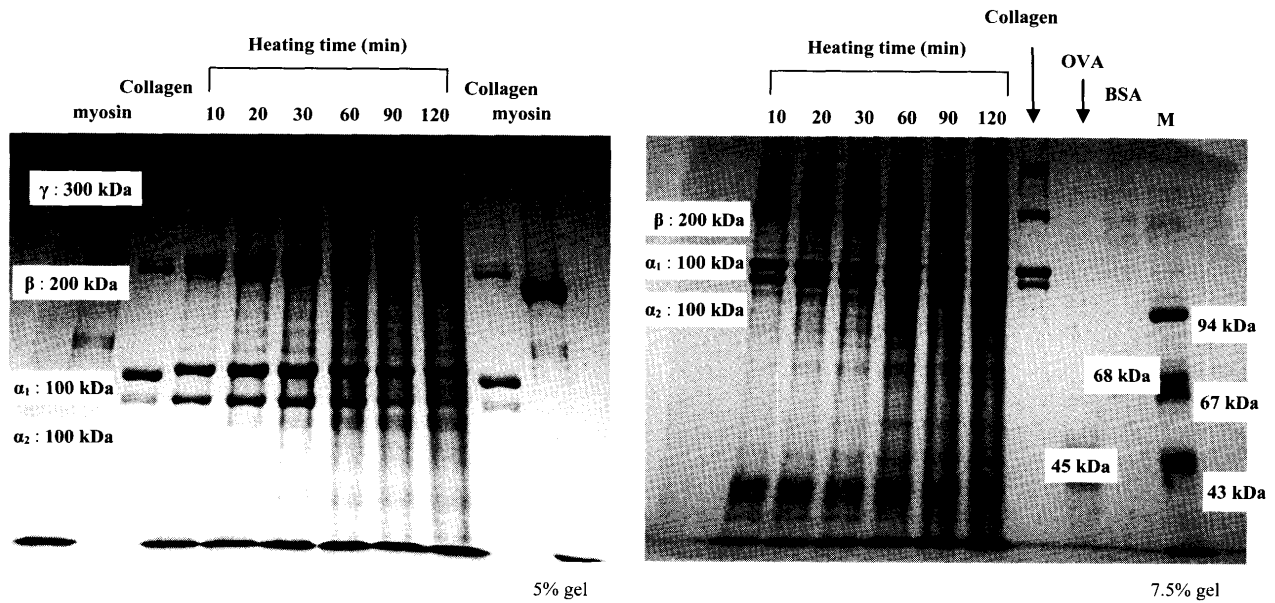


Fig. 7. SDS-PAGE patterns of 'Nikogori' sol at 100°C.  
 OVA: ovalbumin BSA: bovine serum albumin  
 M: molecular weight marker (94, 67, 43 kDa)

をさらに明らかにするために、各“煮こごり”ゾル試料をサイズ排除クロマトグラフィー (SEC) により分画し、加熱時間の異なる“煮こごり”試料と各成分との関係を検討した。

結果を Fig. 8 に示した。100°C 強火加熱における各試料の SEC 分画は保持時間 10~21 分までの間に観察された。

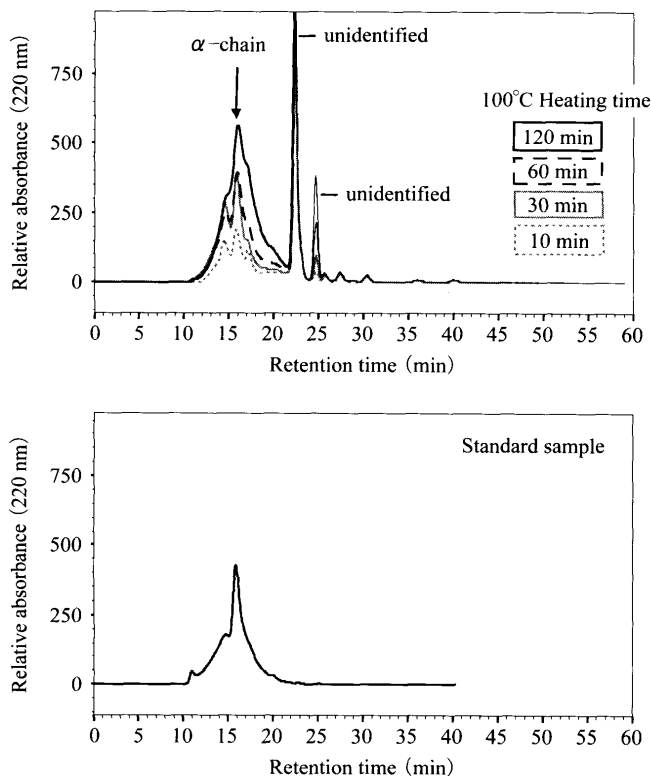


Fig. 8. Molecular weight distribution curve of 'Nikogori' sol with respect to the heating time determined with SEC

これは標準物質であるアルカリ処理低温抽出ゼラチンのそれと一致していた。試料ゾルの加熱時間が長いほど SEC 分画のピークが上昇し、抽出されたゼラチン量が増加していることが明らかとなった。この傾向はヒドロキシプロリン定量結果と一致しており、各試料ゾルの加熱時間に伴う SEC 分画の変化は電気泳動分析結果ともよく相関している。すなわち、加熱時間の経過と共に  $\alpha$  鎖 (保持時間: 約 17-21 分) ならびに  $\alpha$  鎖以下の分子量の増加が観察され、低分子化していることが示唆された。ここでは示していないが、90°C 弱火加熱の SEC 分画は 100°C 強火加熱と同様の傾向を示した。電気泳動分析結果でも観察されたように 90°C 弱火加熱は 100°C 強火加熱と比較して SEC 分画の程度も小さいことが明らかとなった。

### 3) “煮こごり”ゲルの力学的性質に及ぼす溶出成分の影響

これまでの分析結果から高温で長時間加熱することにより“煮こごり”のゲル形成は促進され、硬いゲルを形成することが明らかとなった。“煮こごり”の物理学的性質 (特にゲル化温度ならびにゲルの破断応力) にはいくつかの要因が寄与していると推測されるが、その最も重要な要因の一つが煮汁中に抽出されたゼラチン量であると考えられる。加熱時間の長い試料ゾルほど煮汁中のゼラチン濃度は増加し、ゲルの破断応力およびゲル化挙動との間に相関がみられた。また、ゼラチンゲルの物理学的性質はコラーゲンの構成成分である  $\alpha$  成分、 $\beta$  成分、 $\gamma$  成分の分子量分布の相違によっても異なることがよく知られている<sup>21-23)</sup>。そこで、本研究においてこれら分子量分布の影響を調べるために、加熱 20~120 分までの 100°C 強火加熱試料を加熱 10 分試料と同一のゼラチン濃度になるように水で希釈し、希釈後の各試料ゲルの破断応力を測定することによって試

## ゲル状嚥下食品“煮こごり”の調理性および抗酸化性の研究

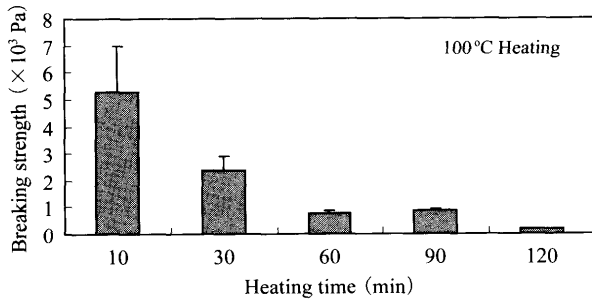


Fig. 9. Change in the breaking strength of gels with the same gelatin concentration as a function of time. Each sample was prepared with the same final gelatin concentration as that of the 10 min-boiling sample.

料ゾル中の分子量分布の影響を検討した。なお、ゼラチン濃度はヒドロキシプロリン量から推定した。

Fig. 9より、ゲルの破断応力は加熱時間の長い試料ほど低下した。このことから、長時間の加熱はゼラチンの熱加水分解や熱変性を促進させ、ゲル化能力を低下させることが裏づけられた。コラーゲンは、液温40℃位から徐々に水中に溶出し始め、60~65℃でもとの長さの1/3~1/4に収縮し、長時間加熱すると徐々に分解してゼラチン化する<sup>24)</sup>と言われている。本実験において加熱時間が長い試料ほどゲルの破断応力の低下が著しいことから、これは高温加熱によりコラーゲンが熱変性のみならず部分的な熱加水分解が多数生じたことに起因していると推察される。本実験におけるSECおよびSDSポリアクリルアミドゲル電気泳動分析より、90℃弱火加熱および100℃短時間加熱試料におけるたんぱく質の分子量分布は $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 成分が明確に観察されたが、これら成分は加熱時間の経過と共に分解され、異なる分子量分布パターンを示すことが明らかとなった。

以上のことから、“煮こごり”ゲルの物理学的性質はたんぱく質の分子量分布によっても異なり、それは抽出条件の相違から生ずるものと考えられた。長時間加熱によりたんぱく質の熱加水分解によって生じた遊離アミノ酸やペプチドはゲル化を阻害する一方で、食品に特有の旨みや香りを与えると考えられる。“煮こごり”の「おいしさ」の観点で考えるとこれら呈味成分の存在も大変重要である。呈味成分は調理条件による影響を受けるため、調理操作に留意する必要がある。今後、「おいしさ」の観点からこれら呈味成分の影響も視野に入れて検討していきたいと考えている。

### (3) “煮こごり”のゲル化に及ぼす調味料添加の影響

“煮こごり”は砂糖や醤油、酒などの調味料で味付けされたものを食するのが一般的である。また、魚肉や畜肉のテクスチャーを軟らかく仕上げるために食酢や焼酎などの調味料が使用されることもある。その場合、使用した調味料の種類によって得られる“煮こごり”ゲルの硬さは異な

ると考えられる。

そこで生肉からのコラーゲンの溶出やゼラチンの低分子化には煮汁のpHも深く関与していると推測された。この現象を明らかにするために“煮こごり”料理に使用される調味料のうちpHに影響すると考えられるワインビネガー、醤油、食酢を選び、それら調味料添加ゲルの影響を検討した。“煮こごり”材料には上述の(2)と同様に季節変動が少なく、和・洋・中国料理に広く使用される鶏手羽先を用いた。

赤ワインビネガー添加試料、醤油添加試料、食酢添加試料のpHはいずれも無添加の水煮熟料に比べ酸性側にあり、加熱時間の経過と共に硬いゲルを形成した(Fig. 10)。生肉にワインや食酢の調味料を加えて加熱すると、肉の等電点からpHが下がると共に、食酢や赤ワイン中のポリフェノールが肉の結合組織に作用し<sup>25)</sup>、その結果、加熱により変性したコラーゲンを溶出させやすくする<sup>26,27)</sup>ため、硬い“煮こごり”ゲルを形成したと推察された。

一方、調味料を加熱初期から添加した場合と加熱10分後に添加した場合では、“煮こごり”ゲルの物理学的性質が異なることも明らかとなった(Fig. 11)。特に食酢添加試料においては、食酢を加熱初期から添加した場合は先述のようにpHの低下が肉の結合組織に作用し、煮汁中にコ

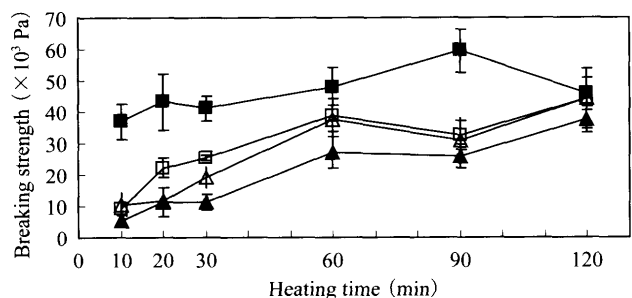


Fig. 10. Effects of added seasonings on the breaking strength of gels

▲ Control (Without seasoning, only with meat)  
△ Soy sauce (10 wt%) □ Rice vinegar (10 wt%)  
■ Wine vinegar (10 wt%)

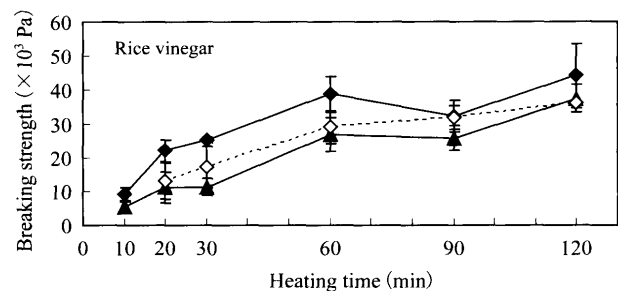


Fig. 11. Effects of the adding time of seasonings on the breaking strength

▲ Control (With out seasoning, only with meat)  
◆ Initial stage ◇ After 10 min

ラーゲンが溶出されやくなるため硬いゲルを形成したが、加熱 10 分後に添加した場合は熱加水分解によりコラーゲンの低分子化が生じていると共に pH の低下により既に溶出されているコラーゲン分解物のゲル化が阻害されるため軟らかいゲルを形成すると考えられた。この現象はコラーゲン分解物であるゼラチンの基礎研究<sup>2)</sup>で明らかにしているように、ゼラチン分子の荷電状態に反映されて分子間のネットワークが妨げられたためと考えられた。

砂糖や酒などの調味料添加時期の結果はここでは示していないが、添加時期によって“煮こごり”ゲルの破断応力や動的弾性率が異なったことから、“煮こごり”ゲルの物性は添加する調味料の種類および時期の影響も受けることが明らかとなった。

## 2. “煮こごり”の抗酸化性<sup>13-15)</sup>

近年、コラーゲンペプチド及びゼラチンの経口摂取が生体へ及ぼす作用についての研究論文<sup>28-30)</sup>が多数報告されていることから、本研究対象としている“煮こごり”もコラーゲン分解物であるため生体調節機能を有するのではないかと推測された。そこで、健康機能面から“煮こごり”の抗酸化性を取り上げ、化学発光 (AAPH-CL) 法及びスピントラップ ESR (Election spin resonance) 法を用いて、活性酸素の中でも体内における損傷が特に大きいとされるペルオキシラジカルおよびヒドロキシラジカル捕捉活性の測定を行った。結果は IC<sub>50</sub> 値で示した。IC<sub>50</sub> 値とはコントロールのリン酸緩衝液による発光値を半分に減少させる“煮こごり”試料の最終濃度であり、この数値が小さいほど抗酸化性が強いことを示している。

### (1) 化学発光法によるペルオキシラジカル捕捉活性

生体内で発生する活性酸素のペルオキシラジカルは不飽和脂肪酸が酸化される際に生じ、次々と新しい不飽和脂肪酸に酸化の輪を広げて細胞膜や核膜を損傷すると言われている。材料の違いによって“煮こごり”の IC<sub>50</sub> 値に差が見られることが明らかとなった。すなわち、各種“煮こごり”のラジカル捕捉活性はスルメイカ (IC<sub>50</sub> 値: 0.163%) > マコガレイ (同 0.534%) > 鶏手羽先 (同 0.585%) > 牛すね肉 (同 0.655%) > ブリ (同 0.659%) > サバ (同 0.789%) の順で、各種“煮こごり”の IC<sub>50</sub> 値を平均すると 0.564% となり、非常に少量でもラジカルの発生を抑制することが明らかとなった。これら“煮こごり”試料間のラジカル捕捉活性の相違は“煮こごり”中に含まれる抗酸化活性成分の相違によるものなのか、あるいは抗酸化活性成分の含有量の相違によるものなのか今後さらに検討が必要であるが、“煮こごり”はそれ自体に高い抗酸化性を有し、脂質過酸化を抑制することが示唆された。

### (2) スピントラップ ESR 法によるヒドロキシラジカル捕捉活性

生体内で発生する活性酸素のヒドロキシラジカルは生体

脂質膜を構成している不飽和脂肪酸などを酸化し、DNA に損傷を与え、老化や癌などの生活習慣病を引き起こす大きな原因となる。本実験試料の各種“煮こごり”のヒドロキシラジカル捕捉活性は、スルメイカ (IC<sub>50</sub> 値: 0.685%) > マコガレイ (同 1.165%) > ブリ (同 1.178%) > 牛すね肉 (同 1.408%) > 鶏手羽先 (同 1.575%) > サバ (同 2.394%) の順となり、材料の違いによって IC<sub>50</sub> 値に差が見られた。いずれの試料も先のペルオキシラジカル捕捉活性と同様に高いヒドロキシラジカル捕捉活性を有していた。特にスルメイカを材料とした“煮こごり”は他に比べ、高いヒドロキシラジカル及びペルオキシラジカル捕捉活性を有していることが明らかとなった。以上の結果より“煮こごり”の抗酸化成分として魚肉組織から溶出したコラーゲン、すなわちコラーゲン分解物であるゼラチンが主成分であるのではないかと推測した。そこで、鶏手羽先を試料とした“煮こごり”とその“煮こごり”から抽出したゼラチンの各々の IC<sub>50</sub> 値を測定したところ (鶏煮こごり: 1.187%, 鶏ゼラチン: 1.097%), ヒドロキシラジカル捕捉活性が互いに類似していることが明らかとなった。したがって“煮こごり”由来のコラーゲン分解物はヒドロキシラジカルおよびペルオキシラジカル捕捉活性に大きく寄与していることが示唆された。

## おわりに

今日の高齢社会において、“煮こごり”は吸収特性の優れたたんぱく質給源や水分補給源としてだけでなく、健康機能面からも高齢者や咀嚼嚥下困難者に適した食べ物として見直されつつある料理である。本研究からも“煮こごり”には幅広い分子量分布のたんぱく質が存在していることが明らかとなり、食材、加熱時間・温度および添加調味料などの調製条件を確立することによって高齢者用食品に適した硬さのゲル状食品として調製できることが示唆された。さらに、“煮こごり”は活性酸素のペルオキシラジカルおよびヒドロキシラジカルの高い捕捉活性を有していることも明らかとなった。

近來の高齢化社会における QOL の向上のために有用な食品開発が緊急に望まれる状況の中で、物性面、健康機能面、嗜好面からの検討を行い保存性と利便性をそなえた“煮こごり”を開発していくことは、高齢者用食品として大いに期待できるものと考えられる。

最後に、本研究を遂行するにあたり終始ご指導とご支援を賜りました東京家政大学 長尾慶子教授に深く感謝申し上げます。また研究を進めるにあたり、共同研究者の皆様ならびに学内外の多くの方々にご多大なるお力添えとご助言を賜りました。紙面をお借りして、心より厚くお礼を申し上げます。

## 文献

- 1) 山崎歌織, 外西壽鶴子, 加藤和子, 河村フジ子 (2000), 材料及び水煮時間が煮ごりの品質に及ぼす影響, 日調科誌, **33**, 31-36
- 2) S. Takayanagi, T. Ohno, N. Nagatsuka, Y. Okawa, F. Shiba, H. Kobayashi and F. Kawamura (2002), Effect of Concentration and pH on Sol-Gel Transition of Gelatin, *J. Soc. Photogr. Sci. Technol. Jpn.*, **65**, 49-54
- 3) 永塚規衣, 大野隆司, 大川祐輔, 河村フジ子, 長尾慶子 (2003), ゼラチン溶液のゲル化に及ぼす要因—糖及びアルコール添加の影響—, 日調科誌, **36**, 364-369
- 4) 永塚規衣, 松下和弘, 仁科正実, 大川祐輔, 大野隆司, 長尾慶子 (2004), 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
- 5) 永塚規衣, 松下和弘, 仁科正実, 大川祐輔, 峯木真知子, 長尾慶子 (2004), 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
- 6) 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 (2005), 煮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
- 7) 永塚規衣, 大川祐輔, 木元幸一, 長尾慶子 (2006), “煮ごり”のゲル化の研究—調味料添加の影響—, 日本食生活学会誌, **16**, 320-326
- 8) Norie Nagatsuka, Yusuke Okawa, Kouichi Kimoto, Keiko Nagao: A study on gelation of chicken “Nikogori” (jelly-shaped food) (2006), Change of soluble components and rheological properties under several heating conditions, *J. Home Econ. Jpn.*, **57**, 453-460
- 9) Norie Nagatsuka, Kazuki Harada, Mami Ando, Keiko Nagao (2005), 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
- 10) Norie Nagatsuka, Kazuki Harada, Mami Ando, Keiko Nagao (2006), Measurement of the radical scavenging activity of chicken jelly soup, a part of the medicated diet, ‘Yakuzen’, made from gelatin gel food ‘Nikogori’, using chemiluminescence and electron spin resonance methods, *Int. J. Mol. Med.*, **18**, 107-111
- 11) 永塚規衣, 原田和樹, 安藤真美, 長尾慶子 (2007), 化学発光 (ケミルミネッセンス) 法による醤油添加“煮ごり”のラジカル捕捉活性効果—“煮ごり”材料及び醤油の種類による影響—, 日調科誌, **40**, 179-183
- 12) Norie Nagatsuka, Kumi Sato, Kazuki Harada, Keiko Nagao (2007), Radical scavenging activity of ‘Nikogori’ gelatin gel food made from head, bone, skin, tail and scales of fishes measured using chemiluminescence method, *Int. J. Mol. Med.*, **20**, 843-847
- 13) 永塚規衣, 小松あき子, 原田和樹, 長尾慶子 (2009), 鮭の頭で調製した“煮ごり”残渣部の食品への利用—残渣入りパウンドケーキの嗜好性と抗酸化性の検討—, 日調科誌, **42**, 404-409
- 14) 塩田教子, 松岡麻男 (1986), 高圧加熱による豚の角煮の物性とその皮のタンパク質の動向, 調理科学, **19**, 58-63
- 15) 新井健一 (1989), 水産動物筋肉蛋白質の比較生化学, 恒星社厚生閣, 東京, pp. 88-89
- 16) Y. Okawa, W. Komuro, H. Kobayashi and T. Ohno (1997), Rheological Study on Gelatin Gelation, *Imaging. Sci. J.*, **45**, 197-200
- 17) 大川祐輔, 井口恭, 小林裕幸, 大野隆司, 松田浩之 (1996), 動的粘弾性測定および示差走査熱量測定によるゼラチンのゲル化過程の研究, 日写, **59**, 439-443
- 18) S. Takayanagi, T. Ohno, Y. Okawa, F. Shiba, H. Kobayashi and F. Kawamura (2000), Sol-gel transition of a mixture of gelatin and  $\kappa$ -carrageenan, *Imaging. Sci. J.*, **48**, 193-198
- 19) Djabourov, M., Maquet, J., Theveneau, H., Levlond, J. & Papon, P. (1985), Kinetics of gelation of aqueous gelatin solutions, *Br. Polym. J.*, **17**, 169-174
- 20) Djabourov, M., H., Levlond, J. & Papon, P. (1985), Gelation of aqueous gelatin solutions. II. Rheology of the sol-gel transition, *J. Phys. (Paris)*, **49**, 333-343
- 21) Gomez-Guillen, M. C., Gimenez, B., & Montero, P. (2002), Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species: a comparative study, *Food Hydrocolloids*, **16**, 25-34
- 22) Gomez-Guillen, M. C., Gimenez, B., & Montero, P. (2005), Extraction of gelatin from fish skins by high pressure treatment, *Food Hydrocolloids*, **19**, 923-928
- 23) Sims, T. J., Bailey, A. J., & Field, D. S. (1997), The chemical basis of molecular weight differences in gelatins, *Imaging. Sci. J.*, **45**, 171-177
- 24) 山崎清子, 島田キミエ, 渋谷祥子, 下村道子 (2003), 調理と理論, 同文書院, 東京, pp. 351
- 25) Okuda, K., and Ueda, R. (1993), Comparison of the Effects of White and Red Wines on Beef Round Texture, *J. Home Econ. Jpn.*, **44**, 1007-1020
- 26) 南出隆久, 横山みき, 畑明美 (1996), 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
- 27) 畑江敬子 (2002), 牛肉の加熱調理に伴う変化, 食肉の科学, **43**, 121-129
- 28) 大塚龍郎 (2000), コラーゲンペプチドの機能と応用に関する最新動向, 食品加工技術, **20**, 125-132
- 29) Nagler Anderson, Loretta A. Bober, M. Elizabeth Robinson, Gregory W. Siskind, and G. Jeanette Thorbecke (1986), Suppression of type II collagen-induced arthritis by intragastric administration of soluble type II collagen., *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **83**, 7443-7446
- 30) 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 (2003), 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