

## 研究論文

## 塩中マグネシウム濃度の魚醤醸造への効果

丹羽昭夫\*<sup>1</sup>、宮田秀雄\*<sup>1</sup>

## Effect of Magnesium Concentration of Salt used for Fish Sauce during Fermentation

Akio NIWA\*<sup>1</sup> and Hideo MIYATA\*<sup>1</sup>Food Research Center\*<sup>1</sup>

塩中のにがり成分の主成分であるマグネシウム(以下 Mg)の魚醤製造への影響を検討した。魚醤の収率は収率差分より塩中 Mg 濃度の 100mg/100g の増加につき 1.5%上昇とわずかに上昇する傾向が認められた。醸造しうる魚醤の最大量の 1/2 の量を醸造するのに要する期間(T)は塩中 Mg 含量が増加するにつれて短くなる傾向にあった。最大で約 1 日の短縮、10%程度の差が認められた。魚醤の成分について、醸造期間が進むにつれて全窒素と総遊離アミノ酸量はいずれも増加、プロテアーゼ活性と魚醤 Mg 含量は減少した。魚醤 Mg 含量と pH で負の相関が認められた。

## 1. はじめに

当センターでは漁業資源の利用法として魚醤の研究開発を行ってきた。カタクチイワシ<sup>1)</sup>、メヒカリ<sup>2)</sup>については製品化されており、三河湾に多く生息するアカエイのあらについても研究を行っている<sup>3)</sup>。

これらの未利用資源に関して、魚が持つプロテアーゼによりたんぱく質を分解し、うまみ成分を生成させる魚醤は有効な活用方法と考えられる。魚醤は、新鮮な魚と塩、時として麹を主な原料として製造され、製造中に魚、または添加された麹が持つプロテアーゼにより魚醤が生成される。しかし、これには伝統的な魚醤の醸造方法では 1 年以上を要する。醸造期間を短縮する方法として加温して醸造する温醸やプロテアーゼの添加が考えられるが、いずれも設備投資が必要などコスト高となり、小規模企業での導入は大きな負担となる。

そこで著者らはコストがかからない他の方法を探求する過程で、塩中のにがり成分の主成分であるマグネシウム(以下 Mg)が収量を向上させることを発見し、本研究では Mg の増量による効果を検討した。Mg がプロテアーゼ活性を向上させる報告はなく、なぜ収量が向上するのかを追求するため、醸造された魚醤について各種成分を分析し、その関係を精査した。

## 2. 実験方法

## 2.1 試料

試料となるメヒカリ(Mg 濃度 47mg/100g)及びニギス(同 50mg/100g)は蒲郡市形原漁港で水揚げされたものを

冷凍された状態で提供を受けた。塩として塩化ナトリウム(試薬特級)(同 2mg/100g)、食塩(同 18mg/100g)、並塩(同 53mg/100g)及び並塩に 0.45%の塩化マグネシウム六水和物(試薬特級)を添加し並塩の 2 倍相当の Mg 量としたもの(同 107mg/100g)の 4 種類を用いた。

## 2.2 魚醤の試作

混合機 KM600((株)愛工舎製作所製)にフードグラインダー AT950A((株)ケンウッド製)を取り付けたミートチョッパーで細断した魚(メヒカリ、ニギス)200g をポリプロピレン袋に入れ、細断した魚の重量に対し 19%の塩を加えて混合し、密閉した。醸造前の重量を測定後、恒温器 KI-5((株)東洋製作所製)を用いて 30℃で 13、31、60、90、133、180 日間保温して醸造を行い、醸造後の重量を測定した。粗ろ過は熟成後の魚醤もろみを 40 メッシュでΦ80mm、深さ 40mm の金網こし器に入れ 24 時間以上粕を分離した。粗ろ過後のろ液 50mL を 50mL プラスチック遠沈管に入れ、3L の湯せんで加熱し、85℃に到達後 30 分保温した。流水冷却後 4℃で 3 日静置した。これを 125mm の No.2 ろ紙(東洋濾紙(株)製)をひだ折りにしてろ過したものを火入れ魚醤とした。また粗ろ過後のろ液の一部を加熱せず同様にろ紙でろ過したものを生魚醤とした。

## 2.3 醸造期間短縮効果の評価

## 2.3.1 魚醤の収率及びその差分

収率(Y)は粗ろ過後ろ液重量より次の式により求めた。

$$Y(\%) = (f + d) \times 100 / m$$

ここで f はろ液重量、d は重量減分(醸造前重量と醸造

\*1 食品工業技術センター 保蔵包装技術室

後重量の差)、 $m$  は仕込み重量の値とする。

塩の違いによる収率の差分( $\Delta Y$ )は次の式により求めた。

$$\Delta Y(\%) = Y - \bar{Y}$$

ここで $\bar{Y}$ は同一試料魚、同一醸造期間での各試験区の収率の平均値を示す。

### 2.3.2 醸造しうる魚醤の最大量の 1/2 の量を醸造するのに要する期間

分解速度を評価するため、醸造しうる魚醤の最大量の 1/2 の量を醸造するのに要する期間を求め、これを  $T$  と表記する。醸造期間  $x$  での収率を  $Y(x)$  として、 $Y(T)$  は醸造しうる魚醤の最大量  $Y(\infty)$ 、及び  $Y(0)$  と  $Y(T)$  の切片 0 での一次相関の傾き  $a$  との間に  $2Y(T) = Y(\infty) = 2aT$  の関係が成立する。また醸造を終了させた時点を  $E$  として、 $Y(E)$  と  $Y(E-T)$  の一次相関の傾き  $b$  との間に  $Y(E) - Y(E-T) = Y(\infty) - Y(E) = bT$  が成立する。これより  $T$  は以下の通りとなる。

$$T(\text{day}) = Y(E) / (2a \cdot b)$$

$a$  は 50%に近いと考えられた 15 日程度の期間(13~16 日)の仕込みを各魚種で 6 回( $n=6$ )行い、その収率と醸造期間を用いて切片 0 で最小二乗法を用いて算出した。 $b$  は 135 日及び 180 日の仕込みを各 2 回( $n=2$ )行い、その収率より以下の式で醸造終了 15 日前の 165 日の収率  $Y(165)$  を求めた。3T 期間の醸造の前、中間、後の  $T$  の期間での醸造される魚醤量の比は 4:2:1 となることから  $Y(180) - Y(165)$  は  $Y(180) - Y(135)$  の 1/7 となる。

$$Y(165) = Y(180) - (Y(180) - Y(135)) / 7$$

$Y(165)$  と  $Y(180)$  より最小二乗法で  $b$  及び切片  $I$  を算出し、これらの数値より以下の式で  $T$  を求めた。

$$T(\text{day}) = (I + 180b) / (2a \cdot b)$$

## 2.4 魚醤の成分分析

### 2.4.1 全窒素、総遊離アミノ酸量、Mg

全窒素(N)、総遊離アミノ酸(AA)、魚醤 Mg(M) は日本食品標準成分表 2020 年版(八訂)分析マニュアル・解説に従い<sup>4)</sup>、N はケルダール法、AA はアミノ酸自動分析装置法、M は原子吸光光度計法により分析した。

### 2.4.2 pH7.0 でのプロテアーゼ活性

pH7.0 でのプロテアーゼ活性(P)はしょうゆ試験法<sup>5)</sup>の中性プロテアーゼ測定法に従って調製したミルクカゼイン溶液 (pH7.0) 2mL に魚醤の 50 倍または 100 倍希釈液 1mL を添加し、30℃で 1000 分間反応させた。これに 5%トリクロロ酢酸溶液 3mL を添加し、上清を回収し、280nm の吸光度を測定した。対照は 5%トリクロロ酢酸溶液を先に加え、その後魚醤希釈液を入れて同じ操作を行った。吸光度よりチロシン相当量を求め、試験液と対照との差より酵素活性を求めた。1ml の魚醤が 1 分間に  $\mu\text{g}$  単位で増加させるチロシン相当量を IU とした。

### 2.4.3 pH

pH は pH メーター F-72((株)堀場製作所製)により測定した。

### 2.4.4 魚醤各成分の差分

全窒素、総遊離アミノ酸量、pH7.0 でのプロテアーゼ活性、魚醤 Mg、及び pH の差分(順に  $\Delta N$ 、 $\Delta AA$ 、 $\Delta P$ 、 $\Delta M$ 、 $\Delta \text{pH}$ )は収率の差分と同様に同一試料魚、同一醸造期間の魚醤の結果の平均値を用いて計算し、ホルムの方法により有意差を評価した。

## 3. 実験結果及び考察

### 3.1 醸造期間短縮効果の評価

#### 3.1.1 魚醤の収率及びその差分

魚醤の収率 ( $Y$ )を 図 1 に示す。 $Y$  はいずれも醸造期間が進むにつれ上昇した。180 日後の  $Y$  はメヒカリの方がニギスよりやや高く、塩中 Mg 濃度が高くなるほどわずかに  $Y$  が高くなる傾向が見られた。図 2 に収率の差分

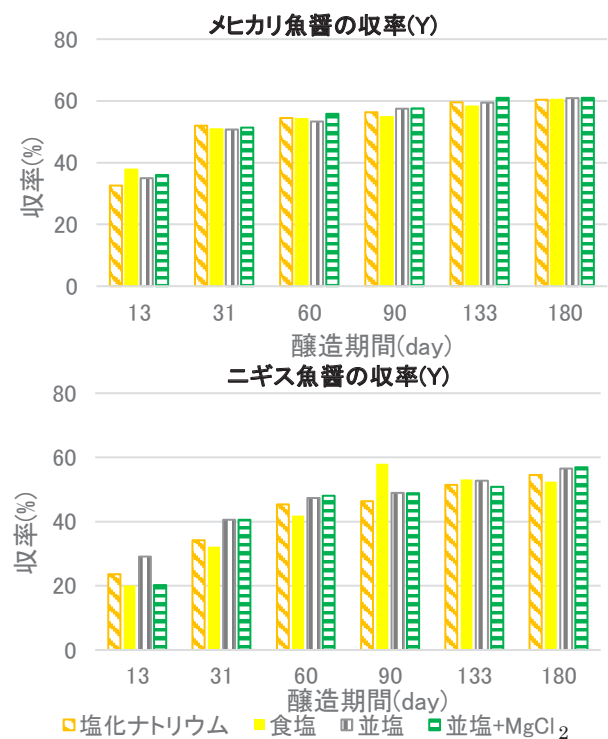


図 1 魚醤の収率 (上)メヒカリ (下)ニギス

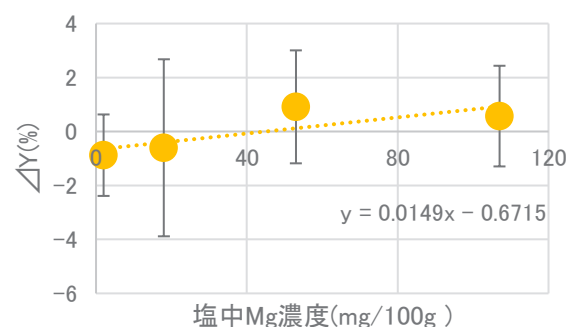


図 2 収率の差分

( $\Delta Y$ )の結果を示す。 $\Delta Y$ の近似線から塩中 Mg 含量の 50mg/100g の増加につき Y が 0.75% 上昇とわずかに上昇する傾向が認められた。

### 3.1.2 醸造しうる魚醤の最大量の 1/2 の量を醸造するのに要する期間

Y の上昇率が小さいのは醸造期間が進むにつれて試料の分解可能な部分が減少して差が小さくなるためと考えられたため、醸造しうる魚醤の最大量の 1/2 の量を醸造するのに要する期間(T)を求めた。計算上はこの期間の 5 倍の期間で 95%以上、7 倍で 99%以上分解するため分解期間の推定にも使用できると考えられた。表 1 に示すように、T は塩中 Mg 含量が増加するにつれて短くなる傾向にあった。メヒカリよりニギスで差が大きく、NaCl 試験区と比べ並塩試験区で最大 1.3 日、約 10% 程度の差が認められた。これは醸造期間 1 年分のうち約 38 日短縮されることを意味する。食塩試験区からは約 22 日の短縮となる。並塩は食塩より安く、並塩の使用でコスト低下が期待できる。しかし並塩+塩化マグネシウム試験区では並塩試験区より長くなったことから、並塩以上の Mg 含量では効果が頭打ちになると考えられた。

表 1 魚醤の T

試料	メヒカリ	ニギス
塩	T(day)	T(day)
塩化ナトリウム	11.4	12.3
食塩	11.7	11.7
並塩	11.1	11.0
並塩+MgCl <sub>2</sub>	11.3	11.8

## 3.2 成分分析

### 3.2.1 魚醤の全窒素、総遊離アミノ酸量、pH7.0 でのプロテアーゼ活性、魚醤 Mg 及び pH

魚醤の魚醤の全窒素(N)、総遊離アミノ酸量(AA)、pH 7.0 でのプロテアーゼ活性(P)、魚醤 Mg(M)の結果を図 3 に示す。醸造期間が進むにつれて N と AA いずれも増加した。これはたんぱく質分解が進行した結果と考えられた。いずれもメヒカリよりニギスの方が高かった。

醸造期間が進むにつれて P は減少した。これは酵素の失活が進行した結果と考えられた。

M は醸造期間が進むにつれて減少する傾向にあった。仕込み配合から M は少なくとも約 40mg/100g はあると推定されるが、どの試験区もこれより少なかった。これは Mg イオンがリン酸イオンとアンモニウムイオンと結合して不溶性のストルバイトが生成され不溶化、分離したためと考えられた。また時として 0mg/100g 付近まで減少しているものが見られたため、M と pH との相関を

調べたところ、図 4 に示すように M と pH は負の指数での相関関係が認められた(図では M は対数で示されている)。これは pH が高いほどストルバイト不溶化が促進されるためと考えられた<sup>6)</sup>。

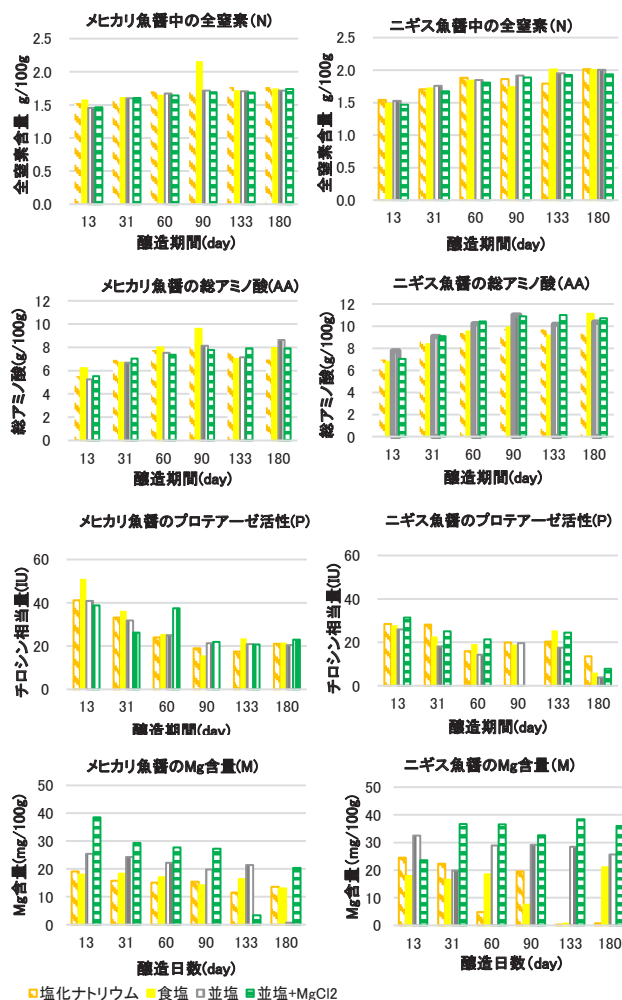


図 3 魚醤の成分分析(上から N、AA、P、M、左半分メヒカリ、右半分ニギス)

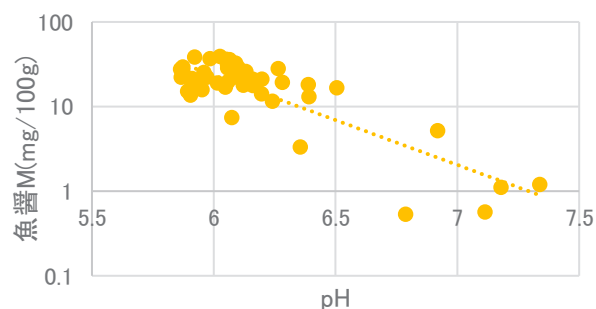


図 4 魚醤 Mg と pH

### 3.2.2 魚醬各成分の差分

全窒素、総遊離アミノ酸量、pH7.0でのプロテアーゼ活性、魚醬 Mg、及び pH の差分(順に  $\Delta N$ 、 $\Delta AA$ 、 $\Delta P$ 、 $\Delta M$ 、 $\Delta pH$ )の結果を図 5 に示す。差分の近似線より、 $\Delta AA$  は 0.20g/50g 上昇、これに対し  $\Delta N$  は塩中 Mg 濃度 50mg/100g の増加につき 0.013g/50g とむしろ低下傾向だった。N にはアンモニウムイオンの窒素も含まれており、 $\Delta AA$  上昇に対し  $\Delta N$  が低下したのはストルバイト生成によるアンモニウムイオンの減少によると考えられた。

$\Delta M$  が塩中 Mg 濃度 50mg/100g の増加につき 7.4mg/100g 上昇、一方  $\Delta pH$  では 0.14 の低下が見られた。Mg 量増加によるストルバイト生成増加が pH に影響を及ぼしている可能性が示唆された。

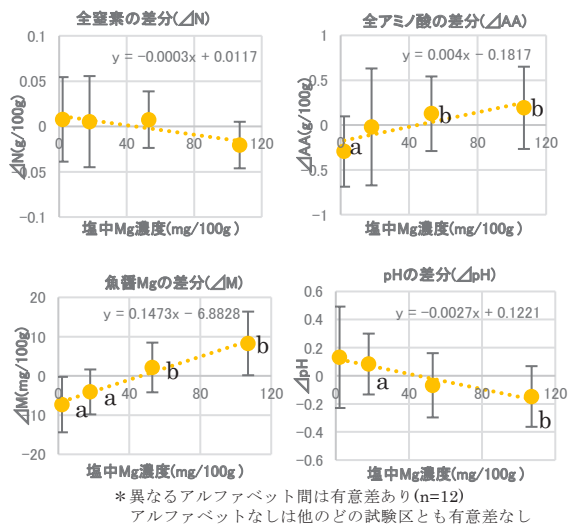


図 5 魚醬の各成分の差分(左上:  $\Delta N$ 、右上:  $\Delta AA$ 、左下:  $\Delta M$ 、右下:  $\Delta pH$ )

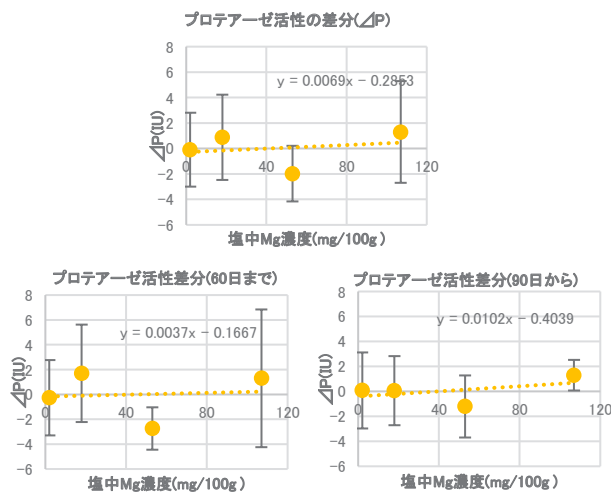


図 6 魚醬の醸造期間別のプロテアーゼ活性差分(上) 全期間、(左下)60 日まで、(右下)90 日から

$\Delta P$ の結果を図 6 に示す。 $\Delta P$ は塩中 Mg 濃度 100mg/50g の増加につき 0.35IU とわずかな上昇で、増加傾向があるとは言えない。ただし期間後半の 90 日からの期間での  $P$  が塩中 Mg 含量 100mg/100g の増加につき 1.0IU の上昇と前半の 60 日までの期間の 0.37IU より大きかった。このような結果には Mg 濃度による酵素安定性の違いが関わっている可能性が考えられたが、さらなる調査が必要である。

## 4. 結び

魚醬製造への Mg の影響を検討した。その結果、

- (1) 収率は収率差分の近似線から塩中 Mg 濃度の 100mg/100g の増加につき収率が 1.5%上昇とわずかに収率が上昇する傾向が認められた。
- (2) 醸造する魚醬の最大量の 1/2 の量を醸造するのに要する期間は塩中 Mg 含量が増加するにつれて短くなる傾向にあった。メヒカリよりニギスで差が大きく、最大 1.3 日、約 10%程度の短縮が認められた。
- (3) 魚醬の成分について、醸造期間が進むにつれて全窒素(N)と総遊離アミノ酸量(AA)はいずれも増加、プロテアーゼ活性 ( $P$ ) と魚醬 Mg(M)は減少した。M と pH で負の相関が認められた。

## 謝辞

本研究の実施に当たって、試料の提供に協力いただいた喜栄丸カベヤ水産加工に感謝します。

## 文献

- 1) 山本晃司, 加藤文雄, 木島勲, 村瀬誠: 愛知県食品工業技術センター年報, **41**, 17 (2000)
- 2) 丹羽昭夫: あいち産業科学技術総合センターニュース 2019 年 2 月号, **5** (2019)  
[https://www.aichi-inst.jp/other/up\\_docs/no.203\\_03.pdf](https://www.aichi-inst.jp/other/up_docs/no.203_03.pdf), (2025/4/1)
- 3) 丹羽昭夫, 吉富雄洋: あいち産業科学技術総合センター研究報告, **11**, 130 (2022)
- 4) 安井明美, 渡邊智子, (一財)日本食品分析センター編: 日本食品標準成分表 2020 年版(八訂)分析マニュアル・解説(2023), 建帛社
- 5) 財団法人日本醤油研究所: しょうゆ試験法(1985), 日本醤油研究所
- 6) 舟場正幸, 阿部又信: ペット栄養学会誌, **15**(2), 85 (2012)