

9263 食肉塩蔵品の製造工程における物性変化

助成研究者:磯 直道(東京水産大学 水産学部)

共同研究者:水野 治夫(東京水産大学)

:小川 廣男(東京水産大学)

サケ Oncorhynchus keta (体長約 70cm、体重約 3.5kg) を14日間、0°C で、用塩量を魚体重の15%とした改良浸けで塩蔵し、その間のレオロジー特性および熱特性の変化を検討した。

一般に、応力緩和測定から得られたレオロジーパラメータ(弾性率、粘性率)および破断強度は1日目に低下したが、これは原料肉の鮮度低下によるものである。その後、塩蔵日数とともにこれらの値は増加したが、これは塩による脱水効果と筋原繊維タンパク質の塩変性によって肉質がしまってくることに対応する。

一方、魚肉ゾル試料の加熱によるゲル化を動的性質の変化から追求したが、塩蔵後5日目試料では明らかに戻り現象がみられた。しかし、未処理試料と14日目試料ではこの傾向はみられなかった。このことは5日目試料の食塩含量がいわゆる魚肉ゾルのゲル化の適正濃度であったためか、あるいは14日目試料ではゲル化に関与する筋原繊維タンパク質の塩変性が進んだためかのいずれかであろう。また、これらのタンパク質の塩変性は動的剛性率に大きく反映するが、動的粘性率や動的損失にはあまり影響しなかった。この点はなお検討を要する。

熱測定で得られたエンタルピー変化は塩蔵日数とともに減少したが、これは本来試料中の熱変性を受ける成分が、先に塩変性を部分的に受けたためである。今後、この点を定量的に検討する予定である。

9263 食肉塩蔵品の製造工程における物性変化

助成研究者:磯 直道(東京水産大学 水産学部)

共同研究者:水野 治夫(東京水産大学)

:小川 廣男(東京水産大学)

1 目的

食品の保存法の中で塩蔵法は人類が古くから利用してきた方法である。そして、塩浸処理は保存法としての面だけでなく、この加工処理によって独特の風味やテクスチャを与えるので、付加価値をつけるための食品加工法としての面も持っている。これら塩蔵品は伝統食品として現在も賞味されているにもかかわらず、その加工工程中の肉質の変化に関する知見はもとより、完成した製品の肉質に関する科学的知見もはなはだ乏しいのが現状である。

本研究は、塩蔵加工の工程の中間製品および完成品の物性を、主として弾性率、粘性率、破断強度等のレオロジー特性の点および示差走査熱量測定による熱特性の点から明らかにすることを目的とする。

2 方法

2.1 試料

1 1月上旬に塩釜港で水揚げされたサケ *Oncorhynchus keta* (体長約 70cm、体重約 3.5 kg) を原料魚として用いた。原料魚は水揚げ後直ちに氷蔵して研究室に搬入した。原料魚は内臓を取り除き、洗浄後、0°C で 0→14日間塩蔵した。塩蔵は、並塩を用いて、用塩量を魚体重の15% とする改良浸けによった。そして、経日的に原料魚を取り出し、その背肉を試料とした。

2.2 応力緩和測定

テンシプレッサー(タケトモ電機製 TTP-50X)を用いて、25°Cで、応力緩和測定を行った。プランジャーは直径 1.8 cm の円筒型を用い、一定変形は 0.25に設定した。

得られた応力緩和曲線は(1)式で表される逐次近似法によって解析し、弾性率、緩和時間を求めた。すなわち、応力緩和曲線は近似的に次式で表される。

$$p(t) = e_0 \sum_{i=1}^n E_i e^{-t/\tau_i} \quad (1)$$

ここで $p(t)$ は応力、 e_0 は一定変形、 t は時間、 E_i と τ_i はそれぞれ i 番目の要素の弾性率と緩和時間である。また、粘性率 η_i および瞬間弾性率 E_0 はそれぞれ(2)、(3)式から算出した。

$$\tau_i = \eta_i / E_i \quad (2)$$

$$E_0 = \sum_{i=1}^n E_i \quad (3)$$

2.3 動的測定

自由減衰型粘弾性測定装置 (レスカ TPA-10) によって、昇温速度 0.5K/min、20→90°Cの温度範囲で動的粘弾性を測定した。試料は原料魚肉に 10% の水を加えて擂潰して得た魚肉ゾルを用いた。得られた自由減衰振動曲線より、周期 T_d と対数減衰率 αt を求めた。それより動的剛性率 G' 、動的粘性率 η' 、および動的損失 $\tan \delta$ を次式から算出した。

$$G' = (K/4\pi l) \{ (1/r_1^2) - (1/r_2^2) \} \quad (4)$$

$$\eta' = (R/4\pi l) \{ (1/r_1^2) - (1/r_2^2) \} \quad (5)$$

$$\tan \delta = \omega \eta' / G' \quad (6)$$

ここで、 K は剛性係数、 R は粘性係数、 ω は角速度、 l は内筒が試料と接している長さ、そして r_1 と r_2 はそれぞれ内筒と外筒の半径である。

2.4 破断強度測定

応力緩和測定と同じテンシプレッサーを用い、円錐角 45° のコーン型プランジャーを貫入させて貫入深さを測定し、次式から破断強度 F を算出した。

$$F = P/L \quad (7)$$

ここで、 P は破断に要した力、 L は貫入深さである。

2.5 示差走査熱量測定 (DSC)

示差走査熱量計 (セイコー電子工業 SSC 560) を用い、30→100°C の温度範囲で、

昇温速度 2K/min で測定した。

2.6 塩分測定

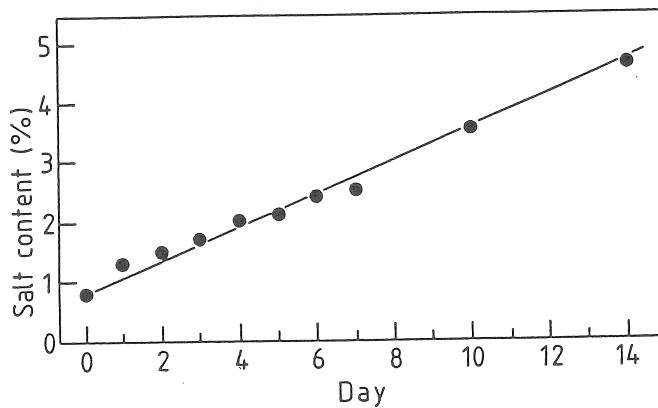
塩分濃度計（シナールメディカル社製）を用い、常法にしたがって測定した。

3 結果と考察

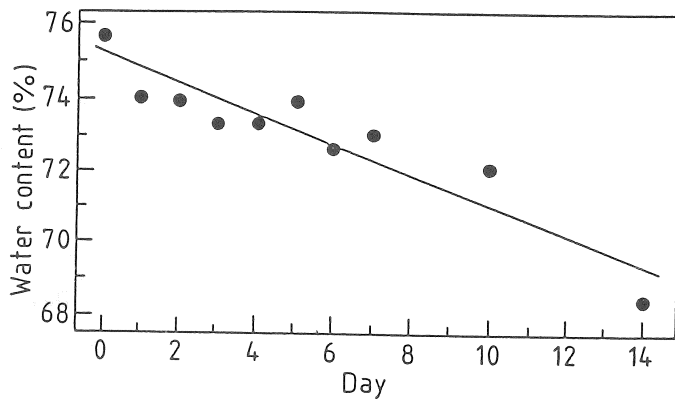
3.1 塩分含量と水分含量

よく知られているように、原料魚は塩浸日数の経過とともにドリップを生じ、肉質がかたくなっていく。第1図に塩分濃度の経日変化を示した。未処理試料の約 0.5 % から14日後の約 4.5 % まで塩分濃度は増加している。それと同時に、ドリップ放出によって水分含量は約 76 % から約 69 % まで低下する（第2図）。

第1図
塩分濃度の変化



第2図
水分含量の変化

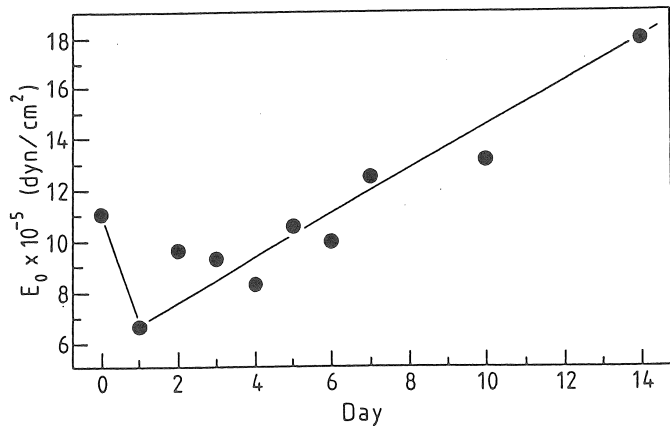


3.2 応力緩和測定

応力緩和曲線は逐次近似法によって2回の試行で解析することが出来た。すなわち、このことは(1)、(3)式において近似的に $n=2$ となることを意味する。このことは多くの他の魚肉、畜肉でも同様である。

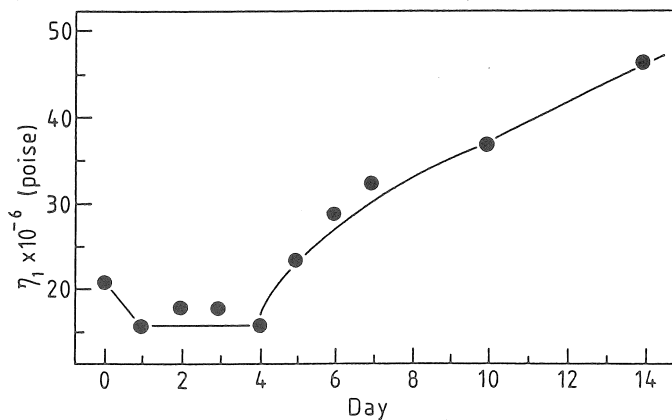
瞬間弾性率は塩蔵前の $11.0 \times 10^5 \text{ dyn/cm}^2$ から1日目に $6.5 \times 10^5 \text{ dyn/cm}^2$ へと低下するが、その後徐々に増加して14日目には $18.0 \times 10^5 \text{ dyn/cm}^2$ に達した(第3図)。

第3図
瞬間弾性率の変化



初日の低下はおそらく鮮度低下に伴う食肉組織の軟化によるものであろう。そしてその後の増加は脱水現象と筋原繊維タンパク質の塩変性によって、肉質がしまってくることによるものであろう。

第4図
第1要素の
粘性率の変化

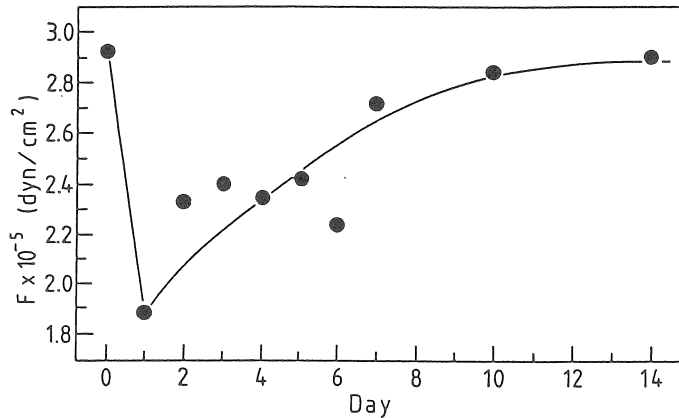


一方、粘性率は1日目にやや低下し、4日目までほぼ一定の値を保った後、急増した。第4図は第1要素の粘性率 η_1 の結果であるが、この場合未処理試料の 20×10^6 poiseから 17×10^6 poise 程度に低下し、5日目から増加しはじめて14日目では 45×10^6 poise に達している。このことは、4日目位まではまだ肉質に粘ちよう性がかなりあって、塩蔵品としてのテクスチュアが発現されていないことに対応している。

3.3 破断強度

破断強度は弾性率と同様に、未処理試料の 2.9×10^5 dyn/cm から1日目に 1.9×10^5 dyn/cm まで急減し、その後増加して、14日目では未処理試料と同程度の値に至っている(第5図)。破断強度は試料組織の肉質のしまり具合を反映するものである。1日目の急減は弾性率について述べたように鮮度低下による筋原組織の脆弱化であろう。その後、組織的には粗となった状態が脱水によって密の状態へと変化するために増加するものと思われる。

第5図
破断強度の変化



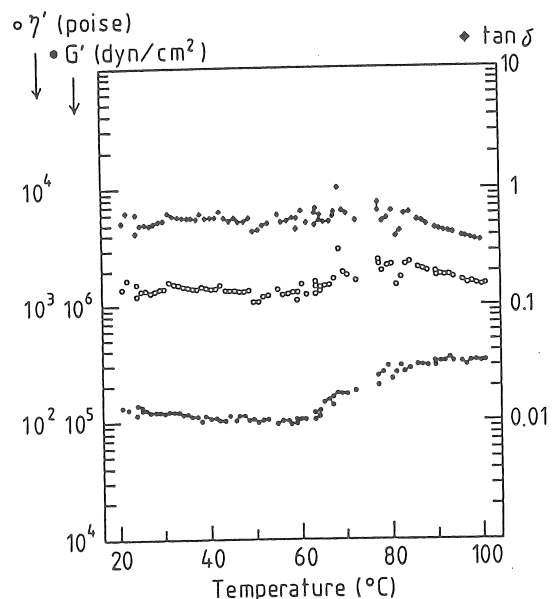
3.4 動的測定

20℃における動的剛性率、動的粘性率および動的損失は、いずれも経日的にほとんど変化せず、それぞれ 1.1×10^5 dyn/cm²、 1.0×10^3 poise および 0.13 程度の値を示した。しかし、加熱中でのそれらの経日変化は顕著であった。ここでは、第6図に未処理試料のデータを、そして第7図と第8図にそれぞれ5日目と14日目のデータを示した。

すなわち、まず動的剛性率に着目すると、未処理試料では 60℃ 付近までは一定であって、その後漸増し、73℃ 以上では再びほぼ一定となる。これは試料が 60-70℃ でゾルゲル転移を行ったことの反映である。5日目試料では 60℃ 付近に著しい低下がみられるが、これは魚肉ゾルのいわゆる戻り現象であると思われる。それが 14

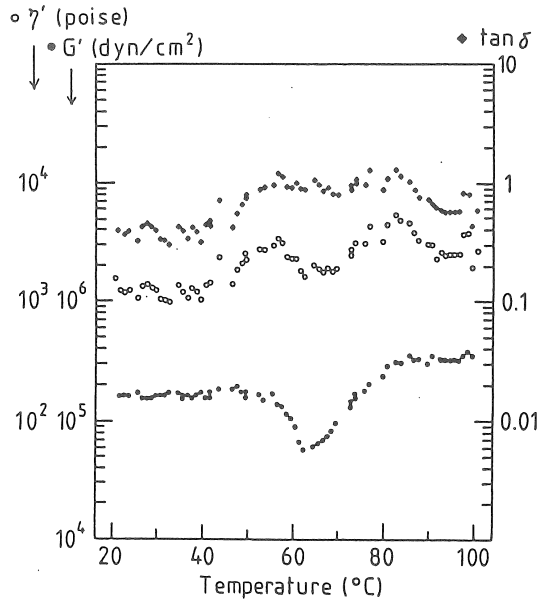
日目試料になると再びその戻り現象と思われる動的剛性率の低下がみられなくなる。これについての解釈の一つは、坐り一戻り機構に関係する筋原繊維タンパク質が塩変性によってその機能を失ったということである。このことは後で述べる熱特性の点からもある程度支持される。また別の見地から考えると、いわゆる魚肉ゾルのゲル転移は主として塩溶性タンパク質であるアクトミオシンの網目構造の形成に由来するとされており、その際の適正食塩量は魚肉に対し約 2.5-3.0 % である。第1図から明らかのように、未処理試料では食塩含量に乏しく、また 14日目試料は約 5 % とはるかに高い食塩含量となっている。これに対し、5日目試料はこのゲル形成の最適食塩濃度である。このことが第6-8図の差となって現れているのかもしれない。

第6図
動的測定の結果(1)
未処理試料

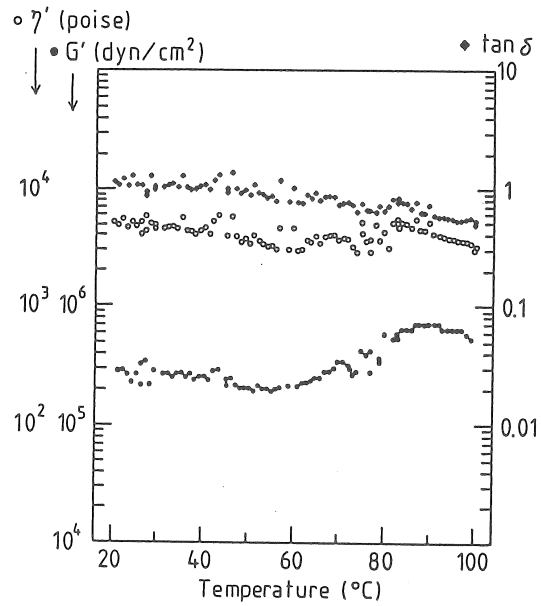


一方、動的粘性率と動的損失では動的剛性率のような変化は明らかではない。ただし、未処理試料では加熱温度による変化がほとんどないのに対し、5日目試料では加熱温度とともにやや増加し、14日目試料では逆に加熱温度とともにやや現象する傾向がみられる。これらのことから原料魚の肉質中の主として筋原繊維タンパク質の塩による変性は、動的剛性率には大きく反映するが、動的粘性率や動的損失にはあまり寄与しないことが分かる。これらの点を明確にすることは将来の課題である。

第7図
動的測定の結果(2)
5日目試料



第8図
動的測定の結果(3)
14日目試料

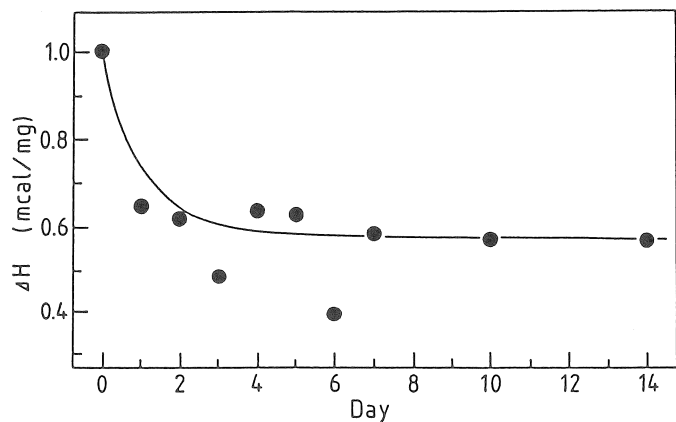


3.5 示差走査熱量測定 (DSC)

DSC測定でえられた吸熱曲線とベースラインの囲む面積から、その温度範囲でのエンタルピー変化 ΔH を見積ることが出来る。第9図は得られた ΔH を塩蔵日数に対してプロットしたものである。測定点はややばらついているが、未処理試料の 1.0 mcal/mg から塩蔵が進むにつれて減少している。このことは原料魚中の組織の中の本来熱変性を受ける成分が塩によって変性したため、熱変性に要する熱量が減じたのである。この数値に関する定量的な議論は今後に残されている。

第9図

エンタルピー変化



4 今後の課題

今回は試料としてわが国の伝統食品の塩サケをみつかったが、塩蔵食肉としてはハム、ベーコン等の畜肉食品がある。試料としては、これらの畜肉試料について同様な検討を加える必要がある。

また、内容的には、上に記したように、

- (1) レオロジー性質の変化と食肉内の主としてタンパク質の塩による変性を定量的に検討すること、
- (2) 熱測定で得られた ΔH を定量的に論じること、
- (3) 動的粘性率と動的損失のデータの検討、

などが是非必要である。

The Changes of Physico-Chemical Properties of Salted-Meat during Salting Process.

Naomichi Iso, Haruo Mizuno, and Hiroo Ogawa
(Department of Food Science and Technology,
Tokyo University of Fisheries)

Summary

The changes of rheological properties and thermal properties of salmon (*Oncorhynchus keta*) meat during salting have been examined. The length and weight of the raw fish were ca.70 cm and ca. 3.5 kg, respectively. The samples were prepared by salting with 15 wt % salt for 14 days at 0°C.

The elastic modulus and viscosity obtained by stress-relaxation experiments decrease in the first day of salting and then increase with salting day. The rupture strength obtained by rupture measurements exhibits a similar tendency. The decrease of these parameters in the first day may come from the decrease of freshness of sample meats, and the increase after that may correspond to the firming phenomena of meats due to dehydration and denaturation by salt.

On the other hand, the sol-gel transition of fish meat paste has been examined by a dynamic torsion oscillation method. The effects of salting reflect largely to dynamic modulus than dynamic viscosity or dynamic loss. The results on the 5 days' salting sample have shown the disintegration phenomena, that is, the so-called 'modori', and that was not detected on the first days' sample or 14 days' sample. The reason may be considered as follow:(1) the fish meat paste easily changes to gel by heating at the salt content of ca. 2.5-3.0 %. The salt content of the 5 days' sample agreed with the salt amounts. (2) the meat protein which contributed to the sol-gel transition completely denatured by salting for 14 days.

The enthalpy changes were measured by a differential scanning calorimetry. The values obtained decrease with the salting day. The results may come from the fact that the protein was denatured not by heating but by salting in the sample.

These results obtained in this work must be examined quantitatively in future.