

魚肉系におけるヌクレオチドの分解速度について

太 田 冬 雄*

Analysis of Degradation-Rate of Nucleotides in Fish-Flesh System

Fuyuo OHTA

Abstract

An attempt was made to determine the rate-constants for the decomposition of adenosine-phosphates (Adp), inosinic acids (IMP) and their combination, apparent IMP (App-IMP), in cold stored carp and yellow-tail muscle cubes.

1) Both the degradations of Adp and App-IMP were essentially of the first order and the degradation of IMP the consecutive first order. The rate-constants (k_a , k_i , and k_i') could be estimated, using each rate-equation.

2) The rate-constants, k_a and k_i , varied with storage-temperature. Maximum values of IMP and the time required to reach them were also affected by the temperature.

3) The k_i' , rate-constant of App-IMP, was generally smaller than k_i , but the relative magnitude for different temperature in the former was approximated to that in the latter.

Then, the application of above calculations may be of some use in discussing the relation of temperature to nucleotides-degradation.

魚肉中のヌクレオチドの変化は、魚肉の鮮度又は品質の指標として高い適用性があるといわれ¹⁾²⁾ (著者も鹿児島に水揚げされた海産魚数種について確かめている³⁾)、これを対象とした鮮度保持に関する研究も内外に少なくない⁴⁾⁵⁾。しかし、品質指標としてのこれら成分変化と環境条件、とくに温度条件との関係についての体系的研究は少なく、殊に肉質状態つまり肉質系における変化を速度の面から検討された例は少ない⁶⁾。しかし、肉質の如き複合系における変化の解析は、食品としての品質を対象とする限り、その保蔵条件の基礎資料として重要な一面の課題であると思われる。

すなわち、この実験は、低温保蔵魚を対象に、魚類肉質系におけるヌクレオチドの分解速度と温度との関係を体系的に明らかにする事を目的とし、今回はその前提として、冷却保蔵魚肉を対象にヌクレオチドの変化中分解の急速なアデノシン三リン酸 (ATP) からアデノシン一リン酸 (AMP) ままでを一括したアデノシンリン酸塩 (Adp) と食味に関係の深いイノシン酸 (IMP) との分解速度の解析を試み、いわば実験的考察を進めるための方法論的検討を行なった。

実 験 方 法

試料及び保管

養殖魚のコイ、ハマチを試料とし、電殺後その背肉を採り 10 mm 内外の立方状肉片に細切、シャーレに所要量を採り 0~12°C (±1°C) の所定温度の恒温器中に保管、肉質中のヌクレオチドの

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

経時変化を測定した。

スクレオチドの分析

分析は、イオン交換樹脂を用いるクロマトグラフィー⁷⁾ 又はバッチ法⁸⁾ に準じて行ない、大部分は後者により結果は Adp, IMP 量および両者含量として示した。これは後者の方法が多数試料の簡易迅速な測定に適當であり、且つ前者との比較結果からこの実験の目的に差支いないと考えたからである。なお測定は同時試料2ヶづつについて行なった。

結果の解析

スクレオチドの分解変化は周知の如く酵素的作用による反応であり、一方酵素的反応は制約条件はあるが一応一次反応とみなされ⁹⁾、従ってこれに基づき速度式によって速度を求めることができる。しかし、スクレオチド分解は ATP を基点とする連続反応であるから単純にこれを適用することはできない。そこでこの実験では反応を ATP→AMP を一括した Adp の変化とこれに続く IMP の変化とに単純化して適用した。これは前者の変化が、ATP を主体とし傾向的には後述のように ATP そのものの変化に類似し、従ってそれなりの意味をもっと考えられたからであり、一つには前記分析上の便宜さを考慮したからでもある。

その結果、Adp 量および Adp・IMP 含量の対数値は共に保管時間に対してほぼ直線関係にあったので、この関係に基づきそれぞれの速度定数 (k_a , k_i) を求めた。この中後者は後述のようにいわば見かけの IMP (App-IMP) に対する値で、その限りで意味をもつが、真の IMP に対する値として許容するにはなお疑義が残る。そこでこの点をより明確にするために、 $\text{Adp} \xrightarrow{k_a} \text{IMP} \xrightarrow{k_i} \text{イノシン}$ 又は ヒポキサンチン (但し、 k_a , k_i , 速度定数) の如き一次連続反応における速度定数として算出することとし、Frost¹⁰⁾ の解析的方法の応用を試みた。すなわち、 k_a は次式 (1) から容易に、 k_i は (2) 式について予め求めておいた k 値の異なる場合の関係から比較的容易に近似値が得られた。但し、保管初期における各時間毎の値を平均して採用、これらを Adp, IMP 濃度と時間との関

$$\frac{[\text{Adp}]}{[\text{Adp}_0]} = e^{-\tau} \quad \dots\dots\dots (1), \quad \frac{[\text{IMP}]}{[\text{Adp}_0]} = \frac{1}{k-1} (e^{-\tau} - e^{-k\tau}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

但し $[\text{Adp}_0] = \text{Adp 初濃度}$ $[\text{Adp}]$, $[\text{IMP}] = \text{Adp, IMP の各濃度}$
 $\tau = k_a t$ $k = k_a / k_i$ $t = \text{時間}$

係式に適用して各変化濃度を算出し、実測変化に対比した。又この算出の過程で、IMP の最大値 (Im) およびこれに達するまでの時間 (Tm) を求めた。なお試料中の Adp は、実験開始時すでに一部が分解している場合が多かったが、この場合の $[\text{Adp}_0]$ は、開始時の IMP 相当濃度を加算し、又未分解の時点は k_a より逆算して求めた。

結果および考察

スクレオチド分解における Adp, App-IMP の変化

魚肉中のスクレオチド変化の一例として、ハマチ肉を 12°C に保藏した場合の結果を Fig. 1 に示した。すなわち先ず、ATP の分解にはじまる変化は、すでに知られている如く ATP の急減、ADP, AMP の低いレベルでの消長、イノシン等の一方的増加として現われ、Adp の変化は量的にも傾向的にも ATP の変化に近似し、Adp はそれなりの意味をもつといえる。又、Adp の減少に対応して生成された筈の IMP 量 (図中、仮想量) と実測 IMP 量との差は、結果的にみて各時点での IMP の分解量とみなされ、当然の事であるが、この量は Adp・IMP 含量の減少量に殆ど

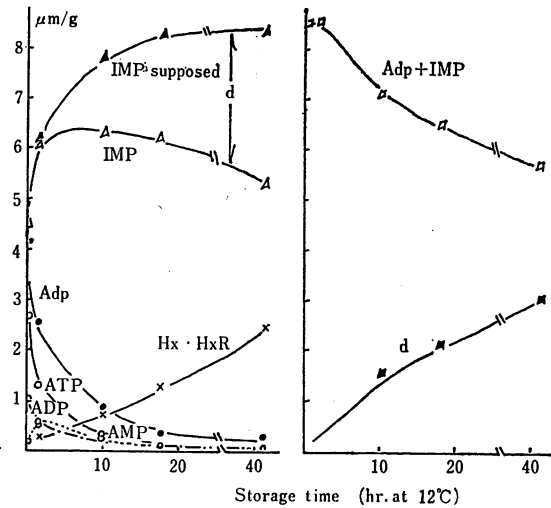


Fig. 1. Degradation of nucleotides in yellow-tail muscle cubes

一致した。ゆえに $\text{Adp} \cdot \text{IMP}$ 含量の減少変化は見かけ上 IMP の分解変化とみなされる。勿論実際には IMP は生成の反面で分解されている筈であるから、この含量変化が真の IMP の分解変化を示すことにはならない。すなわち含量変化はあくまで App-IMP の変化としての意義をもつ。

Adp, App-IMP の減少と時間、温度との関係

コイ肉を 2°C と 8°C に、又ハマチ肉を 0°C と 12°C にそれぞれ保管した場合の結果を Fig. 2 に示した。一部を除き、各濃度の対数値は時間に対し直線的であり、 Adp , App-IMP の分解による減少の反応は共に一次と見なされ、従って一次反応式による速度定数の算出が可能といえる。

Adp, IMP の変化と時間、温度との関係

前記同様の条件で保管した場合の各濃度の実測変化と、 k_a と k_i とより算出した濃度変化とを Fig. 3 に示した。実測変化と算出変化とはかなりよく一致しており、連続反応としての適用がこれらの変化における各速度の算出、とくに IMP 分解速度の近似的算出の一方法として有用であるといえよう。同時に Im , Tm が容易に求められるのも利点であろう。勿論図にみられる両変化の部分的不一致に問題はあるが、これは反応が肉質状態でのそれであり、又一つには反応を $\text{Adp} \rightarrow \text{IMP}$ と単純化したことにもあると思われる、その意味で不可避的な側面をもつ。しかし、 IMP を主な対象とする限り、又 Adp についてもレベルの低い段階を除けば問題はないように思われる。

Adp と IMP の分解速度

上記の各結果に基づき、コイ、ハマチのそれぞれの場合について得られた Adp , IMP および Adp-IMP の各速度定数 (k_a , k_i および k_1) ならびに IMP の最大値 (Im) およびこれに達するまでの時間 (Tm) をとりまとめて Table 1 に示した。これによれば先ずコイ、ハマチいずれの場合も k_a が k_i よりも大きく、共に温度変動に影響されるが k_a の方が影響を受け難いことが分る。又温度が Im , Tm にも影響し低温の場合は Im が高く、且つ Tm も長いことが分る。すなわち、 k_a , k_i を対象とする検討はヌクレオチド分解と温度との関係を考察するための有効な一手段

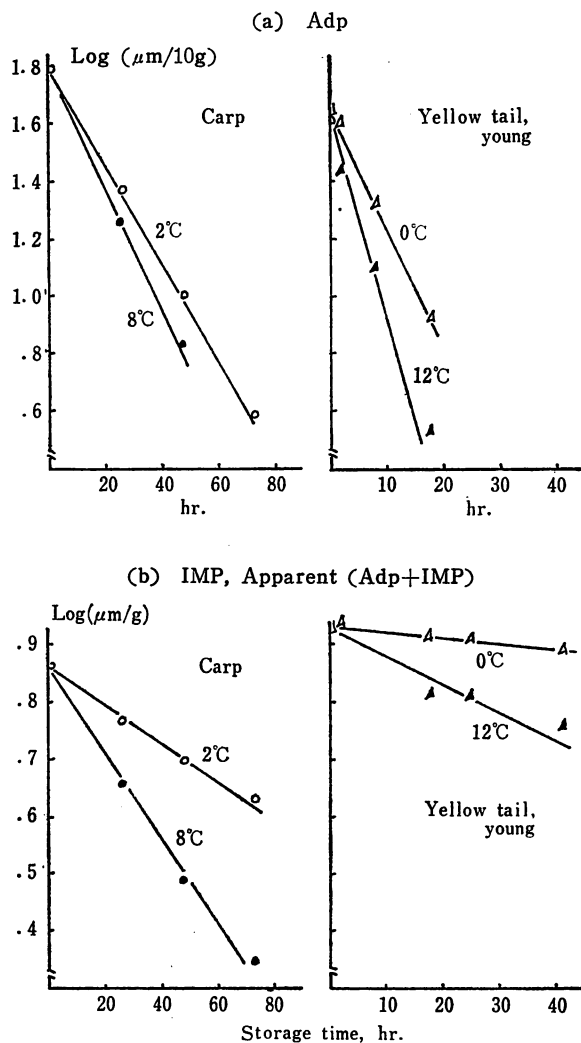


Fig. 2. Degradation of nucleotides in fish muscle cubes on logarithmic scale

Table 1. Rate-constants in degradation of nucleotides in carp and yellow-tail musde cubes

Fish species	Storage temp. °C	Rate constant			Maximum value of IMP (I_m), hr	Time required to reach I_m (T_m), hr
		Adp k_a , 10 h^{-1}	IMP k_i , 10 h^{-1}	Apparent IMP k_i' , 10 h^{-1}		
Carp	2	0.35	0.10	0.07	4.36	41.2
	8	0.46	0.31	0.17	3.18	22.6
Yellow tail (young)	0	0.94	0.04	0.03	7.37	28.0
	12	1.98	0.16	0.12	6.89	10.0

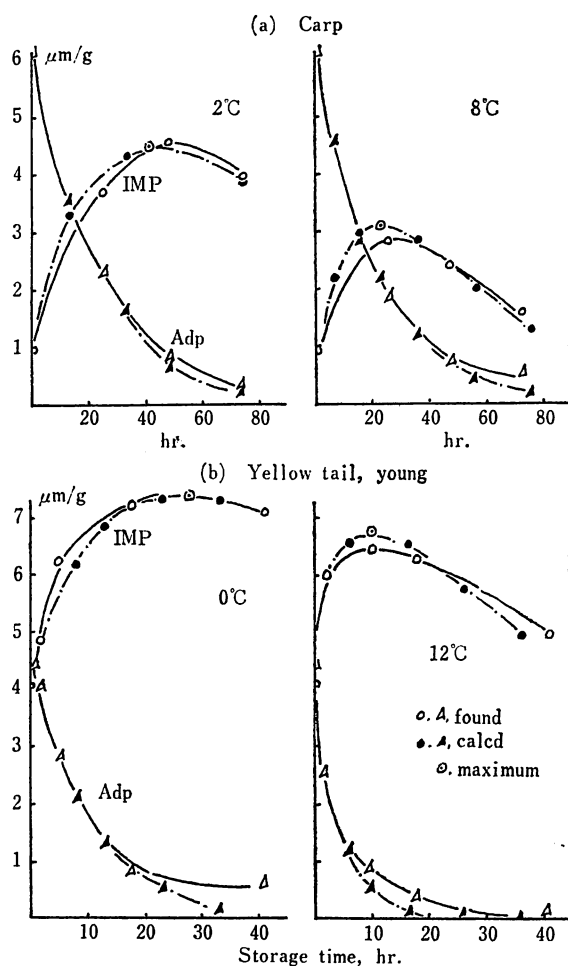


Fig. 3. Degradation of nucleotides in fish muscle cubes

といえる。なお k_1' は全体的にみて k_1 より小さいが、魚種別、温度別の相対的關係は k_1 のそれにほぼ近似しており、その意味では、 k_1 の見かけの値として活用できるように思われる。

総 括

コイ、ハマチ肉の冷却保蔵中における アデノシン磷酸塩 (Adp)、イノシン酸 (IMP) および見かけのイノシン酸 (App-IMP) の変化を対象に、各分解の速度解析を試みた。

1) Adp および App-IMP の減少変化は一次反応、IMP の増減変化は一次連続反応とみなされ、従ってそれぞれの反応式に基づき近似的速度定数 (k_a , k_1' 及び k_1) が得られた。

2) k_a , k_1 は共に温度によって相違し、IMP の最大値及びこれに達するまでの時間も温度によって影響された。一方 k_1' の魚種別温度条件による相対的關係は k_1 のそれに近似していた。

以上より上記速度解析は魚肉系におけるヌクレオチド分解と温度との関係を考察する上に有用な資料を提供し得るといえる。

この実験は、文部省科学試験研究の一部として行ない、費用は同補助金によった。記して謝意を表する。

文 献

- 1) 内山均・鈴木たね子・江平重男・野口栄三郎 (1966): 日水誌., 32, 280.
- 2) FRASER D. I., D. P. PITTS and W. J. DYER (1968): J. Fish. Res. Bd. Canada, 25, 238.
- 3) 太田冬雄・菊地博: 未発表
- 4) 藤井 豊 (1969): 冷凍, 44, 433.
- 5) KEMP B. and J. SPINELL (1969): J. Food Sci., 34, 132.
- 6) DYER W. J. and D. I. HILTZ (1969): J. Fish Res. Bd. Canada., 26, 1957.
- 7) EHIRA S., H. UCHIYAMA, F. UDA and H. MATSUMIYA (1970): Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 36, 491.
- 8) JONES N. R. and J. MURRAY (1964): J. Sci. Food Agric., 15, 680.
- 9) CHARM S. E. (細川明訳) (1968): “食品工学の基礎”, p. 534, 光琳書院, 東京.
- 10) FROST A. A. and P. G. PEARSON (1961): “Kinetics and Mechanisms”, 2nd ed., p. 166, John Wiley and Sons, Inc., New York.