

# 鶏肉のテクスチャーおよび嗜好性に及ぼすパイン処理の影響

誌名	日本食品保蔵科学会誌
ISSN	13441213
著者名	松隈,美紀 高橋,誠 藤田,守 松隈,紀生 藤田,修二 和田,浩二
発行元	日本食品保蔵科学会
巻/号	39巻1号
掲載ページ	p. 3-8
発行年月	2013年1月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## 鶏肉のテクスチャーおよび嗜好性に及ぼすパパイ処理の影響

松隈美紀<sup>\*1</sup>・高橋 誠<sup>\*2</sup>・藤田 守<sup>\*3</sup>  
松隈紀生<sup>\*4</sup>・藤田修二<sup>\*5</sup>・和田浩二<sup>\*2§</sup>

\* 1 鹿児島大学大学院連合農学研究科

\* 2 琉球大学農学部

\* 3 中村学園大学栄養科学部

\* 4 中村学園大学短期大学部

\* 5 佐賀大学農学部

### Effects of Papain Treatment on the Texture and Palatability of Chicken Meat

MATSUGUMA Miki<sup>\*1</sup>, TAKAHASHI Makoto<sup>\*2</sup>, FUJITA Mamoru<sup>\*3</sup>,  
MATSUKUMA Norio<sup>\*4</sup>, FUJITA Shuji<sup>\*5</sup> and WADA Koji<sup>\*2§</sup>

\* 1 *United Graduate School of Agricultural Science, Kagoshima University,  
1-21-24 Korimoto, Kagoshima 890-8580*

\* 2 *Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus, 1 Senbaru, Nishihara, Okinawa 903-0213*

\* 3 *Department of Nutritional Sciences, Nakamura Gakuen University, 5-7-1 Befu, Jounan, Fukuoka 814-0189*

\* 4 *Nakamura Gakuen University Junior College, 5-7-1 Befu, Jounan, Fukuoka 814-0189*

\* 5 *Faculty of Agriculture, Saga University, 1 honjo, Saga 840-8502*

In order to examine the effects of papain treatment on the texture (hardness, breaking, and swallowing) and palatability of chicken meat, minced chicken meat treated with different concentrations of papain was subjected to sensory evaluation. The evaluation showed that for all physical properties of texture, the meat treated with papain at 0.3% and 0.5% was significantly more tender than that treated with papain at 0.1% ( $P < 0.01$ ). Further, the meat treated with papain at 0.1% and 0.3% retained a relatively good taste. These results indicated that the appropriate concentration range of papain is at least greater than 0.1% to less than 0.3% from the viewpoint of a good texture and the palatability of chicken meat. To optimize the conditions for papain treatment, meat treated with and without 0.2% papain was also subjected to sensory evaluation. As expected, for all physical properties of texture, the meat treated with papain was significantly more tender than untreated meat ( $P < 0.05$ ), whereas meat tenderization had little effect. Morphological observation of the chicken meat revealed that papain treatment promoted a separation of muscle cells from muscle bundles and a weakening of connective tissue, starting from a very stable level. In addition, an increase of papain concentration promoted endomysium disruption, and at a papain concentration of 0.5%, the endomysium disappeared. These results are consistent with those of the sensory evaluation of the textures and palatability of papain-treated chicken meat, respectively.

(Received Apr. 23, 2012 ; Accepted Jul. 30, 2012)

**Key words** : chicken meat, papain, texture, palatability, morphological observation

鶏肉, パパイ, テクスチャー, 嗜好性, 組織観察

\* 1 〒890-8580 鹿児島県鹿児島市郡元 1-21-24

\* 2 〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原 1

§ Corresponding author, E-mail: kojiwada@agr.u-ryukyuu.ac.jp

\* 3 〒814-0189 福岡県福岡市城南区別府 5-7-1

\* 4 〒814-0189 福岡県福岡市城南区別府 5-7-1

\* 5 〒840-8502 佐賀県佐賀市本庄町 1

摂食行動には、咀嚼機能、舌機能、嚥下機能などの口腔機能が影響している。高齢者は個人差があるものの、加齢に伴う歯の損失、舌の動きの鈍化、唾液分泌量の減少が起こりやすく、口腔機能の低下が認められる。口腔内機能の低下は、食の受容性を狭めるばかりか、食事の量や質を低下させ、タンパク質の欠乏とエネルギーの欠乏が複合して起こる低栄養状態を招くことが報告されている<sup>9)</sup>。口腔機能が低下した高齢者が食べにくい食品物性には、「硬くて破断に強い力を要する」、「柔らかいが噛み切りにくく、噛みしめるのに力を要する」および「食塊形成が難しい」などの特徴があることから、高齢者に適した食事は「食品の柔らかさ」のみならず「食品の潰れやすさ」や「飲み込みやすさ」が重要であると考えられる。

一方、高齢者にとって、毎日の食事は大きな楽しみで、何よりもおいしく食べられることが肝心である。したがって、高齢者が「その人らしい食生活」を得るために、食べやすく、良質なタンパク質をおいしく供給することが必要である<sup>9)</sup>。鶏肉は良質なタンパク質の供給源であるとともに、特有の好ましさとおいしさがあるために、高齢者に適したタンパク質源の一つとして考えられるが、加熱によって硬くなり、咀嚼しにくくなる<sup>9)</sup>ため、食べやすく調理してから食卓に供する必要があった。このような背景から、鶏肉をタンパク質分解酵素で処理した際の軟化に関する報告<sup>4)~6)</sup>は多くみられるが、酵素処理による軟化とおいしさの関連性についての報告はほとんどみられない。

そこで本研究では、口腔機能が低下した高齢者への食肉として最適な鶏肉質の改良を目的とし、濃度の異なるタンパク質分解酵素を用いてミンチ処理した鶏肉の軟化を試み、高齢者食に必要な食品物性とおいしさの関連性について官能評価を行った。さらに、酵素処理前後における鶏肉組織の構造変化から形態学的な検討を行った。

## 実験方法

### 1. 実験材料

鶏ムネ肉（コーニッシュ種、90日成育鶏）を購入後、皮と余分な脂を取り除き、水洗したものを実験材料とした。タンパク質分解酵素は、パパイン（食品用精製パパイン、ナガセ生化学工業(株)）を用いた。

### 2. 分析試料の調製

(1) 官能評価試料 鶏ムネ肉を電動式ミートチョッパー（MS-12、南常鉄工）で1回挽きし、ミンチにした。このミンチ肉150gにパパインを0.1、0.2、0.3および0.5%（対肉重量）の割合で添加し、手で20回混ぜ合わせた後、30gずつケーシング（200mm×300mm、フィルム厚90 $\mu$ m、ポリエチレン、クリロン(株)）に入れ、真空包装機（VP-105F、日本電熱(株)）を用いて真空包装し、0℃で24時間保蔵した。保蔵後、95℃の熱湯で試料の中心温度が75℃に達するまで加熱処理したものを官能評価用試

料とした。また、パパイン処理をしないミンチ肉（非酵素処理鶏肉）についても同様の保蔵および加熱処理を行い、対照区とした。

(2) 組織観察試料 鶏ムネ肉を電動式ミートチョッパーで1回挽きしたミンチ肉150gに、パパインを0.2%および0.5%（対肉重量）の割合で添加し、フードプロセッサ（Bamix、(株)チェリーテラス）で5秒間混合後、30gずつケーシングに入れ、真空包装機を用いて真空包装し、0℃で24時間保蔵したものを組織観察試料とした。また、パパイン処理をしないミンチ肉（非酵素処理鶏肉）についても同様の保蔵処理を行い、対照区とした。

## 3. 官能評価

### (1) 酵素処理濃度の食品物性およびおいしさへの影響

パネルは中村学園大学栄養科学部および大学院の学生7名（平均年齢23.5歳、女性）で構成した。官能評価の手順、評価の仕方を十分説明してから官能評価を行った。官能評価は官能評価試料（酵素添加0.1、0.3および0.5%）および非酵素処理鶏肉（対照区）の4種類を一度に呈示し、対照区を0として-2から2までの5段階評点尺度法<sup>10)</sup>で4項目について評価した。評価項目は、①硬さ（硬い-柔らかい）、②舌での潰れやすさ（困難-容易）、③飲み込みやすさ（困難-容易）、④おいしさ（嫌い-好き）とした。得られた評価値は一元配置分散分析を行い、Tukeyの多重比較を実施し、 $P < 0.01$ を有意と判定した。

### (2) 0.2%酵素処理鶏肉の食品物性およびおいしさに対する評価

パネルは中村学園大学栄養科学部および大学院の学生12名（平均年齢23.5歳、女性）で構成した。官能評価は官能評価試料（酵素添加0.2%）および非酵素処理鶏肉（対照区）の2種類を一度に呈示し、上記（1）と同様の4項目について1から5までの5段階評点尺度法で行った。得られた評価値からStudentの*t*検定を用いて、対照区および酵素処理鶏肉との比較（ $P < 0.05$ ）を行った。

## 4. 硬さ測定

試料には非酵素処理鶏肉（対照区）および0.2%酵素処理鶏肉を用いた。測定はテンシプレッサー（TTP-50BX、タケモト電機(株)）を用い、厚生労働省で定めた高齢者用食品の硬さ測定法<sup>11)</sup>に準拠して行った。すなわち、直径20mmのプランジャーを用い、圧縮速度10mm/s、クリアランス5mm、測定温度20 $\pm$ 2℃の条件で試料を圧縮し、得られた応力より硬さを算出した。1つの試料につき測定を3回繰り返し行い、硬さの平均値と標準偏差値を算出した。統計解析はStudentの*t*検定を用いて、対照区および酵素処理鶏肉との比較（ $P < 0.01$ ）を行った。

## 5. 組織学的観察

(1) 標本の作製 鶏肉の組織学的観察に使用する標本の作製には、組織観察試料（酵素添加0.2%および0.5%）および非酵素処理鶏肉（対照区）を用いた。各試料を5mm角に切り出し、0.1Mリン酸緩衝液でpH7.4

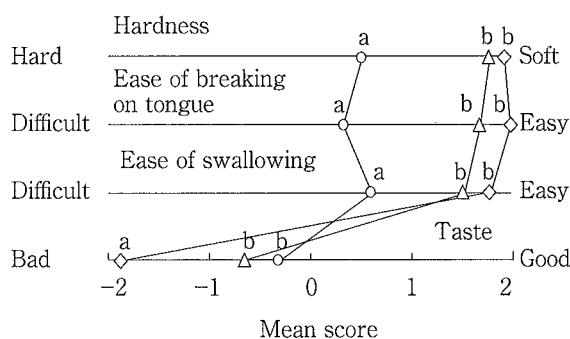
に調整した4%ホルムアルデヒド(和光株)で24時間浸漬して固定した。固定した試料を水洗し、エタノール系列で脱水およびキシレンで透徹後、パラフィンに包埋した。包埋後の試料からミクロトームで6 $\mu$ mの縦断切片を作成し標本とした。

(2)ヘマトキシリン・エオシン(HE)染色 鶏肉の組織構造を観察する目的でHE染色を行った。各標本を脱パラフィンおよび水洗後、マイヤー・ヘマトキシリン(武藤化学株)で20分間染色した後に水洗した。次に、1%エオシンY液(武藤化学株)で5分間染色した後に軽く水洗し、エタノール系列で脱水、キシレンで透徹および封入後、光学顕微鏡(BH-2, オリンパス光学工業株)を用いて75倍および350倍で観察を行った。

### 結果および考察

#### 1. 鶏肉の酵素処理における酵素濃度の影響

Fig. 1に酵素処理前(対照区)および処理後(酵素濃度:0.1, 0.3および0.5%)の鶏肉試料における官能評価結果を示す。酵素添加後、0℃で24時間保蔵した鶏肉の硬さについて、いずれの酵素濃度においても対照区と比較して、柔らかいと評価された。また、酵素の濃度に伴って柔らかく感じる傾向を示し、酵素0.1%処理鶏肉と酵素0.3%および0.5%処理鶏肉の間にそれぞれ有意差が認められた( $P < 0.01$ )。これは酵素処理温度が0℃であっても、24時間保蔵によって酵素による鶏肉のタンパク質分解が進行し、特に酵素処理濃度が0.1%以上で十分な柔らかさが得られると考えられた。また、舌での潰れやすさの項目について、酵素0.1%処理鶏肉と酵素0.3%および0.5%処理鶏肉の間にそれぞれ有意差が認められた( $P < 0.01$ )。これらの結果より、食品の硬さと舌での潰れやすさには大きな関連性があることが示唆された。同様に、飲み込みやすさの項目についても酵素



○0.1% papain treated △0.3% papain treated ◇0.5% papain treated

Fig. 1 Effect of papain concentration on texture and palatability of chicken meat

Seven panel members rated four parameters of chicken meat with papain treated (0.1, 0.3, and 0.5%) on a 5-point scale (from -2 to 2) compared to that of the chicken meat without papain treated as control (score 0). Different letters are significantly different ( $P < 0.01$ ).

0.1%処理鶏肉と酵素0.3%および0.5%処理鶏肉の間にそれぞれ有意差が認められた( $P < 0.01$ )。

一般に、食物は咀嚼によって表面が十分に滑りやすい一塊の団子状態が形成(食塊の形成)された後に嚥下を行うが、食塊が柔らかすぎるか、または粘性が高すぎることが飲み込みにくさの原因になることが知られている<sup>9)</sup>。しかし、今回の各酵素濃度の範囲では鶏肉が柔らかすぎるために飲み込みにくくなるという傾向は認められなかった。一方で、おいしさの項目では、酵素の濃度に伴って嫌いという傾向を示し、酵素0.1%および0.3%処理鶏肉と酵素0.5%処理鶏肉の間にそれぞれ有意差が認められた( $P < 0.01$ )。通常、食肉加工のテクスチャーとして嗜好性が高いものは、弾力性と結着性が高く、歯ごたえがあると評価されている<sup>9)</sup>。本試験の結果においても、酵素処理による鶏肉の軟化と嗜好性には密接な関連があり、酵素処理時間を一定にした場合、酵素濃度が高すぎると著しく嗜好性は低下した。したがって、酵素処理鶏肉を高齢者食に活用する場合、適度な柔らかさが嗜好性の向上のために必要と考えられた。

以上の結果より、硬さ、舌での潰れやすさ、および飲み込みやすさの項目において高い評価を示し、かつ、有意なおいしさの低下を示さない酵素濃度は少なくとも0.1以上0.3%未満にあると考えられた。そこで、得られた濃度範囲においてより少ない酵素濃度(0.2%)で処理した鶏肉について官能評価を行い、パパイン処理した鶏肉の高齢者食としての有効性について検討した。

#### 2. 0.2%酵素処理鶏肉の官能評価と硬さ測定

Fig. 2に酵素処理前(対照区)および0.2%酵素処理後

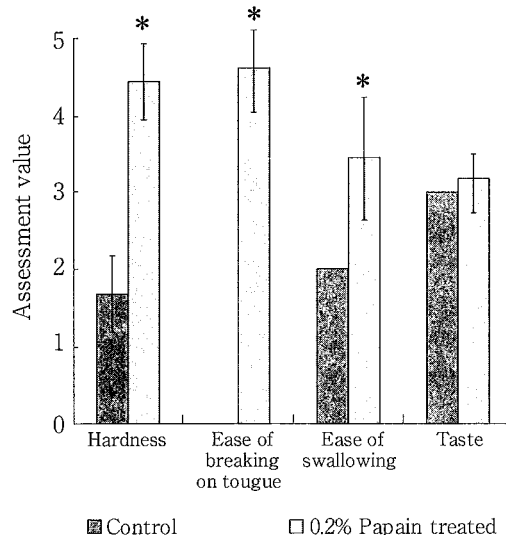


Fig. 2 Effect of 0.2% papain treatment on texture and palatability of chicken meat

Twelve panel members rated four parameters of chicken meat with and without 0.2% papain on a 5-point scale (from 1 to 5).

Values containing asterisks are significantly different from the control at  $P < 0.05$  (\*).

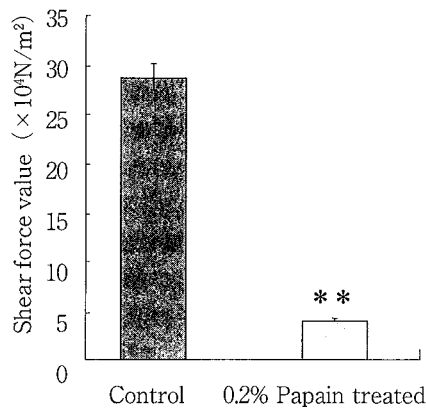


Fig. 3 Shear force value of chicken meat with 0.2% papain treated

Values containing asterisks are significantly different from the control at  $P < 0.01$  (\*\*).

の鶏肉試料における官能評価結果を示す。硬さ、舌での潰れやすさおよび飲み込みやすさの項目において、対照区と比べて有意差が認められた ( $P < 0.05$ )。また、0.2% 酵素処理鶏肉のテクスチャーにおいて、すべてのパネリストから対照区と比べてやわらかく、食べやすいという評価を得た。そこで0.2%酵素処理鶏肉についてテンシプレッサーによる硬さ測定を行ったところ  $4.29 \pm 0.12 \times 10^4 \text{N/m}^2$  を示し (Fig. 3), 対照区 ( $28.90 \pm 1.33 \times 10^4 \text{N/m}^2$ ) と比べて有意差が認められた ( $P < 0.01$ )。この結

果は、厚生労働省が定めた高齢者用食品の規格基準において、咀嚼困難者用食品ゲルの硬さ (ゲル  $5 \times 10^4 \text{N/m}^2$  以下) の基準内にあることを確認した。一方、おいしさの項目については、0.2%酵素処理鶏肉は対照区と比べて若干低い値を示したが、有意差は認められなかった。以上の結果は、0.2%パパイイン処理した鶏肉がおいしさを維持し、さらに口腔機能が低下した高齢者にとって十分に食べやすいことを示唆しており、口腔機能が低下した高齢者への鶏肉処理として有効であると考えられた。しかし、パパイインによる鶏肉の軟化効果はパパイインの添加濃度だけでなく、保蔵温度および時間によっても変化すると思われる。今後は酵素濃度に加えて、保蔵温度および時間と鶏肉のテクスチャーおよび嗜好性の関係性を検討する必要がある。

### 3. 鶏肉の組織学的観察

食肉の食感は、主に構成するタンパク質のうち、筋線維および筋肉内結合組織を構成するタンパク質によってもたらされていると考えられている<sup>10), 11)</sup>。そこで、パパイイン処理の有無における鶏肉の組織学的観察を行い、官能評価による肉質の差異をもたらす要因を解析した。Fig. 4に酵素処理前 (対照区) および酵素処理後の鶏肉試料における筋組織写真 (筋組織、黒色; 空隙、白色) を示す。通常、鶏肉の筋組織は厚い疎性結合組織である筋上膜 (筋膜) に包まれ、筋上膜に続く薄い結合組織の筋周膜が多数の筋細胞束を取り囲んで、それらを境界と

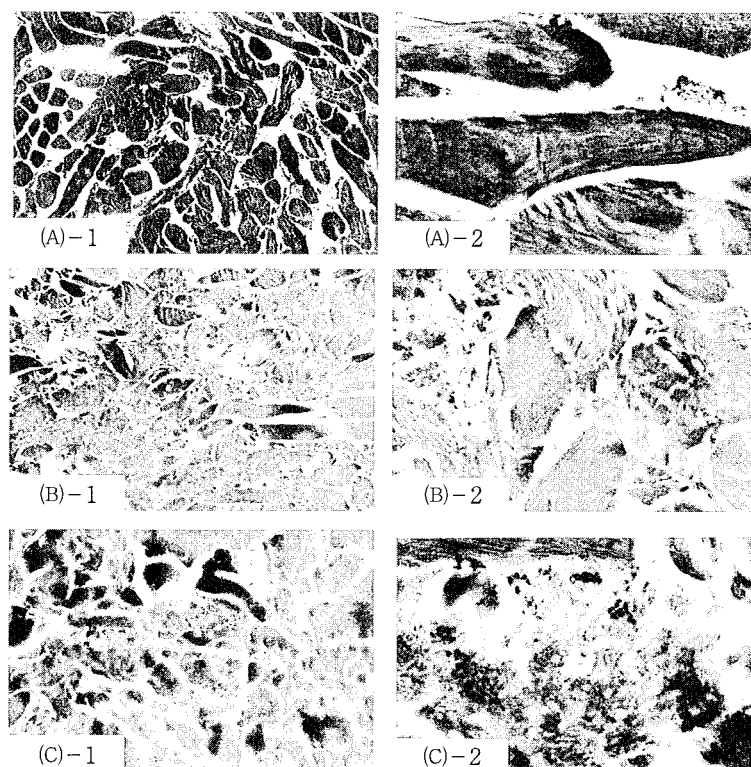


Fig. 4 Optical micrographs of chicken meat before and after papain treated

(A) before papain treated, (B) after 0.2% papain treated, (C) after 0.5% papain treated  
(Scale: left,  $\times 75$ ; right,  $\times 300$ )

している。対照区の筋組織において、一部の筋細胞が筋束から分離している様子が観察された (Fig. 4 (A) - 1)。これは鶏肉のミンチ処理による筋細胞や結合組織の物理的な破断が原因であると考えられた。しかし、筋細胞には明確な横紋が認められ、大部分の筋細胞が筋内膜に包まれていた (Fig. 4 (A) - 2)。一方、0.2%酵素処理鶏肉では、対照区と比べて多くの筋細胞が筋束から分離し、また結合組織についても、対照区では確認されなかった部分的な切断および消失が観察された (Fig. (B) - 1)。さらに、筋内膜に包まれている筋細胞が部分的に観察されたものの、筋細胞の横紋の多くは崩れていた (Fig. 4 (B) - 2)。食肉にパパイ処理を作用させた場合、筋細胞内の筋原線維を構成するタンパク質として知られるミオシンフィラメントのH-メロミオシンは3つのサブフラグメントに分解されると報告されている<sup>10)</sup>。また、食肉が柔らかくなる要因として、筋細胞の結合組織からの分離や筋原線維の脆弱化が報告されている<sup>10), 11)</sup>。したがって、パパイ処理によって筋原線維、特にタンパク質の大半を占めるミオシン分子が分解されることが肉の軟化に大きく寄与し、0.2%酵素処理鶏肉の官能試験におけるテクスチャー比較では、対照区と比べて有意に柔らかく、舌で潰れやすく、また、飲み込みやすいと評価されたと推察された。

一方で、0.5%酵素処理鶏肉では、筋細胞から分離した筋原線維や筋形質などが小片化し、コロイド状に混在していた (Fig. 4 (C) - 1)。また、0.2%酵素処理鶏肉に比べて結合組織は切断および消失部分が大きく、ほとんどの筋内膜および筋細胞の横紋は観察されなかった (Fig. 4 (C) - 2)。食肉のパパイ処理では筋細胞のタンパク質がうま味に関連する遊離アミノ酸やペプチドに分解されることが知られている<sup>10)</sup>。したがって、鶏肉へのパパイ処理濃度の増加に伴う嗜好性 (おいしさ) の低下の要因の一つは、本観察で示されたような筋内膜の切断または消失の程度による食肉加熱処理後に肉汁とともに放出される遊離アミノ酸やペプチドの量の差異と推定された。今後嗜好性については、おいしさと関連する食品成分を詳細に分析する必要があると考えられる。

## 要 約

口腔機能が低下した高齢者への食肉として最適な鶏肉質の改良を目的とし、濃度の異なるパパイ処理を用いてミンチ処理した鶏肉の軟化を試み、高齢者食に必要な食品物性とおいしさの関連性について官能評価および鶏肉組織学的観察を行った。その結果、以下の知見を得た。

① 鶏肉試料における官能評価では、鶏肉へのパパイ処理濃度 (0.1, 0.3および0.5%) の増加に伴い、鶏肉の「硬さ」は柔らかくなり、「舌での潰れやすさ」および「飲み込みやすさ」は容易になる傾向を示した。一方、嗜好性 (おいしさ) についてはパパイ処理濃度の増加に伴い、減少する傾向を示した。

② 0.2%酵素処理鶏肉試料の官能評価では、酵素処理前試料 (対照区) と比べて有意なテクスチャー (「硬さ」, 「舌での潰れやすさ」および「飲み込みやすさ」) の変化を示したが、おいしさの低下は認められなかった。

③ 鶏肉のパパイ処理によって筋細胞の筋束から分離、結合組織の切断および消失が観察され、官能評価におけるテクスチャーの変化の要因と考えられた。

④ 鶏肉へのパパイ処理濃度の増加に伴い、筋内膜の切断または消失が観察され、官能評価におけるおいしさの低下の要因と考えられた。

以上の結果より、パパイ処理による鶏肉の軟化と嗜好性には密接な関連があり、酵素処理時間を一定にした場合、酵素濃度が高すぎると筋内膜が消失し、著しく嗜好性が低下することが明らかとなった。したがって、高齢者食に活用する鶏肉の軟化にパパイ処理を使用する場合、適度な柔らかさが嗜好性の維持のために必要と考えられる。

## 文 献

- 1) 葛谷雅文：高齢者の栄養評価と低栄養の対策，日本老年学会誌，**40**，199 (2003)
- 2) 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**，357～364 (2003)
- 3) 藤田尚男・藤田恒夫：標準組織学総論 (医学書院，東京)，pp. 212～225 (1988)
- 4) 中西洋子・成瀬明子・梶田武俊：高度に精製したキウイフルーツプロテアーゼ (アクチニジン) の自己消化に及ぼす温度の影響，日本家政学会誌，**45**，609～614 (1994)
- 5) 鮫島邦彦・崔 一信・石下真人・早川忠昭：アクチニジン (キウイフルーツタンパク質分解酵素) による筋肉構成タンパク質の分解，日本食品工業学会誌，**38**，817～821 (1991)
- 6) 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**，603～607 (1994)
- 7) 厚生省保健医療局地域保健・健康増進栄養課，生活習慣病対策室監修：栄養調理六法11年版，高齢者用食品の試験法，p286 (1998)
- 8) 神山かおる：テクスチャー解析によるおいしさの評価，化学と生物，**47**，133～137 (2009)
- 9) 宅見央子・中村弘康・白石浩荘・米谷 俊：高齢者用菓子類の食感に求められる要素，栄養学雑誌，**68**，131～140 (2010)
- 10) LOCKER, R. H.: Degree of muscular contraction as a factor in tenderness of beef, *J. Food Sci.*, **25**, 304～307 (1960)

- 
- 11) MARSH, B. B. and LEET, N. G.: Studies in meat tenderness. III. The effects of cold shortening on tenderness. *J. Food Sci.*, **31**, 450~459 (1966)
- 12) KOMINZ, D. R., MITCHELL, E. R., NIHEI, T. and KAY, C. M.: The Papain Digestion of Skeletal Myosin A, *Biochem.*, **4**, 2373~2382 (1965)
- 13) 沖谷明紘: 肉の食味, 日本食生活学会誌, **17**, 94~99 (2006)  
(平成24年4月23日受付, 平成24年7月30日受理)
-