

食べ易い食肉の力学的特性と咀嚼運動

高橋 智子, 川野 亜紀*, 飯田 文子*, 鈴木 美紀**,
和田 佳子**, 大越 ひろ*

(十文字学園女子大学人間生活学部, * 日本女子大学家政学部, ** 伊藤ハム(株))

原稿受付平成 14 年 5 月 20 日; 原稿受理平成 15 年 3 月 1 日

Physical Properties and Human Chewing Movements of Meat

Tomoko TAKAHASHI, Aki KAWANO,* Fumiko IIDA,*
Miki SUZUKI,* Keiko WADA** and Hiro OGOSHI*

Faculty of Human Life, Jumonji Gakuen Women's University, Niiza, Saitama 352-0006

** Faculty of Home Economics, Japan Women's University, Bunkyo-ku, Tokyo 112-8681*

*** Itoham Foods Inc., Kitasouma, Ibaraki 302-0104*

The physical properties, ease of eating and chewing movements by humans were studied for four types of pork meat: one non-tenderized meat sample; two samples that had tenderized by soaking in different concentrations of a sodium hydrogen carbonate solution; and one sample of restructured pork meat. Differences were found in the strain-stress curve up to 0.8 strain and in the compression speed dependencies of the apparent stress at 0.8 strain between the restructured meat sample and the three other meat samples. A sensory test showed that the firmness and remaining-in-the-mouth feeling increased with increasing apparent stress at 0.8 strain. The number of chewing cycles for the restructured meat sample, which had the smallest apparent stress at 0.8 strain, was smaller than those for the non-tenderized and tenderized samples. The closing time for the non-tenderized meat sample, which had the largest apparent stress at 0.8 strain, was longer than those for the other samples. The closing speed decreased with increasing apparent stress at 0.8 strain. In particular, the closing speed for the non-tenderized meat sample was the slowest among all four samples. The results of the sensory test, as well as those for the chewing movement, indicate that processed meat products such as the tenderized sample that had been soaked in the sodium hydrogen carbonate solution and the restructured meat sample were easy for elderly to eat, since the chewing rhythm of the elderly is slower than that of younger people.

(Received May 20, 2002; Accepted in revised form March 1, 2003)

Keywords: tenderized pork meat 軟化処理豚肉, restructured pork meat 再構成豚肉, apparent stress みかけの応力, ease of eating 食べ易さ, chewing movement 咀嚼運動.

1. 緒 言

「たんぱく質・エネルギー低栄養状態 (PEM; Protein Energy Malnutrition)」は高齢者にとって重要な健康問題として位置づけられている。そこで、前報¹⁾では、高齢者にとって良質なたんぱく質の給源として咀嚼し易く、食べ易い食肉開発の基礎的研究の一環として、食肉の重曹溶液浸漬による軟化処理の検討を行った。その結果、軟化処理により硬さが軟らかく変化した食肉は、咀嚼時にはやわらかく、咀嚼後に形成された肉食塊は飲み込み易く、また口中の残留物も少な

い食べ易い食肉であることが認められた。

前報¹⁾に引き続き本研究では、高齢者が食べ易い食肉開発の基礎的研究として、重曹溶液浸漬により軟化処理を施した豚肉に加え、豚挽肉を原料とした食肉加工品である再構成肉を試料肉とし、力学的特性と官能評価による食べ易さの検討および咀嚼運動について検討を加えた。

食品のテクスチャーの特徴は咀嚼力、咀嚼回数、咀嚼時間および咀嚼第 1 回目の咀嚼波形に反映されることが高橋と中沢により報告されている²⁾。また、既

報³⁾では、咀嚼時の最大閉口速度はすべての被験者で、第1回目の咀嚼運動時に認められることを報告した。そこで、本研究では、咀嚼運動として嚥下終了までの咀嚼回数および咀嚼第1回目の下顎運動に着目し検討を行った。人が食物を咀嚼するときの下顎運動は、垂直、前後および側方方向への3次元運動を行っている。しかし、本研究では、被験者の下顎中切歯唇側面に取り付けたマグネットから発生する磁場の変化より、下顎運動を測定したため、ここでは、垂直方向に対しての下顎運動に着目した。ここに、若干の知見が得られたので、報告する。

2. 実験方法

(1) 材料肉および試料肉調製方法

重曹溶液浸漬法による軟化处理肉には、豚ロース肉（伊藤ハム(株)）を用いた。豚ロース肉の解凍方法、切断方法、重曹溶液浸漬方法および真空調理法による加熱処理方法は前報¹⁾に準じた。豚肉を重曹溶液浸漬法と同様に蒸留水に浸漬し、その後、加熱処理した試料肉を重曹未処理肉とした。前報¹⁾では、重曹未処理肉と重曹溶液すなわち炭酸水素ナトリウム（関東化学社製）溶液濃度が0.1 mol/lの試料肉の硬さとの間には有意差が認められなかった。そこで、重曹溶液浸漬の影響を検討する試料肉として、本実験では重曹未処理肉および0.2, 0.4 mol/lの重曹溶液に浸漬した重曹溶液浸漬肉を用いた。力学的特性の測定試料肉は、前報¹⁾におけるテクスチャー特性測定試料肉と同様に縦30×横20×厚10 mmに切断成形した。また、官能評価および咀嚼運動の測定には、予備実験から得られた至適一口量である縦20×横20×厚10 mmに切断成形したものをを用いた。

また、実験に用いた食肉加工品である再構成肉（伊藤ハム(株)）はチョッパーを通した豚挽肉に肉重量の10%の小麦粉を混合したものを原料肉とした。この原料肉を長方形のリテーナーに充填成型したものを-18℃で冷凍凍結後、リテーナーより原料肉を取り出し、縦25×横20×高15 mmに切断した後、さらに-18℃で冷凍保存、輸送したものを再構成肉としてメーカーより入手した。再構成肉は入手後、-18℃の冷凍庫内で保存、その後5℃で約16時間解凍を行った。続いて、20℃恒温器中に再構成肉の中心温度が20℃に達するまで保存した後、軟化处理肉と同様に真空包装を行った。80℃恒温水槽中に真空包装した再構成肉を浸漬し、肉の中心温度が80℃に達するまで加熱後、水

水中で中心温度が20℃になるまで急冷したものを試料肉とし、力学的特性の測定を行った。また、官能評価および咀嚼運動の測定に用いた再構成肉は、重曹未処理肉および重曹溶液浸漬肉と同じく縦20×横20×厚10 mmに成形したものをを用いた。

(2) ひずみと応力の関係

ひずみと応力の関係は、レオロメーター・マックス（RX-1700；アイテクノ製）により、プランジャーは前報¹⁾と同じく、くさび型（圧縮面積0.24 cm²）プランジャーを用い、測定を行った。圧縮速度を10.00, 5.00, 1.67, 0.17 mm/sの4段階に変化させ、ひずみ0.8 (m/m)までの圧縮測定を行った。重曹未処理肉および重曹溶液浸漬肉は、プランジャーの圧縮面が線維方向に対し、直角に貫入するように測定した。また、本実験における測定では、用いたプランジャーの圧縮面積が試料面積よりも小さい。従って、ここでは、得られた応力をみかけの応力として示した。いずれも測定温度は20±2℃である。

(3) 官能評価

シェッフェの一対比較法により、食べ易さについての官能評価を行った。パネリストは、訓練された本学食物学科学生のべ36名とし、試料肉の提示温度は20±2℃とした。評価項目および順序は、試料肉の咀嚼時のかたさ（-3：非常にやわらかい↔+3：非常にかたい）、咀嚼後の試料肉食塊の飲み込み易さ（-3：非常に飲み込みにくい↔+3：非常に飲み込み易い）、口中の残留物の多さ（-3：非常に少ない↔+3：非常に多い）およびおいしさ（-3：非常においしくない↔+3：非常においしい）の4項目である。

(4) 咀嚼運動

本実験では、道脇等の方法³⁾に従い咀嚼時の下顎運動を測定した。対象は、官能評価のパネリストを含む顎口腔系の形態および機能に異常の認められない正常咬合を有する21～25歳までの健常な女性4名である。被験者は、同一試料について5回の咀嚼を行い、測定結果は被験者数を20（のべ人数）として一元配置分散分析を行った。顎運動の測定には2次元6自由度顎運動測定器シロナソアナライジングシステム（シロナソアナライザーⅢ；カノーブス社製）を用いた（Fig. 1）。本装置では被験者の下顎中切歯唇側面に取り付けたマグネットから発生する磁場の変化が被験者の頭部に取り付けられたアンテナ（Fig. 1のB部分）で検出され、X・Y・Z軸上の位置の変化として描出され、下顎運動について距離と速度の計測が可能である。サン

食べ易い食肉の力学的特性と咀嚼運動

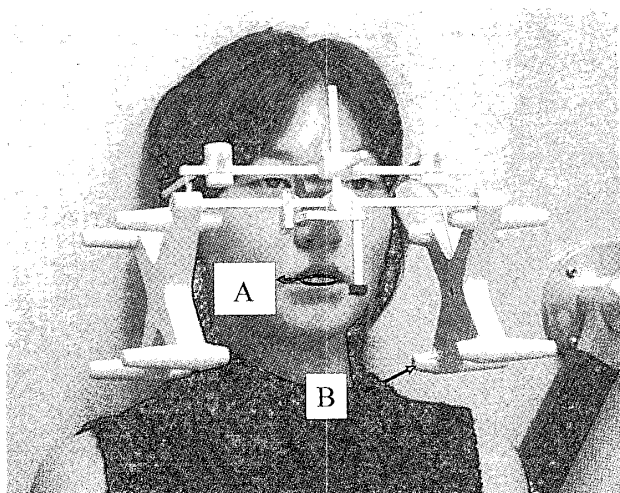


Fig. 1. SIROGNATHO ANALYZER used in this study
A is the magnet located on the front teeth of the lower jaw and B are the antennae of the ANALYZER.

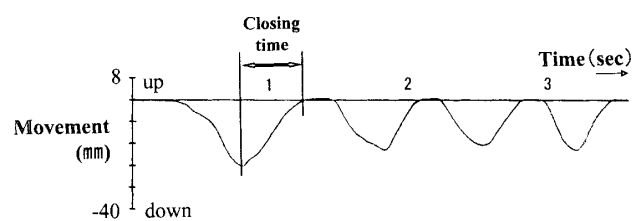
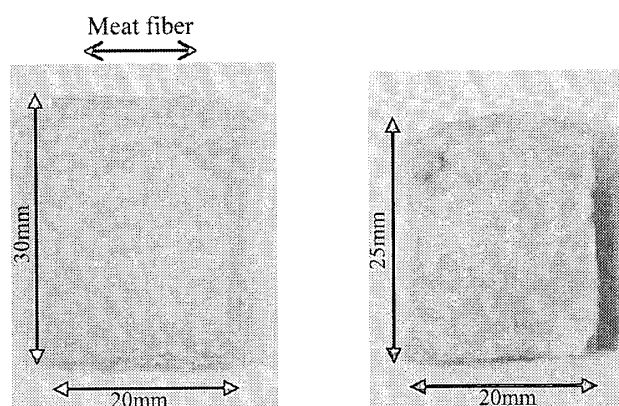


Fig. 2. Vertical chewing movement obtained by the SIROGNATHO ANALYZER

プリング周波数は 100 Hz である。実験は、被験者に次のような指示をして行った。試料肉を口腔内に入れてもらい、舌背上の食物を被験者の任意の側の第 1 大臼歯部に移動させた後、咀嚼することとした。嚥下終了までの咀嚼回数と咀嚼時における下顎運動の垂直成分を示すパターン (Fig. 2) より、咀嚼第 1 回目の波形から閉口相時間および時間と移動距離の最大微分値から最大閉口速度を得た。

なお、顎運動測定器のアンテナ部分の重量は約 300 g、また、下顎中切歯唇側面に取り付けたマグネットの重量は約 1 g である。このような装置を付けて、被験者は通常の咀嚼が可能であるかと懸念されるが、瑞森等は本研究で用いた 2 次元 6 自由度顎運動測定器について、測定による対象への影響を最小限に抑え、自然に近い姿で顎運動を捉えるものと報告している⁴⁾。また、多くの先行研究^{3)~9)}においても、この装置を被験者に装着させ、顎運動の測定を行っている。そこで、本研究においても、この装置を被験者に装着させ、同一試料について 5 回の咀嚼を行ってもらい、顎運動の測定を行った。



Meat sample soaked in 0.4mol/l of a sodium hydrogen carbonate solution

Restructured meat

Fig. 3. Difference in appearance between the meat sample that had been soaked in the 0.4 mol/l sodium hydrogen carbonate solution and the restructured meat sample

Table 1. Change in weight of the meat samples by heat treatment

Sample	Weight reduction (%)	Significance
Non-treated meat	35.82 ± 0.45	**
0.2 mol/l	26.00 ± 3.77	**
0.4 mol/l	16.80 ± 2.51	**
Restructured meat	3.50 ± 0.75	**

Non-treated meat represents the sample soaked in distilled water only. Zero point two mole per liter represents the sample soaked in 0.2 mol/l of a sodium hydrogen carbonate solution. Zero point four mole per liter represents the sample soaked in 0.4 mol/l of a sodium hydrogen carbonate solution. Each value is the mean ± SD of eight replicates. ** Significant difference at $p < 0.01$.

3. 結果および考察

(1) 加熱による重量変化

Fig. 3 に重曹溶液浸漬により軟化処理した 0.4 mol/l 試料肉と再構成肉の写真を示した。0.4 mol/l 試料肉には表面に肉線維がはっきりと認められるが、挽肉を主な原料とした再構成肉には肉線維がほとんど認められない。

次に、加熱処理後の生肉に対する試料肉の重量減少率を、Table 1 に示した。前報¹⁾と同様に、浸漬する

重曹溶液濃度が高くなるに従い、加熱処理による重量減少率が小さくなり、肉のたんぱく質の水和すなわち保水性が増加していることが認められた。一方、再構成肉の加熱処理後の重量減少率は、重曹未処理肉や重曹溶液浸漬肉に比べ顕著に小さく、再構成肉の保水性が大きいことが認められた。このことは、再構成肉に含まれる小麦粉の保水力によるものと推測される。

(2) ひずみとみかけの応力の関係

Fig. 4 に試料肉のひずみとみかけの応力の関係を示した。Fig. 4 に示した応力-ひずみ曲線はひずみ 0.8 (m/m) までの曲線であるが、ひずみ約 0.3 (m/m) で再構成肉は破断点を示し、みかけの応力はいったん減少するが、ひずみが増加するに従い再び増加し、ひ

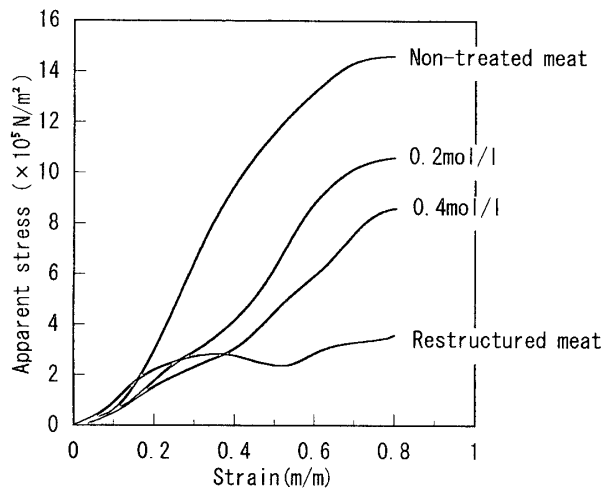


Fig. 4. Relationship between the strain and apparent stress for each meat sample

Non-treated meat: sample soaked in distilled water without sodium hydrogen carbonate; 0.2 mol/l: sample soaked in 0.2 mol/l of sodium hydrogen carbonate; 0.4 mol/l: sample soaked in 0.4 mol/l of sodium hydrogen carbonate; and restructured meat: sample that had been restructured.

ずみ 0.8 (m/m) において最大となった。一方、重曹未処理肉および重曹溶液浸漬肉はいずれも、ひずみ 0.8 (m/m) までの圧縮では明確な破断点は認められなかった。そこで、いずれの試料肉についても、ひずみ 0.8 (m/m) におけるみかけの応力を、その試料肉のみかけの応力とした。

重曹未処理肉、重曹溶液浸漬肉および再構成肉の 4 段階の圧縮速度におけるひずみ 0.8 (m/m) のみかけの応力を、試料肉間の有意差検定とともに Table 2 に示した。

いずれの圧縮速度においても重曹未処理肉のみかけの応力は最も大きく、重曹溶液浸漬肉については溶液濃度が高くなるに従い、試料肉のみかけの応力は小さくなった。さらに再構成肉のみかけの応力は、試料肉のうち最も小さいものとなった。

また、重曹未処理肉および重曹溶液浸漬肉のみかけの応力は、圧縮速度が遅くなるに従い、いずれも大きくなっている。重曹未処理肉および重曹溶液浸漬肉について、肉線維方向に対し、くさび型プランジャーの圧縮面が直角または平行に貫入するように予備実験を行った。その結果、プランジャーが肉線維方向に対し平行に貫入する場合よりも、肉線維に対し直角に貫入して得られたひずみ 0.8 (m/m) におけるみかけの応力の方が大きくなったものの、圧縮速度依存性は同様の傾向を示した。

一方、再構成肉の示すみかけの応力の圧縮速度依存性は、圧縮速度が遅くなるに従い、小さくなっており重曹未処理肉および重曹溶液浸漬肉とは逆の傾向を示した。

この結果は、赤羽と和田の報告¹⁰⁾による、肉線維を残している焼いた魚切身の圧縮速度依存性と肉線維が残っていない魚肉ソーセージのみかけの硬さの圧縮速

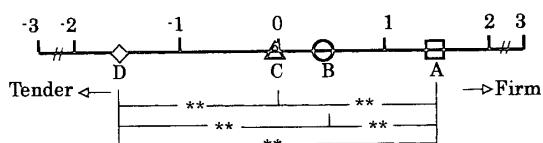
Table 2. Apparent stress at 0.8 strain with different compression speeds

	Apparent stress at 0.8 strain ($\times 10^5 \text{ N/m}^2$)			
	10.00 mm/s	5.00 mm/s	1.67 mm/s	0.17 mm/s
Non-treated meat	14.6 $\pm$ 1.5 **	16.1 $\pm$ 0.2 **	17.3 $\pm$ 3.1 **	18.9 $\pm$ 1.7 **
0.2 mol/l	10.6 $\pm$ 1.6 *	11.3 $\pm$ 1.9 *	12.4 $\pm$ 0.9 **	14.2 $\pm$ 3.3 n.s.
0.4 mol/l	8.6 $\pm$ 1.1 *	9.4 $\pm$ 1.1 *	10.8 $\pm$ 1.0 **	13.6 $\pm$ 2.9 *
Restructured meat	3.8 $\pm$ 0.3 **	2.9 $\pm$ 0.2 **	2.7 $\pm$ 0.4 **	1.8 $\pm$ 0.4 **

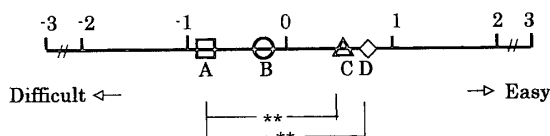
See the legend to table for definition of the samples. Each value is the mean $\pm$ SD of eight replicates. **Significant difference at $p < 0.01$, *significant difference at $p < 0.05$; and n.s. shows no significant difference.

食べ易い食肉の力学的特性と咀嚼運動

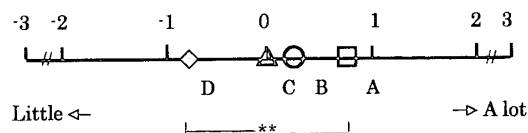
Firmness



Ease of swallowing



Remaining in the mouth



Palatability

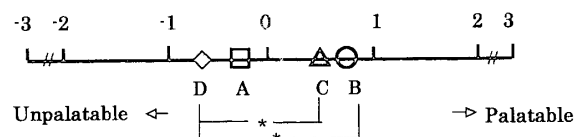


Fig. 5. Distance scale for the sensory evaluation of samples obtained from Scheffé's paired comparison test

Sample A (□) had been soaked in distilled water without sodium hydrogen carbonate, sample B (○) had been soaked in 0.2 mol/l of sodium hydrogen carbonate, sample C (△) had been soaked in 0.4 mol/l of sodium hydrogen carbonate; and sample D (◇) had been restructured. ** Significant difference at $p < 0.01$ and * significant difference at $p < 0.05$.

度依存性の関係と同様の傾向となっている。このことから、肉線維の有無などの試料肉の構造の相違が、重曹未処理肉および重曹溶液浸漬肉と再構成肉のひずみ 0.8 (m/m) におけるみかけの応力の圧縮速度依存性の相違に、影響をおよぼしているものと推測される。

(3) 食べ易さの官能評価

Fig. 5 に、各評価項目における試料肉の平均評点推定値を試料間の差の検定結果とともに示した。なお、Fig. 5 には、重曹未処理肉を A、重曹溶液 0.2 mol/l 試料肉を B、0.4 mol/l 試料肉を C および再構成肉を D として示した。

咀嚼時のかたさは重曹未処理肉 (A) が最もかたいと評価され、一方、再構成肉は最もやわらかいと評価

された。飲み込み易さは、咀嚼後に形成された肉食塊に対するものであるが、重曹未処理肉 (A) が 0.4 mol/l 試料肉 (C) および再構成肉 (D) に比べ有意に飲み込みにくいと評価された。しかし、0.4 mol/l 試料肉 (C) と再構成肉 (D) の飲み込み易さはほぼ同じ評価値を示した。口中の残留物の量は、重曹未処理肉 (A) が再構成肉 (D) に比べ有意に多いと評価された。おいしさの評価項目においては、再構成肉 (D) が 0.2 mol/l 試料肉 (B) および 0.4 mol/l 試料肉 (C) の重曹溶液浸漬肉に比べ、有意においしくないと評価された。

官能評価結果より、重曹未処理肉は、重曹溶液浸漬肉や再構成肉に比べ、咀嚼時にかたく、飲み込みにくい肉食塊を形成し、さらに口中の残留物も多いと評価され、食べにくい食肉であることが認められた。

以上の結果より、食肉を重曹溶液により軟化処理を施したり、また挽肉を原料とし小麦粉などの穀粉類を混合することで、食肉を咀嚼時にやわらかく、さらには食べ易いテクスチャーに変化させることは可能であることが示された。しかし、最もやわらかく口中の残留物も少ない再構成肉は、4 種類の試料肉中、最もおいしくないと評価された。その理由をパネリストに記してもらったところ、多くは、再構成肉に肉以外の独特の風味があり、肉の味が落ちるとしていた。また、重曹溶液浸漬肉が再構成肉に比べ、おいしいと評価されている理由として、肉の風味があり、比較的やわらかいテクスチャーを有しているためとしていた。

(4) 食べ易さとみかけの応力の関係

Fig. 6 にはひずみ 0.8 (m/m)、圧縮速度 10.00 mm/s におけるみかけの応力と官能評価値の関係を示した。

みかけの応力と咀嚼時のかたさには、高い正の相関関係 ($p < 0.01$) が認められた。このことより、咀嚼時に感じるかたさに対しては、試料肉のみかけの応力の影響が顕著であることが認められた。

咀嚼後に形成される肉食塊の飲み込み易さでは、みかけの応力が小さくなるに従い、飲み込み易くなることが示された。ことに、再構成肉を除いた重曹未処理肉および重曹溶液浸漬肉に対しては、みかけの応力の影響が顕著であることが認められる。しかし、みかけの応力が最も小さい再構成肉の飲み込み易さは、0.4 mol/l 試料肉と同程度の評価であった。

みかけの応力と口中の残留物の量の間には、高い正の相関関係 ($p < 0.01$) が認められた。このことより、

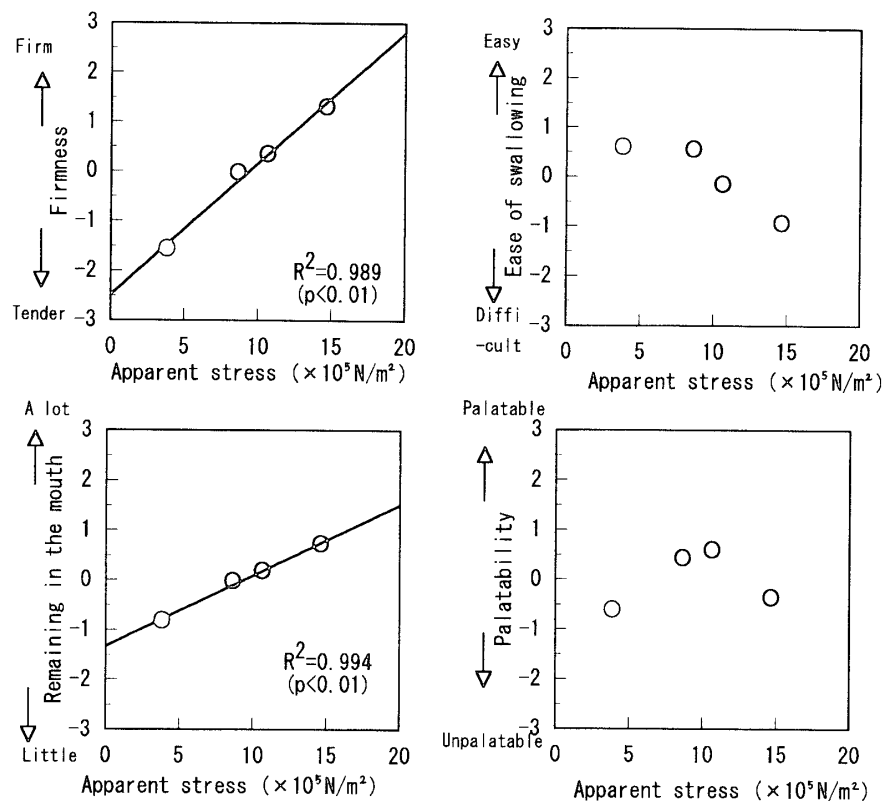


Fig. 6. Relationship between the apparent stress at 0.8 strain at a compression speed 10 mm/s and the sensory evaluation of the meat samples

○, meat sample soaked in a sodium hydrogen carbonate solution; ●, restructured meat.

咀嚼時に感じるかたさと同様に口中の残留物の量も、みかけの応力の影響が顕著であることが認められた。

みかけの応力とおいしさの関係において、試料肉のみかけの応力の影響は認められず、最もみかけの応力の小さい再構成肉がおいしくないと評価された。

既報¹¹⁾において、おいしくないものは飲み込みにくく、おいしさは飲み込み易さに影響を与えると報告した。本研究においても、再構成肉のおいしさの評価が、みかけの応力と咀嚼時のかたさが異なる再構成肉と 0.4 mol/l 試料肉の肉食塊の飲み込み易さを、同程度の評価にしているものと推測される。

次に、試料肉の咀嚼運動について検討を行った。

(5) 咀嚼運動

Fig. 7 にひずみ 0.8 (m/m)、圧縮速度 10.00 mm/s におけるみかけの応力と咀嚼運動の関係を示した。重曹未処理肉と重曹溶液浸漬肉の嚥下終了までの咀嚼回数 (a) はいずれも 40 回程度を示し、みかけの応力の影響はほとんど認められなかった。しかし、みかけの応力が最も小さい再構成肉の咀嚼回数は 30 回程度を示し、他の試料肉に比べ有意に少ないことが認められ

た。再構成肉とその他の試料肉では、組織の構造およびひずみ 0.8 (m/m) までのひずみと応力の関係に、相違が認められている。これらの相違が、試料肉の嚥下終了までの咀嚼回数を、異なるものにしてしていると推測できる。

また、官能評価において、最もおいしくないと評価された再構成肉の咀嚼回数が、他の試料肉に比べ有意に少ないことが認められている。食肉のおいしさが唾液の分泌量や嚥下終了迄の咀嚼回数によぼす影響についても、併せて今後の検討課題となる。

閉口相時間 (b) については、最もみかけの応力が大きい重曹未処理肉の閉口相時間が、他の再構成肉を含む 3 種の試料肉に比べ有意に長くなっている。一方、重曹溶液浸漬肉と再構成肉の閉口相時間に有意差は認められなかった。また、破断応力の増加に伴い閉口相時間が長くなるという多くの報告^{4)6)~9)}があるが、本研究においても類似した結果が得られた。

最大閉口速度 (c) については、みかけの応力が大きくなるに従い、遅くなる傾向を示し、ことに最もみかけの応力が大きい重曹未処理肉は、みかけの応力が

食べ易い食肉の力学的特性と咀嚼運動

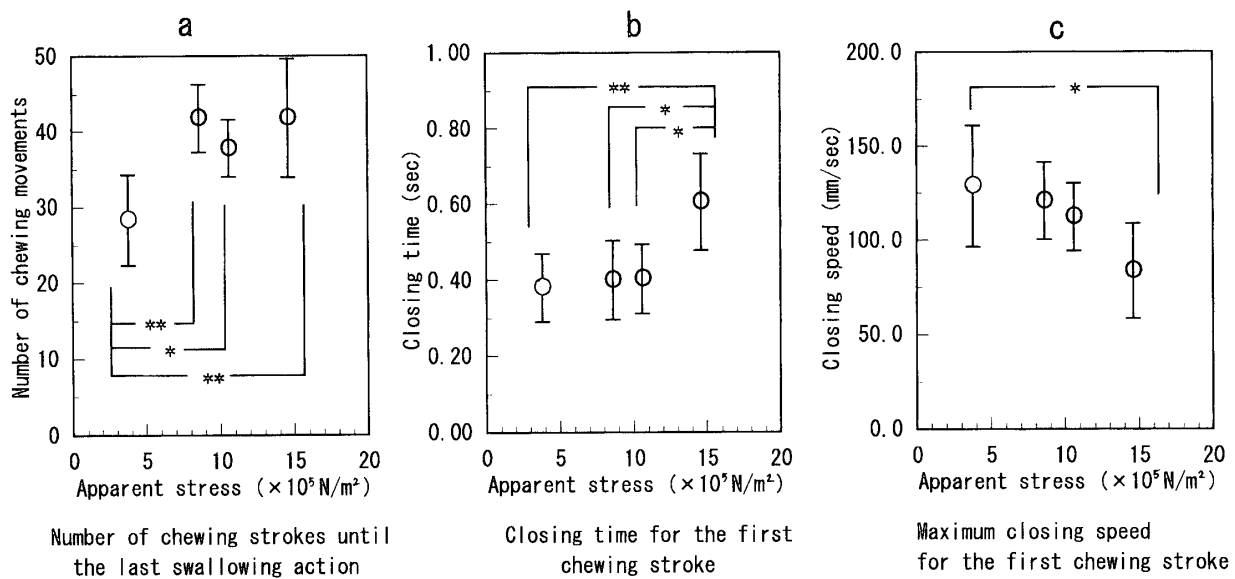


Fig. 7. Relationship between the apparent stress at 0.8 strain at a compression speed 10 mm/s and the chewing movement

○, meat sample soaked in a sodium hydrogen carbonate solution; ◐, restructured meat. **Significant difference at $p < 0.01$ and * significant difference at $p < 0.05$ ($n = 20$).

最も小さい再構成肉に比べ有意に遅いことが認められた。

以上の結果より、食肉は重曹溶液に浸漬することにより軟化处理を施したり、また、挽肉にして小麦粉などのつなぎを加えて再構成することにより、重曹未処理肉に比べ、咀嚼運動に要する閉口相時間は短く、最大閉口速度も遅くなることが示された。ことに再構成肉は、咀嚼回数が少なくても飲み込み易い肉食塊形成が可能であることが認められた。しかし、本研究に用いた再構成肉については、おいしくないことが欠点である。おいしい再構成肉の開発が望まれる。

山本⁵⁾は、中高年齢群と義歯装着者群は低年齢群に比べ、下顎運動における咀嚼周期が長くなるとし、さらに下顎運動の開口相時間、閉口相時間および咬合相時間が延長する傾向にあることを指摘している。さらに、これらのことから中高年齢群と義歯装着者群は低年齢群に比べ、咀嚼速度が遅くなる傾向にあることが示唆された。本研究の結果から、健康有歯顎者が咀嚼するのに閉口相時間が長くなり、最大閉口速度が遅くなる重曹未処理肉は、重曹溶液浸漬肉や再構成肉のような食肉加工品に比べ、中高年齢群や義歯装着者群にとって、さらに咀嚼が困難な食肉であることが推測される。これらのことから、食肉は重曹溶液により軟化处理を施したり、挽肉を主な原料として再構成肉のように加工することで、高齢者や義歯装着者にとって

も、咀嚼し易く食べ易い良質なたんぱく質給源のための食品になるといえる。

神奈川県にある特別養護老人ホームでは、咀嚼機能が衰えている高齢者のために、肉を材料とした主菜として、おからを混合したメンチカツを供している。このように、挽肉におからなどの保水力がある材料を混合させることで、やわらかく、咀嚼し易くまた食べ易いテクスチャーの食肉に変化させる工夫が、既に介護の現場では行われている。本研究の結果からも、これらの経験的な工夫は、咀嚼し易く、食べ易い食肉の調理方法として有効であると考えられる。

本研究は、重曹未処理肉、重曹溶液浸漬肉および食肉加工品である再構成肉の力学的特性、官能評価および2次元6自由度顎運動測定器による下顎運動の垂直方向への移動距離と速度について検討を行った。しかし、今回、咀嚼運動を測定した顎運動測定器では、咀嚼力の測定は行えず、咀嚼力については推測するばかりである。今後は咀嚼力についての検討も加えてゆきたい。また、本論文では、山本の報告⁵⁾による中高年齢群および義歯装着者群と低年齢群の咀嚼運動の相違を参考に、高齢者が食べ易い食肉について考察した。今後、本実験に用いた試料肉について、高齢者の咀嚼運動の測定を実際に行い、その測定結果より咀嚼機能が衰えた高齢者が食べ易い食肉について検討する必要があると考えられる。このことは、今後の重要な検討

課題である。

4. 要 約

本研究では、高齢者が食べ易い食肉開発を目的とし、豚肉の重曹未処理肉、重曹溶液浸漬肉（0.2 mol/l および 0.4 mol/l 重曹溶液浸漬）および豚挽肉に小麦粉を混合した再構成肉の力学的特性、食べ易さおよび咀嚼運動について検討を行った。

(1) 再構成肉の加熱処理後の重量減少率は、重曹未処理肉や重曹溶液浸漬肉に比べ顕著に小さく、再構成肉の保水性が大きいことが認められた。

(2) 重曹未処理肉および重曹溶液浸漬肉の応力-ひずみ曲線において、ひずみ 0.8 (m/m) までの圧縮では明確な破断点は認められなかったが、再構成肉には、ひずみ約 0.3 (m/m) で破断点が認められた。また、重曹未処理肉および重曹溶液浸漬肉のひずみ 0.8 (m/m) におけるみかけの応力の圧縮速度依存性は、異なる傾向を示した。

(3) ひずみ 0.8 (m/m) におけるみかけの応力と咀嚼時のかたさおよび口中の残留物の多さの間には、高い正の相関関係が認められた。一方、咀嚼後に形成される肉食塊の飲み込み易さでは、重曹未処理肉と重曹溶液浸漬肉については、ひずみ 0.8 (m/m) におけるみかけの応力が小さくなるに従い飲み込み易くなることが示された。しかし、最もみかけの応力が小さく、咀嚼時にやわらかいと評価された再構成肉の飲み込み易さは、0.4 mol/l 試料肉と同程度であった。再構成肉は 4 種の試料肉の中で最もおいしくないと評価された。このおいしさの評価が、再構成肉と 0.4 mol/l 試料肉の肉食塊の飲み込み易さの評価結果に影響を与えているものと推測される。

(4) 重曹未処理肉と重曹溶液浸漬肉の嚥下終了までの咀嚼回数は、ひずみ 0.8 (m/m) におけるみかけの応力が最も小さい再構成肉に比べ有意に少ないことが認められた。また、最もひずみ 0.8 (m/m) におけるみかけの応力が大きい重曹未処理肉の閉口相時間は、他の試料肉に比べ有意に長く、最大閉口速度も遅いものとなった。このことより、重曹未処理肉は、重曹溶

液浸漬肉や再構成肉のような食肉加工品に比べ、健康有歯顎者にとって、咀嚼しにくい食肉であることが示された。

本研究の結果から、食肉は重曹溶液により軟化処理を施したり、挽肉を主な原料として再構成肉のように加工することで、高齢者や義歯装着者にとっても、咀嚼し易く、食べ易い、良質なたんぱく質給源のための食品になることが推測される。

引 用 文 献

- 1) 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およぼす重曹浸漬の影響, 家政誌, **53** (4), 347-354 (2002)
- 2) 高橋淳子, 中沢文子: 咀嚼パターンによる食品テクスチャーの評価 (第 1 報) 口腔内での咀嚼圧パターンの解析, 家政誌, **38** (2), 107-113 (1987)
- 3) 道脇幸博, 衣松令恵, 横山美加, 道 健一, 角 保徳, 大越ひろ, 高橋智子: ヒトの咀嚼運動速度からみた食物の物性の測定条件, 日摂食嚥下リハ会誌, **5** (1), 20-24 (2001)
- 4) 瑞森崇弘, 川原隆男, 西尾公一, 宮内修平, 丸山剛郎: 咀嚼運動に関する臨床的研究—食品の大きさ・固さの影響について—, 補綴誌, **29**, 1062-1069 (1985)
- 5) 山本 誠: 全部床義歯装着者の咀嚼能率, 咀嚼筋活動および下顎運動による咀嚼機能評価, 阪大歯学雑誌, **38** (1), 303-331 (1993)
- 6) 中村隆志: 咀嚼運動調節機構の生理的特性に関する研究, 阪大歯学誌, **32**, 36-55 (1985)
- 7) 小濱裕人, 須永 亨, 齋藤孝親, 山野博可, 鈴木義久: 咀嚼運動軌跡の諸相—食品の硬さが及ぼす影響について—, 日大口腔, **12**, 173-180 (1986)
- 8) 東 和生: 咀嚼運動と咀嚼筋活動の関連性に関する臨床的研究, 阪大歯学誌, **34**, 26-63 (1988)
- 9) 有住和浩: 食品の硬さが咀嚼運動に及ぼす影響に関する実験的研究, 補綴誌, **33**, 1301-1312 (1988)
- 10) 赤羽ひろ, 和田淑子: 食品のテクスチャーパターンに及ぼす測定条件の影響, 関東学院女短大論叢, **78**, 245-259 (1987)
- 11) 川野亜紀, 高橋智子, 大越ひろ, 大塚義顕, 向井美恵: ペースト状食物の飲み込み特性と舌運動—温度と物性の影響—, 日摂食嚥下リハ会誌, **5** (2), 11-18 (2001)