

9449 光ファイバを用いた塩蔵食肉の物性

助成研究者：小川 廣男 (東京水産大学 水産学部)

共同研究者：磯 直道 (東京水産大学 水産学部)

水野 治夫 (東京水産大学 水産学部)

望月 義範 (東京水産大学 水産学部)

【目的】 これまで私たちは、主に塩蔵食肉の製造工程における物性の変化をレオロジー的手法を用いて理論的に検討してきた。その結果、塩蔵効果は単なる脱水効果や筋肉組織の構造変化に止まらず、肉組織に熱変性と類似の構造変化をもたらし、その明度や色調にも大きく影響していることが分かった。一方、食品分野においても光ファイバを用いた光学的測定法が研究され、その迅速性、安全性、非破壊的かつ安価な測定方法であることが評価されつつある。食肉の光学的複雑性は、組織成分の量や分布、すなわちその微細構造を反映すると思われる。そこで、まずレオロジー的性質と物性の関係が比較的良好に知られている加熱魚肉について、分光光学的スペクトル分析を行い、明度変化と魚肉筋肉の構造変化との関係を調べることから始めた。

【方法】 試料：市販のコイ *Cyprinus carpio*、マダイ *Pagrus major* およびメバチマグロ *Thunnus obesus* を試料魚として、その背部のみを体軸方向に 0.5 cm、背腹方向に 4 cm、これに直角方向に 1 cm の短冊状に切り取り、その切片のうち一方は未加熱のまま、一方は 5℃おきに 5 分間、30-90℃の範囲でそれぞれ加熱して試料とした。

画像解析システム：まず、ハロゲンランプを用いて各魚肉試料の 4 cm×1 cm 面の光度が 1,000 lx になるように調光した。次に、倍率 50 倍の画像を実体顕微鏡に接続したビデオカメラを通してコンピュータに取り込み、画像解析処理によって 256,000 のピクセル (画素) に分割した。各ピクセルの光強度は、黒から白までの 256 段階のグレースケールで表わし、その輝度分布をヒストグラムにして表示した。光強度の明度スケール読み替えは、JIS の標準色票の明度スケールの光強度を求め、画像解析の光強度を JIS 規格の明度に換算する検量線を作成した。コイ肉のレオロジーパラメータ：試料コイ肉のレオロジーパラメータは、既発表のデータを用いた。示差走査熱量測定 (DSC)：密閉式アルミニウム容器 (15 μl) を用いて、10-120℃の範囲、昇温速度 2K/min で測定した。

【結果と考察】 明度(N)の温度(T)による一次微分により、48℃、62℃および80℃付近に変曲点が認められた。コイDSC曲線では50℃(ミオシン)、70℃(F-アクチン)および80℃付近に吸熱ピークが認められた。62℃については恐らくコラーゲンの熱変性由来である。筋肉では筋原繊維に比べてコラーゲンの量が少ないことから、DSCサーモグラフィー上にコラーゲン由来の吸熱ピークを確認することは困難であるが、明度変化は筋肉構成成分の熱変性の様子をよく反映しているものと思われる。dN/dTの変曲点の一つである48℃付近は、破断強度の大きく変化する温度帯と一致したが、50℃以上においては明度変化とレオロジー的特性に相関を認めなかった。マダイ(白身肉)とメバチマグロ(赤身肉)において、その明度変化の挙動に違いをほとんど認めなかった。加熱による明度変化に対して、MbやHb等の色素タンパク質は影響しないものと思われる。

9449 光ファイバを用いた塩蔵食肉の物性

助成研究者：小川 廣男 (東京水産大学 水産学部)

共同研究者：磯 直道 (東京水産大学 水産学部)

水野 治夫 (東京水産大学 水産学部)

望月 義範 (東京水産大学 水産学部)

【目的】

食肉の塩蔵は、その保蔵性を高めることを目的として古来から行われてきた加工方法であるが、今日では塩蔵品特有の風味と食感を与えるために、積極的に食品の加工に利用されている。このような塩蔵食肉の物性変化のしくみを解明するために、私たちは加工工程中の塩蔵食肉を用いて、そのレオロジーパラメータと熱力学的パラメータの変化を経時的に検討してきた。本研究は、その結果と肉組織の実際の変化とを対応させることにより、塩蔵食肉の肉質変化を迅速に測定する方法を確立し、塩蔵品の製造工程における製品管理の自動化や品質向上に資することを今回の目的とした。

これまで私たちは、主に塩蔵食肉の製造工程における物性の変化をレオロジー的手法を用いて理論的に検討してきた。その結果、塩蔵効果は単なる脱水効果や筋肉組織の構造変化に止まらず、肉組織に熱変性と類似の構造変化をもたらし、その明度や色調にも大きく影響していることが分かった。食肉の光学的複雑性は、組織成分の量や分布、すなわちその微細構造を反映すると思われる。そこで、まずレオロジー的性質と物性の関係が比較的良好に知られている加熱魚肉について、分光光学的スペクトル分析を行い、明度変化と魚肉筋肉の構造変化との関係を調べることから始めた。

【方法】

試料

市販のコイ *Cyprinus carpio* (体長約40 cm)、マダイ *Chrysophrys major* (体長約35 cm) およびメバチマグロ *Parathunnus obesus* (体長約50 cm) を試料魚として、コイは即殺したのち、その背部のみを体軸方向に0.5 cm、背腹方向に4 cm、これに直角方向に1 cmの短冊状に切り取り、その切片の内一方は未加熱のまま、一方は5℃おきに5分間、30-90℃の範囲でそれぞれ加熱して試料とした。

画像解析システム

まず、暗箱中に置いた実体顕微鏡（オリンパス製 SZ 6045TR）のステージの背景を黒色とし、その上に各魚肉試料を置き、ハロゲンランプ（6V15W、Philips、No.13528）を用いて、試料表面の光度が1,000 lx になるように調光し、倍率50倍で観察した。次に、試料表面の画像を実体顕微鏡に接続したビデオカメラを通してコンピュータに取り込み、画像解析処理によって画像を256,000のピクセル（画素）に分割した。各ピクセルの光強度は、黒の0から白の255までの256段階のグレースケールで表わし、その輝度分布をヒストグラムにして表示した。一方、同様の測定方法によりJISの標準色票の明度スケールの光強度を求め、画像解析の光強度をJIS規格の明度に換算する検量線を作成して、光強度を明度スケール（黒0-白100）に読み替えた。

コイ肉のレオロジーパラメータ

試料コイ肉のレオロジーパラメータは、既発表の私たちのデータを用いた。

示差走査熱量測定 (DSC)

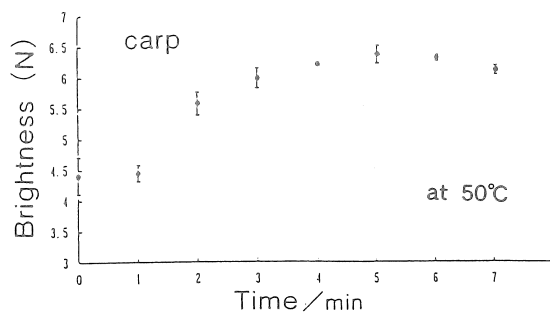
示差走査熱量計（セイコー電子工業製、SSC-560U）により、密閉式アルミニウム容器（15 μ l）を用いて、10-120℃の範囲、昇温速度2K/minで測定した。

【結果と考察】

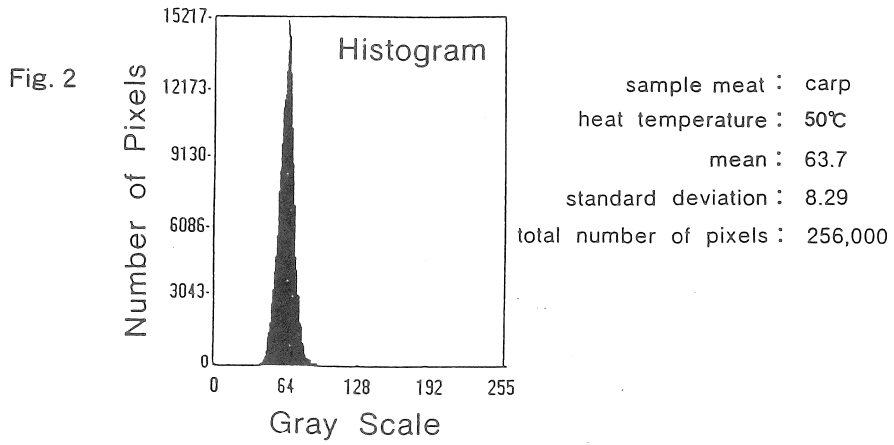
明度変化と加熱温度

コイ肉の50℃における加熱時間と明度の関係を Fig. 1 に示した。明度変化は、加熱時間4分でほぼ一定となったので、試料の加熱時間を一律5分間とした。

Fig. 1



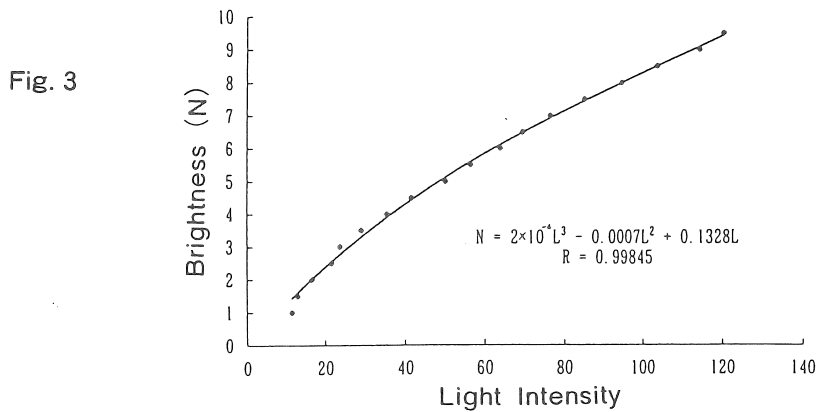
次に、画像として取り込んだコイ肉表面の光強度について、そのヒストグラムをFig. 2に示した。



このヒストグラムの光強度 (L) を明度 (N) に換算するための換算式を Fig. 3のプロットより求めた。その結果、

$$N = 2 \times 10^{-6} L^3 - 7 \times 10^{-4} L^2 + 0.133 L \quad (1)$$

の関係を得た。



加熱によるコイ肉の明度増加は、Fig. 4 に示すように40℃付近から始まり、70℃以上でほぼ一定となった。明度増加の原因の一つは、熱凝固による筋肉タンパク質の離水であろう。

Fig. 4

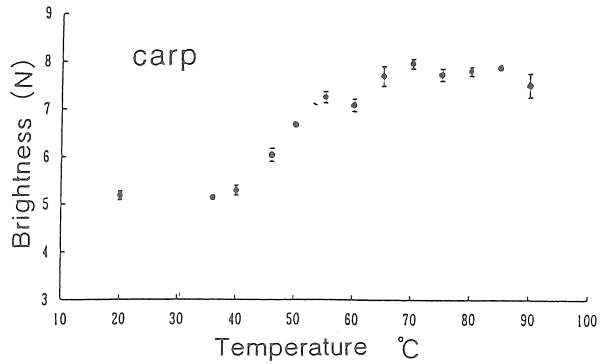


Fig. 4において、明度 (N) の温度 (T) による一次微分を求めると、その dN/dT から Fig. 5 が得られる。これにより、48℃、62℃および80℃付近の3か所に明らかな明度の変曲点が認められた。

Fig. 5

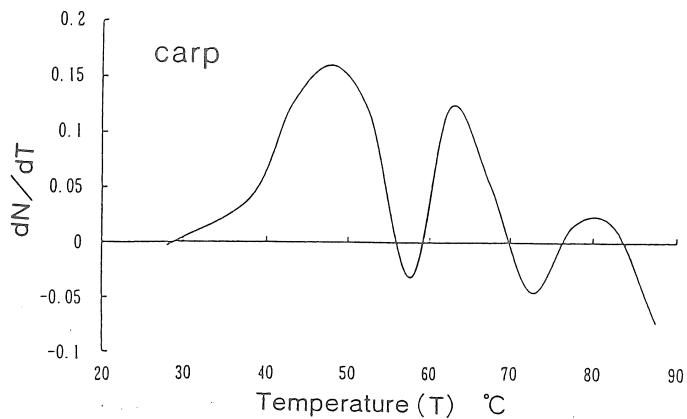
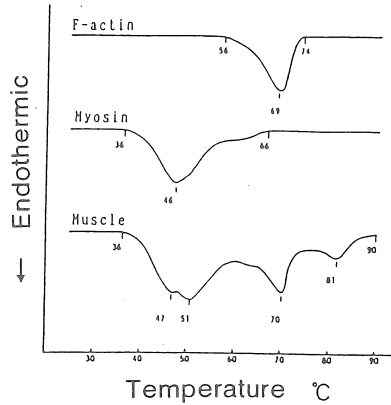


Fig. 6、はコイ肉のDSC(示差走査熱量測定)曲線である。50℃、70℃、80℃付近に吸熱ピークが認められるが、これらはコイ筋肉に特徴的な熱変性温度域であって、50℃付近のピークがアクチオシンの熱変性に、70℃付近のピークがF-アクチンの熱変性にそれぞれ対応する。¹⁾したがって、コイ肉の48℃における明度の変曲点は、ミオシ

ンの熱変性に起因すると思われるが、62℃については恐らくコラーゲンの熱変性由来であろう。2) 筋肉では筋原繊維に比べてコラーゲンの量が少ないことから、DSCサーモグラ上にコラーゲン由来の吸熱ピークを確認することは困難であるが、明度変化は筋肉構成成分の熱変性の様子をよく反映しているものと思われる。

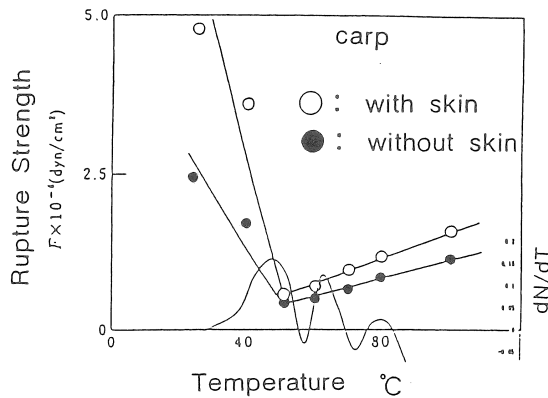
Fig. 6



コイ肉の明度変化とレオロジー特性

Fig. 6は、磯ら³⁾によるコイ肉の加熱温度と破断強度との関係に、Fig. 5の dN/dT 曲線を重ね合わせた図である。 dN/dT の変曲点の一つである48℃付近は、破断強度の大きく変化する温度帯と一致した。しかし、50℃以上においては破断強度と温度の関係は直線性を示し、62℃と80℃付近に破断強度の変動は認められなかった。私たちはまた、弾性率や粘性率についても破断強度と同様の温度依存性を報告しているが、4) それらと明度の温度依存性との違いがレオロジー測定之感度に起因するものなのか、あるいはレオロジー的性質と明度のような光学的性質の発現が異なるシステムに依るものなのかは今後の課題である。

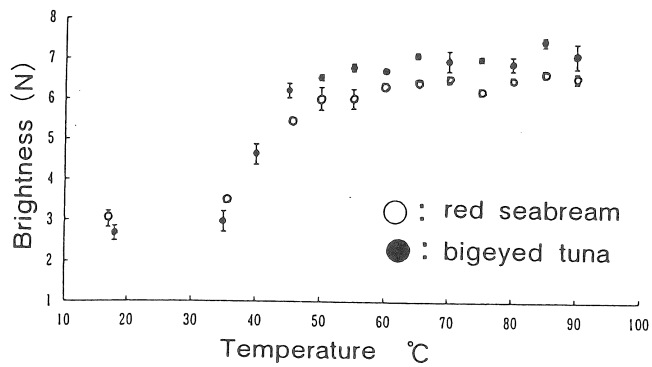
Fig. 7



明度変化に対する色素タンパク質の影響

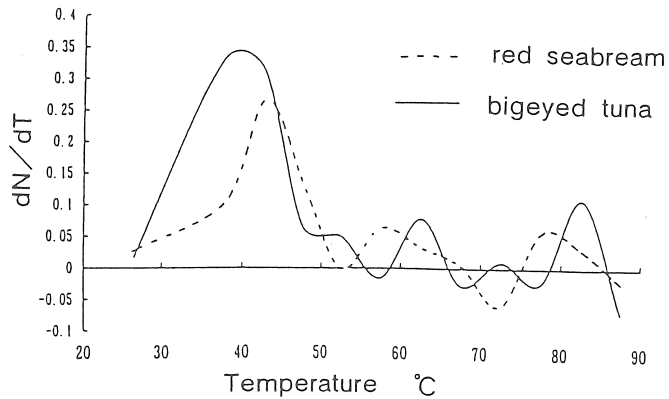
次に、白身肉と赤身肉の加熱による明度変化を比較するためにマダイとメバチマグロを試料として、明度と加熱温度の関係をFig. 7に示した。マダイとメバチマグロとでは、筋肉中のミオグロビン (Mb) + ヘモグロビン (Hb) の含有量が、後者が前者の2.0倍以上⁵⁾もあるにも関わらず、その明度変化の挙動には白身肉と赤身肉の違いをほとんど認めなかった。

Fig. 8



コイ肉と同様に明度と加熱温度の関係の一次微分 dN/dT をFig. 7に示した。その結果、マダイでは4.2°C、5.7°C、7.8°Cに、メバチマグロでは3.9°C、6.2°C、8.3°Cに明瞭な変曲点が認められた。この傾向はコイ肉の場合と同様であった。したがって、加熱による明度変化に対して、MbやHb等の色素タンパク質は影響しないものと思われる。

Fig. 9



【今後の課題】

本研究では、塩蔵試料に先立って、研究例の多いコイ肉を主に用いたが、ウシ、ブタ、ブロイラー等の畜肉についても同様の検討を加える必要がある。また、本報告書作成の時点では、研究の主目的である塩蔵肉および光ファイバの本格的な使用に着手できなかったが、コイ、マダイおよびメバチマグロについての加熱温度と明度変化についての結果を踏まえ、現在魚肉等を試料に塩蔵工程における筋肉組織の光学的変化と物性の関係について研究を進めている所である。

〈研究の発表〉

古村直子・望月義範・小川廣男・水野治夫・磯直道：コイ肉の加熱による物性変化と明度、平成7年度日本水産学会春季大会（東京）、1995年4月。

〈参考文献〉

- 1) T. Saito, N. Iso, H. Mizuno, and Y. Mochizuki : Thermal Denaturation of Fish Muscle and Myofibrillar Proteins, *Repts. Prog. Polym. Phys. Japan*, 27, 745-746 (1984) .
- 2) H. Martens, E. Stabursvik, and M. Martens : *J. Texture Studies* 13, 295-309 (1982) .
- 3) N. Iso, H. Mizuno, T. Saito, F. Ohzeki, and L. C. Yang : Studies on the Rheological Properties of Heated Carp Meats, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 50, 349-353 (1984) .
- 4) N. Iso, H. Mizuno, T. Saito, and Z. Wang : Studies on the Rheological Properties of Heated Meats, *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 32, 547-552 (1985) .
- 5) 「白身の魚と赤身の魚」、p.28、恒星社厚生閣、東京、1985.

No. 9449

Physico - Chemical Properties of Salted Meat by Fiber Optics

Optical Characteristics in Brightness and Rheological
Properties of Heated Carp Meat

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

Summary

Optical characteristics in brightness of heated muscle pieces of carp *Cyprinus carpio*, red seabream *Pagrus major*, and bigeyed tuna *Thunnus obesus* were studied by comparing with rheological properties of these fish muscle reported by us previously. Raw meat samples were heated at 5 °C intervals in the range of 30 - 90 °C for 5 min. The surface of the each samples were illuminated by a halogen lamp and adjusted to 1,000 lx in luminous density. Once the image of the samples was obtained by a computer vision system, it was digitized and processed for feature extraction and analysis. The software used in our system was Optimas (Bioscan, Inc.). The brightness of an object was a function of the luminous intensity. Thus, luminous strength of the sample surface was converted to the brightness expressed gray scale values in the range of zero (pure black) - 255 as a maximum (pure white), a total of $256 = 2^8$ gray scales, determined by the resolution of the image acquisition elements.

Changes in brightness of carp muscle by heat was independent of rheological parameters such as the instantaneous modulus, the elastic modulus, the viscosity, and the rupture strength without at 48 °C of the heated fish meat samples. However, derivative of the brightness with respect to heat temperature indicated three obvious inflection points at 48 °C, 62 °C and 80 °C, and closely correlated to the behavior of endothermic heat flow at 47 °C for myosin, 70 °C for F - actin and 80 °C for other components. The inflection point for the brightness at 48 °C and 62 °C was due to the thermal denaturation of myosin and collagen, respectively. Distinction of changes in brightness by heat between red fish - meat, bigeyed tuna, and white fish - meat, red seabream, was little detected despite difference in the content of myoglobin and hemoglobin.

These results obtained in this work must be applied to our investigation of salted meat by a fiber optics in future.