

平成 21 年 5 月 27 日現在

研究種目：基盤研究 (C)  
 研究期間：2006 ～ 2008  
 課題番号：18500612  
 研究課題名 (和文) 超高压処理畜肉タンパク質ゲルの嚥下食への利用に関する研究  
 研究課題名 (英文) The availability of high pressurized meat protein gel products for a dysphagia diet  
 研究代表者  
 吉岡 慶子 (YOSHIOKA KEIKO)  
 中村学園大学・栄養科学部・教授  
 研究者番号：30069786

## 研究成果の概要：

高栄養食品である豚肉を用い、超高压処理によるゲルを調製し、物性値、タンパク質組成の分析、微細構造観察から、高圧力が畜肉タンパク質のゲル形成機構に与える影響を調べ、官能評価および嚥下造影検査を行い、高圧処理畜肉ゲルの嚥下食への利用性について検討した。高圧処理畜肉ゲルは加熱処理よりも嚥下食として適応するものであり、畜肉タンパク質のゲル形成機構に及ぼす高圧処理の効果であることが明らかになった。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,700,000	0	1,700,000
2007 年度	900,000	270,000	1,170,000
2008 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	510,000	3,910,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：生活科学・食生活学

キーワード：高圧処理、畜肉タンパク質、テクスチャー特性、微細構造、官能評価、高齢者、嚥下障害者、嚥下造影検査

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 現在、急激な高齢社会に入り、加齢により咀嚼や嚥下機能の低下した人が増加してきている。高齢者は加齢によりさまざまな心身の機能が低下していくが、摂食・嚥下に関して、咀嚼力の低下、唾液分泌量の減少、嚥下機能の減衰などがみられる。そこで、個人の摂食能力に応じた、安全でおいしく食べられる嚥下食の提供が求められる。しかし、嚥下食について、段階的な物性規格が標準化さ

れているわけではなく、どの程度の物性値を示す食物が咽頭や食道をどのように通過するかは明らかでない点が多いのが現状である。(2) 畜肉は良質なタンパク質給源であるが、加熱調理により肉質が硬化し、高齢者には摂取しにくい食品とされ、畜肉製品の嚥下食への利用に関する研究はこれまでのところほとんど見当たらない。一方、高圧による食品加工の研究は現在すでに実用化の段階に入り、畜肉においても従来の加熱調理による畜

肉製品とは異なる物性や風味を有する製品が開発される可能性が報告されてきた。先行研究では、加水・加塩した魚肉すり身を500MPaで高圧処理すると、十分に形状を保持したソフトなゲルが形成されることを見出し、この結果を踏まえて、畜肉タンパク質ゲルの嚥下食への利用を検討するに至った。

## 2. 研究の目的

本研究では、畜肉を用い、従来の加熱処理と高圧力利用の加圧処理によるゲルを調製し、畜肉タンパク質のゲル形成能の違いを検討し、試料肉(豚肉)と水の混合割合を変え、ゲルのソフト化を試みた。これらの畜肉タンパク質ゲルの物性値測定、電子顕微鏡による微細構造変化の観察およびタンパク質組成の分析から、高圧力が畜肉に与える影響について調べた。さらに、これらの畜肉タンパク質ゲルの官能評価および嚥下造影検査を行い、食感、食味や嚥下状況を評価し、嚥下食への利用性について検討した。

## 3. 研究の方法

- (1) LWD 種去勢豚のモモ肉を挽肉とし、実験に供した。豚肉ゲルの調製は、挽肉と水の混合割合を1:0.5および1:1とし、1.5%NaClを添加後、加熱処理は沸騰水浴中で10分間行った(加熱ゲル)。加圧処理は食品加圧試験装置(MFP-7000, 三菱重工業製)を用い、400MPaの静水圧で20分間加圧した(加圧ゲル)。さらに、加圧後過熱水蒸気による加熱処理を行った(加圧・加熱ゲル)。また、通常の挽肉の調理法として、加熱豚挽肉および豚肉ペーストを調製した。
- (2) ①物性値についてはクリープメーター(RE2-33005S, 山電製)を用い、破断強度試験、クリープ試験およびテクスチャー試験により測定した。
- ②ゲルのタンパク質組成の分析は、豚肉より抽出したアクトミオシンおよび豚肉ゲルを試料とし、遠心分離して得られた上清部および沈殿部をSDS-PAGE(Laemmli法)に供した。
- ③ゲルの組織構造は豚肉から抽出したミオシン、アクトミオシンおよび各豚肉ゲルをhalf-Karnovsky溶液、オスミウム酸溶液で固定し、走査型電子顕微鏡(S-3000N, 日立製)で観察した。
- ④官能検査では、各豚肉ゲル、加熱豚挽肉および豚肉ペーストを試料とし、5段階評点尺度法で評価した。
- ⑤嚥下造影検査はS医科大学病院リハビリテーション科外来放射線部で健常者6名および軽度の嚥下障害者8名を被験者とし実施した。本研究は倫理委員会の承認を得て、被験者からはヘルシンキ宣言に基づいてインフォームドコンセントを取得し、実施した。
- ⑥統計解析はSPSS 16.0Jを使用し、分散分

析後、Tukeyの多重比較を行った。

## 4. 研究成果

(1) 各試料のテクスチャー値をFig. 1.に示す。混合比1:1の加圧・加熱ゲルのかたさおよび付着性は加熱ゲルと比較して低値を示した( $p < 0.01$ )。クリープ試験から、軟らかく保形性のあるゲルが形成されたことが示唆された。また、加熱豚挽肉、1:0.5ゲルと比較して軟らかく、嚥下困難者用食品(厚生労働省2009)の許可基準Ⅲの規格範囲内であった。

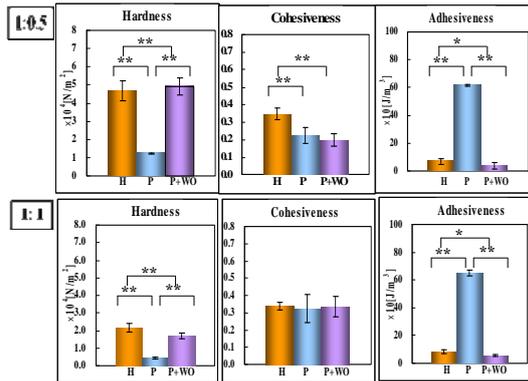
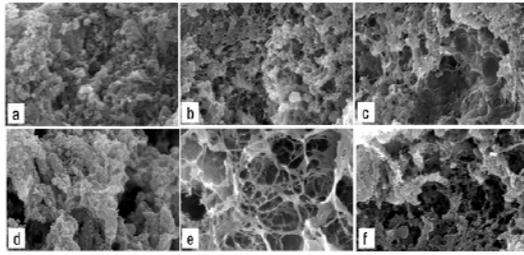


Fig. 1. Textural properties of pork minced gels

H: heated gel, P: pressurized gel, P+WO: pressurized-heated gel by a water oven. Measuring condition: plunger, 20mm; deformation rate, 70%; test speed, 1.0mm/sec. Mean±SD; n=6; \*: significant difference at  $p < 0.05$ , \*\*: significant difference at  $p < 0.01$ .

(2) 各豚肉ゲルおよび豚肉より抽出したアクトミオシンのタンパク質組成の分析について、豚肉抽出アクトミオシンおよび加熱、加圧、加圧・加熱ゲルのSDS-PAGEから、各処理後の沈殿部では、分子量約200kDaのミオシン重鎖および42kDaのアクチンのバンドが検出された。一方、上清部ではそれらのバンドがほとんど検出されず、トロポニン、トロポミオシンおよびミオシン軽鎖などの低分子タンパク質のバンドがみられ、加圧処理ではそれらのバンドが濃く検出された。加圧処理は低分子タンパク質を遊離しやすく、加圧・加熱ゲルではその遊離したタンパク質の再結合が示唆された。

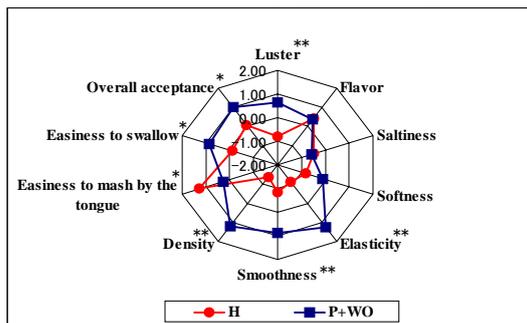
(3) 微細構造観察について、加熱処理を行ったミオシンおよびアクトミオシンは凝集体が粗く連結したaggregated-typeのゲルであり、加圧処理を行ったミオシンおよびアクトミオシンは、平滑な線維から構成されたstrand-typeのゲルであることが明らかになった。また、加圧・加熱処理をしたアクトミオシンでは、緻密な海綿状のゲルが観察された。各豚肉ゲルの電顕像をFig. 2.に示す。加熱ゲルは凝集物の集合により塊状を呈していた。加圧ゲルでは明瞭な網目構造が観察され、ミオシンフィラメント同士の圧力変性に伴う不規則な側面会合により形成されていることが示唆された。この網目構造は、加圧・加熱ゲルにおいても保持されていた。



**Fig. 2. Ultrastructure of pork minced gels**

a : Heated gel, heated in the boiling water for 10 min. until 80°C. (×5,000)  
 b : Pressurized gel, pressurized at 400 MPa for 20 min. (×5,000)  
 c : Pressurized-heated gel, pressurized at 400 MPa for 20 min and heated by a water oven until 80°C. (×5,000)  
 d : Heated gel, heated in the boiling water for 10 min. until 80°C. (×10,000)  
 e : Pressurized gel, pressurized at 400 MPa for 20 min. (×10,000)  
 f : Pressurized-heated gel, pressurized at 400 MPa for 20 min and heated by a water oven until 80°C. (×10,000)

(4) 混合比 1:1 の加熱ゲルと加圧・加熱ゲルの官能評価を Fig. 3. に示す。加圧・加熱ゲルが加熱ゲルよりも弾力があり (p<0.01)、舌ざわりが良く (p<0.01)、飲み込み易い (p<0.05) と評価された。また、各豚肉ゲル、加熱豚ミンチ肉および豚肉ペーストの官能評価から、食肉をゲル化することにより飲み込み易い性状になることが示唆され、特に混合比 1:1 の加圧・加熱ゲルでは顕著であった。



**Fig. 3. Radar chart of sensory evaluation test of heated gel and pressurized-heated gel (1:1)**

H: heated gel, P+WO: pressurized-heated gel by a water oven. Sensory evaluation tests were examined by 13 testers from 21 to 22 years of age with a 5 scale in regard to heated gels and pressurized-heated gel by a water oven. \*: significant difference at p<0.05, \*\*: significant difference at p<0.01.

(5) 嚥下造影検査では、健常者において、1:1 加圧・加熱ゲルは 1:1 加熱ゲルと比較して嚥下回数が少なく、嚥下時間が短く、さらに残留が認められなかったことから、スムーズな嚥下と評価された。軽度嚥下障害者では、1:1 加圧・加熱ゲルの咀嚼から食道入口部までの食塊移送時間が加熱挽肉や 1:0.5 加圧・加熱ゲルと比較して短く、咀嚼回数、および嚥下回数も少なかった。一方、加熱挽肉やペーストでは残留が多く認められた。

これらのことから、1:1 加圧・加熱ゲルは嚥下食として適応するもので、食肉タンパク質の高圧力によるネットワーク構造形成に起因すると考えられた。さらに、豚肉ゲルに大豆分離タンパク質を 5%、7% 添加し、加熱、加圧・加熱処理し、ゲル形成能の改良を試みると、5%、7% 添加ゲルでは、離水率が低下し、

付着性も低値を示し、テクスチャー値は許可基準の範囲内であった。加圧・加熱ゲルは嚥下食として有用であり、大豆タンパク質を添加することでゲル形成能が改善され、製品化への可能性が見出された。高圧処理は畜肉ゲルの物性を改良する有効な処理方法であり、咀嚼・嚥下困難者の食事における畜肉ゲルの利用性を拓けることが期待される。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

- ① 米田妙子, 時藤亜衣, 松嶋康之, 高橋真紀, 吉岡慶子, 蜂須賀研二: 嚥下食レベルからみた嚥下障害治療食のテクスチャー特性. 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会雑誌, 12, 382 (2008) 査読有
- ② 松嶋康之, 時藤亜衣, 米田妙子, 高橋真紀, 千坂洋己, 吉岡慶子, 蜂須賀研二: 加圧・加熱した豚肉ゲルの嚥下障害者での嚥下動態. 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会雑誌, 11, 372-373 (2007) 査読有
- ③ Yoshihide Ikeuchi, Keiko Yoshioka: Effect of high pressure treatment on cytoplasmic 5'-nucleodase from rabbit skeletal muscle, Journal of Food Biochemistry, 31, 314-321 (2006) 査読有
- ④ 池内義秀, 吉岡慶子, 鈴木敦士: 高圧極限環境を利用した食品加工における展開 - 食肉加工分野への高圧利用をめぐる最近の情勢. 高圧力の科学と技術 16 (1), 17-25, (2006) 査読有
- ⑤ 吉岡慶子: 高圧処理による魚肉タンパク質の微細構造と物性変化. 食品と容器, 47(2), 78-83 (2006) 査読有
- ⑥ 時藤亜衣, 山口祐美, 吉岡慶子, 千坂洋己, 蜂須賀研二: 加熱および加圧/加熱処理食肉ゲルの嚥下食への利用性と献立への展開. 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会雑誌, 10 (3), 310 (2006) 査読有

[学会発表] (計 6 件)

- ① 米田妙子, 時藤亜衣, 松嶋康之, 高橋真紀, 吉岡慶子, 蜂須賀研二: 嚥下食レベルからみた嚥下障害治療食のテクスチャー特性. 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会, 2008. 9. 13-14, 幕張メッセ, 千葉
- ② 時藤亜衣, 米田妙子, 吉岡慶子, 松嶋康之, 蜂須賀研二: 加圧・加熱処理食肉ゲルのテクスチャー特性による物性評価と嚥下障害患者における嚥下動態. 第 62 回日本栄養・食糧学会, 2008. 5. 2-4, 女子栄

- 養大学, 埼玉
- ③ Yoshioka K, Tokifuji A, Yoneda T, Matsusima Y and Hachisuka K: Pressurized-heated pork meat gels are easy for dysphagic patients to masticate and swallow. Sixteenth Annual Dysphagia Research Society Meeting, 2008.3.5-8, Charleston, SC, USA
- ④ Yoshioka K, Tokifuji A. and Ikeuchi Y.: Effects of high pressurization on the network structure of meat protein gels and their textural properties. 4<sup>th</sup> Food Protein International Symposium, 2007.11.23-28, Fuzhou University, Fuzhou, Fujian, China
- ⑤ 時藤亜衣、米田妙子、佐藤祐介、吉岡慶子、池内義秀: 高圧力が食肉タンパク質ゲルのネットワーク構造に及ぼす影響と嚥下食への利用性. 日本食品科学工学会第54回大会, 2007.9.8, 福岡、中村学園大学
- ⑥ 時藤亜衣、吉岡慶子、佐藤祐介、池内義秀: 加圧処理による豚肉ゲルの微細構造変化と嚥下食への利用. 日本食品工業学会第53回大会, 2006.8.28-30, 日本大学, 神奈川

[図書] (計1件)

- ① 吉岡慶子 (畑隆志, 蜂須賀研二編): 永井書店, 東京, よくわかる脳卒中介護指導マニュアル. (2009) 162-166/全300頁

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

吉岡 慶子 (YOSHIOKA KEIKO)  
中村学園大学・栄養科学部・教授  
研究者番号: 30069786

### (2) 研究分担者

池内 義秀 (IKEUCHI YOSHIHIDE) (H18-H19)  
九州大学・農学研究科・教授  
研究者番号: 90168112

山口 祐美 (YAMAGUCHI HIROMI) (H18)  
中村学園大学・栄養科学部・副手  
研究者番号: 30441728

時藤 亜衣 (TOKIFUJI AI) (H19)  
中村学園大学・栄養科学部・助手  
研究者番号: 80461474

### (3) 連携研究者

池内 義秀 (IKEUCHI YOSHIHIDE) (H20)  
九州大学・農学研究科・教授  
研究者番号: 90168112

時藤 亜衣 (TOKIFUJI AI) (H20)  
中村学園大学・栄養科学部・助手  
研究者番号: 80461474