急速冷凍に於ける魚體の大きさと冷媒の溫度

奥 野 博

(水 産 講 習 所)

Relation between the Thickness of Fish Body and the Temperature of Brine in Quick Freezing.

Hiroshi OKUNO

SYNOPSIS

In quick freezing—reducing the temperature of a fish body from 0°C to -5°C within 35 minutes at its centre—the relation between the thickness of the fish body and the temperature of brine was estimated by means of the law of similitude.

急速冷凍と言ふ言葉の意味は、未だはつきり決つて居ないが、こゝでは FINN⁽¹⁾ や YOUNG⁽²⁾ 等に従つて、魚體の最深部の溫度が 35 分以内に 0°C から -5°C まで降下する場合を急速冷凍と呼ぶことにする。

そこで、或る大きさの魚を急速冷凍する場合に、冷媒の溫度を何度位にしたらよいか、或は逆に、冷媒の溫度が定つて居る場合に、どの位の大きさの魚まで急速冷凍をすることが出来るか、と云ふことが問題になる。この問題を一般に論ずることは困難であるので、こゝでは鯖の鹽水冷凍の場合に就いて極く簡単にその大體の値を求めて見た。

冷媒の溫度が等しい場合、種類が等しい魚に就て、相對應する位置の溫度が等しい爲めには、相對應する時刻 t と相對應する長さ l との間には

$$t \propto l^2 \quad (1)$$

と云ふ關係が存在する⁽³⁾。従つて、この關係から、ある與へられた溫度の鹽水中で、或る大きさの魚體の中心溫度が 0°C から -5°C まで降下する時間が判れば、それから逆に中心部の溫度が同じ溫度範圍を下る時間が 35 分である場合の魚體の大きさが判る筈である。今鯖に就て行はれた實驗から、色々の溫度の鹽水冷媒に對し、この様な大きさを求めれば第 1 圖の様になる。即ち、この圖は或る溫度の鹽水冷媒中において急速冷凍をする事の出来る魚體の最大の厚さを與へる。

勿論この圖は大體の値を與へるもので、嚴密には魚體の最初の溫度、冷媒の種類・狀態等によつて左右される。

尤も、魚體の最初の溫度の影響は極めて僅かであると考へられる。又、(1) の關係は魚體の表面に於ける冷媒への熱傳達率が極めて大きく、魚體の表面溫度が冷媒のそれと等しい、と考へられる場合にだけ、嚴密に成立することは勿論である。尙第 1 圖は、鰯・鯉等略々同型の、肉質の組成も相似た魚にも、大體あてはまるものと考へられる⁽³⁾。

第 1 圖

一方、冷媒の温度を色々に變化させた時の魚體の厚さと魚體の中心部の温度が 6°C から -5°C まで降下する時間との關係を求めれば (測定の資料が非常に少ないので、これだけでは本當は曲線は定まらない筈ではあるが)、大體は第 2 圖のようになる。この圖から直ちに冷媒の温度と、その中で急速冷凍することの出来る魚體の最大の厚さが求められる⁽²⁾。第 1 圖の點線は、この様にして求めたものである。

第 2 圖

魚體の厚さ l 、平均温度 θ 及び冷媒の温度 θ_e の間には、近似的に次の關係が成立する⁽³⁾。

$$\frac{Sk}{Vl^2}t = La\theta_0 \left[\frac{1}{\theta_e} \left(\frac{1}{\theta_0} - \frac{1}{\theta} \right) - \frac{1}{\theta_e^2} \log \frac{\frac{1}{\theta} - \frac{1}{\theta_e}}{\frac{1}{\theta_0} - \frac{1}{\theta_e}} \right] \quad (2)$$

但し、 Vl^2 , Sl^2 は夫々魚體の體積及び表面積を表はし、 k は鹽水の熱導度に比例する常數、 θ_0 は魚肉の凍結點、 t は温度が θ_0 から θ になるまでの時間を表はす。尙 L は凍結の潜熱、 $a = \frac{\rho_0}{\mu}$ で ρ_0 は魚體の單位體積中の水分量、 μ は魚體の比重である。

そこで假りに、魚體の平均温度が中心温度と等しいと考へて、(2) の關係を使つて、與へられた温度の冷媒中で急速冷凍することの出来る魚體の最大の厚さを求めて見たら、第 1 圖の結果とどの位違つて來くるであらうか。 -10 , -15 , -20°C の冷媒に對し前の結果ではその厚さが夫々 3.5, 4.8, 5.4 cm であつたのに對し、この計算では夫々大約 5.2, 6.4, 8.1 cm と出て來る。約 50% 乃至 30% 大きい數字を示すことになる。本當はこれよりもいくらか小さくなる筈である。この計算で、 $L = 76 \text{ cal.g}^{-1}$, $a = 0.725$, $\theta_0 = 1.3^{\circ}\text{C}$ とし、 $\frac{Sk}{V}$ は 4.3⁽⁴⁾ とした。

文 獻

- (1) FINN, D. B.: Advances in knowledge of freezing. II. Prog. Rep. Biol. Bd. Canada, Prince Rupert, No. 17, 1933.
- (2) YOUNG, O. C.: Cooling and freezing curve for fish. ibid. No. 22, 1934.
- (3) 岡田光世: 鹽水冷凍の物理的研究。水講試報 24 (2), 昭和四年。
- (4) 同上 75 頁圖より。