

水産食品のイノシン酸とその関連物質に関する研究—III.

冷凍ミナミマグロ肉中のイノシン酸とその関連物質について

竹田正彦・示野貞夫

(農学部水産利用学研究室)

Studies on Inosinic Acid and the Related Compounds in Sea Food — III.

Concentrations of Inosinic Acid and the Related
Compounds in Frozen Muscle of Southern Bluefin
Tuna (*Thunnus maccoyii*).

By

Masahiko TAKEDA and Sadao SHIMENO

(Laboratory of Fish Technology, Faculty of Agriculture)

Summary

The proximate composition and concentrations of inosinic acid and the related compounds in the frozen muscle of southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) have been measured. The results are summarized as follows;

1. There was considerable individual variation in the fat content in the muscle of October-caught fish.
2. Much inosinic acid remained in the frozen muscle stored at $-16^{\circ}\sim-18^{\circ}\text{C}$, during the period of 3~4 months. However, there was also considerable individual variation in its concentration.
3. There was a negative correlation between the remaining rate of inosinic acid and fat content in the muscle.
4. There was a positive correlation between the rate of hypoxanthine accumulation and pH value in the muscle.
5. There was a negative correlation between the concentration of adenosine diphosphate and pH value in the muscle.

緒 言

ミナミマグロ (*Thunnus maccoyii*) はインドマグロと一般に呼ばれ、インド・太平洋の南半球水域に広く分布するが¹⁾、その漁業規模と漁獲高は近年著しく増大し、またハム、ソーセージなどの水産加工原料として重用されるにいたって、キハダ、メバチ、ビンナガなどとともに、きわめて重要な遠洋資源となっている。

しかし、本種は比較的近年になって漁場が開発されたので、その魚肉に関する化学的研究が少なく、したがって原料学的特性についても、まだ不明な点が多い。そこで著者らは、本魚肉利用の基礎資料を得るために、冷凍肉について、普通成分ならびにイノシン酸 (IMP) とその関連物質を定

量し、主としてこれら成分からみた品質の個体差について、2, 3の検討を加えた。

研究を進めるにあたって、有益な助言を賜った西海区水産研究所の日笠七郎所長（元南海区水産研究所利用部長）、ならびに試料の採集に多大の配慮と便宜を与えられた、高知県室戸岬水産高校漁業科の教官各位と、実習船の乗組員各位に深く感謝する。

本研究に要した費用の一部分は、昭和38年度全国かつお・まぐろ研究協議会助成金によった。助成金交付の労をとられた当局に対して謝意を表す。

試料および分析方法

試料：供試魚はすべてオーストラリア西岸沖のインド洋（いわゆる“沖の漁場”）において、1962年10月、1963年1月および同年10月の3時期に、室戸岬水産高校の実習船により、延縄で漁獲された。供試尾数は合計17尾で、各個体の経歴および性質を Table I に示した。本種の生態学的研究²⁾³⁾の結果を参考にすると、供試魚はおそらく産卵予備群的な性格をもったものと考えられ、顕微鏡観察によっても、ほとんどがかなり成熟した生殖腺を持っていた。なお No. 5・16・17の3試料は漁獲中、すなわち延縄にかかっている間に、サメに食害された、いわゆる“サメ喰い”魚である。

漁獲後ただちに、第一背鰭下から、皮付き肉の塊り（約15 cm³立方）を採集し、これをポリエチレンの袋に包んで、船内で空気凍結し、その後-16°~-18°Cの室内で、分析まで3~4カ月間貯蔵した。

Table I. Description of southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) from the eastern South Indian Ocean, west of Australia.

Sample No.	Date of capture	Position of capture		Days stored (frozen)	sex	Fork length (cm)	Gonad weight (g)
		lat N	long E				
1	'63. 1. 25	27°14'	100°49'	95	m	154	1322
2	1. 26	27°20'	101°32'	102	m	150	927
3	1. 26	"	"	108	f	140	624
4	1. 26	"	"	123	f	140	1347
5*	1. 26	25°43'	104°31'	128	f	—	271
6	10. 11	22°49'	104°45'	89	f	137	724
7	10. 11	"	"	89	f	132	901
8	10. 11	"	"	94	f	148	889
9	10. 11	"	"	94	m	152	1368
10	10. 11	"	"	97	f	133	763
11	10. 11	"	"	97	f	150	1243
12	10. 11	"	"	101	f	146	815
13	10. 11	"	"	101	f	145	765
14	10. 11	"	"	104	f	148	629
15	10. 11	"	"	104	m	154	1847
16*	'62. 10. 5	22°26'	108°58'	121	m	—	431
17*	10. 11	26°11'	105°14'	98	f	—	399

* fish attacked by shark ("Samekui").

分析方法：試料肉を半ば解凍してから、血合肉を除去してミンチ肉とし、ただちにIMPとその関連物質を抽出するいっぽう、常法によって普通成分を分析し、pHを測定した。IMPとその関連物質の抽出法は、ミンチ肉10gを、冷水10gとともに15分間ホモジナイズし、その10gに10%過塩素酸20mlを加え、氷冷下で15分間かくはん抽出した。次いで全抽出液を冷却遠沈して上澄液をとり、沈殿をさらに5%過塩素15mlで抽出遠沈し、上澄液を合わせて5N KOHでpH 6.3

Table II. Proximate composition and concentrations of inosinic acid and the related compounds in the frozen muscle of southern bluefin tuna.

Sample No.	Month of capture	Proximate composition (%)				pH	Inosinic acid and related compounds (μ mole/g wet weight)				Remaining rate of IMP (%)	Rate of accumulation (%)		
		Moisture	Protein	Fat	Ash		ATP	ADP	AMP	IMP			HxR	Hx
1	Jan.	68.0	26.5	3.78	1.29	5.50	0.04	0.53	0.14	8.96	2.02	0.76	76.3	6.5
2	"	68.3	25.7	4.67	1.27	5.29	0.04	0.45	0.17	7.37	3.42	0.14	67.4	1.3
3	"	68.4	26.5	3.82	1.30	5.63	0.14	0.33	0.17	8.14	2.96	0.33	71.2	2.9
4	"	65.5	26.1	8.04	1.25	5.42	0.20	0.69	0.18	7.97	3.32	0.58	67.1	4.9
5*	"	78.3	20.3	0.44	1.17	5.89	0.06	0.23	0.13	3.33	2.39	0.42	54.2	6.8
6	Oct.	71.3	26.8	1.78	1.26	5.83	0.26	0.51	0.18	8.28	3.06	0.32	71.1	2.7
7	"	68.5	29.8	3.69	1.18	5.79	0.30	0.59	0.14	7.16	2.45	0.43	71.3	4.3
8	"	59.3	21.8	19.40	0.99	5.99	0.22	0.25	0.12	4.74	3.25	0.57	55.4	6.7
9	"	59.6	25.9	11.70	1.00	5.77	0.16	0.33	0.11	5.22	2.61	0.67	61.4	7.9
10	"	68.8	25.9	8.04	1.25	6.27	0.28	0.29	0.15	5.17	2.80	0.93	58.1	10.4
11	"	61.4	24.5	15.60	1.07	5.82	0.14	0.47	0.12	4.40	3.44	0.68	51.6	8.0
12	"	61.7	23.2	15.50	1.06	6.00	0.16	0.36	0.15	6.01	3.63	1.40	54.4	12.7
13	"	67.1	25.7	8.38	1.18	5.84	0.18	0.60	0.16	8.49	3.52	0.53	67.7	4.2
14	"	64.9	23.5	12.20	1.18	6.14	0.14	0.28	0.14	2.28	4.85	1.92	25.2	21.2
15	"	65.3	25.1	11.90	1.16	5.88	0.09	0.38	0.15	6.10	2.26	0.62	67.9	6.9
16*	"	77.2	22.2	0.37	1.15	6.17	—	—	—	5.26	3.88	—	57.5	—
17*	"	78.0	21.6	0.23	1.27	6.45	—	—	—	4.22	3.99	—	51.4	—

* fish attacked by shark ("Samekui"). HxR, Inosine; Hx, Hypoxanthine.

に調整した。そのさい生じた過塩素酸カリの沈殿をくりかえし水洗遠沈して除き、上澄液を水で100 ml に定容した。この抽出液の20 ml (生肉の1.0g 相当量) を用いて、前報⁴⁾に記さいしたイオン交換クロマト法により IMP とその関連物質を定量した。

結果および考察

1. 普通成分

Table II に示したように、“サメ喰い”魚を除くと、1月魚はほぼ一定の成分組成をもっているが、10月魚は脂肪含量の個体差が著しいので、その他の成分（とくに水分）含量も一定していない。漁獲の期日・場所が同じでも、このように普通成分の個体差が著しい理由はよく判らないが、あるいは、本種においても、西海区海域の大羽イワシ⁵⁾のように、多脂肪型と寡脂肪型の2群が存在するのかもしれない。しかし回遊魚類においては、複雑な魚群系統のためか、体脂肪の個体差が著しいのが通性のようなものである⁶⁾。なお1月魚は10月魚に比べて脂肪が少なく、pH が低い傾向が認められ、“サメ喰い”魚 (No. 5・16・17) においても、少脂肪（したがって多水分）かつ少蛋白で、pH が高い点が目だつ。その理由はおそらくサメに襲われたさいの極度の疲労と苦悶のために、死後の冷凍貯蔵中に、蛋白および脂肪の化学的変化が急速に進んだものと思われる。

2. IMP とその関連物質の含量

既往の研究⁷⁾によると、冷凍魚肉中に多量の IMP が含まれることが知られているが、Table II に示したように、3～4カ月間凍結貯蔵したミナミマグロにおいても、IMP の残存量が多く（平均 $6.06 \mu \text{mole/g}$ ）、その量は前報⁴⁾のマルソーダにおける、氷蔵5日後の含量に匹敵している。このことから、魚を新鮮なうちに凍結すれば、長期間の貯蔵後においても、新鮮な生肉とほぼ同様の flavor quality を保持できることが確認された。

しかし、Table II を一見して明らかのように、漁獲の期日・場所・方法などが同じでも、IMP の含量に著しい個体差が認められる。これはおそらく新鮮時における最大 IMP 含量、および IMP 分解速度のいずれか一方、あるいはその両方に著しい個体差があるためと考えられる。ところで、新鮮時の最大 IMP 含量は、表示の IMP、イノシンおよびヒポキサンチンの各含量の合計値からほぼ察知できるので、これを求めると、同じ10月魚についても、 $8.52 \sim 12.54 \mu \text{mole/g}$ の範囲内で顕著な個体差が認められる。いっぽう IMP 分解速度は、この最大 IMP 含量に対する IMP 残存量の比率 (%) からほぼ察知できる（以後、本研究ではこの値を IMP 残存率と称し、魚肉の flavor quality を表わす尺度として使用する）ので、これを求めると、Table II の第14項に示したように、これまた同じ10月魚でありながら、25～71%の間に大幅に変動し、個体によって凍結貯蔵中の IMP 分解速度が著しく相違することがわかった。

以上の結果をまとめると、本実験試料のミナミマグロ肉では、新鮮時の最大 IMP 含量と IMP 分解速度の両方に著しい個体差があり、その結果、凍結貯蔵後の IMP 含量に、Table II に示したような大きな個体差が認められるのであろう。また同様に、イノシンの分解速度にも個体差の存在が推察できるので、この点を検討するため、IMP 残存率の計算に代わって、ヒポキサンチン蓄積量の最大 IMP 含量に対する比率 (%) を求め、これをヒポキサンチン蓄積率として表わすと、これにも Table II の最終項に示したような著しい個体差が認められる。このような IMP とその分解物のパターンにみられる著しい個体差に比べると、ATP、ADP および AMP のアデニンヌクレオチドパターンの個体差は、含量が少ないためあまり目だたない。しかし ADP にはかなりの個体差が認められる。

以上の事実から、魚種間あるいは同一魚種の季節間の、IMP その他のヌクレオチド類の含量を

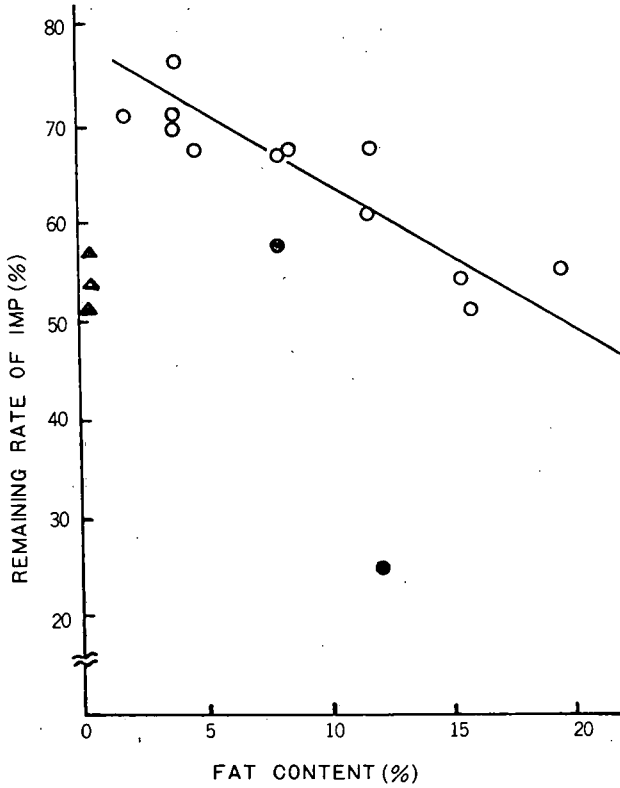


Fig. 1. Relationship of remaining rate of inosinic acid to fat content in the frozen muscle of southern bluefin tuna.

○, △, ▽, pH 6.0; ●, ▲, > pH 6.1; △, ▲, fish attacked by shark.

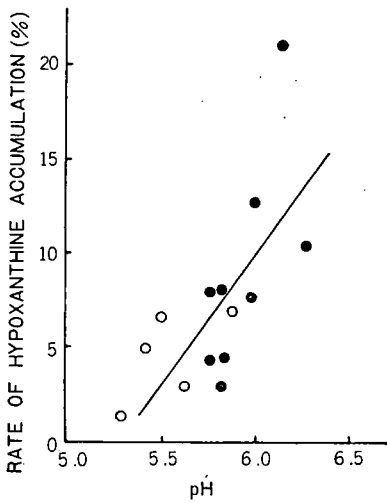


Fig. 2. Relationship of rate of hypoxanthine accumulation to pH value in the frozen muscle of southern bluefin tuna.

○, January-caught fish;
●, October-caught fish.

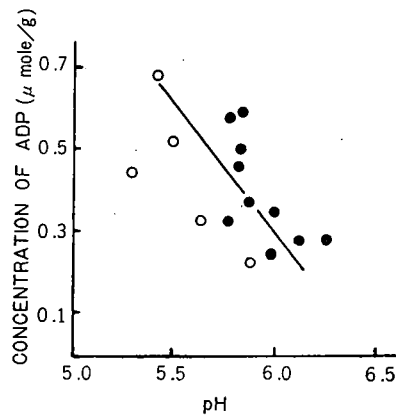


Fig. 3. Relationship of ADP concentration to pH value in the frozen muscle of southern bluefin tuna.

○, January-caught fish;
●, October-caught fish.

比較する場合には、個体差を考慮して、なるべく多数の試料を分析し、その結果を統計学的に処理・検討しなければならないと思われる。

3. IMP 残存率と脂肪含量との関係

前述のように、冷凍ミナマガロ肉の IMP 残存率に著しい個体差が認められたので、これに関与する要因を察知するために、これと生殖腺重量ならびにその成熟度、あるいは各種普通成分量などとの関係をしらべたところ、それらのうち、脂肪含量との間に、Fig. 1 に示すような負の相関関係が認められた。また脂肪含量がほぼ等しくても、魚肉 pH が比較的高いもの (>6.1) は IMP 残存率が著しく低く、“サメ喰い”魚でも同様な関係が認められる。この結果から、IMP 残存率の個体差には、脂肪含量と pH が大いに関与していることがわかる。その機構については今後詳しく検討することにして、ここでは簡単な推察を試みると、次のような事が考えられる。すなわち、新鮮時の IMP 含量の個体差は、中野⁹⁾ がいうように、主として魚の生活環境の違いにもとづくものと考えられるが、その後の貯蔵中における IMP 残存率、あるいはヒポキサンチン蓄積率の個体差は、主として貯蔵中の自己消化過程における、生化学的諸反応の相違に基づくものと考えられる。したがって、前述のような IMP 残存率の個体差は、おそらく脂肪含量自体よりもむしろ、凍結貯蔵中における脂肪の分解度や酸敗度に直接関係していて、脂肪含量の多いものほどこれらの変化が大きいからではないかと考えられる。この点に関しては、目下検討中である。

つぎに、pH が比較的高いものや“サメ喰い”魚において、IMP 残存率が低いのは2項で述べたように、おそらくその魚体が死んだときの疲労・苦しみが他の魚にくらべてとくに激しく、したがって死後のグリコーゲンの消失に伴う乳酸生成量が少ないので、魚肉 pH が比較的高く、その影響で、魚肉中の IMP 分解に関与する alkaline phosphatase の活性が比較的高められたのではないかと推察される。

4. 魚肉 pH がヒポキサンチン蓄積率ならびに ADP 含量に及ぼす影響

Fig. 2 に示したように、冷凍ミナマガロ肉のヒポキサンチン蓄積率と魚肉 pH との間には、正の相関関係が認められる。この理由は、おそらく本魚肉では、イノシンの分解に関与する nucleoside phosphorylase または riboside hydrolase の活性が、pH 5 から6ないし6.5へと高くなるにしたがって増大するためと推察される。魚肉中のこれら酵素の pH 特性については、従来ほとんど報告がなく、わずかに lingcod についてしらべた TARR⁹⁾¹⁰⁾ の報告があるのみである。しかし魚肉中のヒポキサンチンの消長を理解するうえで、重要な酵素であるから、今後多くの魚種についてその性質を明らかにしなければならない。

つぎに、Fig. 3 に示したように、魚肉 pH はまた ADP 含量にも関連し、pH が高くなるにしたがって ADP が減少する傾向が認められる。この理由は、おそらく JONES ら¹¹⁾ がいうように、筋原繊維と結合した ADP に作用して、これを AMP と ATP に分解する働きをもった myokinase (至適 pH が 7.5) の活性が、高 pH 肉において、より高いためではないかと考えられる。

5. 総合的考察

魚肉の flavor quality を支配する諸要素のうち、IMP 残存率(量)がきわめて重要であることはいままでもないが、本研究により、冷凍魚肉の IMP 残存率(量)が脂肪含量と密接な関係にあり、多脂肪魚を長期間にわたって凍結貯蔵した場合、IMP が著しく分解消失することが、明らかになった。この事は冷凍魚の品質を考える場合、軽視できない問題であって、すでに報告された冷凍中の魚肉蛋白の変性に及ぼす脂肪の影響¹²⁾ とともに、今後食品中の各種成分の変化を、相互の関連性から総合的に研究する必要があることを示唆している。

またこれら諸成分の消長を比較対照する場合には、その個体差を考慮して、多数の試料について

の統計学的考察が必要であることは前にも述べたとおりである。

つぎに、“サメ喰い”魚についての分析結果が示すように、魚の致死条件が、死後の保蔵中における flavor quality, その他の品質の変化に強く影響することがうかがわれるので、実際のマグロ漁業においては、この点により深い配慮が望まれるわけである。

要 約

インド洋産のミナミマグロ (17尾) について、凍結貯蔵した背肉中の普通成分ならびにイノシン酸とその関連物質の含量を測定し、次のような結果を得た。

1. 漁獲の期日・場所・方法が同じでも、脂肪含量に著しい個体差が認められた。
2. 3～4月間の凍結貯蔵後においても、かなり多量 (6.06 μ mole/g) のイノシン酸が残存していたが、やはりその個体差が著しい。
3. イノシン酸残存率と脂肪含量との間に負の相関関係が認められた。
4. ピポキサンチン蓄積率および ADP 含量は、pH とそれぞれ正および負の相関関係にあることが明らかになった。

文 献

- 1) 岩井 保・中村 泉・松原喜代松：京都大学みさき臨海研究所特別報告, (2), 1 (1965).
- 2) 三村皓哉・粟科侑生：南海区水産研究所報告, (10), 135 (1962).
- 3) MIMURA, K. : Occ. Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab., (1), 15 (1962).
- 4) 竹田正彦・示野貞夫：高知大学学術研究報告, 13 (自然科学 II), 225 (1964).
- 5) 和田正太：農化, 29, 339 (1955).
- 6) 森尾忠夫・日笠七郎：南海区水産研究所報告, (10), 83 (1962).
- 7) 齊藤恒行：化学, 15, 101 (1960).
- 8) 中野智夫：日水誌, 26, 1192 (1960).
- 9) TARR, H. L. A. : Can. J. Biochem. Physiol., 36, 517 (1958).
- 10) ————— : Biochem. J., 59, 386 (1955).
- 11) JONES, N. R. and J. MURRAY : Z. vergl. Physiol., 44, 174 (1961).
- 12) 太田冬雄：日本水産学会シンポジウム議事録, 昭和38年度秋期大会, 193 (1963).

(昭和40年9月30日受理)

