

魚介類の切り身およびスケソウダラすり身 ゲルのテクスチャーに与える高圧処理の影響

朝賀 昌志, 中西 律子, 村井 恵子, 青山 好男

Effect of High Pressure Treatment on the Textural Properties of Sea Foods and Gel Produced from Alaska Pollack Surimi Paste

Masashi Asaka, Ritsuko Nakanishi,
Keiko Murai and Yoshio Aoyama

The effect of high pressure treatment on the textural properties of sea foods and gel produced from Alaska pollack surimi paste was examined.

The breaking strength of tested meats was increased by pressurization and heating. The prawn meat heated in salt solution was harder than that heated in deionized water. On the other hand the reverse phenomenon was observed by pressurization. The other meats heated in salt solution were softer than that heated in deionized water, whereas the reverse phenomenon was observed by pressurization.

The jelly strength of pressure-induced gel from Alaska pollack surimi paste was larger than that of heat-induced gel. All gels softened by thermal sterilization. However, pressurization was effective to improve the textural properties of the thermal sterilized gels produced from Alaska pollack surimi. Especially, the pressurization at 400 MPa was the most favorable condition.

Key words : pressurization, heating, thermal sterilization, texture, gel, surimi, Alaska pollack, sea foods, yellowfin tuna, cuttlefish, octopus, prawn

カマボコ、チクワに代表される練り製品は、我国の伝統的な食品で各地に独特の製品がある。練り製品は、筋原線維の主要構成成分である塩溶性タンパク質（F-アクチン，ミオシン）が塩化ナトリウムなどの塩の添加で溶解し網目構造を形成することにより強い足（弾性が強く歯切れの良いこと）を持たせている¹⁾。

カマボコ缶詰は以前製造されていたが、レトルト殺菌により特有の足が消失するため製造が難しく²⁾、今日ではほとんど製造されていない。現在は、レトルト殺菌したプラスチック容器詰おでんが市販されており、その中に練り製品が詰められているが、そのテクスチャーは十分でない。

テクスチャーは、食品において重要な特性の一つであり、加熱やその他の処理により変化する。このため、加工処理に伴う食品素材のテクスチャーの変化を把握し、改善することが必要である。

タンパク質は高圧処理でも凝固することが1914年 Bridgman によって卵白で証明されている³⁾が、この高圧の特性を食品加工に利用することが林^{4,5)}により提唱されて以来、動物及び植物の組織、微生物、生体高分子などに対する高圧の影響が検討されてきた。魚肉ゲルに関しては、ア

クトミオシンを高圧処理するとゲル化し⁶⁾、加圧処理後加熱することで加熱処理のみで調整したゲルよりゼリー強度が大きくなること⁷⁾が報告されている。しかし、レトルト殺菌による魚肉ゲルのテクスチャー低下²⁾の防止にこの特性を利用する試みは報告されていない。

本報では、魚介類の切り身とスケソウダラすり身ゲルのテクスチャーに対する高圧処理の影響を調べ、レトルト魚肉練り製品製造に応用することを検討した。

実験方法

1. 材料

スケソウダラ冷凍すり身（アラスカ産，等級SA）はマルハ^(株)より入手した。他の魚介類は市販品を用いた。食塩，グルタミン酸ナトリウム，イノシン酸は食品添加物用を用いた。プラスチック成形容器（ポリプロピレン/EVOH/ポリプロピレン）とレトルトパウチ（PET/アルミ箔/ポリプロピレン）は東洋製罐^(株)より入手した。

2. 魚肉ゲルの調整方法

-25℃で保存していた冷凍すり身を一晩冷蔵庫に保管して解凍後，ニットー自動乳鉢 ANM360T型（日陶科学）でイオン交換水0.3倍量と共に5分間らいかいした。その後，食塩を2.0%，グルタミン酸ナトリウムを0.25%，イノシン酸を0.05%添加し，30分間らいかいした⁸⁾。らいかい後，筒（直径4 cm，高さ1.5 cmまたは3.0 cm）で成型し，レトルトパウチに詰め，真空包装した。

3. 魚肉切り身の加熱と加圧処理方法

キハダマグロ，モンゴウイカ，タコ，エビを約1 cm×1.5 cm×2 cmの切り身に切断後，プラスチック成形容器に詰め，イオン交換水または3%食塩水を加えてヒートシールした。これらの試料の一部は加熱処理（100℃，10分間）後水冷した。また，一部は加圧処理（400 Mpa，20℃，10分間）した。

4. 魚肉ゲルの加熱，加圧および殺菌方法

1) 加熱処理方法

真空包装した試料は，100℃の蒸気中で中心温度85℃を目標に加熱し，その後水冷した。厚さ1.5 cmの試料は9分間加熱処理した。この場合，中心温度は88℃であった。厚さ3.0 cmの試料は13分間加熱処理した。この場合，中心温度は87℃であった。

2) 加圧処理方法

高圧試験装置 MFP-7000（三菱重工業）を用い，厚さ1.5 cmの試料は400 Mpa，20℃，10分間処理した。一方，厚さ3.0 cmの試料は100, 200, 300, 400, 500, 600 Mpaの各圧力で20℃，10分間処理した。処理後殺菌もしくは測定するまでの間5℃で保存した。

3) 加熱殺菌方法

厚さ1.5 cmの試料は120℃，18分間加熱殺菌した（F₀7.3）。一方，厚さ3.0 cmの試料は120℃，28分間加熱殺菌した（F₀7.3）。

5. テクスチャー評価法

1) 切り身のテクスチャー

レオメーター NRM-2002J（不動工業）に直径3 mmの円柱のアダプターを付け，試料を速度

2 cm/分で上昇させ、破断応力を測定した。

2) ゲルのテクスチャー

(1) 折り曲げ試験 試料を厚さ 5 mm に切断し、2 つに折り畳み、折り目の破断の程度で、A: 折り目に異常なし、B: ひび割れを生じる、C: 折れる、D: 折れて 2 片に分離するの 4 段階で評価した¹⁾。

(2) 破断試験 レオメーター NRM-2002J (不動工業) に直径 5 mm の球状のアダプターを付け、試料 (厚さ 3.0 cm または 1.5 cm) を速度 2 cm/分で上昇させ、破断するまでの浸入距離と破断応力を測定し、ゼリー強度 (距離と応力の積, 単位: cm・g) を求めた¹⁾。

6. 水分および塩分の測定

1) 水分

試料を細切後、赤外線水分計 (ケット) を用い測定した。

2) 塩分

試料 5.0 g を細切後、イオン交換水に 1 昼夜浸漬し、50 ml に定容した。この上澄液の塩分濃度を塩分分析計 SAT-2A (東亜電波工業) で測定した。

結 果

1. 魚介類の切り身のテクスチャーに対する加圧と加熱処理の影響

魚介類の切り身を加圧および加熱処理したときのテクスチャーの変化を Table 1 に示す。試料の破断応力は生に比べ、食塩水中で加圧処理したモンゴウイカを除き、加圧および加熱処理することで大きくなった。

破断応力に対する水および食塩水の影響をみると、エビは食塩水中で加圧処理すると水中で処理したものより破断応力が大きくなり、加熱処理では逆に低くなった。キハダマグロ、モンゴウイカ、タコはエビとは逆の結果を示した。

すなわち水中での加圧処理後の破断応力はエビの 868 g・cm が最大でキハダマグロの 506 g・cm が最小であり、加熱処理後ではキハダマグロとタコの 829 g・cm が最大でモンゴウイカの 547 g・cm が最小であった。一方、食塩水中での加圧処理後の破断応力はエビの 1062 g・cm が最大でキハダマグロの 411 g・cm が最小であり、加熱処理後のそれはキハダマグロとタコの 1254 g・cm が最大であり、エビの 490 g・cm が最小であった。

Table 1. Effect of pressurization and heating on breaking strength of sea foods.

Meats	(Breaking strength : g)			
	Yellowfin tuna	Cuttlefish	Octopus	Prawn
Raw	122	445	609	325
Heated in water	829	547	829	811
Heated in salt solution	1254	560	1254	490
Pressurized in water	506	592	801	868
Pressurized in salt solution	411	443	707	1062

2. 魚肉ゲルのテクスチャーに与える加圧と加熱処理の影響

調製したゲルは水分77.5-78.2%, 塩分1.95-1.97%で加熱と加圧による差はほとんど認められなかった。これらのゲルを折曲げ試験した結果、すべてのゲルが良好であった(評価A)。

これらのゲルのゼリー強度を Fig. 1 に示した。ゲルのゼリー強度を比較すると、加熱ゲルの364 g・cmに比べ加圧ゲルと加圧加熱ゲル(加圧処理後加熱処理したゲル)はそれぞれ913 g・cmと1007 g・cmと約3倍の値を示した。なお、未処理ゲルは126 g・cmと柔らかであった。

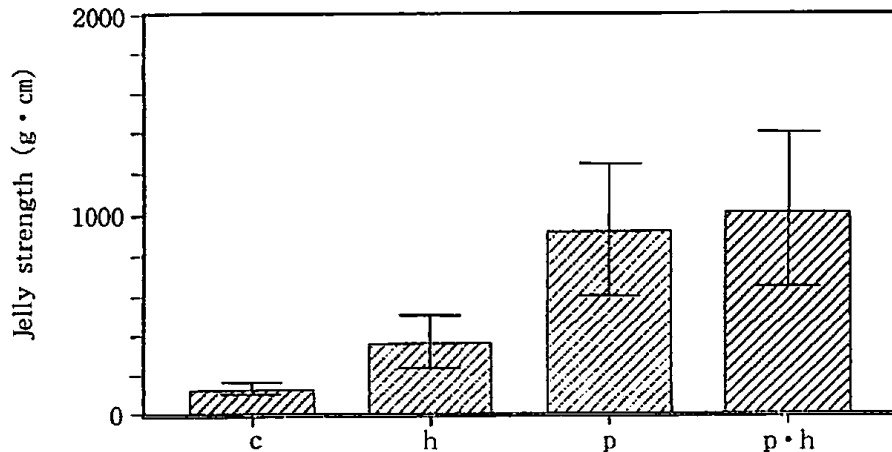


Fig. 1 Effect of pressurization and heating on jelly strength of gels produced from Alaska pollack surimi paste.

Symbols, c: gel stored at 5 °C until measurement, h: gel heated at 100 °C for 9 min (temperature of the central part was 88 °C), p: gel pressurized at 400 MPa and 20 °C for 10 min, p・h: gel pressurized at 400 MPa and 20 °C for 10 min and then heated at 100 °C for 9 min (temperature of the central part was 88 °C).

Breaking strength (g) and compressed distance (cm) were measured with a globular plunger (diameter: 5 mm) until breaking the gel. Jelly strength (g・cm) of gel is a product of the breaking strength and the distance. Values represent mean \pm standard deviation of ten data.

3. レトルト殺菌による魚肉ゲルのテクスチャーの変化

加熱および加圧処理したゲルをレトルト殺菌した。試料中の水分と塩分は加熱殺菌によりほとんど変化しなかったが、ゲルのテクスチャーは変化した。すなわち、折曲げ試験の結果、加圧ゲルと加圧加熱ゲルは良好(評価A)であったが、加熱ゲルと未処理ゲルの評価は低下した(評価D)。

加熱殺菌したゲルのゼリー強度を Fig. 2 に示した。殺菌後のゼリー強度は、未処理ゲル108 g・cm, 加熱ゲル164 g・cm, 加圧ゲル280 g・cm, 加圧加熱ゲル253 g・cmを示し、加圧ゲルが最も大きかった。

これら加熱殺菌前後のゲルのゼリー強度をフィッシャーの有意差検定で比較した結果、殺菌していない加熱ゲルに比べ、殺菌後の未処理ゲルは危険率1%で有意差有り、殺菌後の加熱ゲルは危険率5%で有意差有り、殺菌後の加圧ゲルと加圧加熱ゲルは危険率5%で有意差無しであった。

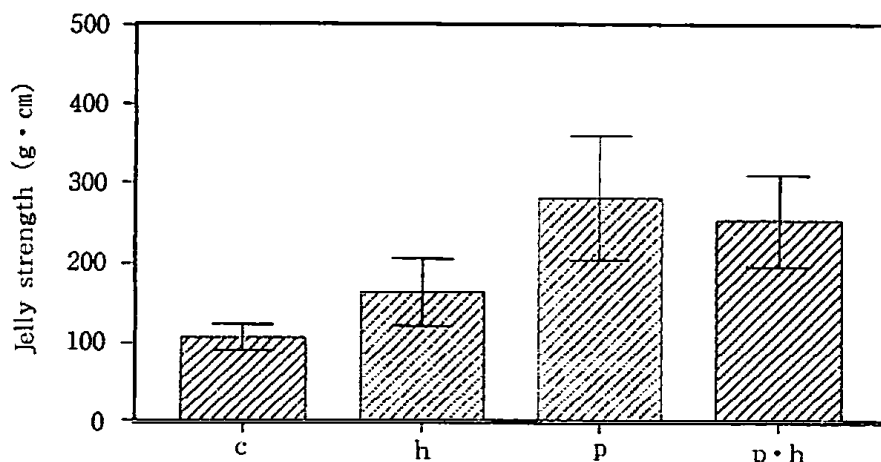


Fig. 2 Effect of thermal sterilization on jelly strength of gels produced from Alaska pollack surimi paste.

The gels stated in fig. 1 were sterilized at 120 °C for 18 min (Fo value was 7.3).

Analytical method is shown in Fig. 1.

4. 加熱殺菌ゲルのテクスチャーに与える処理圧力の影響

加熱殺菌ゲルのテクスチャーに対し前処理として加圧処理することが有効であったことから、処理圧力の影響を検討した。その結果を Fig. 3 に示した。未処理ゲルと加熱ゲルの殺菌後のゼリー強度はそれぞれ93 g·cmと107 g·cmと低い値を示した。300 MPaまでの圧力で処理した加圧ゲルの殺菌後のゼリー強度は180-181 g·cmと大きく、400 MPa以上の圧力で処理したものは221-227 g·cmと更に大きい値を示した。

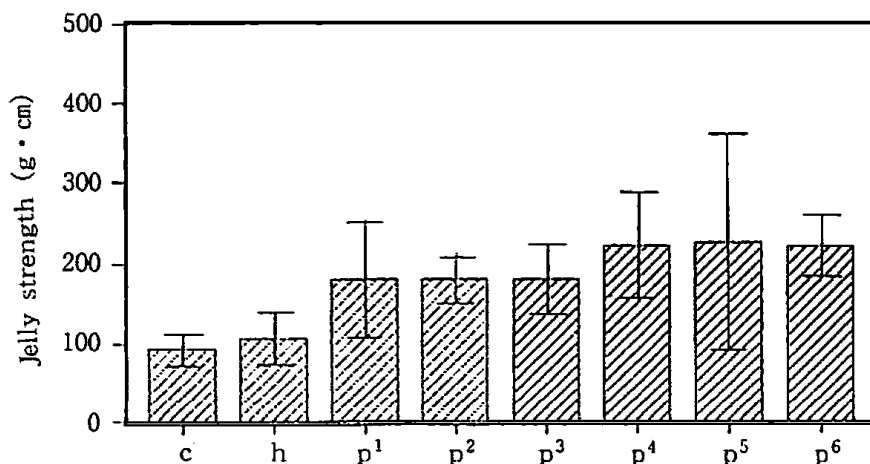


Fig. 3 Effect of pressure on jelly strength of sterilized gels.

Symbols, c: gel stored at 5 °C until sterilization, h: gel heated at 100 °C for 13 min (temperature of the central part was 87 °C), p¹: gel pressurized at 100 MPa and 20 °C for 10 min, p²: gel pressurized at 200 MPa and 20 °C for 10 min, p³: gel pressurized at 300 MPa and 20 °C for 10 min, p⁴: gel pressurized at 400 MPa and 20 °C for 10 min, p⁵: gel pressurized at 500 MPa and 20 °C for 10 min, p⁶: gel pressurized at 600 MPa and 20 °C for 10 min. These samples were sterilized at 120 °C for 28 min (Fo value was 7.3).

Analytical method is shown in Fig. 1. Values represent mean ± standard deviation of five data.

考 察

1. 魚介類の肉のテクスチャーに対する加圧と加熱処理の効果の比較

食品加工中における素材のテクスチャーの変化を把握することは重要なことである。通常水産物の調理により起こるテクスチャーの変化については、その一部が畑江により報告されている⁹⁾。それによると、煮魚のテクスチャーは魚種により異なる¹⁰⁾。身がしまって硬いカツオでは筋線維間に凝固物が充満しているためずれにくいだが、身が柔らかくほぐれやすいキチジでは筋線維がバラバラにずれてしまうことを走査型電子顕微鏡で観察し、魚肉のテクスチャーに対して筋形質タンパク質の比率が関連するものと推察している¹¹⁾。

一方、生のベニサケ、イカの肉を加圧処理すると硬くなるが、この変化は加圧処理によるタンパク質の変性が原因と推察している¹²⁾。

本実験でも、加圧および加熱処理で魚肉のテクスチャーは大きくなった。これは加圧および加熱処理によるタンパク質の変性が一因と考えられるが、水と食塩水中で処理した試料は破断応力が異なり、その変化は加熱と加圧処理では逆であった。加圧処理によるコイ筋肉の微細構造の変化は加熱処理とは異なることが¹³⁾報告されており、加圧と加熱処理では魚肉への作用が異なると考えられるが、詳細は不明である。更に、エビでは他の肉とは逆の結果となったが、この点も不明である。

2. 加熱殺菌ゲルに対する加熱と加圧処理の影響

高圧処理によりスケソウダラとトビウオのアクトミオシンがゲル化し⁶⁾、コイのアクトミオシンの加圧ゲルは加熱ゲルに比べソフトで光沢があり¹⁴⁾、スケソウダラすり身加圧ゲルは加熱ゲルより光沢、きめ、なめらかさ、後味に優れており¹⁵⁾、緻密で弾力性がある^{16,17)}。さらに、イワシとスケソウダラのすり身を加圧処理後加熱すると加熱のみで得たゲルよりもゼリー強度が大きくなること⁷⁾、マイワシすり身を加圧後加熱すると粘性率と弾性率が加熱ゲルより高くなること¹⁸⁾が報告されている。本実験でも、加熱殺菌していないゲルのゼリー強度は加圧加熱ゲル、加圧ゲル、加熱ゲルの順で低くなった。

加熱殺菌により魚肉ゲルのテクスチャーは劣化したが、前処理として加圧処理したゲルはゼリー強度が大きく、折り曲げ試験の結果も良好であった。フィッシャーの有意差検定でも加熱殺菌していない加熱ゲルと有意差が認められなかった。さらに、前処理としての加圧処理の処理圧力によりゼリー強度は異なり、300 MPaより400 MPaの方がゼリー強度は大きかった。

スケソウダラ加圧ゲルを数日間5℃で保存すると、保存中にゼリー強度が増大すること¹⁹⁾、加圧処理後25℃で180分間座り処理すると内在性トランスグルタミナーゼの作用によりミオシンの重合が起こり、ゲル強度が増大すること²⁰⁾が報告されている。本実験で加圧前処理した魚肉ゲルが加熱殺菌したゲルの中で最も大きいゼリー強度を示したのは、加熱殺菌までの僅かな保存期間中に加圧処理後の座りの作用があった可能性が考えられる。

以上の試験の結果、レトルト魚肉練り製品の製造において、高圧による前処理はゼリー強度を高めるのに有効であることが示された。

なお、切り身のテクスチャーは少なくとも筋形質タンパク質と筋原線維タンパク質の両タンパク質に影響される⁹⁾。しかし、すり身ゲルの場合は筋形質タンパク質が除去されており、筋原線維タンパク質がネットワークを形成することで独特のテクスチャーを形成する¹⁾。このため、切り身とすり身ゲルではタンパク質の形態が異なるので、加圧処理の効果を単純に比較することはできなかった。

要 約

魚介類（キハダマグロ、モンゴウイカ、タコ、エビ）の切り身とスケソウダラすり身ゲルのテクスチャーに与える加圧処理の影響を検討した。

食塩水中で加圧処理したモンゴウイカを除き試験した全ての切り身は加圧および加熱処理により生に比べ破断応力が増大した。エビの切り身を食塩水中で加熱すると水中で処理したものとは比べ低くなり、加圧処理すると逆に高くなった。その他の切り身では食塩水中での加圧と加熱処理によるテクスチャーの変化は逆であった。

スケソウダラすり身ゲルのテクスチャーに対する加圧処理の影響を調べた結果、加圧処理は加熱処理よりもゼリー強度の大きいゲルが得られた。加熱殺菌によりゲルのテクスチャーは劣化した。高圧による前処理は殺菌後のゲルのテクスチャー改善に有効であり、実用的には400 MPaの圧力が最も良かった。

文 献

- 1) 志水 寛：新版魚肉ねり製品，岡田 稔・衣巻豊輔・横関源延編（恒星社厚生閣，東京），pp.42-66（1971）。
- 2) 沖野勝二：缶詰製造講義II，日本缶詰協会編，（日本缶詰協会，東京），pp.207-209（1969）。
- 3) Bridgman, P. W.: *J. Biol. Chem.*, 19, 511-512（1914）。
- 4) Hayashi, R., Kawamura, Y., Kunugi, S.: *J. Food Sci.*, 52, 1107-1108（1987）。
- 5) 林 力丸：食品への高圧利用，林 力丸編，（さんえい出版，京都），pp.1-30（1989）。
- 6) 田口 武，柯 文慶，田中宗彦，長島裕二，天野慶之：日本水産学会秋期大会講演要旨集，p.170（1988）。
- 7) 田口 武：加圧食品一研究と開発一，林 力丸編，（さんえい出版，京都），pp.111-121（1990）。
- 8) 山本常治：新版魚肉ねり製品，岡田 稔・衣巻豊輔・横関源延編（恒星社厚生閣，東京），pp.224-243（1971）。
- 9) 畑江敬子：日本食品科学工学会関西支部第27回シンポジウム講演要旨集，pp.25-28（1995）。
- 10) Hatae, K., Yoshimatsu, F., Matsumoto, J. J.: *J. Food Sci.*, 49, 721-726（1984）。
- 11) Hatae, K., Yoshimatsu, F., Matsumoto, J. J.: *J. Food Sci.*, 55, 693-696（1990）。
- 12) 昌子 有，佐伯宏樹：食品への高圧利用，林 力丸編，（さんえい出版，京都），pp.75-87（1989）。
- 13) 吉岡慶子：高圧バイオサイエンス，功刀 滋・嶋田昇二・鈴木敦士，林 力丸編，（さんえい出版，京都），pp.129-134（1994）。
- 14) Okamoto, M., Kawamura, Y., Hayashi, R.: *Agric. Biol. Chem.*, 54, 183-189（1990）。
- 15) 岡本巳恵子，出内智子，林 力丸：食品への高圧利用，林 力丸編，（さんえい出版，京都），pp.89-102（1989）。
- 16) 昌子 有，佐伯宏樹，若目田篤，中村 誠：加圧食品一研究と開発一，林 力丸編，（さんえい出版，京都），pp.89-99（1990）。
- 17) 徳武 聡，良知昭吾，山口孝司，石川正人：加圧食品一研究と開発一，林 力丸編，（さんえい出版，京都），pp.101-110（1990）。

- 18) 石川正人, 坂井和男, 山口孝司, 良知昭吾: 高圧科学と加圧食品, 林 力丸編, (さんえい出版, 京都), pp.309-316 (1991).
- 19) 昌子 有, 佐伯宏樹, 若目田篤, 中村 誠: 高圧科学と加圧食品, 林 力丸編, (さんえい出版, 京都), pp.300-308 (1991).
- 20) Lanier, T. C., Gilleland, G., Hamann, D. D.: *International Conference on High Pressure Bioscience and Biotechnology (abstracts)*, p.35 (1995).