

経口摂取のための調理操作が食品の物性及び組織に及ぼす影響 —「焼き」調理における豚肉の重曹液浸漬の軟化効果について—

Influence of Food Preparation Methods on Physical Food Structure for Oral Ingestion —Tenderizing Effects of Soaking Pork in Sodium Hydrogen Carbonate—

大野婦美子¹⁾・関谷美喜子¹⁾・伊藤栄梨²⁾・坂本八千代¹⁾

Fumiko OHNO・Mikiko SEKIYA・Eri ITO・Yachiyo SAKAMOTO

Abstract

Tenderizing food during cooking is necessary for aiding elderly people with decreased chewing ability. We examined hardness and histological structure of tenderized pork by soaking it in an aqueous solution containing sodium hydrogen carbonate. After soaking in sodium hydrogen carbonate for 20 min, 5 mm slices of pork were cooked in a frying pan. Physical properties of pork were measured using a rheometer. Fracture examination showed that pork hardness decreased with increased sodium hydrogen carbonate concentration. Fracture properties were 50% or 60% of low value, in 0.5 mol or 0.3 mol of sodium hydrogen carbonate, respectively, compared to control. Additionally, reduction in water content due to cooking was decreased using sodium hydrogen carbonate. Tissue morphology was analyzed with a microscope, showing that sheaths of connective tissue that cover striated muscle fiber bundles, the perimysium and endomysium, were thinner when the pork was soaked in 0.5 mol of sodium hydrogen carbonate. Therefore, it was suggested that the pork was more tender due to weakened connective tissue.

Key words: *pork, hardness, fracture properties, sodium hydrogen carbonate soaking, histological structure*

1. 緒言

高齢者の健康に、「食べる機能」の重要性が指摘されている¹⁾。高齢者にとって日々の食事を自身の口で美味しく食べられることは、健康を支えるために極めて重要である。しかし、高齢期では加齢に伴う歯の欠損や義歯の影響から咀嚼力の低下及び唾液分泌量の減少、口中での食塊形成能力の低下など、口腔機能の低下が起りやすい。口腔機能の低下は食品選択の幅を狭め、食事の質や量に影響を与え、たんぱく質やエネルギーの欠乏が複合しておこる低栄養状態（PEM：Protein Energy Malnutrition）を招きやすくなると報告されている²⁾⁴⁾。高齢者が食べにくい食品物性としては、「硬く破断しにくい」、「飲み込みにくい」、「水分が少なく食塊形成しにくい」、「口腔に残留しやすい」などの性状が挙げられるが、特に線維構造をもつ肉類は加熱調理によって収縮するため、噛み切りにくく食べにくい食品の一つとして挙げられている。高齢者にとって重要な良質たんぱく質の給源となる肉類を、加熱後も食べやすいテクスチャーに変化させる方法の検討が求められる。筋線維を細分した挽肉だけでなく、軟らかく食べやすい「切れ」としても使用ができれば、嗜好性の向上に繋がり、PEM対策の観点からも有益と期待される。

食肉の軟化方法としては、従来から「すじを切る・叩くなどの物理的方法」の他、「パインアップル・キーウイ・生姜などの汁に浸漬してたんぱく質分解酵素を利用する方法⁵⁾¹⁰⁾」、「醸造食品や酸の添加による方¹¹⁾¹³⁾」などの研究がみられる。また、肉たんぱく質はアルカリ域において水和性が上がるこ

¹⁾ くらしき作陽大学食文化学部栄養学科 Faculty of Food Culture, Department of Dietetics, Kurashiki Sakuyo University

²⁾ 富士産業株式会社山陰事業部 Fuji Sangyo Sanin Division Co., Ltd.

とが知られており、高橋らは重曹液浸漬と真空調理の併用による軟化効果について報告している^{14,15)}。しかし、給食施設等において広汎に使用されている「焼き」加熱における重曹利用についての報告は見られない。重曹液への浸漬は操作が簡単であり、プロテアーゼの利用に比べ経費的にも安価であるため高齢者対象の給食施設における有用性は高いと考えられる。本研究では、豚肉の「焼き」調理における重曹液浸漬の軟化効果を具体的に明らかにしようとした。物性試験としては破断試験を行い、加熱前後の重量変化率および重曹液浸漬による組織変化を調べ、軟化との関連性を検討した。

2. 実験方法

1) 試料及び調製方法

岡山県産ピーチポーク豚のリップロス下端からRound方向へ10cmまでの部位、400g～500gを材料とした。5mm厚さにスライスしたものを購入し、0～-1～2℃で保存し、1日以内に使用した。試料肉を浸漬する重曹溶液は、市販品（関東化学製）の重曹、すなわち炭酸水素ナトリウムを購入し、蒸留水に対し、対照；重曹0 mol濃度，A；0.1，B；0.3，C；0.5 mol濃度の4段階に調製した。浸漬時間については、10分～60分間で検討した予備実験の結果、20分間以上では試料表面の色・滑らかさに大差が認められなかったことから、20分間を浸漬条件に設定した。調理方法は、加熱機器IH調理器による「焼き」とした。加熱終了後、20mm×20mmにカットして物性試験に供した。具体的な調製操作は次の手順で行った。

- ①試料の豚肉ロース切れ（厚さ約5mm）の周囲脂身を切り落とした。
- ②設定条件濃度の重曹液1ℓを調製してpHを測定した。
- ③試料肉の重量を計量し、5倍量の重曹液をステンレスバットに入れて、試料2切れが充分浸る状態にして20分間浸漬した。
- ④浸漬液から肉を引き上げ、蒸留水で軽く流し洗い、ペーパータオルで軽く抑えて水気をふき取り重量を計量した。
- ⑤IH調理器（100V 1400W、山下電機産業製）に、テフロン製フライパン（直径26cm）を置き、火力7で鍋温度を上げ、熱電対（静止表面用、安立計器株式会社製）でフライパン表面温度180℃を確認後、直ちに火力を4にし、同時に試料肉2切れを入れて加熱した。ストップウォッチで正確に30秒後に裏返し、さらに30秒間加熱して取り出した。この加熱条件は、加熱開始から加熱後2分までの試料肉の内部温度を熱電対（挿入型、センサー先端直径1mm）で測定し、大量調理マニュアル¹⁶⁾で規定されている内部温度75℃、1分の加熱が満たされる条件であることを確認した。
- ⑥加熱終了後、重量を計量し、20mm×20mmに切り出し、サランラップをかけて、室温25℃に置き、物性試験に供した。

2) 物性測定法

クリープメーター（RE-33005、山電製）を使用し破断試験を行った。ロードセル200N、くさび型（樹脂製、接触面1mm×30mm）プランジャーを用い、圧縮速度1mm/sec、歪率99%で測定した。いずれも筋線維が走る方向に対し直角にプランジャーを当てて剪断した。試料の品温は23±2℃で行った。得られた破断曲線から解析ソフトにより、破断応力、破断歪み、破断エネルギーの特性値を求めた。また、破断曲線勾配から初期弾性率を算出した。1条件の測定で8回測定し、平均値と標準偏差を算出した。対照と重曹液浸漬試料との差を検定した（t検定）。

3) 浸漬液のpH測定

濃度が異なる重曹液4種類の浸漬前後のpHをガラス電極式水素イオン濃度計（F-22、堀場製）により測定した。

4) 浸漬および加熱による重量変化

重曹濃度の異なる浸漬液に浸けた豚肉試料（生）の重量、および加熱後の重量を計量し、浸漬前の重量に対しての変化率を算出した。

5) 官能評価

浸漬液に浸けた試料豚肉を物性試験と同様に調理し官能評価を行った。「硬さ」、「噛み切りやすさ」、「飲み込みやすさ」、「表面の滑らかさ」、「味」の評価項目について5段階評点法で行った。パネルは、くらしき作陽大学栄養学科学生5名で行った。

6) ヘマトキシリン・エオシン染色試料の組織観察

蒸留水へ浸漬した対照試料および重曹0.5 mol濃度液に浸漬したC試料を対象にして、ヘマトキシリン・エオシン（H・E）染色し、光学顕微鏡（OLYMPUS BX50）で観察した。

3. 結果および考察

1) 重曹液浸漬における重曹濃度の影響

図1に、異なる重曹濃度液に浸漬した後、「焼き」加熱した豚肉の破断特性値を示した。また、各濃度の破断曲線には測定開始初期から歪み20~30%範囲に直線がみられたことから、歪み20%内における応力の変化を求め、その値を歪みで除して見かけの弾性率として示した。図1より、破断応力、破断エネルギーおよび初期弾性率は、重曹濃度が高くなるに従って低値を示している。重曹無添加の蒸留水へ浸漬した試料（対照）及び重曹0.5 mol濃度液へ浸漬したC試料を比較すると、破断応力では、 $22.95 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ から $12.10 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ へ、破断エネルギーは $62.7 \times 10^4 \text{ J/m}^3$ から $32.5 \times 10^4 \text{ J/m}^3$ へと減少した。測定開始はじめの曲線の傾きを示す初期弾性率においても同様の傾向がみられ、噛み始めに掛かる応力についても、噛み終わりと同様に減少することが認められた。これらの特性値は、検定の結果、有意性が認められた。本実験条件では重曹0.5 mol濃度条件での軟化が最も大きく、応力の減少は約52~53%であるとの結果を得た。重曹0.3 mol濃度条件のB試料では、破断応力は、 $22.95 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ から $12.10 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ へ、破断エネルギーは、 $62.7 \times 10^4 \text{ J/m}^3$ から $32.5 \times 10^4 \text{ J/m}^3$ へと減少し、対照の約60%の値を示した。0.5 mol濃度条件と同様に対照試料間に有意性が認められたことから、0.3 mol濃度の使用条件でも有用な軟化効果が得られることがわかった。重曹0.1 mol濃度条件のA試料では、破断応力の減少はみられたが有意性はみられなかったことから、軟化への影響は極めて小さいと考えられ

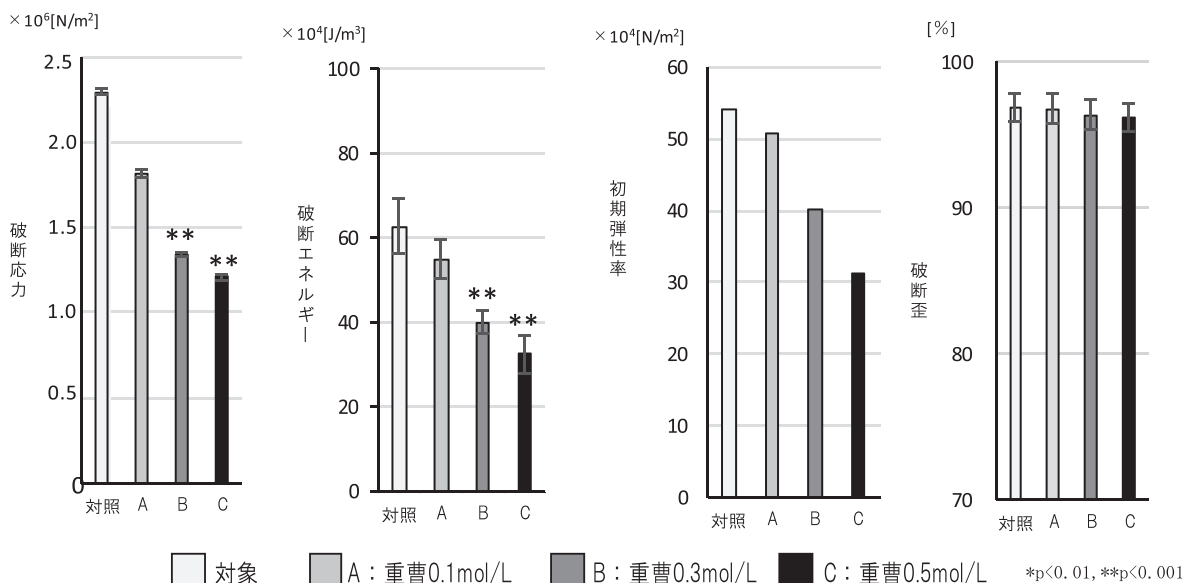


図1 破断特性値に及ぼす重曹液濃度の影響

る。一方、破断特性値のひとつである破断歪みについては、重曹濃度が異なっても試料間に差異はみられず、いずれの条件においても試料厚みの96~97%であった。破断に必要な応力が最小値であったC試料、すなわち軟らかい試料においても破断点に差異がないことは、破断曲線のプロフィールの類似性を表しており、咀嚼において感じる肉としての全体的な食感、応力の強弱はあっても共通していると考えられる。以上のことから、豚肉の力学的特性に与える重曹液浸漬の軟化の影響は、0.3・0.5 mol濃度、20分の浸漬条件で顕著であり、破断に掛かる応力は約50~60%に低下するとの結果を得た。

2) 浸漬および加熱による重量変化

4条件の浸漬試料について、重曹液浸漬前後および加熱後の重量変化率を表1に示した。重曹液に浸漬した直後の重量変化率には重曹濃度による差はみられなかったが、浸漬後に加熱した試料の重量変化率には明らかな差異が認められた(危険率 $p < 0.01$)。対照及びA試料(0.1 mol濃度)では、重量変化率約78~80%であったのに対し、B試料(0.3 mol濃度)では91%、C試料(0.5 mol濃度)では95%の重量を示し、重曹液浸漬(0.3・0.5 mol濃度)により加熱後の重量減少は大きく抑制された。日本食品成分表(2015年版)¹⁷⁾では、豚ロース・焼きの重量変化率は72%と記載されており、「生;水分60%」から「焼き;水分49%」へと水分の減少が示されており、重曹液への浸漬が「焼き」調理による水分放出の抑制に大きく作用し、破断応力の低下に寄与したと考えられる。たんぱく質性食品は等電点付近(肉類; pH 5 付近)で保水性は最小になり、等電点から外れることで高くなることが知られているが¹⁸⁾、重曹液pHは8付近であったことから、試料pHが等電点からはずれ、水和性が増したことが一因として推測される。

表1 試料豚肉の重量変化率

重曹 mol/L	浸漬後重量変化率 % (平均±SD)	加熱後重量変化率 % (平均±SD)
0 (対照)	101.06 ± 0.87	75.62 ± 0.89
0.1	103.59 ± 0.97	79.91 ± 1.53
0.3	103.31 ± 0.75	90.77 ± 1.87*
0.5	103.11 ± 0.62	95.26 ± 0.49**

* $p < 0.01$, ** $p < 0.001$

3) 官能評価

物性試験と同様に調理した試料について、官能評価を行った結果を表2に示した。試料は、加熱後品温が25~30℃に下がった時点で供試した。「硬さ」、「噛み切りやすさ」、「飲み込みやすさ」、「表面の滑らかさ」、「味」の評価項目について、普通を3とし、+方向に2段階、-方向に2段階の5段階評点で行った。官能評価の結果、硬さについては、重曹濃度が高い試料ほど軟らかいと評価された。B試料(0.3 mol濃度)では、「評点4.2; やや軟らかい」、C試料(0.5 mol濃度)では「評点5.0; 非常に軟らかい」と評価され、物性試験における力学的変化と対応する結果であった。特にC試料では、噛み切りやすさ「評点; 4.4」、飲み込みやすさ「評点; 4.0」と評価された。すなわち、C試料では咀嚼時に軟らかいと感じられ、飲み込みやすい食塊を形成すると推測され、食べやすい状態であるとの評価であった。B試料(0.3 mol濃度)については、対照と比べ、軟らかさは「評点; 4.2」で、やや軟らかいが、「噛み切りやすさ」、「飲み込みやすさ」などについては、「評点; 3.4」であり、対照に比べ大差はみられなかった。「表面の滑らかさ」については、いずれの試料も普通前後と評価され、差

異はみられなかった。重曹液への浸漬によって「生」の豚肉表面にはやや粘りのある触感が生じるが、官能試験においては加熱試料間に差異はみられなかった。「味」の項目では、いずれも「普通」と評価され、本実験条件では重曹液のアルカリ性が「味」へ影響することは少ないと推測された。

表2 官能評価結果

試料	モル濃度	評価項目				
		硬さ	噛み切りやすさ	飲み込みやすさ	表面のなめらかさ	味
対象	0	2.9	2.9	2.9	2.8	3.0
A	0.1	3.0	3.0	2.9	3.0	3.0
B	0.3	4.2	3.4	3.4	3.0	3.0
C	0.5	5.0	4.4	4.0	3.0	3.0

*評価:5段階評価、平均

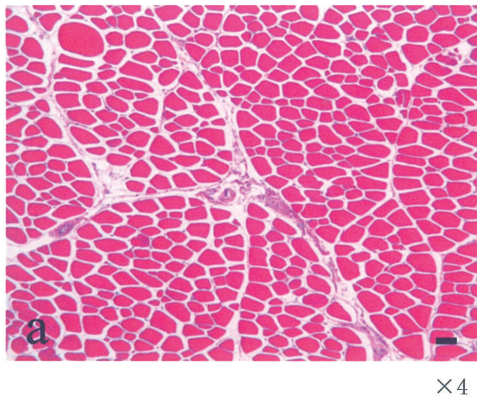
軟らかい 非常に5 ← 4 やや ← 3 普通 → 2 やや → 1 非常に 硬い
 噛みきりやすい非常に5 ← 4 やや ← 3 普通 → 2 やや → 1 非常に 噛みきりにくい
 飲み込みやすい非常に5 ← 4 やや ← 3 普通 → 2 やや → 1 非常に 飲み込みにくい
 表面なめらか 非常に5 ← 4 やや ← 3 普通 → 2 やや → 1 非常に 表面なめらかでない
 味がよい 非常に5 ← 4 やや ← 3 普通 → 2 やや → 1 非常に 味が悪い

4) ヘマトキシリン・エオシン染色試料の組織観察

食肉の食感は、構成するたんぱく質のうち、筋線維および筋肉内結合組織を構成するたんぱく質によってもたらされると考えられている¹⁹⁾。そこで、重曹液浸漬の有無における豚肉の組織学的観察を行い、物性試験における応力減少の要因を考察した。写真1～5に、蒸留水浸漬(対照)および重曹液浸漬(0.5 mol濃度)後の豚肉の試料の筋組織顕微鏡写真を示す。接眼レンズは10倍装着である。図1(写真a)は、蒸留水浸漬豚肉(生)の横断面組織である。筋細胞(筋線維)は淡赤色に染色されており、均一な蜂の巣状の様相がみられた。食肉の結合組織については、疎性結合組織である筋周膜(第1次内筋周膜)が多数の筋細胞(筋線維)を包囲して枝分かれし、筋肉内部に入り込み、さらに分岐して筋線維を多数の束に分け(第2次内筋周膜)、筋線維は筋内膜で包囲されると説明されており²⁰⁾、本実験の蒸留水浸漬試料においても変形や剥離傾向はみられず、均一な組織構造を有することが確認できた。一方、重曹液浸漬豚肉(0.5 mol濃度、生)の横断面組織では(図2、写真b)、筋線維束を分ける筋周膜は薄くなり、明瞭に観察できなかった。対物20倍レンズ使用の観察により、青く染色された核が観察され、極めて細い筋内膜とみられる膜が観察できた(図3、写真c)。写真上では見え難いが消失はしていなかった。これらの結果から、重曹液への浸漬による豚肉の破断試験における応力の減少、すなわち軟化の効果は、筋線維を包む結合組織である筋周膜や筋内膜が細くなることに起因すると考えられる。三橋らは²¹⁾、牛肉を試料としたワインの影響について報告する中で、筋内膜および筋周膜が細くなったことを観察し、肉基質たんぱく質の可溶化の寄与を示唆している。本実験ではコラーゲン量の定量実験は実施していないために不明であるが、筋周膜等の結合組織の脆弱性の影響は軟化の要因として共通と考えられる。また、調理過程における蒸留水浸漬の影響について、筋周膜周辺および筋内膜・細胞部の間に空間が生じるとの報告がみられるが^{21,22)}、これらの報告は20時間の水浸漬あるいは水煮の設定であり、本実験条件(浸漬20分)と大きく異なるため、比較はできなかった。また、重曹液浸漬の試料では筋周膜周辺に空胞様の箇所が複数観察され、蒸留水浸漬試料とは異なる様相がみられた。この空胞については、空胞中に存在するものの有無、性質などを調べ言

及する必要がある。次に重曹液浸漬豚肉（生）の縦断面を、図4（写真d）に示す。筋組織は長紡錘形で観察されており、筋肉を包む膜に変化や損傷は観察されなかった。筋原線維の横紋の規則的配列も整然とみられる（図5，写真e）。すなわち、食肉となっている骨格筋の筋原線維に重曹液浸漬の影響はないことがわかった。このことは、破断試験において重曹液浸漬の有無に関係なく破断歪の測定値に差異がなかったことと関連すると考えられる。

以上の結果、「焼き」調理における豚肉の重曹液浸漬の軟化効果は、保水性の増大および筋線維を包む筋周膜および筋内膜の細網線維に影響し、結合組織を脆弱させることが要因であると考えられる。より詳細に検討するためには、今後、PAS染色や鍍銀染色による試料の検鏡が必要である。



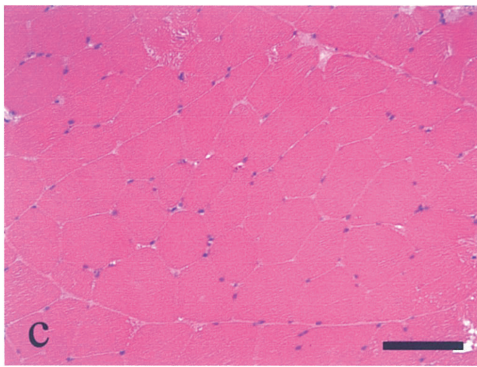
図(写真)1 横断面組織(生、対照)

光学顕微鏡 OLYNPAS BX60, scale:100 μ m



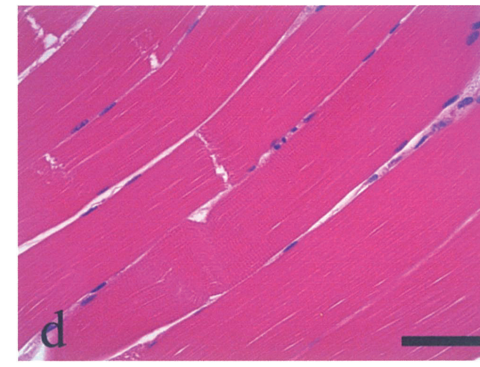
図(写真)2 横断面組織(生、重曹液浸漬)

光学顕微鏡 OLYNPAS BX60, scale:100 μ m



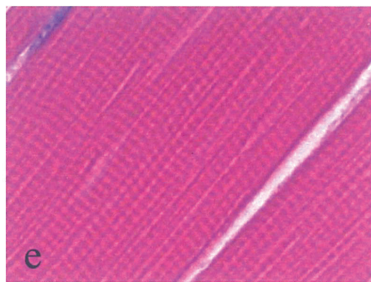
図(写真)3 横断面組織(生、重曹液浸漬)

光学顕微鏡 OLYNPAS BX60, scale:100 μ m



図(写真)4 縦断面組織(生、重曹液浸漬)

光学顕微鏡 OLYNPAS BX60, scale:100 μ m



図(写真)5 縦断面組織dの部分拡大

4. 要約

咀嚼力が低下する高齢者が、「噛みきりにくく、食べにくい」とされる線維性の肉類を食べやすくする調理操作として、重曹液への浸漬効果について、物性試験、ヘマトキシリン・エオシン染色試料の組織観察（光学顕微鏡）、浸漬前後の重量変化率、官能試験により検討した。試料は岡山県産ピーチポーク種豚、肉ロースで、「焼き調理」とし、豚肉試料を浸漬する重曹液濃度は、対照（蒸留水）、0.1、0.3、0.5 mol濃度の4条件、浸漬時間を20分に設定して実験を行い、以下の結果を得た。物性試験はレオメータによる破断試験で、ロードセル200N、剪断型プランジャーを使用し、圧縮速度1 mm/sec、歪率99%で行った。

- 1 破断試験の結果、重曹0.3 mol濃度および0.5 mol濃度での浸漬条件が、対照の蒸留水浸漬の肉に比べて、有意に軟らかいことが認められた。より少ない重曹使用の観点では0.3 mol濃度条件においても有益な効果が得られることが示された。破断応力は、対照に比べ0.5 mol濃度で約50%、0.3 mol濃度で約60%の低値を示した。噛み初めにかかる応力の初期弾性率、噛みしめた時点で口中にかかる全体の応力に相当する破断エネルギーも対照に比べ、約50～60%程度の硬さに減少した。破断歪には、重曹有無の影響はみられなかった。
- 2 重曹液に浸漬した豚肉の加熱後の重量減少は、対照区に比べ有意に少なく、加熱による水分減少を抑制する効果が認められた。
- 3 H・E染色した組織の顕微鏡観察から、0.5 mol濃度重曹液浸漬により、筋線維を包む筋周膜、筋内膜が薄くなっていることが観察され、筋線維を包む結合組織を弱めていることが軟化の一因と考えられた。縦断面観察から筋原線維自体には影響がないことが示された。

参考文献

- 1) 公益社団法人 全国国民健康保険診療施設協議会：平成27年度老人保健事業推進費等補助金老人保健健康推進在宅高齢者の口から食べる楽しみの支援の在り方に関する調査研究事業報告書，pp.67-90（2016）
- 2) 金子芳洋，向井美恵：摂食・嚥下障害の評価と食指導，医歯薬出版，東京，pp.3-4（2008）
- 3) 菊谷武，榎本麗子，小柳津馨，福井智子，児玉実穂，西脇恵子，田村文誉，稲葉繁，丸山たみ：某介護老人施設利用者にみられた低栄養について，老年歯科医学誌，19（2），110-115（2004）
- 4) 御子神由紀子，丸山道生，橋本直子，中島明子：高齢者の摂食・嚥下障害患者の低栄養の分析とリハビリテーションの効果，静脈経腸栄養，25（5），1089-1093（2010）
- 5) 手塚咲，村元隆行：パイナップル果汁への浸漬時間が日本短角種牛肉の理化学的特性に及ぼす影響，日本畜産会報，85（2），145-152（2014）
- 6) 松隅美紀，高橋誠，藤田守，松隅紀生，藤田修二，和田浩二：鶏肉のテクスチャーおよび嗜好性に及ぼすパイナップル処理の影響，日本食品保蔵学会誌，39（1），3-8（2013）
- 7) 堤ちはる，三好恵子，谷武子，仙北谷至乃，殿塚婦美子，永弘悦子，河野聡子，吉中哲子：キウイフルーツの豚肉軟化効果について，日本家政学会誌，45（7），603-607（1994）
- 8) 大沢はま子，館岡孝，小林好美子：ショウガの肉軟化効果の研究，日本調理科学会誌，7（4），193-197（1974）
- 9) 杉山寿美：高齢者が食べやすい食肉の調理加工方法に関する研究—生姜プロテアーゼの利用—，浦上財団研究報告書，15，16-24（2007）
- 10) 杉山寿美，原田良子，平岡美紀，大重友佳：加熱後の鶏肉への生姜搾汁添加と温存過程が結合組織コラーゲンとテクスチャーに及ぼす影響，日本調理科学会誌，43（3），192-200（2010）
- 11) 奥田和子，上田隆蔵：醸造食品の肉の物性に対する調理効果（1）酒類について，日本調理科学会誌，23（4），326-336（1990）
- 12) 妻鹿絢子，藤木澄子，細見博子：食肉マリネに関する研究，日本調理科学会誌，13（3），197-202（1980）
- 13) 松浦基，根岸晴夫，吉川純夫：加熱・乾燥による肉のテクスチャーと筋肉蛋白質の生化学的性質の変化に及ぼす糖類の効果，日本食品工業学会誌，38（9），804-810（1991）
- 14) 高橋智子・齋藤あゆみ・川野亜紀・朝賀一美・和田佳子・大越ひろ：牛肉，豚肉の硬さおよび官能評価に及

- ほす重曹浸漬の影響, 日本家政学会誌, 53(4), 347-354 (2002)
- 15) 高橋智子・川野亜紀・飯田文子・鈴木美紀・和田佳子・大越ひろ: 食べ易い食肉の力学的特性と咀嚼運動, 日本家政学会誌, 54(5), 357-364 (2003)
 - 16) 厚生労働省医薬・生活衛生局生活衛生・食品安全部: 「大量調理施設管理マニュアル」改正版, 平成29年
 - 17) 女子栄養大学出版部: 「日本食品標準成分表」準拠 食品成分表, 東京, pp.166 (2017)
 - 18) 沖谷明紘編: シリーズ食品の科学 肉の科学, 朝倉出版, 東京, pp.123-124 (2001)
 - 19) 沖谷明紘編: シリーズ食品の科学 肉の科学, 朝倉出版, 東京, pp.62-63 (2001)
 - 20) 星野忠彦: 食品の食品組織学的研究 (Ⅲ), 日本調理科学会誌, 5(2), 90-97 (1972)
 - 21) 三橋富子, 森下円, 小嶋絵梨花: 牛肉の軟化に及ぼすワインの影響, 日大生活科研報告35, 1-9 (2012)
 - 22) 星野忠彦: 食品の食品組織学的研究 (Ⅳ), 日本調理科学会誌, 5(3), 33-40 (1972)