

凍結魚肉の静止空気解凍条件について

西元 諄一・青木 伸實*

On the Thawing-conditions of Frozen fish in the Still-air

Jun-ichi NISHIMOTO and Nobumi AOKI

Abstract

In order to set the temperature for the suitable still-air-thawing, the periods of time required for thawing at various ambient temperatures on minced ordinary muscle block of frozen jackmackerel and the changes of freshness in its of thawed one were determined. The K-value as an index of freshness was estimated with concave gradient elution method. The results were as follows :

1. The time required for thawing was affected considerably by the time during which temperature rise from -5 to -1°C (Zone of maximum ice crystal thawing), and it was decided by the discrepancy between the initial temperature of frozen fish muscle and the temperature of ambient air. The higher is the temperature of ambient air, the shorter is the thawing time, but the effect of higher thawing-temperature on the thawing time was not significant.

2. When the frozen fish muscle was thawed at various temperatures, changes in increase-ratio of K-value in the fish muscle showed the lowest value at about 15°C in air.

3. The thawing temperature at which the total increment-K-value, obtained as the multiplication of K-value-increment-rate and thawing-time, shows the lowest value was ascertained to be $10\sim 15^{\circ}\text{C}$.

4. When the temperature of fish muscle at the centre of block after thawing reached its freezing point, the quality of the thawed fish muscle was better than that of the one under the temperature reaching 0°C .

5. Accordingly, it was assumed that the thawing was to be done at 15°C in the still-air, and at same time the temperature of fish muscle at centre on thawing should not be above its freezing point (about -2°C).

先に¹⁾凍結魚の静止空気解凍における鮮度低下を“生きのよさ”²⁾を表わすといわれるK値を指標として測定し、 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ の高温で急速に解凍すれば鮮度低下を抑制しうることを報告した。解凍中、解凍の進行は表面部から中心部へ進行し、経過時間とともに被解凍物内の温度分布は刻々と変化している。したがって解凍中のK値増加は、解凍温度による解凍所要時間とK値増加速度に影響されるので、この報告では解凍中のK値増加速度を一定温度放置中のK値増加速度から、また被解凍物の平均温度を解凍中の各部位測定結果からそれぞれ推定し、これらと解凍時間からK値増加の少ない解凍温度を、さらに解凍停止時期について検討したので報告する。

実 験 方 法

市販マアジ (*Trachurus japonicus*) の細碎普通肉 100 g を円柱状ブロック ($52\phi\times 47\text{mm}$) と

* 鹿児島大学水産学部水産保蔵学研究室 (Laboratory of Food Preservation Technology, Faculty of Fisheries, Kagoshima University)

し、 -25°C で一夜凍結した。解凍は $0\sim 30^{\circ}\text{C}$ の静止空気中で行ない、魚肉の K 値は EHIRA et al.³⁾ の方法で測定した。この場合の解凍所要時間は、被解凍物中心温度が初温から 0°C に達するまでの時間とし、温度はサーミスター温度計で測定した。揮発性塩基窒素 (VBN) 量は Conway⁴⁾ 法、塩溶性たん白質 (SSP) 量はビューレット試薬を用いる方法⁵⁾ により測定した。

結果および考察

解凍温度と解凍所要時間

凍結物を解凍すると、すでに報告した⁶⁾ ようにその中心部の昇温速度が -5°C から -1°C 附近のいわゆる最大氷晶融解帯⁷⁾ で緩慢になる。Table 1 に各解凍温度で解凍を開始してから被解凍物

Table 1. The time required for thawing at various temperatures. (Final centre temp.: 0°C , 100 g block)

Thawing temp. ($^{\circ}\text{C}$)	t^* (min.)	f^{**} (min.)	f/t 100 (%)
0	1,380	956	69.3
5	530	286	54.0
10	250	175.5	70.2
15	160	115	71.9
20	120	78.6	65.4
30	75	55	73.3

*: thawing time

** : the time during the fish temp. rises from -5 to -1°C

(初温: -25°C) の中心温度が 0°C に達するまでの時間 (t) および 最大氷晶融解帯を通過するに要する時間 (f) を示したが f は全解凍時間に対し $50\sim 70\%$ を占めることがしられる。解凍温度と被解凍物初温度との差 ΔT および f の対数をそれぞれ横軸、たて軸にとって、各解凍温度における ΔT の対数をプロットすると Fig. 1 のように $\Delta T = 25\sim 55^{\circ}\text{C}$ の範囲で相関係数 -0.93 の直線関係があった。回帰直線の式を最小二乗法で求めると $\log f = -3.3 \log$

$\Delta T + 7.36$ が得られた。これは ΔT が大きいほどすなわち解凍温度が高いほど解凍時間が短縮されるが高温ほど時間短縮効果は小さいことを示している。しかし、 f 短縮のため解凍温度を高くすれば解凍が早く終了することになり望ましいことであるが、高温解凍では加藤⁸⁾ がのべているようにすでに解凍した表面部がその高温に曝らされることになるので、魚肉成分の変化速度が大きい。すなわち曝らされる温度と時間によって成分変化量は影響される。

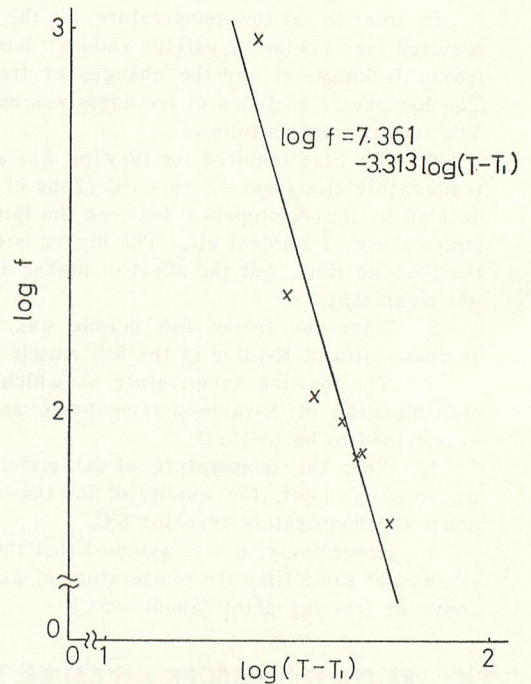


Fig. 1. The relation between $\log f$ and $\log (T - T_1)$.

f : the time during the fish temp. rises from -5 to -1°C

T : ambient temp.

T_1 : initial temp. of frozen fish muscle

解凍による鮮度低下

各解凍温度における K 値の変化率は Table 2 のように 20°C 以上では解凍時間は短いのに大きくなる傾向がみられた。望ましい解凍法は鮮度低下が少ないことであるが、そのためには低温でしかも早く解凍を終らねばならない。しかしこのような条件は同時に満足させ得ないことである。したがって解凍適温は鮮度低下速度と解凍速度すなわち解凍時間からきめねばならないと考えられた。

Table 2. Influence of various thawing temperatures on the increment of K -value.

Thawing temp. ($^{\circ}\text{C}$)	Percentage of increase in K -value							
	0	5	6	10	15	17	20	30
Exp. 1	16.7	12.3	—	7.8	6.3	—	9.9	—
Exp. 2	9.2	—	6.2	—	—	2.1	—	—
Exp. 3	—	—	—	6.2	0.5	—	1.0	2.9

解凍適温

解凍中の鮮度低下速度は、魚肉の温度が時間とともに変化するので当然変化することになり測定することがむづかしい。そこで一つの目安として一定温度に貯蔵した場合の K 値増加速度を測定したがその結果は Table 3 のようであった。

Table 3. The increase rate of K -value.

Storage temp. ($^{\circ}\text{C}$)	The increase rate of K -value (%/min)
0	2.5 ($\times 10^3$)
5	6.3
10	10.4
15	28.0
20	39.2
30	79.2

被解凍物内部における温度分布曲線は源生⁹⁾が指摘しているように正しく式で表わすことはできない。したがって、被解凍物の中間部の温度(平均温度と仮称)は、前⁹⁾に解凍中の魚肉内の温度分布を測定し中心部が 0°C に達した時表面部と中心部との中間部の温度が表面部温度の $1/2 \sim 1/3$ であったことを認めているのでこれから解凍媒体温度の $1/2$, $1/3$ および $1/4$ とみなして次の計算をした。ところで試料の K 値は解凍後よく混和しヌクレオチドを抽出して測定したのでその値は表面部と中心部を混合した平均的値と考えられる。なお、試料中心部と表面部の中間部の温度が試料の K 値増加速度に影響する温度と仮定した。以上のような考えをもとにして、 K 値増加量を K 値増加速度と解凍時間との積として計算し、その値を解凍温度に対しプロットしたのが Fig 2 である。 K 値増加量が最小となる温度は $10 \sim 15^{\circ}\text{C}$ であり、前¹⁾に報告した実測による結果と一致した。

なお、解凍終温についてはすでに指摘したように¹⁰⁾ 0°C 以上に上昇することはさけるべきであるが、終温を凍結点附近および 0°C としたときの解凍所要時間および鮮度変化をみると、Fig. 3 のように凍結点附近から 0°C に上昇するのにかなりの時間を要し、鮮度低下も急増した。

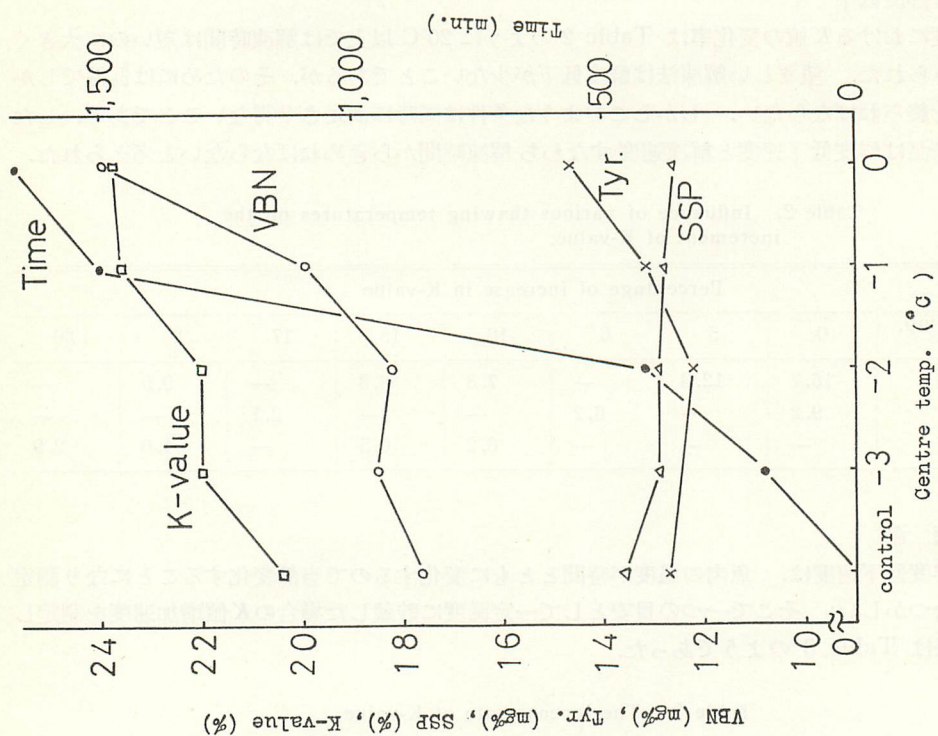


Fig. 3. Effects of final centre temperatures of fish during thawing at 0°C on the quality of fish muscle.
VBN: Volatile base nitrogen, Tyr.: Tyrosine
SSP : Salt soluble protein.

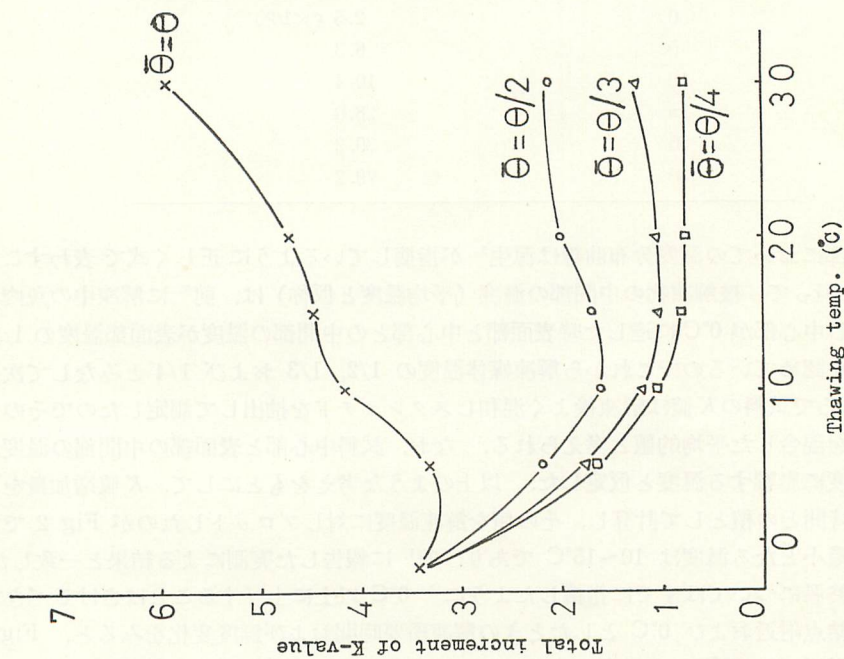


Fig. 2. The relation between increment of K-value and various thawing temperatures (θ).
 $\bar{\theta}$: average temp. of sample

以上では K 値増加量の計算に仮定があり多少問題があるにしても、実験的に得られた解凍適温 (Table 2) と K 値増加速度と解凍時間から求めた K 値増加量が最低値となる温度がほぼ一致した。ゆえに、静止空気解凍の条件として、空気温度 15°C 附近を用い、解凍操作は中心温度が凍結点附近に達したら停止すべきであると考えられる。しかし、これらの実験が極く限られた条件下で行なったものであるので、解凍適温となると食品衛生的な立場も考慮し、さらに検討しなければならないだろう。

要 約

静止空気解凍条件を細碎アジ普通肉円柱ブロックを用いて K 値を鮮度指標として検討した。

1. 解凍所要時間は被解凍物の中心温度が、最大氷晶融解帯を通過するに要する時間が主体である。また解凍温度が高ければ解凍時間は短縮されるが高くなる程時間短縮効果は小さくなる。
2. 種々の解凍温度における解凍後の鮮度は、 K 値により判定すると 15°C 解凍が最もその増加は少なかった。
3. K 値増加速度と解凍所要時間の積として算出した K 値増加量が最低となる解凍温度は $10\sim 15^{\circ}\text{C}$ であった。

本実験について有益な御助言を賜った本学太田冬雄教授ならびに試料入手に御配慮下さった桜島水族館長中原官太郎氏に深謝の意を表します。

文 献

- 1) 西元諄一・青木伸実 (1971): 本誌, 20(1), 163-167.
- 2) 内山 均・江平重男 (1970): 日水誌, 36, 974-992.
- 3) S. EHIRA, H. UCHIYAMA, F. UDA and H. MATSUMIYA (1970): *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 36, 491-496.
- 4) E. J. CONWAY (石坂音治訳) (1952): 微量拡散分析及び誤差論, p. 84, 南江堂, 東京.
- 5) 大城善太郎 (1958): 本誌, 6, 119-124.
- 6) 西元諄一 (1971): 本誌, 20(1), 159-161.
- 7) 田中武夫 (1969): ニューフードインダストリー, 11(6), 2-9.
- 8) 加藤舜郎 (1967): ニューフードインダストリー, 9(8), 1-6.
- 9) 源生一太郎 (1970): 冷凍, 45, 106-113.
- 10) 西元諄一・ (1974): 本誌, 23, 27-33.