

〔生物工学会誌 第71巻 第4号 245-251. 1993〕

魚粉麴による魚醬油の製造

早川 潔^{1*}・上野 義栄¹・中西 貞博¹・本多 靖²
 小室 均²・菊島 直³・荘 咲子³

京都府中小企業総合センター,¹ 京都府醬油醸造協業組合,² (株)菱六³

¹〒600 京都市下京区中堂寺南町17

²〒629-04 船井郡丹波町豊田下川原

³〒605 東山区松原通大和大路東入二丁目

(平成4年10月12日受付 平成5年3月28日受理)

Production of fish sauce from fish meal treated with *koji*-mold. KIYOSHI HAYAKAWA,^{1*} YOSHIE UENO,¹ SADAHIRO NAKANISHI,¹ YASUSHI HONDA,² HITOSHI KOMURO,² SUNAO KIKUSHIMA,³ and SAKIKO SHOU,³ (*Kyoto Prefectural Comprehensive Guidance Center for Small and Medium Enterprises, Chudoji Minami-machi 17, Shimogyo-ku, Kyoto 600*¹; *Kyoto Soy-Sauce Cooperative Association, Shimogawara, Toyota, Tanba-cho, Funai-gun, Kyoto 629-04*²; *Hishiroku Co., Ltd., Yamatoji-higashiiru, Matsubaradori, Higashiyama-ku, Kyoto 605*³) *Seibutsu-kogaku* 71: 245-251, 1993.

A new process was developed to digest fish meal with *koji*-mold to produce fish sauce without an unpleasant fish odor. A similar method of mold cultivation of soy sauce resulted in abundant growth of *koji*-infecting bacteria. Good fish meal *kojis* were obtained with low water content, about 28% of the *koji* medium at seeding, using a *katsuobushi-koji* starter, *Eurotium repens* HG-306, and a soy-*koji* starter, *Aspergillus oryzae* HO-117. The fish meal *koji* was mixed thoroughly with sodium chloride solution, made into *moromi* mash and fermented at 25°C for a period of 180 d. The fish sauce obtained in the new process had a pleasant smell. A sake-*koji* starter, *Aspergillus oryzae* H-3, was also effective as a *koji* starter in this process.

日本では古くから、大豆を麴菌で発酵分解させた醬油が芳醇な香りを持ち、また大量生産が可能な調味料として愛用されてきた。しかし、最近調味料の多様化が進んでおり、醬油以外の特徴をもった味も求められている。とりわけ豊富な原料として供給が可能である魚の調味料化が注目されている。

魚を原料とする調味料は、魚醬として東南アジアの諸国で広く用いられ、また、国内においてもしょっつる、いしり、あるいはいかなご醬油などが一部の漁村地域で用いられている。しかし、魚醬は呈味的にはすぐれているものの、魚がもつ生臭味、魚を塩づけにする際に生じる独特の臭気、飽和にちかい高食塩濃度などの欠点を持っている。さらに、生魚を扱うことや熟

成に長期間を要することなど生産上の制約もある。そのために魚醬は一部の地域や、かくし味としての用途を除き、国内ではほとんど用いられていないのが現状である。

一方、魚醬の欠点を克服するための試みも種々なされている。魚醬の熟成期間の短縮については、各種のタンパク質分解酵素を用いる方法¹⁻⁵⁾などがあり、香りの改善についても、魚醬諸味などに麴^{3,6)}やリンアップル果汁⁵⁾を添加する方法による臭気のマスキング効果が報告されている。また、従来の魚醬と異なった原料および製法については、フィッシュソルブルを白糠とともに製麴することにより、魚臭の主な原因物質であるトリメチルアミンが分解され、香りのよい魚醬油が得られたことが報告されている。⁷⁾

著者らは、このような背景のもとに、また魚資源の

* 連絡先, Corresponding author.

有効利用をはかるために、乾燥魚粉を原料とし雑菌繁殖を防ぐために低水分で製麴することにより醤油並の低塩分で熟成期間が短く、かつ魚臭のない魚醤油の製造法を開発したので報告する。

実験方法

供試原料 魚粉はニチモウ(株)製の、湿式法⁹⁾により製造されたフィッシュミールを用いた。本フィッシュミールは、まいわしの全魚体を原料とし、蒸煮圧搾により水分と油脂を除去し、固形分を乾燥、粉碎し、粗粒状としたものである。通常は飼料用として生産され、抗酸化剤である 6-Ethoxy-1,2-dihydro-2,2,4-trimethylquinoline (エトキシキン) が添加されているが、本実験は食品用としてエトキシキン無添加のものを用いた。Table 1 にその成分分析値を示した。割砕小麦は小麦を約 175°C で 2~3 分間ばい焼し、割砕したものをを用いた。

使用菌株 種麴メーカーである(株)菱六保存の麴菌、*Eurotium repens* HG-306 (麹節用麴菌)、*Aspergillus oryzae* HO-117 (醤油用麴菌)、*Aspergillus oryzae* H-1010 (豆味噌用麴菌)、*Aspergillus oryzae* H-3 (清酒用麴菌)、*Aspergillus usamii* HS-183 (焼酎用麴菌) および麹節用麴菌の近縁種として *Eurotium chevalieri* IFO 4086 (麹節起源) をそれぞれ蒸米に繁殖させ、種麴として用いた。

製麴方法 魚粉 2 kg に、目的とする初発水分含量になるように水を加え、水分蒸発を防ぐため高圧滅菌用ポリ袋に入れ、100°C で 30 分間蒸煮した。この蒸煮魚粉に割砕小麦 2 kg および各麴菌の種麴 8 g をそれぞれ混合し、ヤエガキ醸造(株)製自動製麴装置 HK-15 で最低温度 30°C、最高温度 40°C に調節し、72 時間製麴した。

諸味の仕込方法 出麴を 18% 食塩水 5 l に混合し、諸味の発酵を促進させるため、京都府醤油醸造協業組合で 6 ヶ月間発酵させた醤油諸味 100 ml を加え、25°C で発酵させた。

分析・測定方法

1) 麴の酵素力価の測定 プロテアーゼおよびアミ

Table 1. Chemical analyses of fish meal.

Moisture (%)	9.3
Crude protein (%)	68.1
Crude fat (%)	9.1
Ash (%)	13.3
Trimethylamine (mg/100 g)	37.5

ラーゼは国税庁所定分析法⁹⁾に準じて分析した。

2) 麴の細菌数の測定 麴中の細菌数は、日本製薬(株)製の抗菌培地「ダイゴ」を用いて希釈平板培養法により計測した。

3) 諸味の一般成分分析 全窒素、窒素溶解利用率、食塩の測定はしょうゆ試験法¹⁰⁾に基づき行った。

4) 諸味のアミノ酸分析 (株)島津製作所製液体クロマトグラフ LC-9A で強酸性陽イオン交換樹脂カラム Shim-pack Isc-07Na 型 (スルホン基を持つスチレン-ジビニールベンゼン共重合体) を用い分析した。

5) トリメチルアミンの分析 麴および諸味搾汁中のトリメチルアミンの測定は馬場ら¹¹⁾のガスクロマトグラフ法で行った。

結 果

魚粉の製麴に及ぼす水分含量の影響 魚臭の除去と魚タンパク質の分解を行うために魚粉の製麴について検討した。種麴はタンパク質の分解力が強いと考え

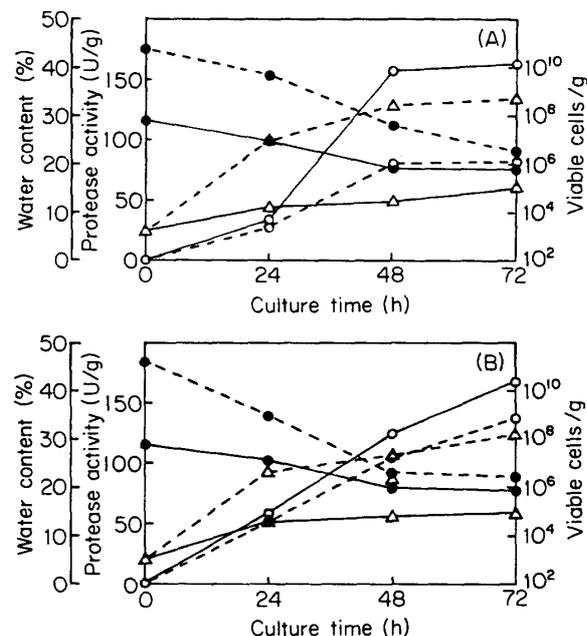


Fig. 1. Time courses of water content, protease activity, and the growth of koji-infecting bacteria during mold cultivation of *E. repense* HG-306 (A) and *A. oryzae* HO-117 (B) at different initial water contents of 45% and 28%. Fish meal sterilized by steam and wheat starter were mixed with koji, their water contents were adjusted, and they were cultivated for 72 h at 30°C in a mold cultivation apparatus. Lines: —, water content of 28%; ---, water content of 45%. Symbols: ●, water content; ○, protease activity; △, viable bacteria cells.

られることから醤油用麹菌 *A. oryzae* HO-117 と魚粉によく生えると考えられることから経節用麹菌 *E. repens* HG-306 を用いた。培地の初発水分含量は醤油製麹時と同等の約45%および細菌類の汚染が少ないと思われる約28%に調節し、製麹した。

Fig. 1A は *E. repens* HG-306, B は *A. oryzae* HO-117 について、初発水分含量45%および28%での麩中の水分含量、プロテアーゼ生成量と細菌数の経時変化をそれぞれ示したものである。また、Fig. 2 は、盛り込み後48時間での *E. repens* HG-306 の菌糸の伸張と細菌類の繁殖の状態を走査型電子顕微鏡で観察したものである。

E. repens HG-306 では、初発水分含量45%においては菌糸の伸張が抑制気味であり、そのうえ、菌糸上にも細菌が多数分布し麩全体へと蔓延し、プロテアーゼ生成量も低かった。これに対し、初発水分含量28%においては細菌繁殖が低水分のため抑制され、乾燥に強い麹菌が順調に増殖し、菌糸上および周辺部には細菌がまったく見られずプロテアーゼ力価が高い良好な麩が得られた。*A. oryzae* HO-117 においても、45%でのプロテアーゼ生成量の低下がやや少なかった点を除いて、同様の傾向が見られた。

次に、魚粉の製麹における最適初発水分含量について検討した。Fig. 3A は *E. repens* HG-306, B は *A. oryzae* HO-117 について、初発水分含量、出麩中のプロテアーゼ量と汚染細菌数の関係をそれぞれ検討した結果であ

る。

出麩中のプロテアーゼ生成量は、*E. repens* HG-306 においては初発水分含量25%を過ぎた頃から急激に上昇し始め35%では下降した。*A. oryzae* HO-117 においては上昇は同じであったが、40%に至るまでのかなり広い範囲で高い数値を示した。一方、両菌株共に水分含量の増加にともなって出麩中の汚染細菌数は対数的に増加し、水分30%前後において細菌数はほぼ 10^5 のレベルであったものが、40%付近では 10^8 cells/g にも達した。これらの結果より、両菌株共30%前後での製麹がもっとも適切と考えられた。

各種麹菌による低水分域での製麹 魚粉含有培地においては、高い初発水分含量で製麹すると細菌汚染が進行し、良好な麩が得られないこと、逆に、30%程度という低い初発水分含量では細菌数、プロテアーゼ生成量および菌糸の伸張からみて良好な出麩が得られることが明らかとなった。

そこで、この低水分域において製麹する場合、さらに適した麹菌について検討するために、6種類の麹菌を用いて製麹実験を行った。

水分含量を約28%に設定した魚粉含有培地にそれぞれの麹菌の種麩を重量で1/500量接種し、30°C で72時間製麹し、それぞれの出麩のプロテアーゼ、 α -アミラーゼ力価と細菌数を Table 2 に示した。

経節用麹菌 *E. repens* HG-306、経節から分離された

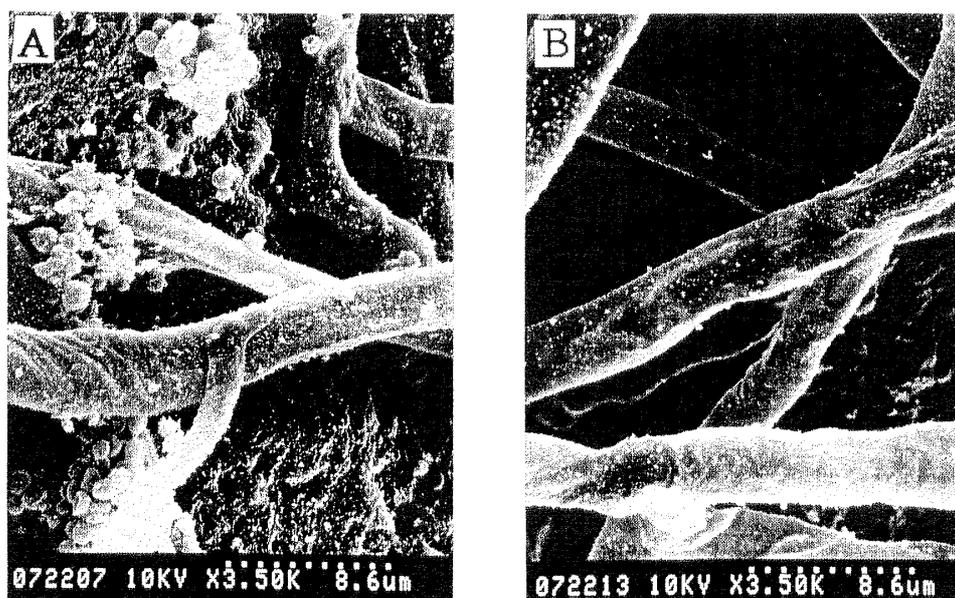


Fig. 2. Scanning electron micrograph of mycelium of *E. repens* HG-306 cultivated on fish meal for 48 h with high (A) and low (B) water content. In Fig. A, bacteria were observed on the mycelium. Cultivation was the same as in Fig. 1.

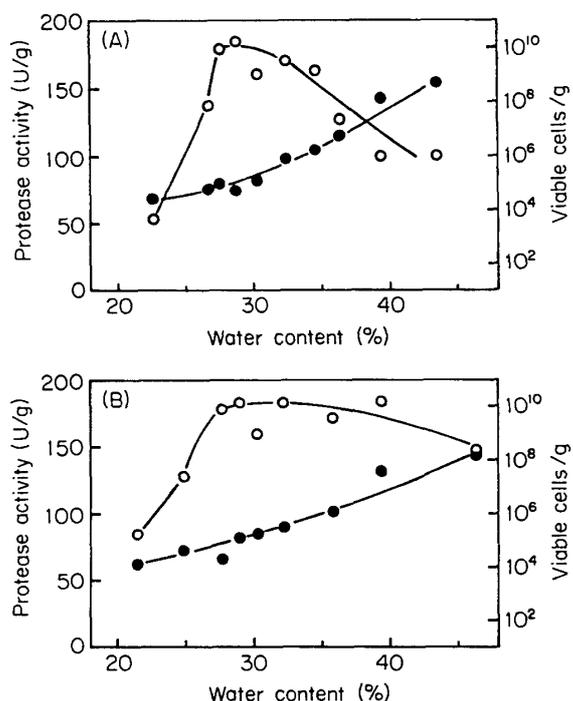


Fig. 3. Influence of water content of the medium on growth of *koji*-infecting bacteria and production of protease during mold cultivation of *E. repens* HG-306 (A) and *A. oryzae* HO-117 (B). Cultivation was the same as in Fig. 1. Symbols: ○, protease activity; ●, viable cells of bacteria.

E. chevalieri IFO 4086, 醤油用麹菌 *A. oryzae* HO-117 および清酒用麹菌 *A. oryzae* H-3 は高いプロテアーゼ力価を示し、また、肉眼的にも菌糸がよく伸長した出麴が得られた。豆味噌用麹菌 *A. oryzae* H-1010 と焼酎用麹菌 *A. usamii* HS-183 については、プロテアーゼ力価が比較的低く、出麴の固まりかたも悪く、繁殖が幾分抑制気味であった。製麴中における細菌数の増加は、いずれの麹菌を用いた場合も 10⁵ cells/g 前後であり、低水分のために細菌類の繁殖が低く抑えられた。

Table 2. Enzyme activities in fish meal *koji* inoculated with various *koji* starters.

<i>Koji</i> -starter	Protease (pH 3)	Protease (pH 6)	α -Amylase	Bacteria (cells/g)
<i>E. repens</i> HG-306	100.8	163.3	20.4	5.2 × 10 ⁴
<i>E. chevalieri</i> IFO 4086	110.3	165.9	21.4	4.3 × 10 ⁵
<i>A. oryzae</i> HO-117	131.5	169.5	26.6	5.9 × 10 ⁴
<i>A. oryzae</i> H-1010	128.8	122.3	32.2	4.0 × 10 ⁵
<i>A. oryzae</i> H-3	97.5	166.3	29.4	1.2 × 10 ⁶
<i>A. usamii</i> HS-183	172.1	85.5	24.0	6.6 × 10 ⁴

Each fish meal *koji* was cultivated with a low water content (28%). Determination of enzyme activities was carried out as described in the text.

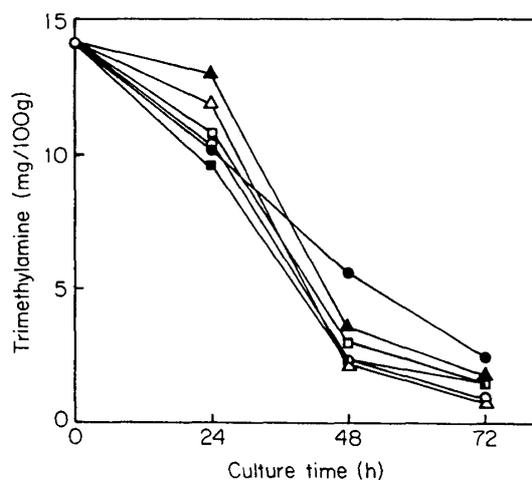


Fig. 4. Time courses of variations in trimethylamine content during mold cultivation at low water content. Cultivation was the same as in Fig. 1. Symbols: ○, *E. repens* HG-306; ●, *E. chevalieri* IFO 4086; △, *A. oryzae* H-3; ▲, *A. oryzae* HO-117; □, *A. oryzae* H-1010; ■, *A. usamii* HS-183.

次に、魚粉における魚臭の主な原因物質と考えられる、トリメチルアミンの製麴中の消長について Fig. 4 に示した。いずれの麹菌においても、72時間の製麴によりトリメチルアミンが1/6 から 1/20程度に減少することが判った。

これらの結果より、*E. repens* HG-306, *E. chevalieri* IFO 4086, *A. oryzae* HO-117 および *A. oryzae* H-3 は、初発水分含量約28%という低水分においても魚粉含有培地に十分繁殖し、プロテアーゼが高く細菌数の低い、また、トリメチルアミン含量の少ない良好な出麴の得られることが判った。

各種麹菌を用いた魚麴諸味の性質 各種麹菌を用い、低水分で製麴した出麴を18%の食塩水で仕込み、25°C で6ヵ月間諸味の分解を行った。

Fig. 5 は各諸味搾汁における全窒素の経時変化であ

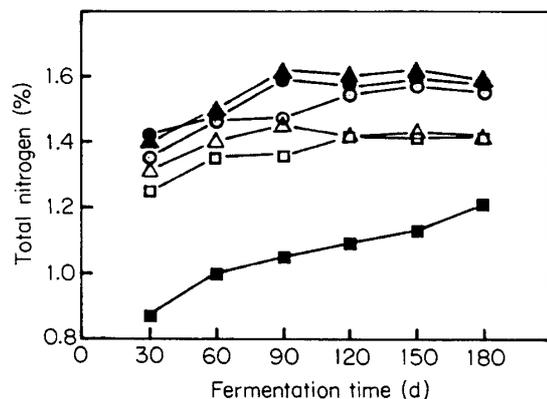


Fig. 5. Time courses of variations in total nitrogen content of the filtrate during fermentation of fish meal koji treated with various koji molds. Each fish meal koji was cultivated with a low water content (28%), and fermented as described in the text. Symbols: ○, *E. repens* HG-306; ●, *E. chevalieri* IFO 4086; △, *A. oryzae* H-3; ▲, *A. oryzae* HO-117; □, *A. oryzae* H-1010; ■, *A. usamii* HS-183.

る。 *E. repens* HG-306, *E. chevalieri* IFO 4086 と *A. oryzae* HO-117 により製麩した場合はほぼ同程度に窒素の溶出が多かった。次いで, *A. oryzae* H-3 および *A. oryzae* H-1010 で製麩した諸味での溶出が多く, *A. usamii* HS-183 は少なかった。

Table 2 と Fig. 5 とを比較すると, 中性プロテアーゼの量と諸味搾汁における全窒素量とがほぼ対応している。すなわち本プロセスにおいては中性プロテアーゼの生産の多い麩菌ほど窒素の溶出が多い傾向がみられた。

Table 3 は, 各諸味搾汁について, 食塩量, 全窒素

量, 窒素溶解利用率およびトリメチルアミン量を測定し, さらに液体クロマトグラフィーにより17種の遊離アミノ酸の合計とグルタミン酸量を定量した結果を示したものである。全窒素量の高い *E. repens* HG-306, *E. chevalieri* IFO 4086, *A. oryzae* HO-117 とを比較すると, *E. repens* HG-306 と *E. chevalieri* IFO 4086 は *A. oryzae* HO-117 よりも遊離アミノ酸の合計およびグルタミン酸ともに多かった。

Table 4 は, *E. repens* HG-306 を用いて製造した魚醤油, 市販の魚醤油2種および大豆の生揚醤油のアミノ酸含量を比較したものである。これらはいずれもグルタミン酸とロイシンを共通した主要成分として含むが, 生揚醤油はアスパラギン酸を, 本研究で製造した魚醤油と市販魚醤油はリジンを多く含んでいた。これは大豆と魚肉のタンパク質構成アミノ酸組成の違いによるものと推察される。比較的多く含まれるアミノ酸に関しては, 魚を原料とした製品に類似点が見られた。

考 察

特徴ある調味料として, 魚の調味料化が注目されている。本研究においては, 安価で, 異臭の少ない調味料を工業的に製造するプロセスを開発することを目的として, 低水分製麩法を中心とする魚原料の調味料化について検討した。

生魚はそのまま製麩ができないこと, 原料の保存や加熱乾燥加工に手間がかかることから原料としては不適であり, 乾燥魚粉または煮干や鰹節が工業的にもっとも利用しやすい原料といえる。今回開発した乾燥魚

Table 3. Chemical analysis of fish sauces made from fish meal inoculated with various koji starters.

Koji starter	pH	NaCl (g/100 ml)	Total nitrogen (g/100 ml)	Free amino acid (g/100 ml)	Glutamic acid (g/100 ml)	Trimethylamine (mg/100 ml)	Nitrogen utilization rate (%)
<i>E. repens</i> HG-306	4.7	15.3	1.55	5.40	0.94	—	57.5
<i>E. chevalieri</i> IFO 4086	4.8	15.3	1.57	5.62	1.00	—	58.2
<i>A. oryzae</i> HO-117	4.7	15.4	1.59	4.43	0.64	—	56.6
<i>A. oryzae</i> H-1010	4.8	15.4	1.40	4.83	0.77	—	47.7
<i>A. oryzae</i> H-3	4.8	15.2	1.42	4.45	0.75	—	51.0
<i>A. usamii</i> HS-183	4.3	15.3	1.21	3.92	0.83	—	39.8
<i>Ikanago</i> sauce*	5.3	25.9	1.61	5.52	0.75	21.1	
Fish sauce*	5.4	18.8	2.36	5.48	0.70	42.5	

(protease method)

The procedures of fermentation and analysis were based on the methods described in this report.

—, less than 0.5 mg/100 ml.

* *Ikanago* sauce and fish sauce were obtained from commercial sources; their makers were Marukin Shoyu Co. Ltd, Mitsubishi Gas Chemical Co. Ltd.

Table 4. Free amino acid compositions of several fish sauces.

Amino acid	Fish sauce (present study)	<i>Ikanago</i> sauce	Fish sauce (protease method)	Soy sauce (raw sauce)
Aspartic acid	202 (3.8)	473 (8.6)	392 (7.2)	876 (13.3)
Threonine	236 (4.4)	385 (7.0)	420 (7.7)	312 (4.7)
Serine	241 (4.5)	358 (6.5)	48 (0.9)	440 (6.7)
Glutamic acid	938 (17.4)	752 (13.6)	698 (12.7)	1407 (21.3)
Proline	304 (5.6)	235 (4.2)	192 (3.5)	396 (6.0)
Glycine	201 (3.7)	201 (3.6)	263 (4.8)	229 (3.5)
Alanine	624 (11.6)	377 (6.8)	440 (8.0)	384 (5.8)
Cystine	41 (0.8)	11 (0.2)	47 (0.9)	20 (0.3)
Valine	327 (6.0)	350 (6.3)	426 (7.8)	365 (5.5)
Methionine	249 (4.6)	135 (2.5)	199 (3.6)	82 (1.2)
Isoleucine	255 (4.7)	324 (5.9)	403 (7.4)	389 (5.9)
Leucine	563 (10.4)	637 (11.5)	779 (14.2)	752 (11.4)
Tyrosine	95 (1.7)	37 (0.7)	35 (0.6)	44 (0.7)
Phenylalanine	213 (4.0)	182 (3.3)	238 (4.3)	278 (4.2)
Histidine	85 (1.6)	147 (2.7)	251 (4.6)	105 (1.6)
Lysine	561 (10.4)	505 (9.2)	617 (11.2)	367 (5.6)
Arginine	260 (4.8)	407 (7.4)	31 (0.6)	164 (2.5)
Total	5395	5516	5479	6600

Fermentation was carried out as described in the text. Values represent amino acid content (mg) per 100 ml of sample. Figures in parentheses are percentages. *Ikanago* sauce and fish sauce were the same as in Table 3. The maker of the soy sauce was the Kyoto Soy-Sauce Cooperative Association.

粉を用いた製造法では、生魚を扱わないので原料の確保、貯蔵や加工が容易となり、高価な酵素剤を用いなくてもよく、また魚粉中に存在する主な魚臭成分であるトリメチルアミンが製麴中に分解除去され、その結果これまでの魚醬にくらべて低塩分で芳醇な香りと味の調味料が得られた。

しかし、この方法を工業的におこなう場合、製麴中の魚粉の腐敗対策が必要であることが判った。魚粉は動物性タンパク質でもあり、細菌繁殖による有害物を生じる危険性も考えられる。したがって、魚粉の製麴においては細菌の繁殖を抑制するための対策が必要であった。

大豆を原料とする醤油の場合、大豆タンパク質を加熱変性させるために高水分が必要とされ、そのため麴の盛り込み時の水分含量は約45%と高くなっている。米麴の場合には水分含量約35%で製麴している。また、細菌汚染と水分含量に関しては、米麴の場合30%以下の低水分で多くの細菌類の増殖が抑制されるとの報告が見られる。¹²⁾

魚粉を製麴する場合には、タンパク質を変性させる

必要はないので、細菌汚染を防ぐために低い水分含量でも製麴が可能であると考えられた。そこで、低水分含量で魚によく繁殖すると考えられる経節用麴菌、*E. repens* HG-306 とプロテアーゼ生産量が高いと考えられる醤油用麴菌、*A. oryzae* HO-117 を用いた魚粉製麴について検討した。

その結果、両菌株共に30%前後の低い初発水分含量において、中性プロテアーゼ生成量が高く細菌汚染の少ない出麴が得られ、魚粉の新しい製麴プロセスが確立できた。本方法により得られた出麴を18%食塩水で仕込んだ諸味から、魚臭のまったくしない、香り、味ともにすぐれた醤油が得られた。窒素溶解利用率は大豆の醤油に比較して低く、両菌株共に57%前後であった。現在、窒素および骨粉を豊富に含んだ圧搾粕の飼、肥料への再利用も含めて、本プロセスによる魚醤油の工業的製造の検討が進んでいる。

さらに、魚粉の低水分製麴について、清酒用、豆味噌用、焼酎用麴菌および他の経節起源の分離菌を加えて初発水分含量約28%の低水分で製麴して比較したところ、*A. usamii* HS-183 にやや繁殖の遅れが見られた

ものの、他のいずれの麴菌もよく繁殖した。また中性プロテアーゼ生産量、諸味搾汁中の全窒素量で、*E. repens* HG-306 や *A. oryzae* HO-117 と匹敵する菌株も認められた。17種のアミノ酸の合計量では *E. chevalieri* IFO 4086, *E. repens* HG-306 および *A. oryzae* HO-117 の順で多く、アミノ酸への分解が良好であった。ただし、*E. chevalieri* IFO 4086 は鯉節起源とされてはいるものの汚染菌の可能性もあり、使用には安全性の確認が必要である。以上より、魚粉の製麴には鯉節用麴菌である *E. repens* HG-306 と *A. oryzae* HO-117 が良好であると考えられた。しかし、焼酎用 *A. usamii* HS-183 を除いた他の麴菌においても低水分でもよく繁殖するので、魚醤油の製造に利用可能と考えられる。

要 旨

魚を原料とした調味料を得るために、麴菌により魚粉を製麴し魚肉タンパク質を分解するプロセスを開発した。45%の水分含量で製麴を行ったところ、細菌の繁殖がいちじるしく、正常な麴ができなかった。そこで、細菌の繁殖を抑えるために水分含量を約28%と極端に低くして製麴したところ、汚染の少ない良好な魚麴ができた。この魚麴に食塩水を加え、塩濃度約15%の諸味とし、6ヵ月間発酵させたところ、芳醇な香りと味の魚醤油が得られた。麴菌の種類に関しては、鯉節用麴菌 *E. repens* HG-306 と醤油用麴菌 *A. oryzae* HO-117 が水溶性窒素の溶出性およびアミノ酸への分解性

の点からすぐれており、次いで清酒用麴菌 *A. oryzae* H-3 の順であった。

終わりにのぞみ、本研究を行うにあたりご指導賜りました京都大学農学部谷吉樹教授に深謝します。また、魚粉を提供いただいたニチモウ株式会社に感謝します。

文 献

- 1) Beddows, C. G., Ismail, M., and Steinkraus, K. H.: *J. Food Technol.*, **11**, 379-388 (1976).
- 2) Miyazawa, K., Le, C. V., Ito, K., and Matsumoto, F.: *J. Fac. Appl. Biol. Sci., Hiroshima Univ.*, **18**, 55-63 (1979).
- 3) 阿部憲司, 鈴木健治, 橋本周久: 日水誌, **45**, 1013-1017 (1979).
- 4) 吉中禮二, 佐藤 守, 土谷 望, 池田静徳: 日水誌, **49**, 463-469 (1983).
- 5) 片岡栄子, 徳江千代子, 山下智子, 谷村和八郎: 栄養学雑誌, **45**, 67-76 (1987).
- 6) 三宅義章: 日食工誌, **29**, 366-371 (1982).
- 7) 堀江修二: 食品工業, **30**(12), 20-31 (1987).
- 8) 外山健三編: イワシとその利用, p. 186-190, 成山堂書店 (1987).
- 9) 日本醸造協会: 第3回改正国税庁所定分析法注解, p. 210-225, 日本醸造協会 (1987).
- 10) 日本醤油研究所: しょうゆ試験法, 日本醤油研究所 (1985).
- 11) 馬場二夫, 齊藤 穰, 福井弥生, 谷口 繁, 大和田国夫, 水谷泰久: 食品衛生学雑誌, **19**, 530-535 (1978).
- 12) 奈良原英樹: 醸酵工学, **59**, 207-216 (1981).