

にがりを利用した干物製造におけるうま味成分保持に関する研究

関 洋子, 濱田 (佐藤) 奈保子

東京海洋大学海洋科学部

概要 ソウハチガレイは主に日本海からオホーツク海, 太平洋北西部で漁獲される。一般的にカレイ類は鮮度落ちが早いとされているため, 干物に加工されることが多い。干物製造では食塩が利用されており, 食塩を利用することで, 微生物の増殖が抑えられ, うま味が増すと報告されている。魚肉のうま味成分の一つにイノシン酸(IMP)がある。IMPは魚の死後, ATPの分解によって生成するが, IMPはIMP分解酵素によって不味成分であるHxR, Hxに分解されるため, 魚肉のおいしさを保持するためにはIMP分解酵素活性を抑える条件を検討する必要がある。干物で使用されている塩化ナトリウム(NaCl)は複数の魚種におけるIMP分解酵素の阻害が報告されており, ソウハチガレイにおいても魚肉のIMP量の保持が期待される。干物製造においては高塩濃度のNaClが使用される場合が多いが, 食塩(ナトリウム)を過剰に摂取すると, 高血圧やがんのリスクが高まることから, 近年は減塩が推進されている。しかし, 干物のように塩分によって微生物の繁殖を抑えることで長期保存を可能にしている食品は塩分濃度を下げることができない。NaClの他に塩分を多く含む食品としてにがりがある。にがりは製塩の副産物として産出され, 主成分を塩化マグネシウム(MgCl₂)とする液体で, 塩水漬けに利用できる可能性が高い。

そこで本報告では, 干物製造におけるにがりの利用を評価するために, ソウハチガレイのIMP分解酵素におよぼすNaCl, MgCl₂の影響を調査し, 塩水漬け干物とにがり添加干物におけるうま味成分含量と官能検査による比較を行った。その結果, IMP分解酵素はNaClによって阻害されたが, MgCl₂は阻害効果がないことがわかった。しかし, NaClと低濃度のMgCl₂を同時に添加することによって, NaCl添加と比較してさらに酵素活性を阻害できる可能性があることがわかった。うま味成分であるイノシン酸量はにがり添加干物で有意に高く, にがり添加によるうま味成分の保持効果が確認された。また, 塩水漬け干物とにがり添加干物では官能評価においては有意な差は確認されなかった。にがりは干物製造において有効であることがわかった。

1. 研究目的

ソウハチガレイはカレイ目カレイ科アカガレイ属の海水魚で, 日本近海では日本海からオホーツク海, 太平洋北西部, 黄海の砂泥底に生息しており⁽¹⁻²⁾, 主に沖合底引き網によって漁獲される。沖合底引き網は操業日数が長く, 魚肉の鮮度が低下することから, 主に加工原料として利用されることが多い⁽³⁾。一般的にカレイ類は鮮度落ちが早いとされているため⁽⁴⁾, 干物に加工されることが多く, 実際に兵庫県但馬地方では中型から小型のソウハチガレイは漁獲後そのほとんどが干物に加工されている⁽⁵⁾。干物製造では魚肉を塩水に漬けた後乾燥させることで, 微生物の

増殖が抑えられ, うま味が増すとされている⁽⁶⁾。

魚肉のうま味成分の一つにイノシン酸(IMP)がある。IMPは魚の死後, ATPの分解によって次のような分解経路によって生成される。



ATPからIMPまでは比較的早く分解が進むため⁽⁷⁾, 魚肉中にはIMPが蓄積する。その後, IMPはIMP分解酵素によって不味成分であるHxR, Hxに分解されるため, 魚肉のおいしさを保持するためにはIMP分解酵素活性を抑える条件を検討する必要がある。ただし, IMP分解酵素は単一酵素ではなく複数存在し⁽⁸⁻⁹⁾, その性質は魚種ごとに

異なるため、魚種別に検討が必要となる。

干物製造では乾燥によって水分活性を低下させており、マアジにおいてイノシン酸分解速度は水分活性にほぼ比例すると報告されている⁽¹⁰⁾。また、複数の魚種において IMP 分解酵素は塩化ナトリウムによって活性が阻害されると報告されていることから⁽¹¹⁻¹⁴⁾、ソウハチガレイにおいても魚肉の IMP 量の保持が期待される。

現在、塩水漬けの条件としては 15-18%の塩水に 10-20 分浸漬させるのが一般的であるが⁽⁶⁾、食塩(ナトリウム)を過剰に摂取すると、高血圧やがんのリスクが高まることから、近年は減塩が推進されている⁽¹⁵⁻¹⁷⁾。しかし、干物のように塩分によって微生物の繁殖を抑えることで長期保存を可能にしている食品は塩分濃度を下げることができない。塩化ナトリウムの他に塩分を多く含む食品としてにがりがある。にがりには製塩の副産物として産出され、主成分を塩化マグネシウム(MgCl₂)とする液体で、塩水漬けに利用できる可能性が高い。そこで本研究では、干物製造において塩化ナトリウム(NaCl)の代わりに、マグネシウムを多く含むにがりの使用を検討する。まず、ソウハチガレイの IMP 分解酵素活性におよぼす NaCl および MgCl₂ の影響を調査し、次ににがり添加塩水と通常の塩水で塩水漬けを行ったソウハチガレイの IMP 量および ATP 関連化合物量を測定する。また、MgCl₂ は NaCl と異なり強い苦みを持つため、味覚に大きく影響すると考えられるため、各干物について官能検査を行う。これらの結果からにがり添加の効果について考察する。

2. 試料と方法

2.1 試料

ソウハチガレイ(*Hippoglossoides pinetorum*)は兵庫県但馬産の天然魚を市場で購入し、冷蔵状態(4°C)で実験室まで輸送された(n=5)。干物試料は、ボーメ度 7 度の塩水漬け、またはボーメ度 6 の塩水ににがりを添加してボーメ度 7 に調整した塩水漬けを行った後に乾燥させた 2 種類の干物(塩水漬け干物、にがり添加干物)を用いた(各 n=9)。また、同ロットの生のソウハチガレイを比較サンプルとして用いた(n=9)。生サンプルは塩水漬け前、干物サンプルは干物製造後に冷凍し、実験室まで運んだ。

2.2 ソウハチガレイにおける IMP 分解酵素におよぼす NaCl および MgCl₂ の影響

魚肉普通筋を同量のミリ Q 水とともにホモジナイザーで磨砕し、得られたホモジネートを 4°C の冷水に対して 2 日間透析したのち、透析内液を粗酵素液とした。IMP 分解酵素活性を測定するために、25 mM IMP 0.5 mL, Buffer (50 mM Succinic acid/ NaOH: pH 5.5, 100 mM Bicine/ NaOH; pH 8.0) 2.5 mL および粗酵素液 0.5 mL を含む全量 3.5 mL の反応組成液に NaCl 終濃度 0-10%, または MgCl₂ 終濃度 0-1%, または NaCl 終濃度 10%と MgCl₂ 終濃度 0-1%の混合溶液となるように塩類を添加し、3つの試験区を調製した。反応組成液を 30-40°C で一定時間反応させ、10%過塩素酸 1.5 mL を加えて反応を停止した。沈殿を遠心分離(12,000×rpm, 3 min, 5°C)で除去し、上清に遊離したリン酸をモリブデンブルー比色法で測定した。

2.3 ソウハチガレイの IMP 量および ATP 関連化合物量の測定

魚肉約 2 g を正確に測りとり、10%過塩素酸 5 mL 中で ATP 関連化合物を抽出した。魚肉沈殿を遠心分離(11,000 rpm, 10min, 5°C)で除き、上清を過塩素酸で 25 mL に定容した。これを KOH で中和し、沈殿を遠心分離(12,000 rpm, 5min, 5°C)で除き、上清をミリ Q 水で 10 mL に定容した。この液をミリポアフィルター(Millex-LG 0.20 μm)でろ過し、高速液体クロマトグラフィーで IMP を含む ATP 関連化合物量を測定した(装置:Hitachi L2130, カラム:Shodex GS-320 HQ, 溶媒:200 mM NaH₂PO₄·2H₂O, 流速:0.6 mL/min, 温度:20 °C, 検出器:Hitachi L7420, 波長:260 nm)。サンプリングは常温で行った。

2.4 官能評価

にがり添加干物および塩水漬け干物を同時に与え、外観、香り、塩気、味、食感、総合的な好ましさの 5 項目について 7 段階(3: とても良い, 2: 良い, 1: やや良い, 0: 普通, -1: やや悪い, -2: 悪い, -3: とても悪い)で評価(①)し、さらに二つの試料間に差があると感じたか質問(②)した。なお試料名は数字や記号のイメージによる影響を除去するためにニガリ干物をサンプル番号 751, 通常干物をサンプル番号 532 とした。また先に食べた方の試料を高く評価する現象があると言われていたため、751 を先に食べるグループと 532 を先に食べるグループを設定した。

評価後にサンプル番号 751 がにがりをを用いて加工した干物であり、ミネラル補給効果が期待できるという情報を与え、官能試験の結果とあわせてどちらをもう一度食べた

いと感じたかアンケート(③)を実施した。

なおパネルには東京海洋大学の学生および教員 30 名 (有効回答数①30 名, ② 29 名, ③29 名)が参加した。

3. 結果

3.1 ソウハチガレイにおける IMP 分解酵素におよぼす NaCl および MgCl₂ の影響

Fig. 1 に pH 5.5 および pH 8.0 におけるソウハチガレイの IMP 分解酵素活性におよぼす塩化ナトリウムおよび塩化マグネシウムの影響を示す。NaCl および MgCl₂ 無添加のソウハチガレイの IMP 分解酵素活性は pH 5.5 と比較して pH 8.0 で高かった。NaCl 添加の pH 5.5 においては 0% 添加で 0.092 PO₄ nmol/h/mg, 10% 添加で 0.019 PO₄ nmol/h/mg, pH 8.0 においては 0% 添加で 0.19 PO₄

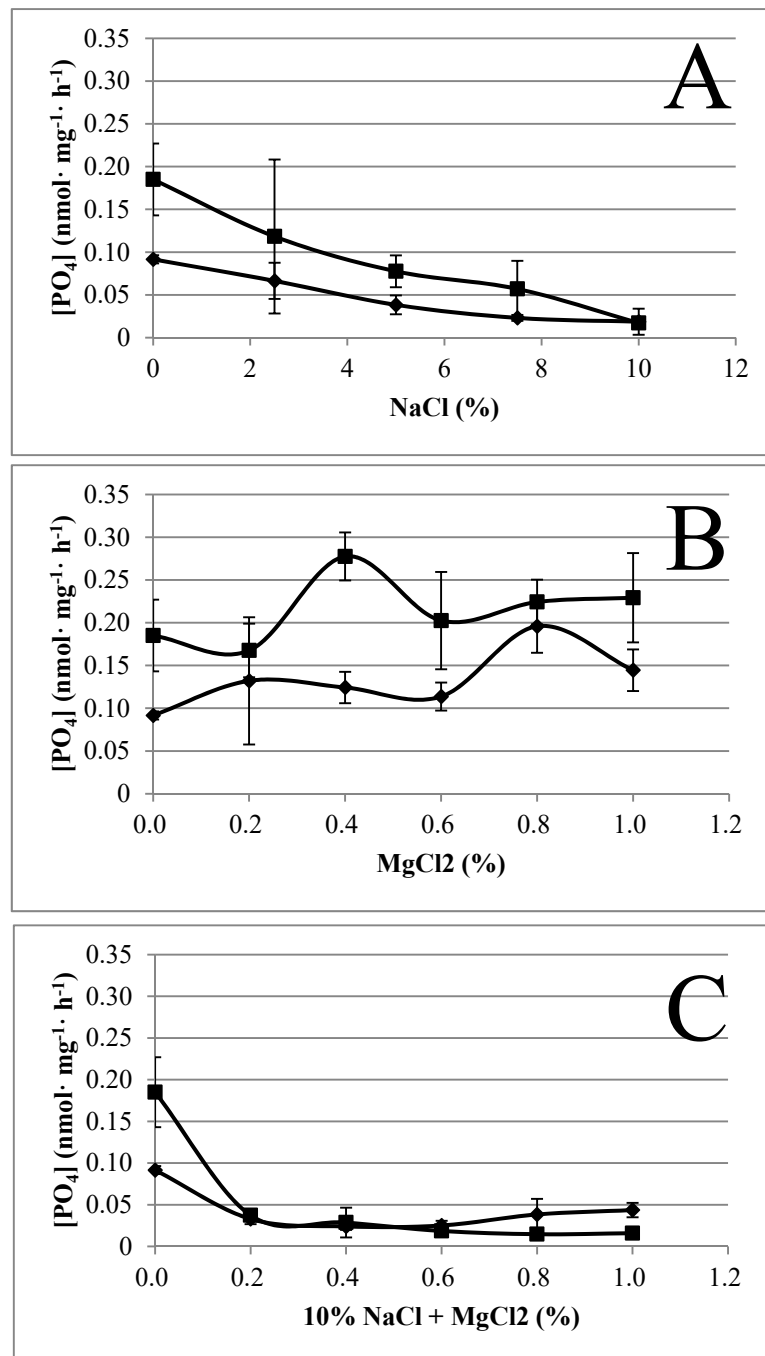


Fig. 1. The effect of various salts on IMPase activity in the pointhead flounder. Bars represent the standard deviation of the mean (n = 3). A: NaCl, B: MgCl₂, C; 10% NaCl + MgCl₂. ■; pH 8.0, ◆; pH 5.5.

nmol/h/mg, 10%添加で 0.017 PO₄ nmol/h/mg を示し、それぞれ濃度の上昇とともに活性は低下した (p<0.05)。0-1.0%の MgCl₂ 添加の pH 5.5 においては 0.092-0.20 PO₄ nmol/h/mg の間で、pH 8.0 においては 0.17-0.28 PO₄ nmol/h/mg の間でそれぞれ変化し、どちらの pH においても MgCl₂ 濃度上昇に伴う活性の変化は見られなかった (p>0.05)。NaCl と MgCl₂ を合わせて添加した試験区では 10% NaCl と MgCl₂ 0.20% 添加で pH 5.5, pH 8.0 においてそれぞれ 0.092 PO₄ nmol/h/mg から 0.033 PO₄ nmol/h/mg, 0.19 PO₄ nmol/h/mg から 0.037 PO₄ nmol/h/mg に急激に減少した (p<0.05)。また、MgCl₂ 濃度の上昇とともに pH 5.5 では 0.024-0.044 PO₄ nmol/h/mg の間で変化し、濃度上昇に伴う変化は見られなかったが (p>0.05), pH 8 では MgCl₂ 0.20% で 0.037 PO₄ nmol/h/mg から MgCl₂ 1.0% で 0.016 PO₄ nmol/h/mg まで緩やかに低下した (p<0.05)。ソウハチガレイの IMP 分解酵素活性は pH 5.5 と比較して pH 8.0 で高かった。

3. 2 ソウハチガレイの IMP 量および ATP 関連化合物量

ソウハチガレイの ATP 関連化合物量を Fig. 2 に示す。ATP は塩水漬け干物で 0.015 μmol/g, にがり添加干物で

0.075 μmol/g, 生サンプルで 0.082 μmol/g で生サンプルにおいて多く残存していたが、いずれの試験区においても量は少なく、有意な差は見られなかった (p>0.05)。ADP は塩水漬け干物で 0.27 μmol/g, にがり添加干物で 0.21 μmol/g, 生サンプルで 0.26 μmol/g でここでは塩水漬け干物で高い ADP 量が確認された。すべての試験区で ADP 量は ATP 量のほぼ 10 倍量であったが、試験区によって有意な差は見られなかった (p>0.05)。AMP は検討したすべての試験区においても検出されなかった。IMP はにがり添加干物で 2.0 μmol/g, 生サンプルで 6.9 μmol/g であり、生サンプルで高い IMP 量が確認された。塩水漬け干物では IMP は検出されなかったため、ここでは試験区ごとに有意な差が確認された (p<0.05)。HxR はどの試験区においても検出されなかった。Hx は塩水漬け干物で 4.5 μmol/g, にがり添加干物で 4.0 μmol/g, 生サンプルで 2.0 μmol/g で、生サンプルの Hx 量が最も少なかった。Hx 量は塩水漬け干物とにがり添加干物では有意差は見られなかったが (p>0.05), これら干物の試験区と生サンプルでは有意な差が認められた (p<0.05)。また、これらの ATP 関連化合物量から算出した生サンプルの K 値は 22% であった。

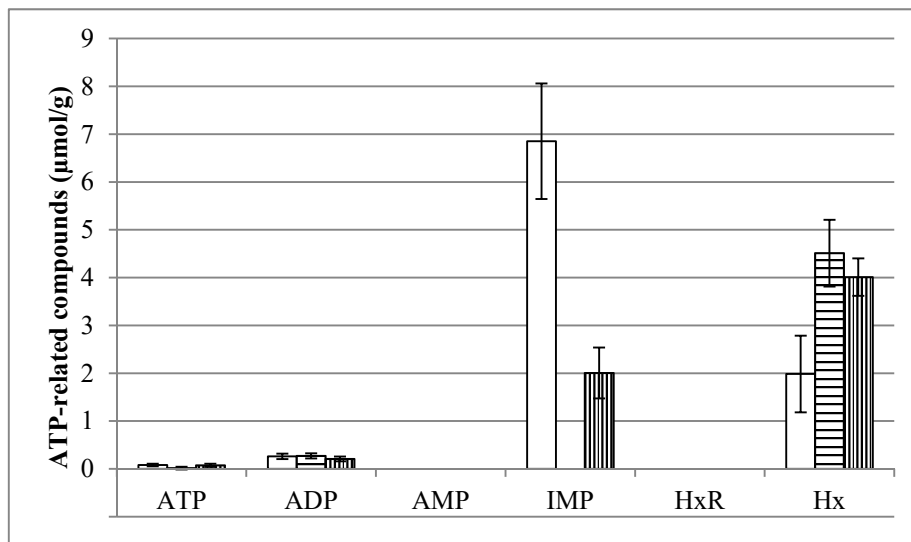


Fig. 2. The concentration of ATP-related compounds in pointhead flounder that was unsalted, salted, or bitter-salted. Bars represent the standard deviation of the mean (n = 9). Concentration of NaCl: approximately 7%. Concentration of NaCl and bitter: approximately 7% (6% NaCl + 1% bitter)

□: unsalted fish, ▤: salted fish, ▨: bitter-salted fish. ATP: adenosine triphosphate, ADP: adenosine diphosphate, AMP: adenosine monophosphate, IMP: inosine monophosphate, HxR: inosine, Hx: hypoxanthine.

3. 3 官能評価

2. 4で記載した①の評価の結果を Fig. 3 に示す。外観、塩気、味、総合的な好ましさにおいてにがり添加干物の方が高い点であったが、いずれの項目も有意差は得られなかった ($p>0.05$)。香りにおいては塩水漬け干物の方が高い点を得ているものの、こちらも有意な差は確認されなかった ($p>0.05$)。

2. 4で記載した②の結果を Table 1 に示す。塩水漬け干物とにがり添加干物に差があると判断した人は 29 名中 25 名で約 86% の人が二つの試料に差があると感じる結果となった。①の結果では有意な差は得られなかったが、多くの人が二つの干物には差があると感じていた。

最後に2. 4に記載した③の結果を Table 2 に示す。①の評価中の総合的な好ましさにおいてサンプル番号 751 にサンプル番号 532 よりも高い点をつけた人が 13 名、逆が 12 名、同じ点をつけた人が 5 名であった。サンプル番号 751 はにがりを用いているためミネラル補給が期待できるという情報を与えた結果、19 名がもう一度食べるならにがり添加干物を選ぶと回答した。

4. 考察

4. 1 ソウハチガレイにおける IMP 分解酵素におよぼす NaCl および MgCl₂ の影響

Fig. 1 よりソウハチガレイの IMP 分解酵素活性は pH 5.5 と比較して pH 8 で高い活性を示したことから、アルカリ側に高い活性を持つことが明らかになった。IMP 分解酵素

は複数存在するため酵素の種類によって至適 pH が異なり、また、魚種によってその割合が異なるため、魚種ごとに IMP 分解酵素の特性が異なる。pH 8.0 付近に高い活性を持つ魚種としてはスケトウダラ⁽¹⁸⁾、コイ⁽¹⁹⁾、キツネウオ⁽²⁰⁾、マイワシ、ブリ、アカシタヒラメ、アカガレイ⁽²¹⁾が報告されている。アカガレイの IMP 分解酵素活性においては pH 6.2 と比較して pH 7.5 で高い活性が報告されており⁽²²⁾、本研究と同様の傾向を示した。アカガレイはソウハチガレイと同じアカガレイ属であることから、構成する酵素の種類が近いと考えられる。

ソウハチガレイの IMP 分解酵素は NaCl 濃度の上昇に伴い活性が低下し、NaCl 0%から 10%の範囲では濃度の上昇によって阻害されることが明らかとなった。同様の傾向がアカガレイで報告されていることから⁽²²⁾、アカガレイとソウハチガレイの IMP 分解酵素における NaCl に対する

Table 1. Did you notice a difference between the salted fish and the bittern-salted fish?

Yes	No
25	4

Table 2. Which did you prefer, salted fish or bittern-salted fish?

Bittern-salted fish	Salted fish
19	10

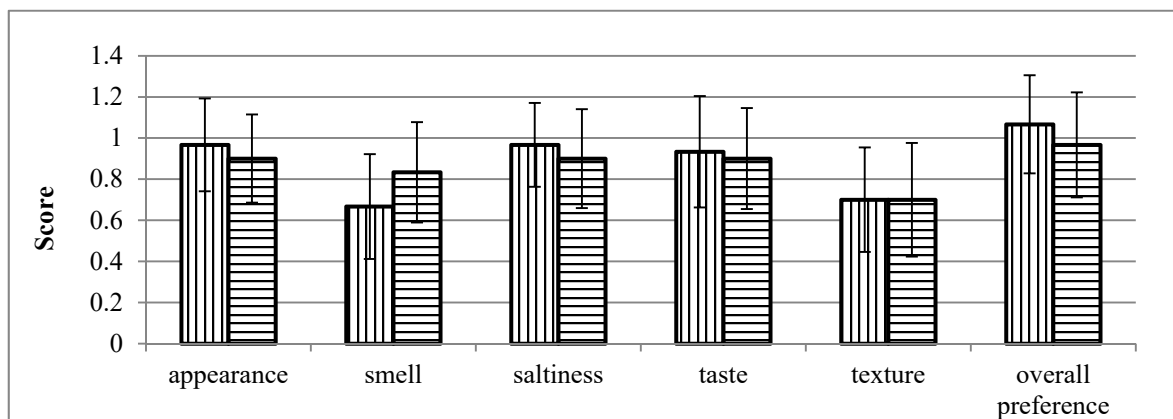


Fig. 3. Sensory evaluation test of salted dried pointhead flounder and bittern-salted dried pointhead flounder. Bars represent the standard deviation of the mean ($n = 30$).

■: salted fish, ▨: bittern-salted fish.

特性についても類似していることがわかる。一方、 $MgCl_2$ の影響においては、濃度の上昇に伴う活性への影響は見られなかった。 $MgCl_2$ によるIMP分解酵素活性の阻害はスケトウダラ、シロギス⁽¹⁸⁾、マアジ⁽²³⁾、ギンザケ⁽¹²⁾、マダラ⁽¹³⁾、サンマ⁽¹⁴⁾で報告されているが、いずれも比較的高い濃度の $MgCl_2$ が利用されている。一方、低濃度の $MgCl_2$ は酵素の賦活剤として利用されることが多く、IMP分解酵素活性が促進されることがマサバ⁽²⁴⁾、キツネウオ⁽²⁰⁾で報告されている。しかし、本研究において検討した $MgCl_2$ 濃度範囲では濃度の上昇によって活性の大きな促進または阻害が見られなかったことから、 $MgCl_2$ 0%から 1.0%の範囲ではソウハチガレイのIMP分解酵素活性に対する $MgCl_2$ の阻害効果はほとんどないことがわかった。また、NaCl 10%に $MgCl_2$ を添加したところ、塩類添加により急激に酵素活性が低下しており、これはNaClの阻害効果が大きく影響したと言える。 $MgCl_2$ の効果については、pH 5.5においては酵素活性に変化は見られなかったが、pH 8においては $MgCl_2$ 濃度の上昇に伴い酵素活性がわずかに低下した。2種類の金属イオンによる酵素活性への影響として、ペルオキシダーゼはHg、Cdによって阻害されるが、促進効果あるCa、Mg、Mnを同時に低濃度で添加したところ、Hg、Cdを単体で添加した時と比較して活性が極度に阻害されたと報告されている⁽²⁵⁾。本研究においてもNaCl存在下において低濃度の $MgCl_2$ によって酵素活性が阻害された可能性が考えられる。

4.2 ソウハチガレイのIMP量およびATP関連化合物量

ソウハチガレイはATPが消失しやすく⁽⁴⁾、本報告においても検討したすべての試験区でATPはほとんど残っていなかった(**Fig. 2**)。また、ADPがATPの約10倍程度であったことからATPが速やかにADPに分解されたとと言える。また、AMPが全く検出されなかったことからソウハチガレイのAMPは分解が速く、AMP分解酵素活性が高いことがわかる。IMP量については各試験区で有意な差が見られた。干物は乾燥工程があり、乾燥させることで温度が上昇しIMP分解酵素活性が促進されるためIMP量が減少する。カレイ類においてはムシガレイ、ソウハチガレイ、アカガレイで乾燥によるIMPの減少が報告されており⁽²⁶⁾、本報告においても生サンプルと比較して干物製品の方が少ないIMP量であった。干物製品2種においては塩水漬け干物よりにがり添加干物でIMPが多く残存していた。大泉、

2012はアカガレイのIMP分解酵素活性が塩化ナトリウム濃度の上昇とともに低下したことを報告しているが⁽⁹⁾、ソウハチガレイでは塩水漬け干物においてIMPが検出されなかった。その理由として、アカガレイとソウハチガレイは同属に位置するが、IMP量の経時変化が異なると報告されていることから⁽⁴⁾、IMP分解酵素のNaClに対する性質が異なること、また、NaClによるIMP分解酵素の阻害効果よりも温度によって活性が促進されてしまったことが考えられる。一方、にがり添加干物でIMPが多く残存したのはにがりに多く含まれるマグネシウムが関与した可能性が高いが、低濃度のマグネシウムはIMP分解酵素活性を促進してしまう傾向がマダラで報告されている⁽¹³⁾。本報告においてはもともとボーメ度6度程度の塩水ににがりを添加しているため、マグネシウムが単一で添加されていないこと、一定以上の塩化ナトリウム濃度があったところにマグネシウムが添加されたことによってソウハチガレイのIMP分解酵素活性を阻害した可能性が考えられる。複数の塩類による酵素活性の阻害についてはペルオキシダーゼで報告されており⁽²⁵⁾、本研究においてもNaClと $MgCl_2$ が組み合わさることでソウハチガレイのIMP分解酵素活性を阻害する効果が強まったと考えられる。HxRはいずれの試験区においても検出されなかったことから、AMP分解酵素活性と同様に高いHxR分解酵素活性を持つことがわかる。HxはIMPが多く残存した生サンプルにおいて蓄積量が少なく、干物サンプルでは蓄積量が多かった。Hx量はIMPの残存量を反映した結果となった。また、今回のソウハチガレイのK値は22%であった。ソウハチガレイのK値は保存温度によって異なり、20%程度に達する時間は-1°Cで約2日⁽²⁷⁻²⁸⁾、5°Cで約3日⁽⁴⁾であった。これらの報告からソウハチガレイは-1°Cよりも5°C保管の方がK値の上昇が抑えられると言える。本報告においてK値が22%であったが、低温で1-2日保管されてから加工されたとは考えられず、漁獲後直ちに加工工程に入ったものの、温度が比較的高い環境であったため、K値が上昇したと考えられる。

4.3 官能評価

Fig. 3においてにがり添加干物と塩水漬け干物の官能評価に有意な差は得られなかったことから、にがり添加干物は塩水漬け干物と同程度の評価であることがわかった。にがりは非常に苦く、にがり単体で干物を製造しても不味

であり、食べることは不可能である。本報告では塩分は塩化ナトリウムが主となっており、にがり少量であったため味に問題がなかったと言える。外観についてはにがり添加干物で比較的高い評価であった。食品の種類によるが、外観は明度の影響を大きく受けるものが多く、マグネシウムが明度を増加させるということが塩水漬けマダラで⁽²⁹⁾、また、にがり添加による明度上昇がプディングで報告されていることから⁽³⁰⁾、本報告においてもにがり添加による明度上昇が多少外観に影響したと考えられる。香りについては塩水漬け干物で高い評価であった。塩は無臭であるため香りに直接影響することはないが、牛肉のマリネ製造において塩化ナトリウムが香りにプラスの効果をおよぼしたという報告があることから⁽³¹⁾、干物の香り成分に何かしらの影響を及ぼした可能性はある。しかし、本報告においては干物の種類で有意な差がなく、塩やにがりもともと無臭であることから、塩とにがり香りに大きく影響していることは考えにくい。塩味はにがり添加干物で高い評価であったが、本報告では塩水漬け干物とにがり添加干物でボーメ度を合わせているため、にがり添加干物ではにがり成分の分、塩化ナトリウム濃度が低い。通常、塩味は塩化ナトリウム濃度に依存し⁽³²⁻³³⁾、他のミネラル分が多い塩は塩味が弱いとされている⁽³⁴⁾。しかし、本報告では塩水漬け干物で塩味が弱いと評価されており、これらの報告とは異なる結果となった。食感も塩水漬け干物、にがり添加干物のどちらも変わらない評価であった。大泉, 2005 は Ca, Mg, K が塩水漬け魚肉の筋原線維タンパク質の変性に影響しないことを報告しており⁽³⁵⁾、にがり添加が食感におよぼす影響が少なかったと言える。Fig. 3 では塩水漬け干物とにがり添加干物に有意な差は見られなかったが、Table 1 では多くのパネラーが塩水漬け干物とにがり添加干物は差があると判断した。これは二種を比較しているため、何かしらのバイアスがかかった可能性、または今回 Fig. 3 の質問にはなかった項目において差が出ていた可能性が考えられる。Table 2 において「ミネラル補給が期待できる」という情報を与えたところ、にがり添加干物を選択するという人が多かった。にがり添加干物は味、食感等の官能的な品質に問題なく、通常の干物と変わらなかったため、プラスの情報を与えることでにがり添加干物を選択する人が増えたと考えられる。このことから、にがり添加干物は官能的に問題なく食べられ、また「ミネラル補給が期待できる」と

いったプラスの情報を与えることによって購買意欲を高められる可能性があることが示唆された。

5. まとめ

本報告では干物製造におけるにがりの利用を評価するために、ソウハチガレイの IMP 分解酵素におよぼす NaCl と MgCl₂ の影響を調査し、塩水漬け干物とにがり添加干物におけるうま味成分含量と官能検査による比較を行った。IMP 分解酵素は NaCl によって阻害されたが、MgCl₂ は阻害効果がないことがわかった。しかし、NaCl と低濃度の MgCl₂ を同時に添加することによって、NaCl 添加と比較してさらに酵素活性を阻害できる可能性があることがわかった。うま味成分であるイノシン酸量はにがり添加干物で有意に高く、にがり添加によるうま味成分の保持効果が確認された。また、塩水漬け干物とにがり添加干物では官能評価においては有意な差が確認されなかった。以上のことから、にがり添加は干物製造において有効であることがわかった。

謝辞

本研究を行うにあたり、魚をご提供いただきました有限会社北由商店北村晃一氏に深く感謝いたします。

Reference

- (1) 中坊徹次 (1993) 日本産魚類検索: 全種の同定, 東海大学出版会, Page. 1179.
- (2) Kojima, S., Sakuma, K., Yanagimoto, T. (2014) Contrasting genetic population structures between congeneric flounder species, *Hippoglossoides dubius* and *H. pinetorum*, *Plankton Benthos Res*, Vol.9 No.2 Page.99-104.
- (3) 原田和弘 (2006) 日本海西部沖合底びき網漁獲物における急速冷却の鮮度保持効果, *日本水産学会誌*, Vol.72 No.3 Page.440-446.
- (4) 岡本満, 沖野晃, 井岡久 (2014) 底びき網で漁獲された魚類数種の鮮度変化, 水産物の利用に関する共同研究, No.54 Page.56-57.
- (5) 長浜達章, 森俊郎, 松井芳房 (2001) 兵庫県但馬地方における底びき網漁業の漁獲実態 II 水揚げ銘柄

- と利用加工の実態, 兵庫県立水産試験場研究報告, No.36 Page.49-54.
- (6) 高橋希元 (2014) 日本の伝統食品 第16回 一夜干し, 食品と容器, Vol.55 No.8 Page.470-475.
- (7) Srirangsan, P., Hamada-Sato, N., Kawai, K., Watanabe, M., Suzuki, T. (2010) Improvement of fish freshness determination method by the application of amorphous freeze-dried enzymes. *J Agric Food Chem* 58: 12456-12461.
- (8) 富岡和子, 遠藤金次 (1988) 魚肉イノシン酸分解酵素活性に及ぼす食塩およびグリセリンの影響, 日本水産学会誌, Vol.54 No.11 Page.1947-1951.
- (9) 大泉徹 (2012) 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, ソルト・サイエンス研究財団助成研究報告集 2 医学 食品科学編, Vol.2010 Page.133-140.
- (10) 富岡和子, 遠藤金次 (1986) 魚肉イノシン酸の調理過程における分解, 調理科学, Vol.19 No.4 Page.289-294.
- (11) 富岡和子, 遠藤金次 (1988) 魚肉イノシン酸分解酵素活性に及ぼす食塩およびグリセリンの影響, 日本水産学会誌, Vol.54 No.11 Page.1947-1951.
- (12) Seki, H., Hamada-Sato, N. (2014) Effects of Various Salts on IMPase Activity and IMP Quantity in Coho Salmon, *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum 1792), Salmonidae, Asian Fisheries Science, Vol.27 No.3 Page.173-184.
- (13) Seki, H., Hamada-Sato, N. (2014) Effects of Salt and Bittern on Inosinic acid- and Inosine-Degrading Enzyme Activity in Pacific cod muscle, *Journal of Aquaculture & Marine Biology*, Vol. 1 No.1 Page.00001.
- (14) Seki, H., Hamada-Sato, N. (2015) Effect of various salts on inosinic acid-degrading enzyme activity in the white and dark muscle of saury, *Fisheries Science*, Vol. 81 No. 2 Page.365-371.
- (15) 太田静行 (1982) 食塩, *New Food Ind.*, Vol.24 No.6 Page.44-51.
- (16) 森一雄 (1983) 塩味と健康, *New Food Ind.*, Vol.25 No.3 Page.1-5.
- (17) Fulgoni, V. L., Agarwal, S., Spence, L., Samuel, P. (2014) Sodium intake in US ethnic subgroups and potential impact of a new sodium reduction technology: NHANES Dietary Modeling, *Nutr J.*, Vol.13 No.Dec Page.13:120.
- (18) 大羽和子, 丹羽栄二 (1993) 魚肉冷蔵中のイノシン酸分解に関与する2酵素に対する塩の阻害様式, 日本食品工業学会誌, Vol.40 No.8 Page.583-588.
- (19) 小坂紀子 (1971) コイ筋肉の 5'-Nucleotidase に関する研究, 和歌山信愛女子短期大学・信愛紀要, 第12号 Page.70-84.
- (20) Yada, O., Tsuchimoto, M., Wang, Q., Apablaza, P. A. G., Jabarsyah, A., Tachibana, K. (2001) Influence of interposition of pink muscle fiber into dorsal ordinary muscle on 5'-IMP degrading activity in various fish species, *Fisheries Science*, Vol.67 No.5 Page.948-955.
- (21) 富岡和子, 遠藤金次 (1984) 各種魚肉の K 値変化速度とイノシン酸分解酵素活性, 日本水産学会誌, Vol.50 No.5 Page.889-892.
- (22) 大泉徹, 日比野友紀, 松川雅仁 (2012) 魚肉中のイノシン酸分解酵素活性の食塩濃度依存性にみられる魚種特異性, 水産物の利用に関する共同研究, No.52 Page.3-7.
- (23) Seki, H., Osako, K., Hamada-Sato, N. (2014) Effect of bitterns and constituent salts on the inosinate phosphatase activity in horse mackerel muscle, *International Food Research Journal*, Vol.21 No.6 Page.2215-2220.
- (24) 小島渥, 土井敏男, 小野達也 (1988) 血合肉中におけるイノシン酸の分解とその酵素活性, 日本水産学会誌, Vol.54 No.2 Page.283-288.
- (25) Brzyska, M., Cieszczyk, M., Lobarzewski, J. (1997) The Effect of the Simultaneous Operation of Two Metal Ions on Soluble and Immobilized Peroxidase, *J Chem Technol Biotechnol.*, Vol.68 No.1 Page.101-109.
- (26) 井岡久, 岡本満 (2014) カレイ塩干品の品質改善について, 水産物の利用に関する共同研究, No.54 Page.58-61.
- (27) 成田正直, 阪本正博, 西紘平 (2004) 調査及び試

験研究の概要 I 総合企画部科学技術振興課所管事業 1.道立試験研究機関試験研究費 1.16 沖合底びき網漁船における漁獲物高鮮度保持技術の確立, 北海道立中央水産試験場事業報告書, Vol.2003 Page.156-159.

- (28) 成田正直 (2007) 水産加工シリーズ シャーベット海水氷による鮮度保持について, 北水試だより, No.74 Page.15-17.
- (29) Lauritzsen, K., Akse, L., Gundersen, B., Olsen, R. L. (2004) Effects of calcium, magnesium and pH during salt curing of cod (*Gadus morhua* L), J Sci Food Agric, Vol.84 No.7 Page.683-692.
- (30) 佐藤久美, 小川友理江, 長尾慶子 (2011) にがり添加がプディングの調理特性,抗酸化性ならびに嗜好性に及ぼす影響, 日本調理科学会誌, Vol.44 No.3 Page.200-205.
- (31) Akitas, N., Kaya, M. (2001) The influence of marinating with weak organic acids and salts on the

intramuscular connective tissue and sensory properties of beef, Eur Food Res Technol, Vol.213 No.2 Page.88-94.

- (32) 田中里佳, 藤井義博 (2009) 自然塩の可能性について—「宗谷の塩」を用いた官能検査—, 藤女子大学紀要 第2部, No.46 Page.35-41.
- (33) 伴みずほ, 山科舞子, 嶋崎美香, 松山由佳, 高沢弘明, 宮本有香, 福田正子 (2006) ミネラル含有量が異なる塩の官能評価, 京都短期大学紀要, Vol.34 No.1 Page.21-28.
- (34) 松永隆司, Chen, J., Y., 石川匡子, ZHANG, H. (2003) 沿岸海水を原料とする食塩(自然塩)の味覚要因の解明, 食に関する助成研究調査報告書, No.16 Page.19-27.
- (35) 大泉徹 (2005) 塩漬魚肉中で起こる筋原繊維タンパク質の変性様式とそれに及ぼす Ca, Mg および K の影響について, 2005 年度財団法人ソルト・サイエンス研究財団助成研究報告集, Page. 181-187.

Maintaining the Taste of Dried Fish by Using Bittern

Hiroko Seki, Naoko Hamada-Sato

Tokyo University of Marine Science and Technology

Summary

The pointhead flounder is mainly fished from the Sea of Japan, the Sea of Okhotsk, and the Pacific Northwest. As the quality of flounder generally deteriorates quickly, it is often processed and sold as dried fish. Salt is used in the production of dried fish, as it inhibits bacterial growth and preserves taste. Inosinic acid, or inosine monophosphate (IMP), is a major taste component in fish. After the fish dies, IMP is generated through the degradation of ATP; however, the IMP-degrading enzyme IMPase converts IMP to inosine, which does not contribute to taste. Suppression of IMPase activity is important for maintaining the taste of fish. It has been reported that sodium chloride (NaCl), which is used in fried fish, inhibits IMPase activity in various fish. Therefore, we hypothesized that NaCl may also inhibit IMPase activity in the pointhead flounder. In most cases, high concentrations of NaCl are used in the production of dried fish. However, as excessive salt intake has recently been shown to increase the risk of cancer and hypertension, an alternative method that requires less salt is needed. However, in foods like dried fish, in which high salt concentrations are required to prevent bacterial contamination during long-term storage, the concentration of NaCl cannot be decreased. Bittern is a compound containing high concentrations of NaCl, and is a byproduct of salt manufacture. Bittern is a liquid composed primarily of NaCl and magnesium chloride ($MgCl_2$); therefore, it shows strong potential for use in the processing of dried fish. In this study, we aimed to investigate the effects of NaCl, $MgCl_2$, and a combination of both on IMPase activity in the pointhead flounder and assess the potential of bittern as an alternative to the excess use of salt. To determine the viability of using bittern for dried fish processing, we compared fish dried using salt and fish dried using salt and bittern by measuring the IMP concentration of each sample and comparing the taste through a sensory evaluation test. We found that IMPase activity was inhibited by NaCl, but not by $MgCl_2$; the greatest IMPase inhibition was observed after treatment with NaCl containing low concentrations of $MgCl_2$. The concentration of IMP in bittern-salted-dried samples was considerably higher than that in salt-dried samples. The sensory evaluation test did not show a significant difference in taste between the two samples, indicating that bittern preserved the taste of the fish. Therefore, bittern is a promising alternative for the production of salted dried fish.