

# 魚肉中のイノシン酸分解酵素活性と塩漬魚肉の乾燥中に起こるイノシン酸の分解速度に及ぼす食塩の影響

大泉 徹

福井県立大学海洋生物資源学部海洋生物資源学科

**概要** 魚介類の死後、ATPから生成するイノシン酸(IMP)がグルタミン酸との相乗効果により水産物のうま味を強化し、その呈味を向上させることはよく知られている。IMPは時間経過とともに不味成分のイノシンおよびヒポキサンチンに酵素的に分解されることから、貯蔵・加工中に起こるIMPの酵素分解を可能な限り抑制することは水産加工品の呈味の向上につながると考えられる。そのためには、魚肉中のIMP分解酵素の特性を水産物の貯蔵・加工条件と関連づけて明らかにすることが必要である。そこで本研究では、マアジ、キダイ、アカガレイおよびマダラの魚肉から調製した粗酵素を用いて、IMP分解酵素活性に及ぼすNaCl濃度の影響を検討した。NaCl濃度が0.1 Mから0.75 Mまで上昇すると、マアジのIMP分解酵素活性は1/3程度まで減少したが、それ以上のNaCl濃度では活性が上昇し、2.0 M NaCl存在下では0.1 M NaCl存在下のそれと同程度の値となった。反応温度を変化させても0.5~0.75 M付近で活性が最小となる傾向は変化しなかった。一方、pHを低下させると活性のNaCl濃度依存性は変化し、pH 6.1では0.75 M以上のNaCl濃度での活性上昇が見られなかった。その結果として、0.1 Mおよび0.5 M NaCl存在下では、pHの低下とともに活性が緩やかに上昇したが、2.0 M NaCl存在下ではpHの低下とともに活性が低下した。供試した4魚種のIMP分解酵素活性を比較すると、0.5 M NaCl存在下の活性はマダラが最も高く、次いでアカガレイ、マアジ、キダイの順となった。キダイのIMP分解酵素活性のNaCl濃度依存性はマアジのそれと類似した傾向を示したが、マダラおよびアカガレイのIMP分解酵素活性はNaCl濃度の上昇にともない低下した。このようにIMP分解酵素活性に及ぼす高濃度のNaClの影響には魚種特異性が見られた。このようなNaCl濃度によるIMP分解酵素活性の変化が実際の加工過程でも起こるかどうかを検証するため、NaCl含量が異なるマアジ塩漬魚肉の乾燥中のIMPの分解速度を検討した。その結果、1.2 mol/kgのNaClを含む塩漬魚肉のIMP分解速度は、0.7 mol/kgのNaClを含むそれよりも大きく、酵素活性の変化と対応することが示された。以上の結果は、塩干品に含まれる濃度(0.3~0.5 mol/kg)のNaClは魚肉中のIMP分解酵素活性を抑制し、その呈味の形成に寄与することを示唆している。しかしながら、IMP分解酵素活性には魚種特異性がみられ、活性レベルだけでなく、NaCl、温度およびpHの影響が異なることから、呈味の強い水産加工品の製造技術の開発に結びつけるためには、それらの特性についてさらに詳細な研究を行い、その類型化を図ることが必要と考えられた。

## 1. 研究目的

イノシン酸(IMP)がグルタミン酸との相乗効果により水産物のうま味を強化し、その呈味を向上させることはよく知られている。魚の死後、IMPはATPからADPおよびAMPを経て生成するが、一旦筋肉中に蓄積したIMPは時間経過とともに不味成分とされるイノシンおよびヒポキサンチンに酵素的に分解される。従って、貯蔵・加工中に起こる

IMPの分解を抑制することにより水産加工品の呈味の向上が期待される。

貯蔵・加工中に起こるIMPの分解を抑制するためには、魚肉中のIMP分解酵素の特性についての理解を深めることが不可欠である。魚肉中のIMP分解酵素活性は生鮮魚介類の鮮度指標であるK値の変化とも深くかかわっているため、従来から多くの研究が行われてきた。しかしな

がら、これまでの研究のほとんどは精製した 5'-ヌクレオチダーゼなどの IMP 分解酵素の特性を検討したものであり、<sup>14)</sup> それらの特性は魚肉中で起こる IMP の分解の進行と必ずしも対応せず、魚肉中で起こる IMP の分解には IMP 分解活性を有する多様な酵素が作用している可能性が示唆されている。<sup>5)</sup> このようなことから、貯蔵・加工中に魚肉中で起こる IMP の分解の予測と制御のためには、精製した酵素ではなく、魚肉全体の酵素活性を反映する実験系を用いることが必要と考えられる。

魚肉の加工中には、温度、pH および NaCl 濃度が大きく変化し、魚肉中の IMP の分解に影響を及ぼすことが十分に考えられる。しかし、このような加工過程で起こる魚肉中の IMP の分解と IMP 分解酵素活性との関連については、研究例がきわめて少ないのが現状である。このような背景から、著者らは魚肉ホモジネートを粗酵素として用いて、その IMP 分解酵素活性に及ぼす温度の影響について検討し、IMP の分解酵素活性は 25℃以上で著しく上昇するが、それらは塩干品の製造過程における乾燥温度の上昇にともなう魚肉中の IMP 分解速度の変化とよく対応することを示した。<sup>6)</sup> また、マアジの IMP 分解酵素活性は NaCl 濃度が 0.5 M まで上昇すると低下するが、pH の低下は活性を上昇させることを明らかにした。<sup>7)</sup> しかしながら、これまでに魚肉ホモジネートを粗酵素として用いて得られた成果は、限られた魚種や NaCl の濃度範囲で行われたものであり、温度、NaCl 濃度および pH が大きく変化する加工条件下で起こる魚肉中の IMP 分解を予測・制御するためには未だ不十分である。

そこで本研究では、数種の魚肉中の IMP 分解酵素活性に及ぼす NaCl 濃度の影響を、温度および pH との関連で検討するとともに、それらと魚肉の加工中に起こる IMP の分解との関係を塩干品の乾燥過程をモデルとして明らかにすることを目的とした。

## 2. 研究方法

### 2.1 魚肉中の IMP 分解酵素活性の測定

日本海沿岸で漁獲された新鮮なマアジ (*Trachurus japonicus*)、キダイ (*Dentex tumifons*)、アカガレイ (*Hippoglossoides dubius*) および マダラ (*Gadus macrocephalus*) の筋肉を 0.1 M NaCl-20 mM Tris-HCl 緩衝液 (pH 7.5) でホモジナイズし、得られたホモジネートを

同上緩衝液に 2 日間透析した後、ポリエチレン製のメッシュで濾過して粗酵素液とした。粗酵素のタンパク質濃度はビウレット法<sup>8)</sup> により測定した。なお、pH を変化させる実験ではホモジネートを 0.1 M NaCl-2 mM Tris-HCl 緩衝液 (pH 7.5) に透析した粗酵素液を使用した。

IMP 分解酵素活性を測定するために、4 mM IMP、5 mM MgCl<sub>2</sub>、0.5 M NaCl、20 mM Tris-HCl (pH 7.5) および 3.75~5.19 mg/ml の粗酵素液を含む全量 20 ml の反応組成液を調製した。pH の影響を検討する実験では、20 mM Tris-HCl (pH 7.5) の代わりに 20 mM Tris-maleate (pH 6.2~6.8) を用いた。反応組成液を 20℃で 48 時間まで反応させ、一定時間ごとにその一部を採取して、終濃度 5% の過塩素酸を加えて反応を停止し、IMP から遊離した無機リン酸を Fiske-subbarow の変法<sup>9)</sup> により定量した。なお、反応が長時間に及ぶことから反応中の微生物の増殖を抑制するために、反応組成液中には 0.15% クロラムフェニコールを添加した。

IMP 分解酵素の熱安定性を検討するため、0.5 M または 2.0 M NaCl-20 mM Tris-HCl (pH 7.5) に懸濁した粗酵素を 45℃で 90 分間まで加熱した後、20℃で 48 時間反応させて活性を測定した。

### 2.2 乾燥に伴う塩漬魚肉中の IMP 含量の変化

新鮮なマアジのフィレーを 2.0 M または 3.0 M の NaCl 溶液に 4℃で 24 時間浸漬した後、20℃で 36 時間まで送風乾燥した。一定時間ごとに魚肉中の水分、NaCl および ATP 関連化合物を定量した。水分量は 110℃常圧乾燥法で、また NaCl 含量はホルハルト余剰滴定法によって測定した。ATP 関連化合物は 15% 過塩素酸を用いて抽出した後、カラムとして ASAHIPAK GS-320HQ を用いた高速液体クロマトグラフィーによって定量した。

## 3. 実験結果

### 3.1 マアジ IMP 分解酵素活性に及ぼす NaCl、温度および pH の影響

まず、マアジ魚肉ホモジネートを粗酵素として用いて、IMP 分解酵素活性に及ぼす NaCl 濃度の影響を検討した。Fig. 1 には反応組成液中の NaCl 濃度を 0.1 から 2.0 M までの範囲で変化させて測定した比活性と NaCl 濃度との関係を示した。Fig. 1 によると、NaCl 濃度が 0.1 M から 0.75 M まで上昇すると活性は 1/3 程度まで低下した。しかし、

それ以上の NaCl 濃度では活性が上昇し、2.0 M NaCl 存在下では 0.1 M NaCl 存在下のそれと同程度の値となった。

次に、IMP 分解酵素活性に及ぼす反応温度の影響を、NaCl 濃度を変えて検討した。Fig. 2A には反応組成液中の NaCl 濃度を 0.1 から 2.0 M までの範囲で変化させて測定した比活性と反応温度との関係を示した。これによると、NaCl 濃度にかかわらず IMP 分解酵素活性は反応温度とともに上昇し、45°C 付近で最大となり、それ以上の温度では低下した。2.0 M NaCl 存在下では 50°C 以上での活性低下の度合いが小さく、活性は高い値を維持した。Fig. 2A の結果を NaCl 濃度と活性との関係に書き換えて Fig. 2B とした。Fig. 2B の縦軸には 0.1 M NaCl 存在下の比活

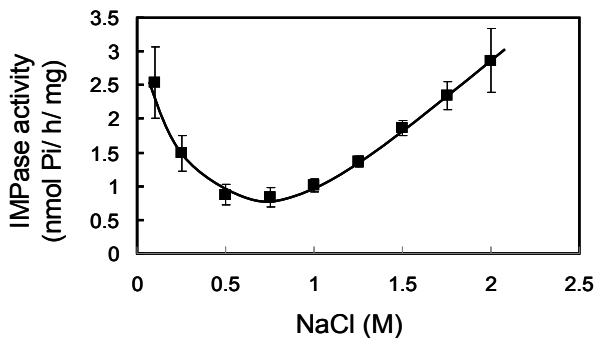


Fig. 1. Effect of NaCl concentration on IMPase activity of horse mackerel crude enzyme

性を 100% とした相対活性を示した。これによると、いずれの反応温度においても活性は 0.5~0.75 M NaCl 付近で最小値を示し、それ以上 NaCl 濃度が増加すると上昇することが示された。さらに、高濃度の NaCl 存在下においては、45°C 以上での活性の低下度合いが小さいことを反映して、50°C では 1.0 M NaCl 以上で、60°C では 2.0 M NaCl で活性の大きな上昇がみられた。これらの結果は高濃度の NaCl 存在下で IMP 分解酵素が安定化されていることを示唆している。

そこで次に、IMP 分解酵素の熱安定性に及ぼす NaCl 濃度の影響を検討した。すなわち、0.5 M および 2.0 M NaCl 存在下で、粗酵素を 45°C で 90 分間まで加熱した後、20°C で比活性を測定した。Fig. 3 には 45°C での加熱時間と加熱前の比活性を 100% とした相対活性との関係を示した。これによると、マアジの IMP 分解酵素活性はいずれの NaCl 濃度においても加熱後 20 分間までは大きく低下し、その後は緩やかに低下する傾向を示した。この結果から、粗酵素には 45°C の加熱で速やかに失活する不安定な酵素と 45°C でもほとんど失活しない安定な酵素が含まれていることが示唆された。しかも IMP 分解酵素の加熱初期の失活は 2.0 M NaCl 存在下よりも 0.5 M NaCl 存在下で大きく起こり、2.0 M NaCl 存在下で IMP 分解酵素が安定化されていることが裏づけられた。

Fig. 4A には Tris-maleate 緩衝液と Tris-HCl 緩衝液を

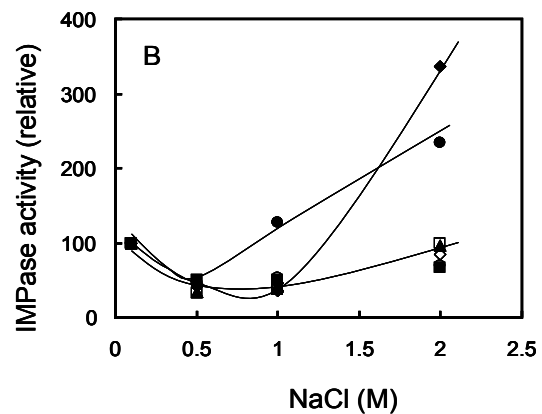
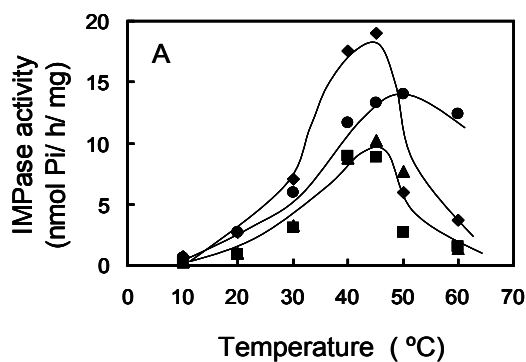


Fig. 2. NaCl concentration dependency of IMPase activity of horse mackerel crude enzyme as affected by reaction temperature. (A) Effect of temperature on IMPase activity in the presence of 0.1 M (◆), 0.5 M (▲), 1.0 M (■), and 2.0 M (●) NaCl. (B) Comparison of NaCl concentration dependency of relative IMPase activity at various temperature. Relative activity to that in 0.1 M NaCl was calculated and plotted against NaCl concentration. 10°C (▲), 20°C (□), 30°C (◇), 40°C (■), 45°C (○), 50°C (●), 60°C (◆).

用いて反応組成液の pH を 6.1 と 7.2 に調整して測定した IMP 分解酵素の比活性と NaCl 濃度との関係を示した。これによると、pH 7.2 では Fig. 1 と類似した結果となったが、pH 6.1 では 0.75 M NaCl 以上での活性の上昇がみられないことが示された。この結果は、pH 6.1 では高塩濃度下で高活性を示す酵素の活性が抑制されたことを示している。

Fig. 4B には異なる濃度の NaCl を含む反応組成液の pH を Tris-maleate 緩衝液と Tris-HCl 緩衝液を用いて 6.1 から 7.7 の間で変化させて IMP 分解酵素活性を測定した結果を示した。この結果から、NaCl 濃度が 0.1 M および 0.5 M の時は pH が低下すると活性は緩やかに上昇することが示された。一方、2.0 M NaCl 存在下では pH の低下とともに活性が低下した。また、いずれの pH においても 0.1

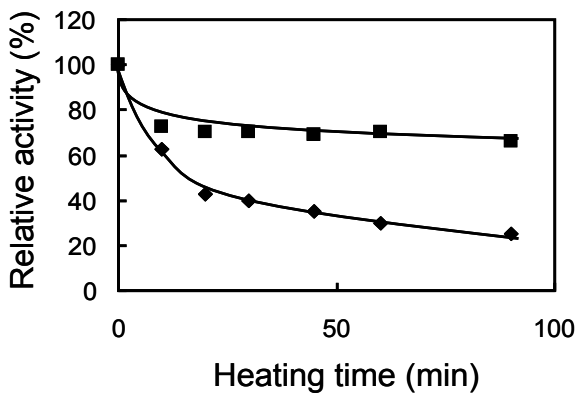


Fig. 3. Effect of NaCl concentration on thermal inactivation of horse mackerel IMPase. Heat treatment of crude enzyme was carried out at 45°C in the presence of 0.5 M (◆) or 2.0 M (■) NaCl.

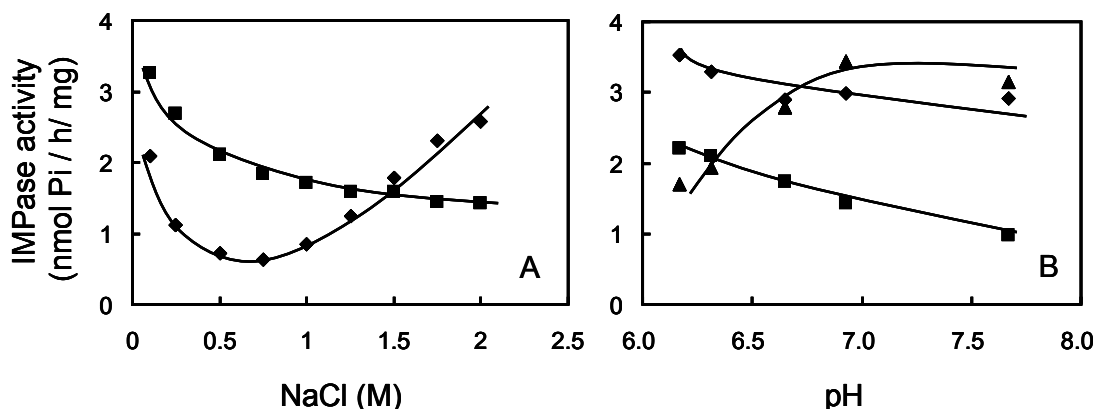


Fig. 4. Combined effects of NaCl concentration and pH on IMPase activity of horse mackerel crude enzyme. A: NaCl concentration dependency of IMPase activity at pH 7.2 (◆) and 6.1 (■). B: pH dependency of IMPase activity in the presence of 0.1 M (◆), 0.5 M (■), and 2.0 M (▲) NaCl.

M NaCl 存在下の比活性は 0.5 M NaCl 存在下のそれよりも高いが、2.0 M NaCl 存在下の活性レベルは pH によって大きく異なり、中性域では 0.1 M NaCl 存在下のそれよりもやや高いが、微酸性域での活性低下にともなって pH 6.1 では 0.5 M NaCl 存在下よりもさらに低い活性値を示した。

### 3. 2 数種の魚肉の IMP 分解酵素活性に及ぼす NaCl、温度および pH の影響

これまでの結果は、マアジの魚肉ホモジネートを用いて得られたものである。富岡と遠藤<sup>5)</sup>は魚肉の IMP 分解酵素活性の pH 依存性が魚種によって大きく異なることを示していることから、IMP 分解酵素活性の NaCl 濃度依存性が魚種によって異なっていることも考えられる。そこで、数種の魚肉を用いて、その IMP 分解酵素活性に及ぼす NaCl 濃度の影響について検討した。Fig. 5 にはキダイ (A)、アカガレイ (B) およびマダラ (C) の魚肉ホモジネートを粗酵素として用い、その反応組成液中の NaCl 濃度を 0.1 から 2.0 M までの範囲で変化させて活性を測定した結果を示した。この結果によると、0.5 M NaCl 存在下の活性は魚種によって大きく異なり、マダラが最も高く、次いでアカガレイ、キダイの順に高いことが示された。キダイの活性値は、Fig. 1 に示されたマアジのそれよりもわずかに低かった。また、キダイの IMP 分解酵素活性の NaCl 濃度依存性はマアジのそれと類似した傾向を示し、0.5~0.75 M NaCl 存在下で最小となり、それ以上の NaCl 濃度で活性が上昇した。しかし、アカガレイおよびマダラの IMP 分解酵素活性については 0.75 M 以上の NaCl 濃度での活性上昇がみられず、活性は NaCl 濃度の上昇に伴い緩やか

に低下した。以上の結果から、魚種によって IMP 分解酵素活性の活性レベルだけでなく、NaCl 濃度依存性も大きく異なることが示された。

そこで、マアジとは IMP 分解酵素活性の NaCl 濃度依存性の異なるアカガレイの IMP 分解酵素活性に及ぼす温度の影響を NaCl 濃度との関連で検討した。その結果を Fig. 6A に示した。アカガレイの酵素活性の至適温度はマアジのそれとは異なり、40°C 付近に存在し、40°C 以上で活性は NaCl 濃度にかかわらず活性は大きく低下した。このようにアカガレイでは活性の温度依存性が NaCl 濃度によって変化しないことを反映して、NaCl 濃度の上昇とともに活性が緩やかに低下する傾向にも温度の影響はほとんどみられなかった(結果は図示しない)。また、結果は図示しないが、マダラの酵素活性の温度依存性は、アカガレイと同様の傾向を示したが、キダイの酵素活性の至適温度は 45°C 付近にあり、1.0 M 以上の NaCl 濃度では 45°C 以上でも活性の低下度合いが小さく、マアジのそれと類似していた。

次に、アカガレイの粗酵素を用いて、pH を変化させてその IMP 分解酵素活性への影響を検討し、マアジの場合と比較した。Fig. 6B には異なる NaCl 濃度で pH を 6.1 から 7.7 まで変化させて測定した比活性と pH との関係を示した。この結果によると、アカガレイの IMP 分解酵素活性は NaCl 濃度にかかわらず pH の低下とともに大きく低下することが示された。この結果は、0.1 M および 0.5 M NaCl 存在下で pH が低下すると活性が緩やかに上昇したマアジ

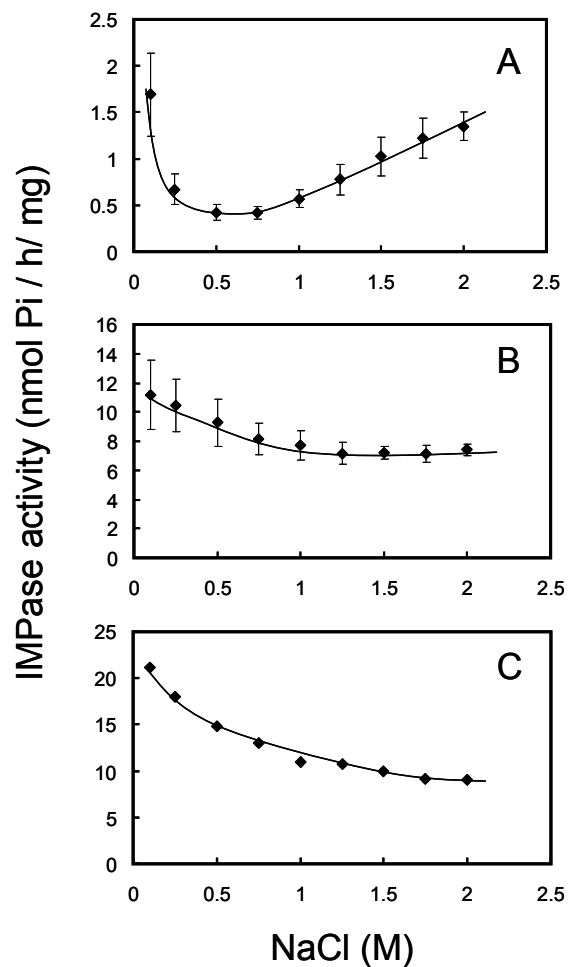


Fig. 5. Effect of NaCl concentration on IMPase activity of crude enzymes from different fish species. A: deepsea snapper, B: flathead flounder, C: cod.

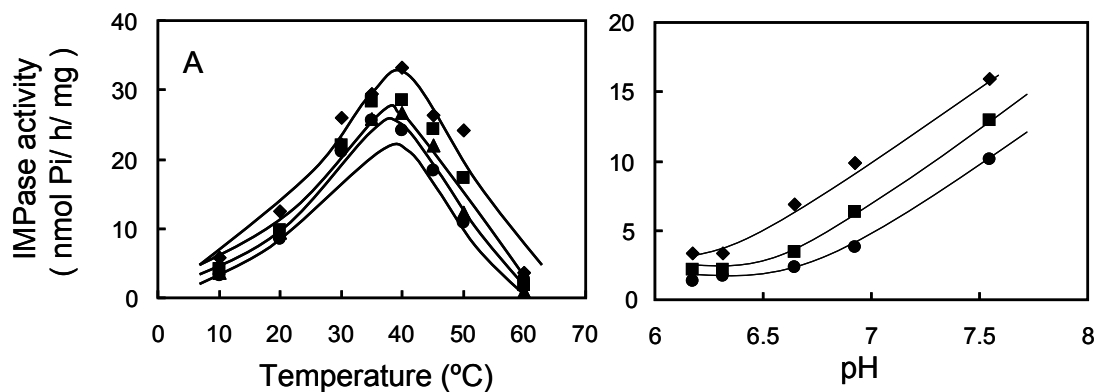
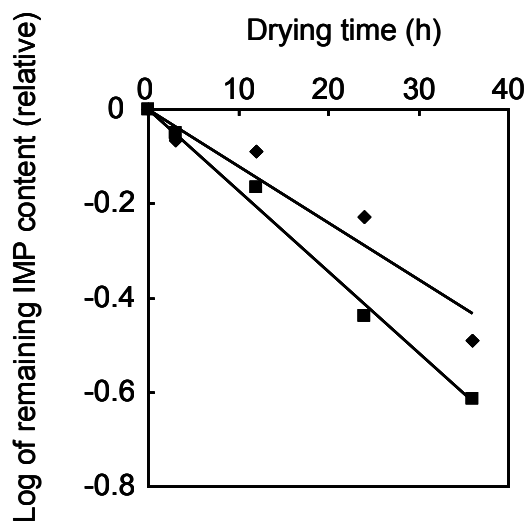


Fig. 6. Effect of temperature and pH on IMPase activity of flathead flounder crude enzyme in different concentration of NaCl. A: Temperature dependency of IMPase in the presence of 0.1 M (◆), 0.5 M (■), 1.0 M (▲), and 2.0 M (●) NaCl. B: pH dependency of IMPase in the presence of 0.1 M (◆), 0.5 M (■), and 2.0 M (●) NaCl.

(Fig. 4B)とは大きく異なり、むしろ2.0 M NaCl存在下におけるマアジのIMP分解酵素活性のpH依存性と類似していた。また、pHにはかかわりなく、NaCl濃度の上昇とともに活性が低下した。これらの結果から、魚種によってIMP分解酵素のpH依存性とそれに及ぼすNaCl濃度の影響は異なることが明らかになった。

### 3.3 魚肉の乾燥中に起こるIMPの分解に及ぼすNaCl濃度の影響

粗酵素を用いて検討したIMP分解酵素活性のNaCl濃度依存性と実際に加工中の魚肉で起こるIMPの分解との関係を明らかにするために、NaCl含量の異なるマアジ塩漬魚肉の乾燥にともなうIMP含量の変化を検討した。すなわち、マアジフィレーを2.0 Mまたは3.0 M NaCl溶液に4°Cで24時間塩漬した後、20°Cで36時間まで乾燥し、一定時間ごとにIMP含量を測定した。2.0 M NaClで塩漬した魚肉のNaCl含量は0.70 mol/kgであり、水分は73.7%であったことから、塩漬魚肉中のNaCl濃度は0.95 mol/Lに相当した。これに対して3.0 M NaClで塩漬した魚肉のNaCl含量は1.18 mol/kgで水分は68.7%であったので、NaCl濃度は1.71 mol/Lと見積もられた。塩漬魚肉中のIMP含量は塩漬液の濃度にかかわらず、20 μmole/g(固



**Fig. 7.** Comparison of decrease in IMP content by drying of horse mackerel filets salted with different concentration of NaCl solution. Horse mackerel filets soaked in 2.0 M (◆) or 3.0 M (■) NaCl solution at 4°C for 24 h were dried at 20°C for up to 36 h. IMP content was measured by using HPLC.

形物)前後の値だった。これらの魚肉を20°Cで乾燥すると、いずれの場合もIMP含量は緩やかに低下した。そこで、IMPの残存量の対数値と乾燥時間との関係をFig. 7に示した。塩漬液の濃度にかかわらず、IMP含量の対数値は乾燥時間とともに直線的に低下したことから、最小二乗法によって得られるこれらの直線の勾配からIMPの減少速度を算出した。その結果、2.0 M NaClに塩漬した魚肉では $12.0 \times 10^{-3} \text{ h}^{-1}$  ( $R^2=0.92$ )であり、3.0 M NaClに塩漬した魚肉では $17.2 \times 10^{-3} \text{ h}^{-1}$  ( $R^2=0.99$ )となり、約1.4倍IMPの減少速度が大きかった。この結果は、マアジの魚肉ホモジネートではNaCl濃度が1.0 Mから2.0 Mに上昇するとIMP分解酵素活性が増大することを示したFig. 1の結果と対応していた。

## 4. 考察

IMPは遊離アミノ酸と同様に魚肉の重要な呈味成分であるが、酵素分解により不味成分に変化することが、遊離アミノ酸とは異なっている。従って、水産物の加工過程におけるIMPの酵素分解を抑制することにより、呈味の強い加工品を製造することが期待される。そのためには魚肉中のIMP分解酵素活性の特性を明らかにすることが必要であるが、従来の研究は5'-ヌクレオチダーゼなど特定の酵素を精製して、その性質を明らかにしようとしたものがほとんどであり、それらの結果から魚肉中で起こるIMPの分解を予測することは困難であった。このような背景から著者らは魚肉ホモジネートを粗酵素として用いて、魚肉中のIMP分解酵素の特性を検討してきた。本研究では、マアジ、キダイ、アカガレイおよびキダイの魚肉から調製した粗酵素を用いて水産物の加工に不可欠の添加物であるNaClがIMP分解酵素活性に及ぼす影響を検討した。その結果、マアジのIMP分解酵素活性はNaCl濃度が0.1 Mから0.75 Mまで上昇すると1/3程度まで減少したが、それ以上のNaCl濃度では活性が上昇し、2.0 M NaCl存在下では0.1 M NaCl存在下のそれと同程度の値となった。反応温度を変化させても0.5~0.75 M付近で活性が最小となる傾向は変化しなかったが、45°C以上では2.0 M以上のNaCl存在下における活性が著しく増大した。そこで、IMP分解酵素の熱安定性を検討したところ、2.0 M NaCl存在下ではIMP分解酵素が0.5 M NaCl存在下よりも安定化されていることが示された。一方、pHを低下させると活性の

NaCl 濃度依存性は変化し、pH 6.1 では 0.75 M 以上の NaCl 濃度での活性上昇が見られなかった。その結果として、0.1 M および 0.5 M NaCl 存在下では、pH の低下とともに活性が緩やかに上昇したが、2.0 M NaCl 存在下では pH の低下とともに活性が低下した。これらの結果は、マアジの粗酵素の中には温度安定性や pH 依存性の異なる複数の IMP 分解酵素が含まれており、それらの NaCl 濃度依存性も異なっていることを示唆している。

供試した 4 魚種の IMP 分解酵素活性を比較すると、0.5 M NaCl 存在下の活性はマダラが最も高く、次いでアカガレイ、マアジ、キダイの順となった。キダイの IMP 分解酵素活性の NaCl 濃度依存性はマアジのそれと類似した傾向を示したが、マダラおよびアカガレイの IMP 分解酵素活性は NaCl 濃度の上昇にともない低下した。これらの結果から、高い IMP 分解活性を示すマダラとアカガレイの粗酵素には高い食塩濃度で活性を有する酵素があまり含まれていないことが推察される。しかし、活性レベルと活性の NaCl 濃度依存性の関係についてはさらに魚種を拡大してそれらの特性を検討することが必要である。

このような食塩濃度による IMP 分解酵素活性の変化が実際の加工過程でも起こるかどうかを検証するため、NaCl 含量が異なるマアジ塩漬魚肉の乾燥中の IMP の分解速度を検討した。その結果、1.2 mol/kg の NaCl を含む塩漬魚肉の IMP 分解速度は、0.7 mol/kg の NaCl を含むそれよりも大きく、酵素活性の変化と対応することが示された。一般に塩干品の NaCl 含量は 0.3~0.5 mol/kg 前後であることから、以上の結果は、塩干品に含まれる濃度の NaCl は魚肉中の IMP 分解酵素活性を抑制し、その呈味の形成に寄与することを示唆している。一方、マアジやキダイのようなタイプの魚種では、高濃度の食塩が使用される塩蔵品の製造過程で IMP が分解されやすいことが予想される。

## 5. 今後の課題

本研究の結果から、魚肉中の IMP 分解酵素活性には魚種特異性がみられ、活性レベルだけでなく、NaCl、温度および pH の影響が大きく異なることが示された。従ってこのような研究成果を呈味の強い水産加工品の製造技術の開発に結びつけるためには、さらに多くの魚種の IMPase の特性について詳細な研究を行い、その類型化

を図ることが必要と考えられた。また、実際の塩干品の乾燥過程で起こる IMP の分解との関連についても、食塩含量を変化させて検討を深めることが不可欠である。その際、乾燥工程では、食塩含量が時間とともに変化することから、それらを考慮して食塩の影響を解析することが必要である。また長時間の乾燥により酵素の一部も変性・失活することが予想されることから、乾燥過程にある魚肉から粗酵素を調製し、その特性の変化についても解析することも必要であろう。

## 引用文献

- 1) K. Tomioka and K. Endo: Purification of 5'-Nucleotidase from Carp Muscle. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **50**, 1077-1081 (1984).
- 2) K. Tomioka and K. Endo: Properties of 5'-Nucleotidase from Carp Skeletal Muscle. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **50**, 1739-1744 (1984).
- 3) D.W. Marseno, K. Hori, and K. Miyazawa: Purification and Properties of Membrane -Bound 5'-Nucleotidase from Black Rockfish (*Sebastes inermis*) Muscle. *J. Agric. Food Chem.* **41**, 863-869 (1993).
- 4) D.W. Marseno, K. Hori, and K. Miyazawa: Purification and Properties of Cytosol 5'-Nucleotidase from Black Rockfish (*Sebastes inermis*) Muscle. *J. Agric. Food Chem.*, **41**, 1208-1212 (1993).
- 5) 富岡和子, 遠藤金次: 各種魚肉の K 値変化速度とイノシン酸分解酵素活性. *日水誌*, **50**, 889-892 (1984).
- 6) 大泉 徹, 杉山紗依子, 北山貴枝, 舊谷亜由美, 赤羽義章: 塩干品の製造工程におけるイノシン酸の消長と魚肉のイノシン酸分解酵素活性. *水産物の利用に関する共同研究*, **50**, 32-37 (2010).
- 7) 大泉 徹, 宮田克士, 北山貴枝, 杉山紗依子, 松川雅仁, 赤羽義章: 塩干品の製造過程における ATP 関連化合物の変化と魚肉中のイノシン酸分解酵素活性. *平成 22 年度日本水産学会秋季大会講演要旨集*, p.87 (2011).
- 8) A.G. Gornall, C.T. Bardwill, and M.M. David : Determination of Serum Proteins by Means of the Biuret Reaction. *J.Biol.Chem.*, **117**, 751-766 (1949).
- 9) 高橋泰常: 生化学の領域における光電比色法 各論 2 (関根隆光編集), 南江堂, 東京, pp.13-14 (1962).

## Effect of Sodium Chloride on Inosine Monophosphatase Activity in Fish Meats and Degradation Rate of Inosinic Acid during Drying Process of Salted Fish Meats

Tooru Ooizumi

Department of Marine Bioscience, Faculty of Marine Bioscience,  
Fukui Prefectural University

### Summary

It is well known that inosine monophosphate (inosinic acid, IMP) accumulated in post-mortem fish muscle by degradation of ATP is taste-active component enhancing *umami* through the combined effect with glutamic acid. Since IMP is subsequently degraded to none-taste-active inosine and hypoxanthine, suppression of IMP degradation in processing is beneficial to enhance *umami* and consequently to improve the flavor of the processed seafood. The objectives of this study were to elucidate the effect of NaCl, which was essential for seafood processing, on IMPase activity of fish meats as well as IMP degradation during drying process of salted fish meats.

Although IMPase activity of crude enzyme prepared from horse mackerel meats decreased with increase of NaCl concentration from 0.1 M to 0.75 M, Further increase of NaCl concentration elevated IMPase activity. Consequently, the activity at 2.0 M NaCl was almost the same to that at 0.1 M NaCl. These trends were barely changed by rising of temperature, but pH decrease suppressed the elevation of activity in higher concentration than 0.75 M of NaCl. Comparing the activity level of other fish species, IMPase activity of cod was highest, and followed by those of flathead flounder, horse mackerel, and deepsea snapper in descending order. NaCl dependency of IMPase of deepsea snapper was similar to that of horse mackerel, but IMPase activity of cod and flathead flounder gradually decreased with elevation of NaCl concentration over 0.75 M.

In order to confirm if NaCl content affected the IMP decrease in processing of fish meats, degradation rates of IMP during drying process of salted meats with different NaCl content were examined. Degradation rate of IMP in salted meats with 1.2 mol/kg of NaCl was larger than that with 0.7 mol/kg, suggesting that IMPase activity was activated in salted meat with higher content of NaCl in drying process.

These results suggested that 0.3~0.5 mol/kg of NaCl content contained in salted-dried products suppressed enzymatic degradation of IMP and contributed to the taste enhancement regardless of fish species. However, considerable diversity was observed in the property of IMPase by fish species so that further study is required including classification of the characteristics of IMPase to make use of the research for development of taste-enhanced processed seafood.