水産動物筋肉中の有機磷酸化合物に関する研究—Ⅶ.

血合筋におけるアデニンヌクレオチドの変化

斎藤恒行・新井健一・矢島敏克

(1959 年 6 月 29 日受理)

STUDIES ON THE ORGANIC PHOSPHATES IN MUSCLE
OF AQUATIC ANIMALS—VII.CHANGES IN PURINE NUCLEOTIDES OF RED
LATERAL MUSCLE OF FISH

Tsuneyuki SAITO, Ken-ichi ARAI and Toshikatsu YAJIMA*

The purine compounds from the muscle of some fishes (mackerel, trout and rainbow trout) have been studied by the hydrochloric acid gradient-elution system on Amberlite IRA-400. By the same technique changes have also been followed in the nucleotide composition of rainbow trout muscle which was stored at an ambient temperature of about 0°C. From these studies it has been observed that in red lateral muscle, as compared with dorsal, two specificities are notable. The first is the difference in the total amounts of purine compounds especially those of inosinic acid (IMP). In red lateral muscle less amounts of the purine compounds are found than in dorsal muscle. The second is dependent upon the degree of splitting of IMP. In red lateral muscle there is a rapid splitting of IMP as time goes by while in dorsal the same phenomenon as in carp muscle (accumulation of IMP) is observed; as a result, the amounts of inosine and hypoxanthine in the former increase rapidly. This may be due to the more strong activity of 5'-nucleotidase in the former.

血合筋の生理的な特異性に関してはすでに古くから着目されてきたところであるが、これに含有される成分殊にビタミン、酵素、たん白質、脂質等に関しては数多くの報告がある。しかしながらアデノシン三磷酸(ATP)を中心とする酸溶性核酸成分に関する研究は極めて少なく、わづかに報告されている結果についても、血合筋中の含有量と他の筋肉あるいは臓器等における含有量との比較が行われている程度である¹⁾。著者等はニジマス、サバ、マス等の血合筋を材料として、これらの筋肉中における酸溶性核酸成分の含有量あるいは自己消化過程における変化を測定し、これと平行して同一個体の背部より得た筋肉についても同様の実験を行ない、両者を比較検討した結果、両者の間にその変化過程においてかなり顕著な相違点を発見することができたのでここに報告する。

実 験

試料: ニジマスは本学部七飯養魚場において捕獲した体長約 30 cm のものを使用した。マスについては恵山沖において捕獲したものを直ちに断首し、採肉して低温に保持して実験室に持ち帰り分析に供した。またサバは鮮度良好な市販品と、市販冷凍品とを用いた。

分析方法: ニジマスについては捕獲後直ちに断首し、皮をはいでさんまいにおろし、血合筋の部分と、脊筋の部分とを選んで採肉する。サバ、マスについてもこれに準じて行なう。試料は 2g をとり、これを 10 倍量の 4% の過塩素酸溶液を用いて磨砕抽出を行ない、これを濾過し、その濾液について既述の方法^{2),3)}

* 北海道大学水産学部 (Fac. Fish. Hokkaido Univ. Hakodate, Japan.).

にしたがつてイオン交換樹脂アンバーライト IRA-400 を用いて分析を行なった。なおイノシン、ヒポキサンチン相互の分離定量は既述のペーパークロマトグラフ法⁴⁾にしたがつて行なった。さらに自己消化過程における変化は、ニジマス筋肉をシャーレ中に入れ、貯蔵温度を 0~1°C として一定時間毎に採取し、前記同様な方法によつて分析を行い、その過程を追跡した。

結果ならびに考察

アデニンヌクレオチド成分の含量比較

冷凍サバ、生鮮サバ、生鮮マスならびに直殺ニジマスの血合筋ならびに背筋におけるアデニンヌクレオチドの含有量を Table 1 に示す。

Table 1. The amounts of the purine compounds in some fish muscle.

Species		Hypoxanthine Inosine*	AMP	IMP	ADP	ATP	Total
Mackerel (refrigerated)	{D	2.49	0.24	6.17	0.61	0.16	9.66
	{R	5.28	0.87	0.55	0.37	0.15	7.18
Mackerel (refrigerated)	{D	2.78	0.18	5.40	0.40	0.12	8.37
	{R	5.56	0.98	0.39	0.24	0.09	7.20
Mackerel	{D	1.31	0.21	8.65	0.40	0.16	10.73
	{R	3.68	0.25	2.13	0.29	0.28	6.47
Mackerel	{D	2.02	0.06	7.46	0.39	0.06	9.99
	{R	5.61	0.17	1.42	0.48	0.12	7.80
Trout	{D	1.41	0.12	5.37	0.54	0.09	7.53
	{R	4.08	0.09	0.00	0.30	0.21	4.68
Rainbow trout (living)	{D	0.00	0.42	3.36	1.04	3.53	8.35
	{R	0.35	0.12	1.07	0.93	3.39	5.86

Values are expressed as μ moles/g. muscle wet weight.

D....dorsal muscle. R....red laterel muscle. *....values are expressed as inosine.

上記の結果によれば、ニジマスを除く他の3種の試料に関しては ATP, ADP 等の不安定な化合物はほとんど失われ、その大部分はモノヌクレオチド以下の低分子化合物となつていことがわかる。この結果は冷凍品はもちろんのこと、生鮮サバ、マス等においても、その筋肉中には高エネルギー磷酸化合物の存在は期待できないものと判断される。さらにまた極めて新鮮なニジマスにおいてもこれらの化合物の含量がかなり低いことが認められる。ニジマスに関する実験は昭和 34 年 1~2 月の厳寒期に行なつたものであり、しかも試料の取扱は可能な範囲で速やかにかつ低温で行なつたものであるもので、取扱時に ATP あるいは ADP の分解が異常に促進されたとは考えられない。したがつて非活動期においてはこれら魚類の筋肉中には本質的にこのような分布状態を示すものではないかと考えられる。この現象は同じ時期にその他のニジマスの試料から得られた結果においても認めることができた。

つぎに同一個体における血合筋と脊筋との含有量を比較すれば、いずれの場合においても総量は脊筋の方がかなり多く、殊にイノシン酸 (IMP) の含有量には顕著な差が認められる。たとえば冷凍サバ、生鮮サバ、生鮮マス、直殺ニジマス等の脊筋と血合筋における IMP/Total を求めてみると、0.64, 0.75~0.80, 0.71, 0.40, と 0.05~0.08, 0.18~0.33, 0, 0.18 となつてその含量差は顕著にあらわされる。しかもこれら IMP の減少の結果としては、イノシン、ヒポキサンチンの量が多くなつてい。このことは血合筋においては脊筋におけるよりも 5'-nucleotidase 作用がきわめて活発であるためではないかと考えられる。この間の事情はつぎの Table 2 でも明らかである。すなわちきわめて新鮮なニジマス筋肉の自己消化過程における変化を追跡した結果によつても観察することができる。

右表の結果によれば、血合筋においては時間の経過とともに ATP の減少度はきわめて早く、刺殺後 3 時間を経過してすでに 1/3 程度に減少するが、脊筋においては約 60% が残っている。またニジマスにおけるこれらの変化を既述のコイの場合⁶⁾と比較すれば、一般に前者の方が非常に速度が早い。すなわちコイ筋肉においては死直後に存在した ATP が約 1/2 量に達するには、0°C では 15~20 時間を要し、IMP の蓄積の傾向も 3~4 日間は続くものである。ニジマスから得られた結果は JONES⁶⁾ 等が codling について得た値とよく似ている。これらの傾向が魚種による相違かどうかに関してはさらに多くの研究を必要とすることであろう。さらにまた興味ある点は血合筋と脊筋における IMP 生成の経過である。すなわち前者においては死後わずかの間 IMP の増加の傾向は認められるが、直ちに減少の経過をとり、これに対応してイノシン、ヒポキサンチンの量が著しく増大する。一方脊筋においては死後 6 時間附近まで増加し、さらに或期間はその量は貯えられて 72 時間を経過してもわずかに減少の傾向を示すに過ぎない。この傾向は明らかに Table 1 においても容易に考えられることであるが、その原因となるものは両者に含有されている 5'-nucleotidase の活性の相違によるものと思われる。以上述べた事実によれば、血合筋におけるプリンヌクレオチドの変化は脊筋に比較して明らかに差異のあるものであり、従来述べられている肝臓機能との相関性の一部を察知し得るものではないとも考えられるが、この点は本化合物以外の微量ヌクレオチドについての詳細な研究によつてさらに興味ある結果が得られるものと期待している。

Table 2. The changes of the purine compounds of rainbow trout muscle.

	Compound found	Time (hr) elapsed					
		0	3	6	24	72	
Dorsal muscle	Hyoaxanthine	0.00*	0.29	0.14	0.23	0.58	
	Inosine			0.63	1.02	1.58	
	AMP	0.42	0.17	0.14	0.17	0.20	
	IMP	3.36	4.23	6.30	6.09	5.42	
	ADP	1.04	1.11	0.30	0.35	0.35	
	ATP	3.53	2.10	0.48	0.17	0.08	
	Total	8.35	7.90	7.99	8.03	8.21	
Red lateral muscle	Hypoxanthine	0.35*	0.17	0.52	0.85	1.25	
	Inosine		0.53	1.90	3.11	3.42	
	AMP	0.12	0.20	0.17	0.12	0.15	
	IMP	1.07	3.21	1.86	1.34	0.62	
	ADP	0.93	0.44	0.41	0.30	0.30	
	ATP	3.39	1.30	0.99	0.53	0.51	
	Total	5.86	5.85	5.85	6.25	6.26	

Values are expressed as μ moles/g. muscle wet weight.

*....values are expressed as inosine.

総 括

1. 血合筋は普通筋（脊筋）と比較してプリン化合物の含有量が低く、ATP の分解が早い。
2. イノシン酸の含有量は血合筋の場合はきわめて速かに変化するが、普通筋の場合はかなりの期間蓄積量は保持される。この事実は筋肉中の 5'-nucleotidase の活性と密接な関係があるものと考えられる。

本研究の試料の調製に当つては本学増殖学科久保達郎教授の絶大な御尽力をえた。なお研究費の一部は農林省農林漁業応用試験研究補助金によつて支弁した。ここに併記して感謝する。

文 献

- 1) 堀田一雄・梅村清彦：生化学，**26**，423 (1954).
- 2) 斎藤恒行・新井健一：北海道大学水産学部彙報，**6**，228 (1955).
- 3) T. SAITO and K. ARAI: Arch. Biochem. Biophys. **73**, 315 (1958).
- 4) 斎藤恒行・新井健一：本誌，**23**，265 (1957).
- 5) 斎藤恒行・新井健一：本誌，**22**，569 (1957).
- 6) N. R. JONES and J. MURRAY: Biochem. J., **66**, 5P (1957).