

水産食品의 加工 및 貯藏中の 組織學的 變化에 관한 研究

1. 乾燥에 의한 뱀장어 筋肉組織의 變化와 脂肪의 移動

宋大鎭 · 河璉桓 · 李應昊

濟州大學校 食品工學科, 釜山水産大學 食品工學科

Studies on Histological Changes in Sea Foods during Processing and Storage

1. Changes in Muscular Tissue and Fat Migration of Eel, *Anguilla japonica*, during Drying

Dae-Jin SONG · Jin-Hwan HA

Department of Food Science and Technology, Jeju National University, Aradong, Jeju, 590 Korea

Eung-Ho LEE

Department of Food Science and Technology, National Fisheries University of Busan, Busan, 608 Korea

Histological study of eel was carried out to determine the effect of drying on muscular tissue and fat movement.

The results are as follows:

(1) Changes of muscular tissue during drying may be divided into two stages early and late. In the early stage there was apparent dehydration of connective tissue while in the late stage muscle fibre dehydration appears to occur.

(2) Movement of fat during drying depends upon division and contraction of the myocommata caused by inner structural changes. This phenomenon appeared to be more apparent in the late rather than the early drying stage.

(3) After freeze-drying traces of ice crystals were detected around the muscle cells. These ice crystals remained even after rehydration.

(4) When muscular tissue was heated the connective tissue melted while muscle fiber dehydrated and solidified.

緒 言

水産物의 食味는 魚種, 季節등에 따라 各各 異 다르고 또한 특징이 있다. 이것은 주로 風味成分에 관계 되겠지만, 筋肉構造의 差異나 筋肉中の 脂肪의 存在

狀態 등도 食味에 重要한 구실을 한다고 본다.

그래서, 우리나라 重要水産物의 組織의 特性 및 加工貯藏中の 組織的 變化를 밝히 水産食品加工의 基礎資料를 얻을 目的으로 本報에서는 뱀장어를 試料로 써, 乾燥에 依한 筋肉組織의 變化와 脂肪의 移動에 對하여 實驗한 結果를 報告한다.

材料 및 方法

1. 材料

魚市場에서 살아있는 뱀장어, *Anguilla japonicus* (平均體長 52.5 cm, 平均體重 385 g)를 實驗室로 운반하여 即殺한 後 머리, 내장, 등뼈를 除去하고 필레를 만들어 實驗에 使用하였다.

2. 乾燥方法

天日乾燥: 필레를 철제 그늘위에 널어서 48時間 日光에 暴露시켜 乾燥하였으며, 밤에는 비닐 주머니에 넣어서 冷藏庫에 貯藏하였다가 다시 乾燥시켰다.

凍結乾燥: 眞空凍結乾燥器(共和眞空製標準型 研究用 RL-50NA)의 庫内に 試料를 넣어 庫內를 4~0.3 mmHg의 眞空으로하여 自己凍結시켰다. 試料의 中心溫度가 -30°C 以下로 된 後에 乾燥板溫度를 30°C로 調節하여 8時間 凍結乾燥를 하였다. 庫內의 眞空度는 0.3~0.02 mmHg 였다.

3. 加熱處理

焙燒: 電氣 heater 위에서 試料를 석쇠에 얹어 양쪽을 3분간 加熱하였다.

高周波加熱: 周波數 2,450 MHz의 電子 Range를 使用하였으며 生試料는 1分間, 凍結된 試料는 열어 있는 그대로 넣어서 2分間 加熱하였다.

4. 顯微鏡 標本製作

固定: 前報(宋;1973, 宋등;1976, 宋;1978, 宋등;1979)와 같이 試料를 1~2 cm³로 떼어 10% formalin으로 室溫에서 1~2日間 固定하였다.

gelatin 包埋: 固定이 끝난 試料肉片을 流水에서 2日間 씻은 後 10% gelatin(1% phenol 첨가) 용액속에 넣어서 37°C에서 1~2日 浸透시킨 다음 30% gelatin (1% phenol 첨가) 용액에 옮겨 다시 1~2日間 浸透시켰다. 그 다음 5°C의 冷藏庫에서 gelatin을 凝固시켜 試料 block를 만든 後 10% formalin 용액속에 24時間 넣어서 gelatin을 固化시켰다.

遊離切片製作: Cryostat microtome 으로 15~25μ의 遊離切片을 만들었다.

染色: 遊離切片을 Sudan black이나, Sudan III만으로 單染色하거나, Sudan black과 Eosin으로 復染色하여 Apathy 고무시럽으로 封入하여 檢鏡하

였다.

結果 및 考察

1. 뱀장어의 一般成分

뱀장어 一般成分의 分析結果는 Table.1과 같다. 뱀장어의 成長과 一般成分의 變化를 보면 뱀장어의 發育初期에는 蛋白質의 蓄積率이 높고 成長해 감에 따라 蛋白質의 蓄積率이 작아지며, 일단 成魚가 되면 그 增量은 거의가 蛋白質보다는 脂肪의 蓄積으로 이루어 진다고 松井(1972)는 報告하였다. 本實驗에

Table 1. Preliminary composition of Eel (%)

Moisture	Protein	Lipid	Ash
61.4	16.3	21.1	1.2

서 使用한 뱀장어는 다른 魚類에 比하여 水分含量은 낮은 반면 脂肪含量과 蛋白質 含量이 많은 경향을 나타내고있다. 松井(1972)는 養殖뱀장어는 인위적으로 빨리 成長시킨 結果 蛋白質의 蓄積보다는 脂肪含有量이 월등히 많아서 영양가치 면에서는 열량이 많으므로 우위를 차지하지만 급속히 성장함으로써 細胞가 늘어남에 따른 肉質의 柔軟과 單一餌料에 依한 含有脂肪의 差등으로 食味에는 영향이 있다고 하였다.

2. 뱀장어의 筋組織 및 脂肪의 分布

뱀장어의 筋肉組織構造와 一般魚類의 筋肉組織構造의 특징을 比較하여 Fig. 1에 나타내었다. 뱀장어에는 비늘이 없고 점액층이 있으며 一般魚類와는 달리 眞皮層이 두터우며, 側線일부분의 眞皮層안에 脂肪이 存在하는 것은 일반 어류에서는 볼 수 없는

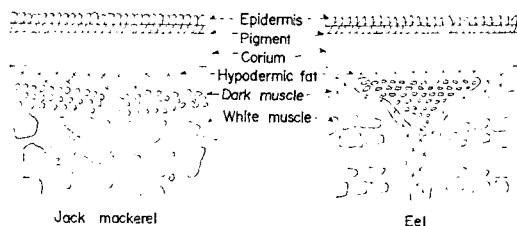


Fig. 1. Difference of muscular tissue between jack mackerel and eel.

현상이다. 皮下脂肪層도 일반 어류 보다는 두터운 편이며 내부筋肉에도 外筋周膜을 따라 지방이 서릿발모양으로 존재하였다. 그리고 一般白色肉 魚類에는 血合肉이 거의 없거나 있어도 아주 적은 部位를

차지하는데 뱀장어에는 血合肉層이 比較的 많은 部 位를 차지하였다. 淺川 (1970)는 뱀장어의 表皮組織 에는 顆粒粘液細胞 (globlet cell)와 透明粘液細胞 (columnar mucous cell)가 있으며 體表面粘質物은 sialic acid 含有 糖蛋白質과 黃酸基含有 muco 多糖 類로 構成되어 있다고 하였다. 内部構造들의 크기는 粘液層 0.1~0.25 mm, 眞皮層 0.35~0.55 mm, 皮下 脂肪層 0.2~0.4 mm, 普通肉의 直徑 0.045~0.08, 血合肉의 直徑 0.02~0.04 mm 정도였다.

뱀장어의 内部筋肉組織과 脂肪의 存在狀態를 plate 1의 Fig. 1~6에 나타내었다. Fig. 1에서는 사진의 왼쪽에서부터 粘液層, 眞皮層, 皮下脂肪層, 血合肉을 나타내었다. Fig. 2에는 内部의 普通肉을 나타내었으며, 筋束과 筋束사이의 結締組織인 筋節을 따라 脂肪이 서릿발 모양으로 内部에 까지 分布하고 있는 것을 볼 수 있다. Fig. 3은 普通肉의 橫斷面으로서, 筋細胞의 크기가 비교적 작으며, 몇개의 筋細胞(평균 7~8개)들이 모여서 筋束을 이루고 있음을 볼 수 있다. Fig. 4는 普通肉의 從斷面인데 死後硬直狀態의 것으로 筋細胞가 硬直收縮된 狀態에서 잘려지므로 切斷面이 거칠게 보이고 收縮된 모양을 나타내고 있다.

Fig. 5는 皮下脂肪을 ether로 除去한 後의 表皮層組織이며, Fig. 6은 死後硬直後의 從斷面組織이다. 뱀장어의 皮下脂肪層의 두께나 脂肪粒의 크기는 魚體가 큰 것일수록 크고 魚體가 작은 것은 역시 脂肪粒도 작았다. 筋肉組織內의 脂肪의 分布에 關한 報告를 보면 Lee 등 (1966)은 고등어와 전갱이의 組織中에서 側線 밑과 腹部에 比較적 脂肪이 많이 分布한다고 하였으며, 卞과李 (1968)는 조기도 側線 밑의 皮下에 주로 脂肪이 分布하고 있다고 하였다. 뱀장어의 脂肪의 分布를 보면 皮下脂肪, 즉 眞皮와 血合肉과의 사이에 脂肪이 많고 眞皮層 사이에도 脂肪이 있으며 内部의 筋肉에 까지 脂肪이 서릿발 모양으로 存在하는 것은 一般魚類와는 특이하게 다른점이었다.

3. 乾燥中の 筋肉組織의 變化

乾燥에 의한 筋肉組織의 變化를 plate 2에 나타내었다. 乾燥過程中的 組織上的 内部構造 變化를 보면 크게 나누어 初期段階 變화와 末期段階 變화로 나눌 수 있다. 이 둘 두가지 段階의 두드러진 差異點은 初期段階는 結締組織의 脫水收縮現象이 일어난다고 할 수 있겠으며, 末期段階는 筋纖維의 脫水收縮現象이 일어난다고 할 수 있겠다. plate 2의

Fig. 1, 2는 乾燥 6時間後의 것으로, 筋束과 筋束을 이어주는 結締組織(筋節)의 脫水로 인하여 筋節이 뭉쳐지고 이에 따라 筋束의 사이가 벌어진다고 볼 수 있다. Fig. 3, 4는 乾燥 20時間後의 것으로 筋節이 그대로 이거나 혹은 약간 더 붙은 상태로서, 이때부터 筋細胞에 變化가 일어나며 筋細胞들이 부피가 작아짐과 동시에 서로 뭉쳐지려고 하고 있다. 이런 現象은 橫斷面인 Fig. 3보다 從斷面인 Fig. 4에 더 잘 나타나 있다. Fig. 5, 6은 乾燥 48時間後의 筋肉組織으로서 筋細胞가 脫水凝集됨으로 筋細胞끼리는 뭉쳐져서 筋束의 구별없이 치밀하게 密着된 狀態를 나타내고 있으며, 이에 반하여 筋束과 筋束사이의 筋節은 벌어져 있다. 天日乾燥過程에서 일어나는 筋肉組織의 變化를 模型圖로 나타내면 Fig. 2와 같다. 模型圖의 A는 乾燥初期段階(天日乾燥 6~10時間 사이)를 나타낸 것으로 乾燥에 의하여 筋束이 뭉쳐지

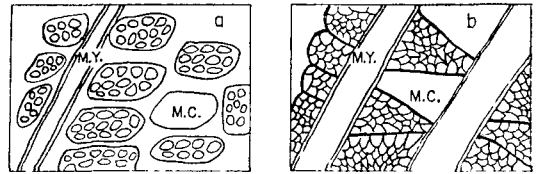


Fig. 2. Schematic figures of muscle fiber and their structural changes during dehydration.

M. Y.: myocommata, M. C.: muscle cell
a: Widened cell intervals with narrow myocommata.

(Dehydration of connective tissue)

b: Narrow cell intervals with widened myocommata.

(Dehydration of muscle cell)

고 이에 따라 筋細胞와 筋細胞사이는 넓어지며, B는 乾燥末期段階(乾燥 30時間以後)로 筋細胞의 脫水가 進行됨에 따라 筋細胞의 體積이 적어짐과 동시에 서로 凝集하며 그 힘에 의하여 初期段階에 뭉쳐져 있던 筋節이 다시 벌어지는 變化가 생기는 것으로 생각된다. 神名 (1966)는 魚肉을 乾燥하는 경우 脫水가 進行됨에 따라 筋肉蛋白質의 不溶化가 進行된다고 하였다. 이와같은 結果가 筋肉組織構造上的 變化된 形態로 나타난다면 乾燥初期에는 結締組織(collagen)의 脫水가 일어나고 乾燥末期에는 筋原纖維(myofibril)의 脫水가 일어나는 것으로 볼 수 있다.

4. 天日乾燥에 의한 脂肪의 移動

天日乾燥와 凍結乾燥에 의한 脂肪의 移動을 plate 3

에 나타내었다. Fig. 1은 乾燥 6時間째의 側線 밑부분의 組織이다. 乾燥 6時間째 까지 皮下脂肪의 상태에는 별다른 變化가 없는 것 같으며 많은 量이 그대로 存在하고 있음을 볼 수 있다. Fig. 2는 48時間 乾燥後의 皮下脂肪의 상태를 나타낸 것으로서, Fig. 1과는 달리 側線 밑부분의 筋肉은 48時間 乾燥後에는 皮下脂肪層이 많이 없어지고 빈자리로 남는 것을 볼 수 있다. 이와같은 現象은 加熱에 依하여 牛肉의 脂肪이 遊離되고난 자리의 脂肪細胞는 空胞로 觀察된다는 Wang (1954)의 報告와 잘 一致하였다. 多量으로 그리고 두터운層으로 存在하던 皮下脂肪이 乾燥後에 없어지게 되는 것은 筋纖維의 乾燥 收縮時에 생기는 物理的인 變化에 依하여 壓出되는 것이리라 본다. 그리고 壓出되는 脂肪은 表皮와 血合肉과의 사이로 壓出되는 脂肪과 필레로 하여 乾燥하는 경우 脊椎骨이 붙었던 쪽으로 筋節을 따라 移動하는 脂肪이다.

이와같은 脂肪의 移動은 乾燥時에 일어나는 内部 構造의 變化, 즉 脫水에 依한 筋纖維의 收縮과 이에 따른 筋節의 벌어짐에 依하여 乾燥初期보다 乾燥末期에 벌어진 結締組織을 따라 皮下脂肪이 物理的인 힘에 依하여 筋肉속으로 浸透되고 더 심하면 밖으로 까지 흘러 나오게 되는 것 같다. 이와같은 現象을 더욱 확실하게 나타낸 것이 Fig. 3 이다. 이것은 乾燥 中間段階인 乾燥 22時間째의 從斷面의 組織을 나타낸 것으로서, 筋節이 脫水收縮 됨으로 筋束사이가 벌어지게 되고 벌어진 사이로 脂肪이 스며들어난 상태를 나타낸 것이다. 이런 상태에서 乾燥가 더 進行되어 筋細胞가 收縮하는 상태가 되던 앞의 模型圖와 같이 内部構造가 바뀌어짐과 동시에 内部의 脂肪도 밀려나와 벌어진 筋節을 통하여 外部쪽(脊椎骨쪽)으로 흘러나오는 것이리라 본다. 小泉(1960)는 Katsuo-bushi의 Shirata 肉質의 組織學的 研究에서 Shirata가 생긴 부분의 筋纖維사이에는 넓으며, 그 안에는 脂肪이 存在한다고 말하고, 그 脂肪은 皮下脂肪이 乾燥過程中 특히 3次焙乾을 하고난 後에 筋節을 통하여 内部로 들어간다고 하였으며, 이처럼 筋肉内部에 脂肪이 많이 浸透된 것일수록 Shirata가 잘 생긴다고 하였다. Lee 등 (1966)은 여러가지 乾燥方法에 依한 魚類의 乾燥에서 乾燥가 進行됨에 따라 脂肪이 内部脊椎骨 쪽의 筋肉속으로 浸透된다고 하였으며, 乾燥가 進行될수록 筋纖維는 收縮되고 筋纖維사이의 筋節의 넓이는 생겼을 때에 비하여 두배나 넓어진다고 報告하였다. 凍結乾燥後의 脂肪의 存在狀

態 및 内部筋肉組織 그리고 復水 後의 狀態를 Fig. 4, 5, 6에 나타내었다. Fig. 4에서 볼 수 있는 것 같이 凍結乾燥 後에도 皮下脂肪은 많은 量이 그대로 存在하고 있으나 皮下脂肪層이 얽어졌으며 血合肉과 普通肉 사이의 境界面으로 많은 脂肪이 들어와 있음을 볼 수 있다. 凍結乾燥直後 및 1個月 貯藏後에도 脂肪이 筋肉 밖으로 流出되는 등의 移動은 볼 수 없었는데 이는 天日乾燥에 比하여 凍結乾燥는 水分이 昇華에 依하여 除去됨으로 内部擴散에 依한 表面으로의 移動이 적기때문 이리라 생각된다. 凍結乾燥後의 内部構造의 變化를 觀察하여 Fig. 5, 6에 나타내었다. 凍結乾燥後에는 細胞内外에 氷結晶에 依한 空間面積 즉 凍空氣가 많이 남아있음을 볼 수 있다. 凍結乾燥는 一般乾燥法에 比하여 肉의 收縮, 體積의 變化가 생기지 않고 氷結晶에 依하여 多孔質化 하므로 水和하기 쉬운 長點이 있다. 凍結乾燥한 鯊장어를 復水시켰을때 (Fig. 6) 體積도 그대로 돌아오고 細胞内外에 생겼던 氷結晶에 依한 흔적도 많이 없어지나 部分的으로는 細胞内に 생겼던 氷結晶에 依한 흔적 즉 凍空氣가 그대로 남아있는 것을 볼 수 있다. 그리고 Fig. 6 안의 작은 사진은 凍結乾燥後의 狀態를 나타낸 것으로 筋細胞가 多孔質화된 狀態를 잘 나타내고 있다. 일반적으로 凍結乾燥에서 松田 (1968, 1969)는 凍結速度의 差異는 주로 筋肉組織構造面의 變化로 나타나며 凍結速度가 늦어지면 氷結晶이 細胞外部에 生成하게되고, 이런 경우에 筋纖維는 收縮하여 모양이 變하고 거칠어지게 된다고 한다. 神名等 (1971)도 乾燥에 依한 魚肉의 蛋白質變性和 組織의 變化에서 眞空凍結乾燥한 것이나 Silica gel 乾燥한 것 모두 蛋白質의 變性是 적으나 眞空凍結乾燥한 것은 復水 後에도 筋纖維中에 小孔이 많이 보인다고 하였다.

4. 加熱에 依한 筋組織의 變化

鯊장어를 高周波加熱 및 焙燒하였을 때의 組織變화를 Plate 4에 나타내었다. 魚肉을 加熱하고 나면 일반적으로 液汁이 分離되고 收縮하여 단단한 觸感을 가진 肉으로 變한다. 이와같은 現象은 加熱變性된 蛋白質이 원래의 膠質의 特性을 消失하고 水和性이 低下함과 함께 서로 會合하여 새로운 構造를 가지게 되므로 凝集이 일어나며 그 정도가 심하면 沈澱이 일어나고 蛋白質의 熱凝固가 일어나기 때문이다. (野中等, 1965). Schmidt (1970)는 쇠고기를 60°C로 加熱하였을 때 軟化度가 높았으며, 그 이유는 60°C

의 溫度에서 collagen이 溶解하기 때문이고, 60°C 以上으로 加熱하였을 때는 消化度가 減少하게 되는 데 이는 60°C 以上の 溫度에서는 筋原纖維蛋白質(myofibrillar protein)의 脫水, 凝集, 硬化 등의 變化가 일어나기 때문이라고 하였다. Fig. 1, 2에는 鰾장어를 1分間 高周波加熱 하였을 때의 조직변화를 나타내었다. 筋細胞는 血合肉이나 普通肉 두가지 다 함께 생겼던 내와는 달리 膨潤되며 皮下脂肪은 거의 없어져 空胞로 남아있다. 그리고 Fig. 2에서는 結締組織인 筋筋은 녹아버려서 그런지 거의 없어지고, 약간 남은 것은 흔적 정도로 한쪽에 붙어 있으며 筋細胞는 크게 膨潤되어 있다. 鰾장어를 焙燒하였을 때의 組織變化를 Fig. 3, 4에 나타내었다. Fig. 3에서는 結締組織이 녹아서 퍼져 있으며 筋細胞의 配列은 흐트러져 있다. 從斷面(Fig. 3)의 組織에서는 結締組織이 녹아서 한쪽으로 뭉쳐진 상태이며 筋細胞는 脫水되어 뭉쳐져 있다. 鰾장어의 경우 같은 加熱을 하는데도 高周波加熱과 焙燒의 경우 組織面에서 다르게 나타나는 것은, 高周波加熱의 경우는 순간적인 内部加熱로 myofluid의 流失이 적기 때문이며 (Hamm, 1966), 焙燒의 경우는 時間을 要하는 外部加熱 때문에 筋肉은 保水性도 떨어지고 脫水되어 硬化 되는 것으로 생각된다. Schmidt (1971)는 畜肉의 加熱에 의한 組織變化를 光學顯微鏡과 電子顯微鏡으로 관찰한 결과 加熱溫度가 높은수록 Collagen은 gelatin化 함을 밝히고, Collagen 含量이 食肉의 硬, 軟에 直接的인 關係가 있는 畜肉의 경우 軟化를 위해서는 内部溫度가 60°C가 중요하며 70°C 以上이 되면 内筋周膜 (Endomysium)이나 外筋周膜 (Permysium)의 間隔이 넓어지며 筋原纖維蛋白質(myofibrillar protein)은 收縮된다고 報告하였다. 鰾장어의 경우는 結締組織의 含量이 그다지 많지 않으나 加熱方法에 따라 組織構造上的 差異가 나타나는 것은 筋原纖維의 熱凝固 外에도 筋漿蛋白質(Sarcoplasmic protein)이 凝縮된 筋原纖維 위에 쌓이기 때문에 일어나는 組織學的 變化도 영향이 있으리라 본다 (Bendal, 1962).

鰾장어를 凍結貯藏 1個月 (-20°C와 -30°C) 後에 肉은 상태 그대로를 高周波加熱한 組織상태를 Fig. 5에 나타내었다. -20°C에 1個月 貯藏後 加熱한 것은 (Fig. 5) 筋細胞가 약간 收縮된 筋原纖維을 주축으로 筋細胞의 配列을 高周波加熱前과 비슷한 組織을 나타내는데가 되나, -20°C에 1個月 貯藏後 加熱한 것은 (Fig. 6) 筋細胞가 收縮된 狀態로이고, 細胞間에 氷結晶의 흔적이 남아있음을 분

수 있다. 吉岡 (1975)는 여러가지 解凍方法으로 凍結 고리코기를 解凍한 結果 drip 流出量, 組織學的 變化 등으로 본래 高周波解凍한 것이 훨씬 좋았음을 밝혔으나, 鰾장어 冷凍品の 高周波加熱에서 나타난 組織的 變化에서는 加熱前의 貯藏溫度 및 貯藏期間이 영향이 있는 것으로 생각된다.

要 約

乾燥에 의한 鰾장어 筋肉組織의 變化와 脂肪의 移動에 對하여 組織學的인 面에서 實驗한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 신선한 鰾장어는 皮下脂肪이 두터우며 眞皮層 안에도 脂肪이 存在하였다.
2. 乾燥에 의한 筋肉組織의 變化는 初期段階와 末期段階로 나눌 수 있으며, 乾燥初期는 結締組織의 脫水가 일어나고 乾燥末期에는 筋原纖維의 脫水가 일어난다.
3. 乾燥에 의한 脂肪의 움직임은 内部構造의 變化에 따른 筋筋의 벌어짐과 收縮에 의하여 좌우되는 것 같으며, 乾燥初期보다 乾燥末期에 심한 것 같다.
4. 凍結乾燥 後에는 細胞内外에 氷結晶에 의한 흔적이 남아있으며 復水 後에도 氷結晶의 흔적이 남았다.
5. 加熱後의 組織은, 結締組織은 녹아버린 狀態를 나타내고 筋纖維는 脫水硬化된 狀態를 나타내었다.

參 考 文 獻

淺川牧夫, 1970. ウナギの 體表面 粘質物の 組織學的 研究. 日本誌 36, 83-86.

Bendal, J. R. and J., Wismer-Pedersen. 1962. Some properties of fibrillar proteins of normal and watery pork muscle. J. Food Sci. 27, 144-151.

Hamm, R. 1966. Heating of muscle system, In "The physiology and biochemistry of muscle as food". 363-385, Briskey, E. J., R. G. Cassens, and J. C., Trautman, The Univ. of Wisconsin, Press, Madison.

小泉千秋, 1950. かつお節のシラタに関する研究Ⅳ. シラタの肉質の組織學的検査. 日本誌 27, 251-260.

松田由美子, 1966. ところてんの 食味特性に關する風味と硬の保持. 日本誌 34, 841-846.

- 松田由美子. 1969. 眞空凍結乾燥スケトウダラの品質に及ぼす凍結速度の影響. 日水誌 5, 1110—1115.
- 松井魁. 1972. 鰻學, 生物學的 研究篇. 東京, 恒星社, 181—190.
- Lee E. H., Koizumi C. and Nonaka J. 1966. Studies on the taste and texture of dehydrated marine foods- I. Microscopic tracing of the migration and distribution of fat in the course of dehydration. J. Tokyo Univ. of Fisheries 52(2), 129—140.
- 野中順三九・橋本芳郎・高橋豊雄・須山三千三. 1967. 水産食品學, 東京, 恒星社, 129—131.
- 卞在亨・李應昊. 1968. 굴비 製造過程中的의 脂肪의 移動에 對한 組織學的 觀察. 韓水誌 1, 63—71.
- Schmidt, J. G., A. A. Kline and F. C. Parrish. 1970. Effect of carcass maturity and internal temperature on bovine longissimus attributes. J. Animal Sci. 31, 861—868.
- Schmidt, J. G. and F. C. Parrish. 1971. Molecular properties of post mortem muscle, 10. Effect of internal temperature and carcass maturity on structure of bovine longissimus. J. Food Sci. 36, 110—119.
- 宋大鎮. 1973. 아랍의 品質に 及ぼす 凍結速度の 影響. 冷凍 48, 5—24.
- 宋大鎮・申必鉉・許宗和. 1976. 전조옥돔의 酸化防止에 關한 組織學的 研究. 韓水誌 9, 239—244.
- 宋大鎮. 1978. 전복의 凍結에 關한 研究. 2. 凍結에 依한 전복組織의 變化. 韓水誌 11, 91—95.
- 宋大鎮・姜泳周. 1979. 옥돔의 凍結에 關한 研究. 2. 凍結에 依한 옥돔 組織의 變化. 韓水誌 12, 131—136.
- 宋大鎮. 1981. 赤色筋魚類와 白色筋魚類의 組織化學的 研究 I. 凍結筋肉破碎片의 差異. 濟大海資研報 5, 41—66.
- Wang H, Rach E. and Bates V. 1954. Histological observation on fat loci and distribution in cooked beef. Food Research 19, 314—422.
- 山田充阿彌・中村節子. 1964. 魚肉の組織化學的研究 — I, 主要食用魚肉における脂質の存在狀態. 東海水研報 33, 21—28.
- 吉岡慶子. 1975. 各種解凍條件が凍結鯨肉の品質に及ぼす影響について. 日食工業誌 22, 193—198.

PLATE I

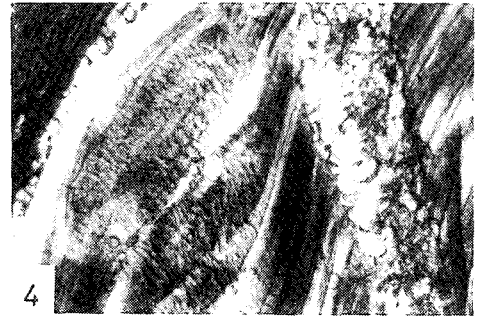
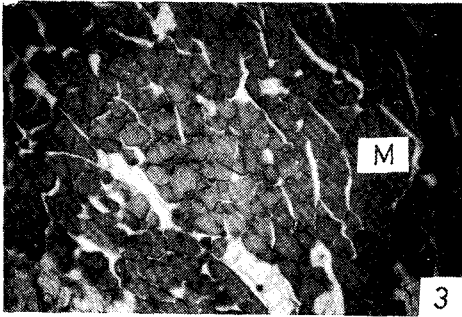
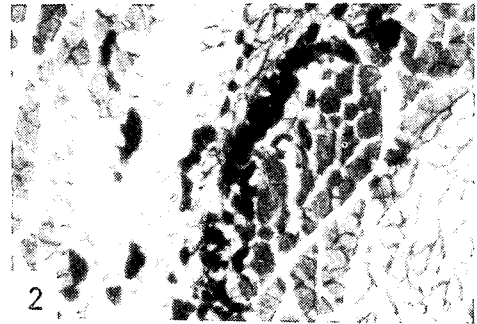
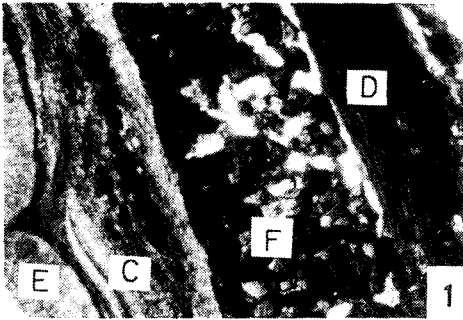


PLATE 1. Muscular tissue and fat distribution of fresh eel.

- Fig. 1. Longitudinal section of epidermis part.
Stained with Eosin and Sudan black x 40.
- Fig. 2. Cross-section of inner part.
Stained with Eosin and Sudan black x 40.
- Fig. 3. Cross-section of inner part.
Stained with Eosin x 40.
- Fig. 4. Longitudinal section of inner part.
Stained with Eosin (rigor mortis state)

- x 40.
- Fig. 5. Longitudinal section of epidermis part.
Stained with Eosin x 40.
- Fig. 6. Longitudinal section of inner part.
Stained with Eosin x 40.
- C : Corium, D : Dark muscle,
F : Hypodermic fat layer, E : Epidermis,
M : Muscle cell, I.C. : Ice crystal,
W : White muscle, My : Myocommata.

PLATE II

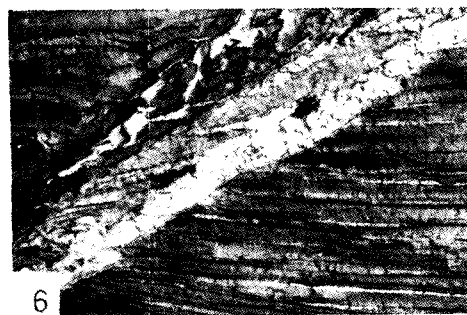
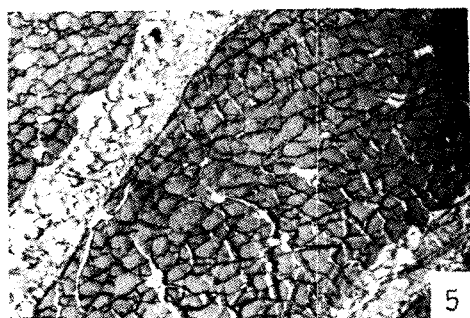
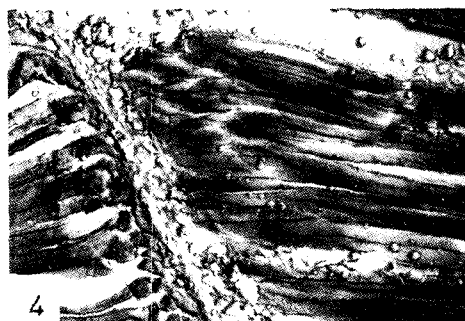
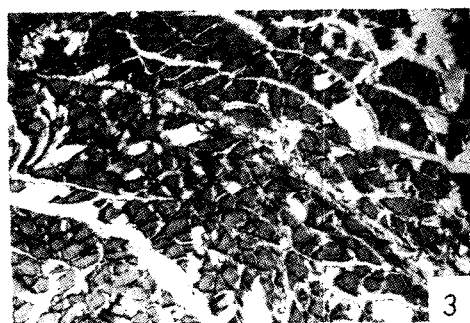
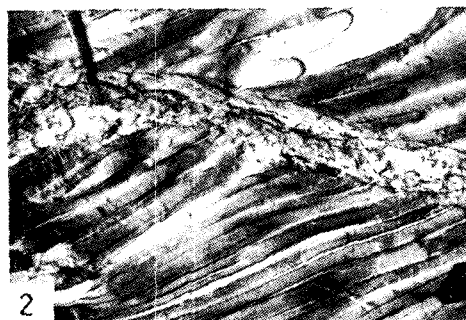
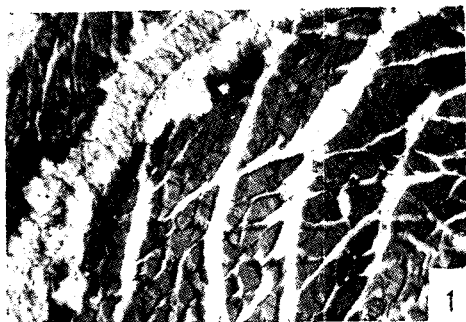


PLATE 2. Histological changes in muscular tissue during sun-drying.

Fig. 1. Cross-section after 6hrs drying.
Stained with Eosin x 40.

Fig. 2. Longitudinal section after 6hrs drying.
Stained with Eosin x 40.

Fig. 3. Cross-section after 20hrs drying.

Stained with Eosin x 40.

Fig. 4. Longitudinal section after 20hrs drying.
Stained with Eosin x 40.

Fig. 5. Cross-section after 48hrs drying.
Stained with Eosin x 40.

Fig. 6. Longitudinal section after 48hrs drying.
Stained with Eosin.

PLATE III

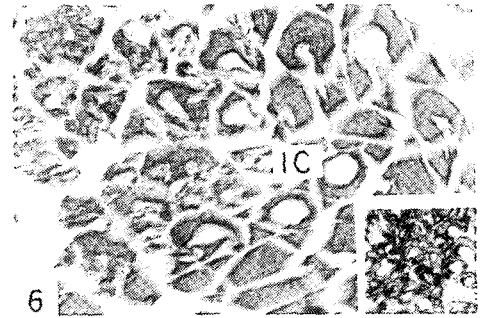
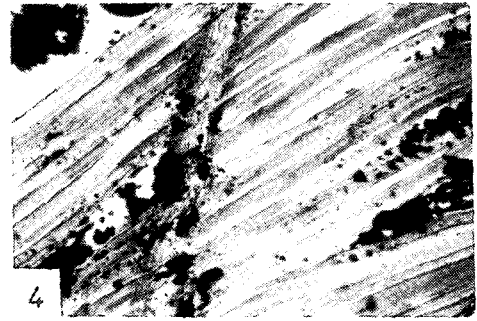
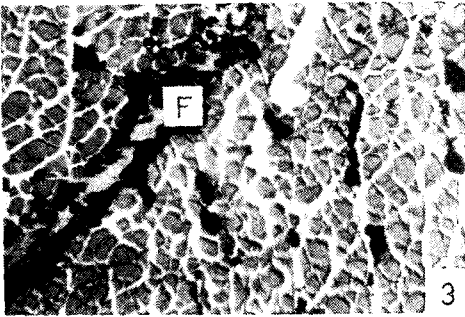
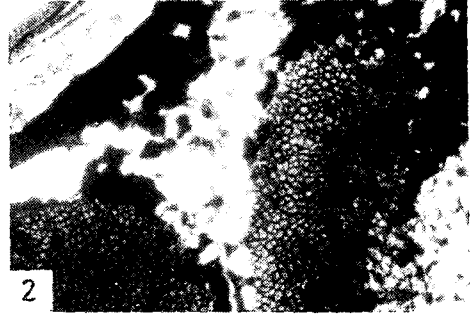
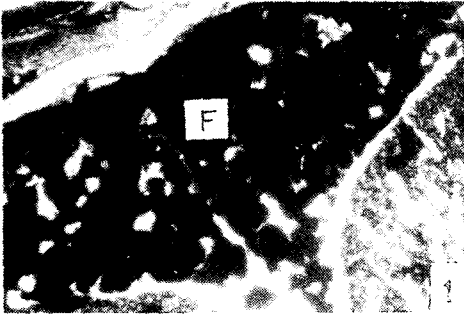


PLATE 3. Migration and distribution of fat during drying.

- Fig. 1. Cross-section after 6hrs drying (epidermis part).
Stained with Eosin and Sudan black x 40.
- Fig. 2. Cross-section after 48hrs drying (epidermis part).
Stained with Sudan black x 40.
- Fig. 3. Cross-section after 20hrs drying (inner part).
Stained with Eosin and Sudan black x 40.

- Fig. 4. Longitudinal section after 20 hrs drying (inner part).
Stained with Eosin and Sudan black x 40.
- Fig. 5. Cross-section after freeze drying (epidermis part).
Stained with hematoxylin and Sudan black x 40.
- Fig. 6. Cross-section after rehydration (inner part).
Stained with Eosin x 40.

PLATE IV

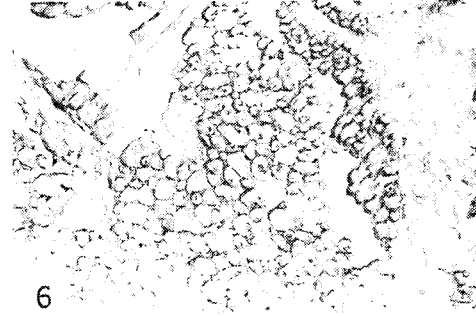
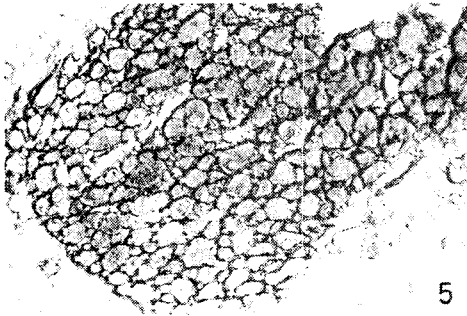
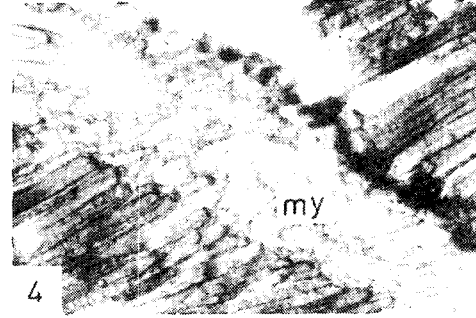
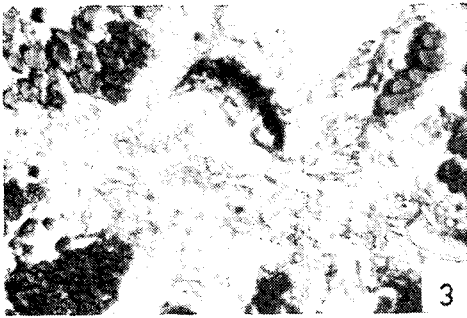
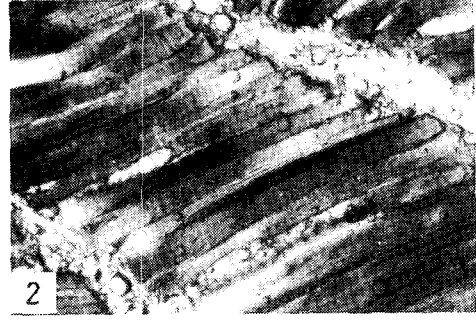
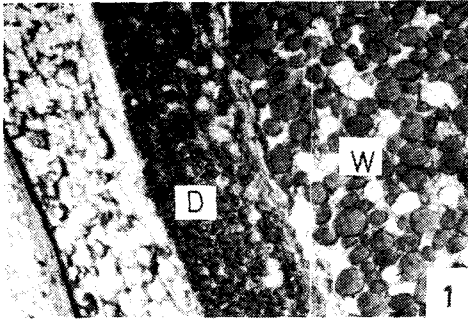


PLATE 4. Histological changes in muscular tissue by heating.

- Fig. 1. Cross-section of epidermis part. Stained with Eosin x 40 (Electronic range heating).
- Fig. 2. Longitudinal section of inner part. Stained with Eosin x 40 (Electronic range heating).
- Fig. 3. Cross-section of inner part.

- Stained with Eosin x 40 (Roasting).
- Fig. 4. Longitudinal section of inner part. Stained with Eosin x 40 (Roasting).
- Fig. 5. Cross-section of inner part. Stained with Eosin x 40 (Electronic range heating).
- Fig. 6. Cross-section of inner part. Stained with Eosin x 40 (Electronic range heating).