マサバ普通肉中のイノシン酸分解に及ぼす血合肉の影響

小 畠 渥, 富田 公彦

(1987 年 11 月 11 日受理)

Effect of Dark Muscle on the Degradation of Inosinic Acid in the White Muscle of Common Mackerel

Atsushi Obatake* and Kimihiko Tomita*

It has been shown that inosinic acid (IMP) hydrolyzing enzyme has high activity at pH 6.0 in the dark muscle of common mackerel *Scomber japonicus* and is easily soluble in water. This suggests the possibility that the enzyme in the dark muscle may affect the degradation of IMP in the white muscle of common mackerel. It was found that the IMP degradation in the white muscle homogenate was accelerated by mixing the dark muscle homogenate during a 4 days period of storage in ice. A similar phenomenon was also clearly observed when the minced white muscle was mixed with 10% of minced dark muscle during a 7 days period of storage in ice. After 8 days of storage in ice, when the contents of ATP-related compounds in the white muscle of common mackerel were determined in the fillets with and without the dark muscle, it was observed that IMP was slightly higher and inosine was slightly lower in the fillet without the dark muscle than in the fillet with the dark muscle. These results strongly indicate that the enzyme of the dark muscle affected the degradation of IMP in the white muscle of common mackerel.

血合肉中ではイノシン酸 (IMP) の分解が普通肉に比べ非常に早く進むこと、その分解酵素活性は普通肉ではアルカリ性域にのみ強く現われるのに対し、血合肉では pH 6 付近にも強く認められること、又この pH 6 付近の活性はホモジネート上清を粗酵素としても認められることを前報¹⁾で明らかにした。赤身の魚では肉の pH が死後、急速に 6 付近にまで低下すること、又この酵素が水に移行しやすい性質を持つと考えられることから、拡散、移動して普通肉中の IMP の分解に影響することもあると考えられる。そこでホモジネート、挽肉、及びフィレーの形態で普通肉の IMP 分解に対する血合肉の影響を調べた。

実 験 方 法

試料調製法 高知県手結の定置網で漁獲された硬直初期のマサバ *Scomber japonicus* (体長 25~30 cm) から背部普通肉と表層血合肉を採取し試験に供した。それぞれ等量の水を加えてホモジネートとし、ビーカーに入れて氷蔵した。肉を包丁で細断し (1 mm³ 程度) 混合したものを挽肉試料とした。この場合、肉を均一に混合し密着させた状態とするため、多量のミンチ肉 (200 g) を用いてよく混合した。一回の測定に供する試料 (40 g) ごとにラップフィルムに包み、それらをポリエチレン袋に入れ

て氷蔵した。なお、普通肉、血合肉の単独ミンチ試料も 5 g ずつをラップに包み、その全試料肉より PCA 抽出液を調製した。フィレー試料は魚体を三枚に卸し、表皮と血合肉を完全に除去したものと、それらを付着させたままのものを同一魚体から調製し、それぞれラップフィルムに包んで氷蔵した。測定時には、血合肉付きフィレーでは血合肉との近接部分 (10 mm 以内) の普通肉を、血合肉除去フィレーでは付着フィレーとはほぼ同じ部分の肉をそれぞれ採取し分析に供した。

ATP 関連物質測定法 前報¹⁾と同様、Bio Rad Lab. 製 AG 1×4 Cl⁻ 型の樹脂を用いる濃度勾配イオン交換クロマトグラフィーにより分離し、250 nm の吸光度を測定して各成分量を算出した。なおイノシン (HxR) とヒポキサンチン (Hx) を分離するため、溶離液にはホウ酸ナトリウムとエチレンジアミンを加えた。

実験結果及び考察

普通肉、血合肉のホモジネートを混合し 4 日間氷蔵した後 ATP 関連物質量を測定して、それぞれ単独試料の測定値より計算した値と比較した。ATP は初日から全試料とも 0.2 $\mu\text{mol/g}$ 以下しか含まれず、また ADP, AMP も 1 $\mu\text{mol/g}$ 以下の量で推移し実測値と計算値に差異は認められなかったが、IMP 及び HxR は Fig. 1

* 高知大学農学部 (Faculty of Agriculture, Kochi University, Nankoku, Kochi 783, Japan).

Fig. 1. Changes in inosinic acid (●), inosine (■) and hypoxanthine (▲) in white and dark muscle homogenates from common mackerel and their mixtures at different ratios during iced storage. solid symbols, determined value; open symbols, calculated value from the contents in white and dark muscles, respectively.

Fig. 2. Changes in inosinic acid (●), inosine (■) and hypoxanthine (▲) in minced white and dark muscles of common mackerel and their mixture of common mackerel during iced storage. solid symbols, determined value; open symbols, calculated value from the contents in white and dark muscle minces, respectively.

に示した様に前者では実測値が計算値より低く、後者では逆に高く現われ、両肉のホモジネートを混合することにより IMP の分解量が增多することを示した。すなわち、血合肉中の IMP 分解酵素が普通肉中の IMP を分解しているものと考えられる。

次に挽肉を用いて同様の試験を行い、血合肉の影響を調べた。まず血合肉と普通肉を等量混合した系を冷蔵庫に貯蔵したところ、4 日目では IMP 量は血合肉単独のものとはほぼ等しくなり、さらに血合肉の混合量を 20% に減らしても混合の影響が明らかに認められた。マサバの血合肉量が全肉中の 10~12% を占めること²⁾を考慮して、10% 混合系の氷蔵結果を Fig. 2 に示した。この場合血

合肉混合の影響は弱くなったが、それでも氷蔵 10 日目で IMP は計算量の約 80%、HxR は約 140% となった。以上の結果、挽肉を混合しても普通肉中の IMP の分解が促進されることは明らかである。

次に、同一魚体から調製した二種のフィレーについて ATP 関連物質量を調べ、その測定結果を Table 1 に示した。両者の間には、氷蔵 8 日目で IMP 量、HxR 量にそれぞれ 1.1, 0.4 $\mu\text{mol/g}$ の差を生じ、T 検定の結果これらの差は IMP で 1%、HxR では 5% の危険率で有意な差と認められた。すなわち、血合肉付きフィレーの普通肉には IMP が少なく HxR が多く IMP の分解が血合肉除去フィレーよりも早く進んでいることを示し

Table 1. Contents of ATP-related compounds ($\mu\text{mol/g}$) in the white muscle of common mackerel fillets without (A) and with the dark muscle (B) during iced storage

Storage time (days)	ATP		ADP		AMP		IMP		HxR		Hx		Total	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
0	0.16	—	0.48	—	0.87	—	9.66	—	0.66	—	0.10	—	11.93	—
5	0.17	0.13	0.38	0.36	0.43	0.37	8.62	7.53	2.34	2.75	0.08	0.27	12.02	11.41
8	0.08	0.10	0.10	0.12	0.24	0.37	8.35	6.84	2.74	3.58	0.36	0.37	11.87	11.38
	0.14	0.08	0.25	0.18	0.45	0.44	7.23	6.45	2.97	3.60	0.60	0.76	11.64	11.51
	0.07	0.04	0.08	0.13	0.20	0.30	8.18	6.75	2.29	3.40	0.34	0.46	11.16	11.08
	0.07	0.08	0.12	0.09	0.14	0.31	8.52	7.24	3.14	3.04	0.36	0.51	12.35	11.27
	0.10	0.11	0.09	0.08	0.38	0.31	7.69	6.54	2.88	3.54	0.41	0.50	11.55	11.08
	0.05	0.05	0.21	0.13	0.28	0.31	8.52	7.27	2.94	2.85	0.57	0.44	12.57	11.05
	0.04	0.08	0.15	0.18	0.21	0.21	7.85	6.79	3.65	3.92	0.37	0.42	12.27	11.60
	0.12	0.09	0.17	0.15	0.33	0.41	8.07	7.23	2.89	2.86	0.45	0.48	12.03	11.22
	0.11	0.10	0.13	0.16	0.29	0.35	7.87	6.84	2.54	2.93	0.57	0.75	11.47	11.13
mean	0.09	0.08	0.14	0.14	0.28	0.33	8.03	6.88	2.89	3.30	0.44	0.52	11.88	11.26
s.d.	0.03	0.02	0.06	0.06	0.10	0.07	0.42	0.30	0.38	0.39	0.10	0.14	0.46	0.28

ている。なお、その他の成分には両者間で有意差は認められない。ATP 関連物質の合計量は両者間に $0.6 \mu\text{mol/g}$ の差がみられたが、両者の不偏分散比が大きく F 検定の結果試料間の変動に有意差が認められ、差の検定を Welch の検定法³⁾に従ったところ両者の差は有意でないと判定された。以上の結果フィレーの形態で氷蔵しても血合肉は普通肉中の IMP の分解をわずかながら促進することが示された。

IMP の分解が酵素反応でありホモジネートの混合で活性の強い血合肉の影響が現われるのは当然であるが、挽肉の混合や、とくにフィレーの形態で氷蔵した場合にも影響が認められたことは注目にあたいする。

前報¹⁾で血合肉の pH 6 付近の活性は水に移行しやすいと推定した。挽肉を混合した場合血合肉の影響がホモジネートを混合した場合と同様に強く現われたが、これは水に移行しやすい酵素が速やかに挽肉間を移動していることを示すものである。フィレーを氷蔵した場合にも血合肉の影響が認められたがその理由は不明である。可能性として、IMP が普通肉から血合肉に移行するか、IMP 分解酵素が血合肉から普通肉へ移動していることが考えられる。最近、マサバ氷蔵 2 日目に、血合肉に多く含まれる Tau が普通肉に、普通肉の His が血合肉にそれぞれ拡散移動することが示された*。IMP は両肉間に Tau や His ほどの濃度差はないが、普通肉から血合肉に移行しそこで分解されることが考えられるが、この場合分解物である HxR も逆に血合肉から普通肉に移動すると考えなければ、血合肉付着フィレーに HxR が多い説明は付かない。酵素が移動すると考えると、細胞外酵素とくに血液に由来する酵素と考えられるが、マサバの心臓より採取した血液 1 ml の IMP 分解の全活性が血合肉 1 g の活性の約 60% であることを認めたので、

血液の影響はないものと判断した。細胞内酵素であるすると筋肉間の移動は考えにくい、氷蔵 8 日目のフィレーの K 値は 28% と 34% を示しており、肉質はそろそろ腐敗が進む状態にあると考えられるので、筋肉組織の変化と共に水に抽出されやすい酵素の移動もあるいは可能になっているのかも知れない。

フィレーで血合肉の影響がみられたことは IMP が呈味成分であることから食品加工上重要なことと考える。この酵素の性質については次報で述べるが、 60°C の加熱で失活するので加熱工程のある場合は別として、乾製品あるいは条件次第で冷凍魚に影響が及んでいると考えられ、とくに血合肉を多くもつイワシの塩乾品に強い影響が及ぶものと推察される。市販イワシ乾製品(水分 18%)の普通肉中の IMP 量を測定したところ、概略 $4 \mu\text{mol/g}$ が検出された。鮮魚で $10 \mu\text{mol/g}$ 含まれ水分 70% と仮定すると、製品中には鮮魚中の約 20% しか残存しないこととなり乾燥中に血合肉由来の酵素によって分解が促進されているものと推察される。

本研究を進めるに当たり、御助言を賜わり原稿校閲の労をわずらわした京都大学志水 寛教授、ならびに実験の一部に御協力頂いた土井敏男氏に感謝の意を表します。

文 献

- 1) 小島 渥, 土井敏男, 小野達也: 日水誌, **54**, 283-288 (1988).
- 2) 小島 渥, 部屋博文: 日水誌, **51**, 1001-1004 (1985).
- 3) B. L. Welch: Biometrika, **38**, 330-336 (1951).

* 落合芳博ら, 昭和 62 年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p. 294.