冷凍魚肉中に生ずる氷の結晶に就いて (豫報 III)

奥 野 博

(水 産 講 習 所)

On the Ice Crystal Formed in the Tissues of Frozen Fish. (III).

Hiroshi OKUNO

SYNOPSIS

By the same method as used in the previous report, the following results were obtained:—
(1) The total amount of ice crystals has no connection with the velocity of refrigeration though their size is affected. (2) The size and orientation of the cavities made in the fish muscle by ice crystals are not influenced by the pressure exerted on the fish muscle in freezing. (3) The size of cavities formed in the dried fish muscle is smaller than that formed in the fresh muscle. (4) The size of ice crystals seems to depend on the velocity of crystal growth relative to that of formation of crystal nuclei.

其後引續いて行つた實驗の結果を報告する⁽¹⁾。實驗材料はすべて鮪肉である。或る温度で平衡にある魚肉中の氷の總量はたとひ個々の結晶粒子に大小の差はあつても等しい筈であ

第 1 表

cm ³	孔 の 数	平均の大きさ	孔の總面積
1.0 ³	2700	0.015 mm ²	41 %
1.5 ³	3100	18	56
2.0 ³	3200	16	51
3.0 ³	2900	19	55
4.0 ³	2400	20	48

る。これを確かめるために種々の大きさの魚肉を一定の温度中で凍らせて孔の單位面積當りの數、大きさ及び肉の單位面積中の孔の總面積の

百分率を求めた。(第 2 表) 魚の大きさを種々變へたのは凍結の速さを變へる爲めである。大體百分率は等しいと見られる。次に結晶粒子が魚肉に加へた壓力に依つてその大きさ、方向等に影響を受けるかどうかを見るために肉の纖維に垂直な方向に各々 300, 600, 900 g の壓力を加へて凍らせた後孔の測定を行つた結果は第 1 圖に示す通りである。これで見ると孔の大きさは壓力には依らない様に思はれる。次に孔の長軸の方向と壓力の方向との間の角の頻度曲線を畫けば第 2 圖の様になる。即ち結晶の方向も壓力にはよらない。纖維に平行に壓力を加へても同様である。

以上で色々で冷凍條件、魚肉の條件を變へて結晶粒子による孔を測定して來たが⁽²⁾、冷凍速度以外の條件にはあまり支配されない様である。魚肉中の結晶粒子の大小が冷凍速度の大小に係することは今迄にも多くの實驗で確められた所であるが、これに就いても亦溶液又は金屬の冷却條件と析出結晶粒子の大小に就いて行はれて居る説明が適用されるものと考へ

第 1 圖

第 2 圖

(1) 日本水産學會誌 4(4), 1936; 5(6), 1937.

(2) H. OKUNO: Proc. VIIth Intern. Congr. of Refrigeration 1936.

られる。即ち結晶粒子の大小は結晶核發生速度（單位時間中單位面積に表はれる核の數）と結晶生長速度の兩者の相互的關係によつて定まるものとする。急速に冷凍を行つた場合に結晶粒子の小形で且つ粒の大小が割合に揃つてゐるのは結晶核發生速度が大きく、核生長速度が小さい爲めで反對に徐々に冷凍した場合に粒子が大形で不揃ひなのは核の發生速度が小さく成長速度が大きい爲めである。この事は實際顯微鏡下で觀察しても判る通り徐々に凍らせた場合比較的まばらに核を生じそれが棒狀、木の葉狀、花瓣狀をして擴がつて行くのに反し急に凍らせた場合は極く細かい粒子が無數に而も急に生じ更に急に凍らせた時には磨硝子狀に一樣に不透明になることでも窺はれる。尙冷藏中結晶粒子の成長する程度が低温程小さいと云ふ事實も一つの理由となるであらう。

核の發生速度は或溫度で現在肉中に存在してゐる水分量とその溫度で完全に安定な平衡状態にある場合の水分との差に關係するものと考へられる。若し冷凍の際過冷却現象が起つたとすれば前二者の水分量の間に大なる差を生じ従つて平衡状態に戻る際核發生速度は大となる理である。この様な豫想の下に魚肉を冷凍した際の冷却曲線を畫きその曲線に表はれた過冷却の程度が結晶粒子の大きさに如何なる影響を持つかを見た。魚肉の溫度の 0° から -5°C まで降下する時間（之で冷凍速度を表はすものとする）を横軸にとり冷却曲線の水平部から過冷却部によつて出來た曲線の谷までの溫度差で過冷却の度を表はし之を縦軸にとつて孔の大きさを表はせば第3圖

第 3 圖
圖中の數字は孔の平均徑 (μ)

第 2 表

のようになる。過冷却を起した場合は孔がやゝ小くなる傾向が多少見られる。

次に魚肉を乾燥させて行つた時の結晶孔の大きさの變化を調べた（第 2 表） W は肉の重量 W_0 は最初のそれである。乾燥した肉中に生じ

た孔の方が小である。これは凍結速度がちがつて來るためとも考へられる。

終りに田内森三郎博士の御指導に對し御禮を申し上げます。

W/W_0	孔の大きさ	孔の總面積/單位面積
1	0.065	29.2 %
0.86	32	28.4
0.81	33	32.4
0.78	34	18.4