“煮こごり”のゲル化の研究 —材料及調理条件の影響について—

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*

(*東京家政大学, **埼玉医科大学)

A gelation study of “Nikogori” — Effects of choosing materials and cooking conditions —

Norie Nagatsuka*, Asami Kaihou*, Mayumi Kurauchi*, Kazuhiro Matsushita**,
Masami Nishina**, Keiko Nagao*

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

**Department of Immunity, Saitama Medical School, 38 Hongo, Moro, Moroyama-cho, Iruma-gun, Saitama
350-0495

*〒173-8602 東京都板橋区加賀 1-18-1

**〒350-0495 埼玉県入間郡毛呂山町毛呂本郷 38

When fish or meat with collagen is boiled down and cooled, the obtained juice contains a significant amount of gelatine, hardens and forms a gel called “Nikogori”, whose deliciousness is due to its unique texture.

A series of measurements was conducted to clarify the effects of the components and the cooking condition on the physical properties of “Nikogori”. We examined the lightness, pH, rupture characteristics, ¹H-NMR and ¹⁷O-NMR data.

As a result, the mechanical properties of the “Nikogori gel” were found to be dependent on the material, the boiling time and the presence of seasonings such as wine vinegar, soy sauce or rice vinegars. We postulated that the difference in the heating times and pH of the solution had an influence on the solubilization of the collagen. The fish (flatfish) formed a gel after a short heating time, and gel strength decreased after a 20minute heating time. The pork shanks formed a gel firmer than the fish one, and the strength of its gel was a maximum after 90 to 120 minutes of heating. The end of the chicken wing particularly produced a stable and strong gel during a long heating. On the other hand, the cow shanks without any bone and hide did not form a gel even after 240minutes. It was suggested on the basis of the NMR result that factors other than the collagen influenced in the physical properties of “Nikogori”.

1. 緒 言

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。その中でほしぎめ、ひらめ、まがれい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」となり、昔から煮こごり料理として食されている^{1)~4)}。その他、広島県の北部備北地方ではワニ（この地方での「ワ

ニ」と呼ばれているものは、板鰐類の「サメ（鮫）」又は「フカ（鱧）」のことである。）の頭で煮こごりを作り、「ワニ料理」の一つとして現在も伝承されている⁵⁾。

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陆では、肉基質の多い肉が古くから中華料理や西洋料理のだし（素汁）素材として利用され、香味野菜や香辛料とともに静かに煮込むことで、その味はひととき美味になるのは周知のことである。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。日本の「煮こごり」料理によく似たものに、中華料理では煮汁のゲル化をおいしさの特徴とした「龍鬚扒熊掌」や「湯包」などがあり^{6),7)}、西洋料理では濃厚に煮出した素汁をゲル化させた「ゼリースープ」⁸⁾がみられる。その他、コラーゲンのゼラチン化を利用した加工品としてのコールドミート、コンビーフ、牛肉の大和煮（肉を醤油、砂糖、みりん、しょうがなどを混合した調味液で煮て缶詰にしたもの）などは、肉の筋の多い部分で作られている⁵⁾。すなわち、冷たいまま食べる牛肉料理は脂身の少ない部分を用いるため、肉質がばさつかないように筋の多い部分を加えて加熱し、ゼラチン質のとりみを利用している。

以上のように「煮こごり」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重螺旋構造がほどけたゼラチンのゲル化によるところが大きいといわれ³⁾、そのおいしさはゲルのテクスチャーと煮汁に溶出したうま味成分との複合効果によると推察される。

現在では、ゼラチン粉末を用いて簡略化して作られた「煮こごりもどき」料理が、大量調理の現場や介護食の現場で多く作られている¹⁰⁾。また本格的なフランス料理のレシピに於いても、煮汁が自然に固まるまで置くと身が硬くなり風味を損なうという理由から、煮汁にゼラチンが加えられる¹¹⁾方法も一般的にみられる。

我々はゼラチンのゲル化の基礎的研究^{4),12)~14)}と共に煮こごり料理のおいしさに興味を持ち実験を続けているが、本報では特に各種煮こごりの材料及び調理条件が煮こごりゲルの物性に及ぼす影響について検討していくつかの知見を得たので報告する。

2. 実験方法

(1) 実験材料

試料として牛すね肉（長野産）、豚すね肉（沖縄産）、ブロイラーの鶏手羽先（手羽中も含む、岩手産）、東京シャモ地鶏手羽先（手羽中も含む、東京産）、まこがれい（茨城産、水揚げ9月）を用いた。試料はごく新鮮なものを都内の専門肉店より購入し、直ちに実験室に運び試料調製を行った。なお、牛すね肉は一般販売用の、骨及び皮部を含まない部位であり、なお、東京産地鶏は東京都畜産試験場に屠殺解体したものを直接購入した。調味料は、一般的な市販品であるワインビネガー（赤）、醤油及び米酢を用いた。

(2) 試料調製

1) ゾルの調製 牛すね肉、豚すね肉、鶏手羽先（地鶏、ブロイラー）、まこがれい各々50gを約1cmの角切りにし、耐熱ビーカー500ml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となるように調整し煮こごりゾル試料とした。さら

に上記の鶏手羽先（ブロイラー）については、赤ワインビネガー、醤油、酢を各々内割りで煮汁の10%添加した調味料添加ゾル試料も同様に調製した。

なお、NMR測定には生肉及び煮こごりゾル試料の両方を用い、それらをNMRチューブ10mm管に高さ約2cmまで注入した。

2) 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、煮こごりゲル試料とした。

(3) 実験方法

1) ¹H-NMR及び¹⁷O-NMRによるスピン—格子緩和時間(T₁)の測定 牛すね肉、豚すね肉、ブロイラー鶏手羽先、まこがれいの各生肉試料及び煮こごりゲル試料についての水分子の挙動を追跡するために、¹H-NMR及び¹⁷O-NMRのスピン—格子緩和時間(T₁)測定を行った。装置は日本電子株式会社JNM-EX400 FT-NMRを用いた。測定条件は既報^{4),12)}に準じ、測定温度21℃±2℃、測定周波数54.196MHzとした。¹H-NMR及び¹⁷O-NMRの緩和時間(T₁)は、180°-t-90°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。

2) 破断特性の測定 レオメーター（株式会社、RE2-33005）及び自動解析装置（株式会社、BAS-33005-16）を用いて、各試料ゲルの破断荷重を求めた。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。測定試料数は10~16個とし、その平均値を求めた。

3) pH測定 pHメータ（株式会社、F-11）を用いた。

4) 透過色(L値)測定 測色色差計（日本電色工業株式会社、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。

3. 結果及び考察

(1) ¹H-NMRを用いての煮こごり材料（生）のスピン—格子緩和時間(T₁)

NMR分光法において食品類の観測対象とされる核種には¹H、¹³C、¹⁷O、²³Na、³¹P核などがあるが、これらの中でも特に¹H、²³Na、³¹P核は天然にほぼ100%存在する上に、NMR信号の検出感度が高いことから、目的のNMRスペクトルが数分以内に得られるという特徴がある。NMR分光法の中でも、¹H-NMRと¹³C-NMR分光法が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きたため、煮こごりの材料となる各種生肉試料内における水分子の挙動を先ず¹H-NMRの緩和時間から推定することにした。結果を表1に示した。

一般にNMR測定において緩和時間(T₁)が長いこ

表1 材料(生)の¹H-NMRのスピン-格子緩和時間(T₁)

牛すね肉	豚すね肉	鶏手羽先 (プロイラー)	まこがれい
1.3	1.6	1.7	1.8

単位: sec

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。試料の種類間で比較した場合、牛すね肉は他の豚肉や鶏肉及び魚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と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、魚のまこがれい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察されたので、煮こごり素材となる食材の種類や調理条件が煮こごりの物性に及ぼす影響について以下の実験から検討することにした。なお、本試料のように純粋でない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、今後これらの成分及び含有量との関連性についても詳細な検討を進めていく必要があると考えている。

(2) 材料の種類及び水煮時間の違いがゲル強度に及ぼす影響

牛すね肉、豚すね肉、プロイラー鶏手羽先、まこがれい各試料の水煮時間を変えて得られたゲルの破断測定を行い、得られた結果(図1)より水煮時間の経過とゲル強度との関係を検討した。

動物の皮、骨、結合組織等に多く含まれる硬たんぱく質コラーゲンは加熱により熱水分解しゼラチンに変化していくが、この変化の状況が食品加工や調理における製品の食味や性状に大きな影響を与えていると考えられている。右田ら¹⁵⁾は“こいこく”の実験においてコラーゲンからのゼラチンの溶出が、汁の味に“こく”を与えていることを報告している。また、田島ら¹⁶⁾は牛肉スープストックの調製において、牛肉からスープストックへ溶出する成分は主にエキス分、無機質、脂肪及び筋肉たんぱく質の一部であるとし、筋肉たんぱく質のうちの筋漿たんぱ

図1 材料及び水煮時間の違いがゲルの硬さに及ぼす影響
*牛すね肉試料は120分加熱では測定不能、240分でゲル化

く質はスープストック調製時にあく成分へ移行すること、スープストック中には筋原繊維及び結合組織たんぱく質に由来するたんぱく質が存在することを報告している。

図1で明らかなように、本実験試料の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、ゲル化がみられた。

一方、豚すね肉は皮部を含むために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ん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おり、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¹⁷⁾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。

鶏手羽先やまこがれいは、加熱初期から硬いゲルを形成した。特にまこがれいは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低下した。一方、鶏手羽先のゲル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¹⁸⁾と考えられている。そのため、魚肉のコラーゲンが変性・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。

また我々の精製ゼラチンでの基礎研究から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^{3), 13), 19)}と推測されたことから、本実験の煮こごり各材料ゾルのpHを測定した。

(3) 材料の種類及び水煮時間と煮汁のpH値との関係

表2は各材料ゾルの水煮時間とpH値の変化を示したものである。

その結果、いずれの煮こごり材料から得られたゾルのpHも長時間加熱によりやや低下した。pHがゼラチンゾル及びゲルの物性に影響を及ぼすことはこれまでの一連の研究からも明らかである¹³⁾。アルカリ処理ゼラチンの等電点付近(pH5)ではゼラチン分子はヘリックス

表2 材料及び水煮時間と煮汁のpH値の変化

加熱時間 (min)	10	20	30	60	90	120
牛すね肉	5.95	5.97	5.98	5.92	5.89	5.87
豚すね肉	6.27	6.32	6.30	6.22	6.20	6.14
鶏手羽先 (プロイラー)	6.65	6.62	6.59	6.53	6.45	6.43
まこがれい	6.20	6.25	6.18	6.03	5.94	5.94

を形成しやすいが、pH が等電点より離れた領域では分子の荷電が分子間のネットワークを妨げるためヘリックスは形成されにくい¹³⁾。しかし、ヘリックスを形成しやすいゼラチンの等電点付近はゼラチン分子は広がらずに糸まり状態となるため溶液全体にゲルのネットワーク化が起こりにくい¹³⁾と考えられる。肉類、赤身の魚及び白身の魚の等電点はそれぞれ pH 5 付近、pH5.6~5.8及び pH6.0~6.2である²⁰⁾が、本実験結果からみるとコラーゲンの低分子化には魚肉自体の等電点よりも溶液の pH が深く関与していると推測された。コラーゲンの低分子化は中性付近では遅く、酸性及びアルカリ性下ではいずれも速やかに進行するとの報告³⁾がある。本実験の各材料ゾルの pH も弱酸性側にあることから、それら pH の差がコラーゲンの低分子化現象に影響していると考えられた。そこで、これら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、米酢を選び、それら調味料添加ゲルの影響を検討した。試料は上記煮こごり材料のうち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用いることにした。結果を図 2 及び表 3 に示した。

赤ワインビネガー添加試料、醤油添加試料、米酢添加試料の pH はいずれも無添加の水煮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。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²¹⁾、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^{19), 22)}ため強固な煮こごりゲルを形成したと推察した。妻鹿ら²³⁾は牛肩肉を1.5%酢酸溶液に浸漬した時の肉が軟化する機構として、肉の pH が低下し筋肉内プロテアーゼ活性が高まり、筋原繊維たんぱく質ミオシンが分解されるためであると、肉の等電点域から離れることにより肉の保水性も向上し、軟らかくなると報告している。実際にイワシなどの小魚を煮るときに食酢や梅干しなどを加えて煮ると骨まで軟らかくなり、丸ごと食べることができるのは経験的に知られている事実である。以上のように肉組織が軟化することで液中に溶出されるコラーゲン量も増加すると推察された。次に地鶏である「東京シャモ」とブロイラー飼育法による鶏手羽先を用い、鶏の品種（飼育法）の違いが煮こごりゲルの物性に及ぼす影響について検討した（図 3）。破断強度の測定値では30分までの短時間加熱では地鶏の方がコラーゲン溶出量が多く硬いゲルを形成したと考えられる。一般に東京シャモは肉質が硬く、ブロイラーは軟らかいと言われているが²⁴⁾、本研究の煮こごりゲルにおいても短時間の加熱では両者に差が見られた。しかし、90分~120分の長時間加熱では両者は同程度の数値を示した。また、鶏手羽先の中で煮こごりゾルのゲル化に大きく寄与している部位を知るために手羽先を皮・肉・骨の三部分に分けた煮こごりゲルを調製し、部位別のゲル強度を検討した（図 4）。試料は

▲ 水煮試料 (調味料無添加) △ 醤油10%添加試料 □ 酢10%添加試料 ■ 赤ワインビネガー 10%添加試料
* 試料：鶏手羽先(ブロイラー)

図 2 各種調味料添加がゲルの硬さに及ぼす影響

表 3 各種調味料添加が煮汁の pH に及ぼす影響

加熱時間 (min)	10	20	30	60	90	120
対 照*	6.65	6.62	6.59	6.53	6.45	6.43
赤ワインビネガー 添加	4.99	5.22	5.37	5.64	5.77	5.86
醤油添加	6.30	6.32	6.31	6.21	6.14	6.08
酢 添 加	5.31	5.51	5.69	5.89	5.98	6.03

* 試料はいずれもブロイラーを使用
対照：水煮（調味料無添加）

△ 東京シャモ地鶏手羽先 ▲ ブロイラー鶏手羽先
図 3 品種差及び水煮時間の違いがゲルの硬さに及ぼす影響

▲ 皮部 △ 骨部 ● (肉+骨)部 ○ 肉質部のみ
* 試料：鶏手羽先(ブロイラー)

図 4 鶏手羽先の部位別に抽出した煮こごりゲルの硬さの比較

図5 材料及び水煮時間が煮汁の透明度に及ぼす影響

鶏ブロイラーを用いた。その結果、骨よりも皮部分が最も硬いゲルを形成することがわかり、煮こごりゲル強度に皮部が大きな影響を与えていることが明らかとなった。

以上よりこれら煮こごりゲルの物性は材料中の総コラーゲン量、煮汁中への溶出コラーゲン量及び熱水分解したゼラチン濃度が関与していると考えられた。

(4) 材料の種類及び水煮時間と煮汁の透明度 (L 値) の変化

また、水煮時間が長くなるとコラーゲン以外の油脂や水溶性成分の溶出量などが増加すると考えられる。図5は各煮こごり材料から調製したゾルの水煮時間と透明度の変化を示したものである。いずれの試料も長時間の加熱によって煮汁の透明度が低くなり、濁度が増加した。筋肉内の脂質は結合組織に貯えられており、コラーゲン組織が加熱によって弱体化すると脂質は煮汁中へ溶出してくる。加熱による煮汁の透明度の低下は材料からの油脂や水溶性たんぱく質の溶出が増加することと、長時間の水煮によって遊離した油脂が液の対流による攪拌現象によりエマルジョン状となって分散することが原因と推察された。そこで、油脂や他の成分が溶出された煮こごりゲル中の水分子の挙動を調べるために NMR による緩和時間 (T_1) の測定を行った。

(5) 試料ゲルの ^{17}O -NMR のスピン-格子緩和時間 (T_1) 測定結果

先ず ^1H -NMR による測定を試みたが煮こごりゲルは水分含量が多いため有意な結果が得られなかった。この理由として、 ^1H 核は検出感度も高くほとんどすべての有機代謝物に含まれるので、この偏在性が逆にスペクトルの分離を阻害し、生体内に多量に存在する水の巨大な信号が他の微量代謝物の観測の妨害となるため、単純測定では有意の情報を得られない²⁵⁾ことによると考えられた。そこで天然存在比に低い ^{17}O 核からスピン-格子緩和時間 (T_1) を測定し、含有水分中の分子運動の相対的自由度を測定しようと試みた。結果を表4に示した。

一般に、溶液中では分子運動が抑制されるとスピン-格子緩和時間 (T_1) も短くなる傾向にある。いずれの試料も長時間加熱によって緩和時間が短くなる傾向がみ

表4 材料及び水煮時間の違いが煮汁の ^{17}O -NMR のスピン-格子緩和時間 (T_1) (ms-ec) に及ぼす影響

加熱時間 (min)	10	30	60	120
牛すね肉	6.7	6.4	6.5	6.2
豚すね肉	6.5	6.4	6.2	6.2
鶏手羽先 (ブロイラー)	6.5	6.1	5.9	5.8
まこがれい	6.5	6.5	6.2	6.2

単位 : msec

られたことから、既報^{4),12)}のように試料ゲル中のたんぱく質の高次構造とその周りの水分子の状態変化とに密接な関係があるのではないかと推測し以下のように考察した。

繊維状たんぱく質であるコラーゲンは3本のほとんど等しいポリペプチド鎖がいっしょになってゆるやかな右巻きのヘリックスを形成し、棒状の構造を作っている。またコラーゲン分子中には疎水基がそれほど多く含まれていないことからコラーゲンの安定性には水素結合が関与し、水との相互作用が高次構造の安定性に本質的な寄与をなしていると考えられる²⁶⁾。さらに、コラーゲンのヘリックス構造に寄与しているのは、分子内水素結合だけではなく、コラーゲン中のヒドロキシプロリンによって安定化された水 (ヒドロキシプロリン1個当たり4分子の水) であると考えられている²⁶⁾。加熱時間の経過に伴い生肉から溶出するヒドロキシプロリン量は増大すると推測される。しかし、本研究での NMR 測定結果から材料間での緩和時間を比較すると、緩和時間と煮こごりゲル強度との関連性が低いことから、試料ゲルの水分子の自由度にはコラーゲン以外の他の要因も関与していると推測された。生体系は複雑でその中にカリウム、ナトリウムなどのイオンや中性分子、生体高分子などが溶解しており、それぞれの分子が特有な形で水と相互作用している。したがって、煮こごり材料の(1) ^1H -NMR の結果 (p.248) でも記したようにこれらについての詳細な検討が必要である。煮こごりゲル中の水分子の動態はコラーゲンだけではなく、これらの物質と水との相互作用を反映していると考えられた。

今日の高齢社会に於いておいしい嚥下食への需要が増々高まってきているが、栄養面や吸収特性のすぐれたたんぱく質給源としての“煮こごり”について、今後より多面的で詳細な研究が望まれる。

4. 要 約

“煮こごり”の材料及び調理条件がゲル化に及ぼす影響を明らかにするために、pH 測定、透過色測定、レオメーターによる力学的測定及び NMR によるスピン-格子緩和時間 (T_1) の測定を行い、得られた知見を以下にまとめた。

1) 煮こごりとなる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影響を与えることが明らかとなった。魚(まこがれい)は短時間加熱でゲル化し、加熱時間20分を境にゲル強度は低下した。豚すね肉は魚よりもより強固なゲルを形成し、加熱時間90~120分で最大となった。鶏手羽先は魚と同様、加熱初期からコラーゲンが溶出されやすく、加熱時間の経過とともにより強固なゲルを形成した。一方、骨、皮部を含まない牛すね肉は240分までゲル化が観察されなかった。

2) ワインビネガー、醤油、酢などの調味料を添加することで、煮こごりのゲル強度は高くなった。これは、溶液のpH、酸及びポリフェノールが肉の結合組織に作用し、コラーゲンを溶出させやすくすると推測された。

3) 煮こごりゲル試料の水分子の自由度にはコラーゲン以外の他の物質との相互作用も関与していることが推察された。

引用文献

- 1) 聞き書 東京の食事：日本の食生活全集 東京、農山漁村文化協会、東京、p.148-149 (1988)
- 2) 聞き書 宮城の食事：日本の食生活全集 宮城、農山漁村文化協会、東京、p.294 (1990)
- 3) 山崎歌織、外西壽鶴子、加藤和子、河村フジ子：材料及び水煮時間が煮こごりの品質に及ぼす影響、日調科誌、**33**, 31-36 (2000)
- 4) 永塚規衣、大野隆司、大川祐輔、松下和弘、仁科正実、峯木眞知子、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)
- 5) 杉田浩一：調理の科学 5 煮る 人類の知恵の象徴、キッコーマン技術情報、**117**, 10-13 (1998)
- 6) 藤田雄三：世界の食べ物7, 毎日新聞社、東京、p.26 (1982)
- 7) 藤田雄三：世界の食べ物7, 毎日新聞社、東京、p.130 (1982)
- 8) 若林春子：西洋料理、主婦の友社、東京、p.30 (1981)
- 9) 山崎妙子：ワニ料理、日調科誌、**29**, 77-81 (1996)
- 10) 藤谷順子、金谷節子、林 静子：嚥下障害食のつくりかた、日本医療企画、東京、p.59-108 (2002)
- 11) 大阪あべの辻調理師専門学校：調理の基本大図鑑、講談社、東京、p.86 (1998)
- 12) 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)
- 13) 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)
- 14) 永塚規衣、大野隆司、大川祐輔、河村フジ子、長尾慶子：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**, 364-370 (2003)
- 15) 右田正男：たんぱく質と調理 (IV) -肉の加熱による変化(1)-, 調理科学、**2**, 42-47 (1969)
- 16) 田島真理子、税所聡子、米沢瑞代：牛肉スープストック中の核酸関連物質に及ぼす加熱時間および調製法の影響、鹿児島大学教育学部研究紀要 自然科学編、**43**, 91-97 (1991)
- 17) 塩田教子、松岡麻男：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 (1986)
- 18) 新井健一：水産動物筋肉タンパク質の比較生化学、恒星社厚生閣、東京、p.88-89 (1989)
- 19) 南出隆子、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)
- 20) 山崎清子、島田キミエ、渋谷祥子、下村道子：調理と理論、同文書院、東京、p.236 (2003)
- 21) 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)
- 22) 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)
- 23) 妻鹿絢子、藤木澄子、細見博子：食肉のマリネに関する研究-筋原繊維蛋白質の分解を中心として-, 調理科学、**13**, 197-212 (1980)
- 24) 三枝弘育、平野直彦、斎藤季彦：東京シャモとプロイラーの浅胸筋及び大腿筋の理化学的特性について、東京都畜産試験場研究報告、**22**, 21-29 (1988)
- 25) 三森文行：非破壊的手法による生体観測 5. NMRによる生体の非破壊的計測、化学と生物、**28**, 668-675 (1990)
- 26) 上平 恒、逢坂 昭：生体系の水、講談社サイエンティフィク、東京、p.118-120 (1989)