

石川県の伝統発酵食品の成分と機能性に関する研究

武春美* 勝山陽子* 山田幸信* 道畠俊英* 中村静夫* 榎本俊樹** 久田孝** 谷口肇**

石川県には、魚介類や野菜を用いた種々の伝統発酵食品が作られている。このうち、これまでほとんど報告がなかったカブラ寿司などの麹漬け類、このわたなどの塩漬け類、フグなどの糠漬け類の成分や機能性について分析評価した。その結果、一般成分については、麹漬け類では炭水化物、塩漬け類ではカリウム、糠漬け類では塩分、マグネシウム、リンが多く含まれていた。また、主な有機酸はいずれの伝統発酵食品も乳酸が最も高かった。遊離アミノ酸量は、糠漬け類が他より多く、グルタミン酸やアラニンなどの呈味性アミノ酸を多く含有し、麹漬け類で γ -アミノ酪酸、塩漬け類、糠漬け類でタウリンを多く含む特徴がみられた。さらに、抗酸化性や血圧上昇抑制効果(ACE 阻害活性)は、糠漬け類に高い効果が確認された。以上の結果から、それぞれ伝統発酵食品特有の有用性が明らかとなり、機能性食品素材などへの利用の可能性が示唆された。

キーワード：発酵食品、アミノ酸、有機酸、抗酸化性、ACE 阻害活性

Study on General Components and Function of Traditional Fermented Foods in Ishikawa Prefecture

Harumi TAKE, Yoko KATSUYAMA, Yukinobu YAMADA, Toshihide MICHIHATA, Shizuo NAKAMURA,
Toshiki ENOMOTO, Takashi KUDA and Hajime TANIGUCHI

Various kinds of traditional fermented foods made from seafood and vegetables are produced in Ishikawa Prefecture. In this study, general components, free amino acids, organic acids and the functions of traditional fermented foods were analyzed for *koujizuke*: *kaburazushi* and *daikonsushi* (fermented turnip or radish with yellowtail or Pacific herring using malted rice), *shiozuke*: *konowata* and *kutiko* (fermented entrails of sea cucumber with salt), *nukazuke* (rice bran pickles of globefish, roe of globefish, sardine, Pacific herring and mackerel). The results were as follows. *Koujizuke* contained large amounts of carbohydrate. *Shiozuke* contained large amounts of potassium. *Nukazuke* contained large amounts of salt, magnesium and phosphorus. The major organic acid of all traditional fermented foods was lactic acid. Free amino acid was most prevalent in *nukazuke*, which contained large amounts of gustatory free amino acids such as glutamine and alanine. *Koujizuke* contained large amounts of γ -aminobutyric acid. *Shiozuke* and *nukazuke* contained large amounts of taurine. A high antioxidative property and ACE inhibitory activity were confirmed in *nukazuke*. Those results suggest the possibility of using these traditional fermented foods as functional food materials.

Keywords : fermented food, free amino acid, organic acid, antioxidative property, ACE inhibitory activity

1. 緒 言

石川県は、夏は高温多湿、冬は寒冷で雪が多い気候であることから、食品の腐敗を阻止し、冬場の貴重なタンパク源として蓄える長期保存方法として発酵食文化が根付いてきた。能登半島沖は、日本海側でも有数の好漁場で豊富な海産資源が存在し、奥能登の珠洲では、古くから揚浜式による製塩業が盛んに行われてきた。一方、加賀平野は、肥沃な土地と良質で豊富な白

山の伏流水により、日本で有数の米どころとして知られており、また、米以外の農産物や農産加工品の生産が盛んに行われてきた。このような気候風土により、伝承された発酵食品(主に塩蔵品)の種類は多く、その製法も多種多様である。特に日本海沿岸地域では、フグやイワシなどの魚を塩漬けした後、米糠で1~2年塩蔵する糠漬けが生産されている。また、能登地方では、イカの内臓やイワシを原料としたイシルと呼ばれる魚醤油や、なまこの内臓を塩で1週間程度漬け込んだ日本の三大珍味の一つであるこのわた(なまこ

*化学食品部 **石川県立大学

の腸の塩漬け)やくちこ(なまこの生殖器の塩漬け)などの塩漬けが生産されている。一方、加賀地方では、カブラとブリをそれぞれ塩漬けした後にカブラにブリを挟み、米麹の糖化物で1~2週間程度漬け込むカブラ寿しや、塩漬けした大根と身欠きニシンを重ね、同様に漬け込む大根寿しなどの麹漬けが生産されるなど、各地域で特有の発酵食品が伝えられている。

近年、様々な食品の機能性(抗酸化性、血圧上昇抑制効果など)が注目されるようになり、イシルについてはこれまで成分や機能性などについて研究を進めてきた¹⁾。しかし、その他の県産伝統発酵食品については、麹漬け類、糠漬け類それぞれの微生物フローラ²⁾⁻⁵⁾、一部の成分^{5),6)}に関する報告がいくつかあるが、これらの成分や機能性の体系的な報告はなされていない。そこで、本研究ではこれらの県産伝統発酵食品の成分ならびに機能性について検討した結果、いくつかの有益な知見が得られたので報告する。

2. 実験方法

2.1 試料

伝統発酵食品の各生産地のメーカー直営店において、平成16年9月~平成18年2月に販売されていた麹漬け類としてカブラ寿しと大根寿し各3点、塩漬け類としてこのわた4点、くちこ2点、干しくちこ1点、糠漬け類としてフグ、フグの卵巣、イワシ、サバ、ニシンの糠漬け各3点の計28点を試料とした。

2.2 一般成分

一般成分の分析は、食品分析法⁷⁾に準じた。水分は加熱乾燥重量法、タンパク質は窒素/タンパク質定量装置(三田村理研(株)製, KJEL-AUTO)によるケルダール法、粗脂肪はジエチルエーテルによるソックスレー抽出法、灰分は550での直接灰化法により測定し、これらの合計を100から差し引いた値を炭水化物とした。また、塩分はイオンクロマトグラフィー(株)島津製作所製, CTO-10A)で測定した。

2.3 ミネラル

ミネラル成分は、灰化後の試料を1mol/l硝酸により溶解後、100mlに定容としたものをICP発光分析装置(日本ジャーレル・アッシュ(株)製, IRIS Advantage/SEA)により測定した。

2.4 有機酸、遊離アミノ酸

試料は、蒸留水により2時間室温で抽出後、0.45 μ mメンブランフィルターによりろ過したものについて、有機酸は有機酸分析計(昭和電工(株)製, ShodexOA)でポスタカラム誘導体化法により定量した。また、アミノ酸はアミノ酸分析計(株)日立製作所製, L-8500)により生体成分分析法により定量した。

2.5 抗酸化性(DPPHラジカル消去活性)

試料は、凍結乾燥後に粉碎して得られた乾燥粉末0.5gを80%エタノール25mlで抽出後、0.45 μ mメンブランフィルターによりろ過したものをを用いた。測定は、DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)を用いたラジカル消去活性を道畠ら⁸⁾の方法に準じて測定した。測定値は、吸光度を50%退色させる濃度(IC₅₀)を抗酸化剤である没食子酸相当量として算出した。

2.6 血圧上昇抑制効果の測定(アンジオテンシン変換酵素(ACE)阻害活性の測定)

試料は、凍結乾燥後に粉碎して得られた乾燥粉末0.25gをリン酸buffer(pH8.5)10mlで抽出後、0.45 μ mメンブランフィルターによりろ過したものをを用いた。ACE阻害活性は、道畠ら⁸⁾の方法に準じてACEを50%阻害する濃度(IC₅₀)を測定し評価した。

3. 結果と考察

3.1 一般成分、ミネラル

各伝統発酵食品の一般成分を表1に示す。カブラ寿しと大根寿しは、漬け込みに米麹が用いられていることから他よりも炭水化物が多く含まれる。脂肪分では、イワシ、サバ、ニシンの糠漬けで高い傾向がみられる。塩分では、麹漬け類や塩漬け類が約2~4g/100gであるのに対し、糠漬け類で約9~14g/100gと高い値を示している。これは、糠漬けは腐敗しやすい魚が原料であることから、漬け込みの際に多量の塩分を加え雑菌の増殖を防ぐためと考えられる。

次に、各伝統発酵食品のミネラル成分を表2に示す。糠漬け類のMg, Pが他より高い値を示し、これらは糠に多く含まれている⁹⁾。また、くちこでKが非常に高く、このわた及びイワシとニシンの糠漬けのCa, 干しくちこのZnが他より高い値を示すのは、それぞれの原料に由来するものと考えられる。表には示さな

かったが、Naの含有量は、1290～5910mg/100gと高く、Mn、Fe、Cuの含有量はいずれも0.1～2.5mg/100gで低い値であった。

表1 石川県の伝統発酵食品の一般成分

		(g/100g)					
		水分	粗タンパク質	粗脂肪	炭水化物	灰分	塩分
麹漬け類	カブラ寿し	67.4	5.0	2.1	22.7	2.8	2.2
	大根寿し	68.4	5.3	2.1	21.6	2.7	1.9
塩漬け類	このわた	84.5	7.3	0.8	2.6	4.9	4.1
	くちこ	83.6	9.8	1.7	2.4	2.6	1.6
	干しくちこ	24.7	44.5	6.0	17.1	7.7	4.1
糠漬け類	フグ	47.1	29.2	0.8	8.5	14.4	11.7
	フグ卵巣	55.9	16.9	4.2	6.7	16.3	14.3
	イワシ	46.2	27.7	8.8	3.2	13.9	11.1
	サバ	43.8	27.8	11.9	2.6	13.9	11.2
	ニシン	39.6	29.2	13.4	6.0	11.9	9.2

結果は平均値を示す。

表2 石川県の伝統発酵食品のミネラル

		(mg/100g)				
		Mg	P	K	Ca	Zn
麹漬け類	カブラ寿し	12.1	46.9	208	12.7	0.6
	大根寿し	18.3	58.1	343	21.2	0.5
塩漬け類	このわた	65.3	110	632	30.0	1.0
	くちこ	42.8	193	1740	13.3	1.8
	干しくちこ	158	913	7890	58.4	9.0
糠漬け類	フグ	145	477	376	6.0	2.6
	フグ卵巣	85.2	305	201	8.8	3.2
	イワシ	135	388	530	61.0	1.3
	サバ	123	298	286	12.4	1.1
	ニシン	158	409	357	70.0	1.8

結果は平均値を示す。

3.2 有機酸組成

各伝統発酵食品の有機酸組成を表3に示す。いずれも最も多い有機酸は乳酸であり、次いで酢酸が多く含まれる。ここで、久田ら²⁾⁻⁴⁾が麹漬け類、糠漬け類において最優勢群が乳酸菌であることを報告していることから、高い乳酸値は主に乳酸菌の作用によるものと考えられる。また、糠漬け類のリンゴ酸が他より少ないが、これについては菊池ら¹⁰⁾、Breidtら¹¹⁾の報告によるリンゴ酸炭酸酵素活性をもつ乳酸菌の作用であると考えられ、今後更に詳細に検討していく必要がある。また、糠漬け類は他よりピログルタミン酸が多く含まれる傾向がみられるが、これは長い漬け込み期間中に遊離したグルタミンがpHなどの影響を受けピログルタミン酸が生成したものと推定される。また、腐敗により発生する酪酸、プロピオン酸などについて

はいずれの試料にも検出されなかった。

3.3 遊離アミノ酸組成

各伝統発酵食品の遊離アミノ酸量を表4に示す。総遊離アミノ酸量は、乾物の干しくちこが6220mg/100gと最も多い。その他では、高い順にイワシの糠漬けで3320mg/100g、サバの糠漬けで2570mg/100g、フグの糠漬けで2060mg/100gであり、糠漬け類が高く、麹漬け類が低い傾向がみられる。これは、漬け込み期間が長いほど微生物や自己消化酵素などの作用をより多く受け、遊離アミノ酸量が増加するものとされており¹²⁾、漬け込み期間に依存するものと考えられる。

遊離アミノ酸組成では、カブラ寿し、大根寿しには甘み系アミノ酸のグルタミン、アラニンが、このわた、くちこには旨み系アミノ酸のグルタミン酸、アラニンが、糠漬け類にはグルタミン酸、酸味系アミノ酸のアスパラギン酸、アラニンの他、苦み系アミノ酸のリジン、ロイシンなどが多く含まれ、これらはそれぞれの呈味性に大きく影響しているものと考えられる。

機能性アミノ酸では、麹漬け類は血圧降下作用やストレス低減作用などが報告されている。γ-アミノ酪酸(GABA)¹³⁾が、このわた、くちこには抗酸化作用や神経伝達物質様作用などが報告されているタウリン¹⁴⁾が多く含まれている。

3.4 抗酸化性

各伝統発酵食品の抗酸化性を没食子酸相当量により評価した結果を図1に示す。すべての試料で抗酸化性が確認され、麹漬け類で0.9～3.4μmol/g-dry、塩漬け類で1.8～3.6μmol/g-dry、糠漬け類で2.7～6.8μmol/g-dryであり、糠漬け類に高い傾向がみられる。糠漬け類では、特にフグの糠漬けが最も強い抗酸化性を示し、次いでサバの糠漬けが高い。これは、漬け込み中に米糠に含まれるα-トコフェノール⁹⁾などの抗酸化性成分の移行が考えられる。また、魚タンパクを酵素処理して得られた3～16個程度のアミノ残基からなるペプチドに抗酸化活性があることが報告されており¹⁵⁾⁻¹⁷⁾、微生物の酵素作用で生成された複数のペプチドとの相乗効果により抗酸化活性が示されているものと推定される。今後は、各伝統発酵食品に含まれる抗酸化ペプチドの分離精製を行い、ペプチドのアミノ酸配列を決定し、活性との相関について検討する必要がある。

表3 石川県の伝統発酵食品の有機酸組成

(mg/100g)

		クエン酸	リンゴ酸	コハク酸	乳酸	ギ酸	酢酸	γ-グルタミン酸
麹漬け類	カブラ寿し	0.3	17.7	0.8	542	9.5	37.6	tr
	大根寿し	tr	23.6	0.8	460	tr	51.7	tr
塩漬け類	このわた	12.6	17.7	5.6	1390	tr	9.4	9.4
	くちこ	19.5	29.5	tr	151	9.0	4.7	tr
	干しくちこ	36.9	11.8	2.4	680	tr	51.7	tr
糠漬け類	フグ	28.2	5.9	0.8	1300	9.1	61.1	132
	フグ卵巣	tr	tr	3.3	920	33.0	51.7	56.4
	イワシ	18.6	5.7	tr	1110	tr	23.5	179
	サバ	1.5	tr	tr	1140	tr	51.7	103
	ニシン	0.6	tr	0.8	1690	tr	61.1	103

結果は平均値, trは痕跡を示す。

表4 石川県の伝統発酵食品の遊離アミノ酸組成

アミノ酸 (mg/100g)	麹漬け類		塩漬け類			糠漬け類				
	カブラ寿し	大根寿し	このわた	くちこ	干しくちこ	フグ	フグ卵巣	イワシ	サバ	ニシン
アスパラギン酸	11.9	7.1	58.2	9.0	25.9	178	163	295	213	144
スレオニン	6.8	4.8	59.9	40.8	286	70.8	67.8	138	98.6	62.8
セリン	9.4	6.2	67.7	21.4	60.4	77.6	98.2	148	105	64.9
アスパラギン	2.2	2.0	91.3	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
グルタミン酸	9.9	11.2	214	417	2490	286	176	333	275	219
グルタミン	34.1	61.3	47.7	15.8	19.2	18.1	10.2	27.1	22.8	4.7
グリシン	6.6	8.3	63.0	82.2	441	49.2	37.9	82.2	66.3	66.8
アラニン	29.9	28.3	102	120	1230	182	124	255	219	187
バリン	10.6	9.0	67.6	22.5	131	107	96.6	187	135	84.9
シスチン	1.7	tr	33.1	10.4	35.2	2.5	15.4	10.1	8.7	8.0
メチオニン	3.5	1.6	39.5	5.9	15.6	57.2	53.8	95.3	70.6	59.0
イソロイシン	7.1	5.3	70.0	17.3	93.0	98.7	92.7	168	121	78.5
ロイシン	14.0	7.5	122	18.2	93.1	214	165	311	247	175
チロシン	7.3	3.1	65.7	8.8	33.5	65.7	83.7	104	69.3	35.4
フェニルアラニン	8.2	5.4	73.3	8.7	27.4	98.0	74.0	151	111	74.7
トリプトファン	tr	tr	5.6	tr	tr	12.8	6.8	40.8	4.7	2.7
リジン	14.0	7.1	126	40.5	157	217	143	346	278	172
ヒスチジン	9.1	tr	30.9	3.1	9.6	41.8	18.1	188	135	12.6
アルギニン	11.0	6.6	132	31.7	36.4	154	99.3	256	214	24.6
プロリン	8.3	9.2	62.2	81.5	595	58.2	82.8	89.8	87.6	56.6
タウリン	2.5	5.0	232	56.6	438	54.1	76.7	77.7	67.9	38.9
-アミノ酪酸	26.3	31.4	1.1	tr	tr	15.8	9.1	16.3	17.8	13.3
合計	234	220	1770	1010	6220	2060	1700	3320	2570	1590

結果は平均値, trは痕跡を示す。

3.5 血圧上昇抑制効果(ACE 阻害活性)

各伝統発酵食品の ACE 阻害活性について IC₅₀ 値の比較を図 2 に示す。麹漬け類で 315~532μg/ml, 塩漬け類で 280~1230μg/ml と低い活性であったのに対し, 糠漬け類では 6.0~11.5μg/ml と非常に強い活性を示している。ACE 阻害については, 様々な食品に関する報告があり^{18, 19)}, ACE 阻害活性は低分子ペプチドの作用が中心であると考えられている。また, 魚肉タンパ

クに由来する 2~8 個程度のアミノ酸残基からなるペプチドについての高い ACE 阻害活性が報告されている²⁰⁾⁻²⁶⁾。従って, 発酵期間の長い糠漬け類は, 微生物や自己消化酵素の作用などにより ACE 阻害ペプチドの生成が促進され, 高い活性が得られたものと考えられる。今後は, 各発酵食品に含まれる ACE 阻害ペプチドの分離精製を行い, ペプチドのアミノ酸配列を決定し, 生体内での機能発現と消化酵素における耐性

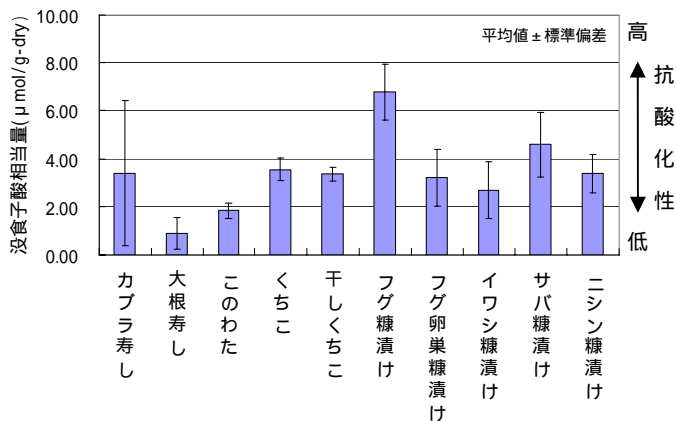


図1 石川県の伝統発酵食品の抗酸化性

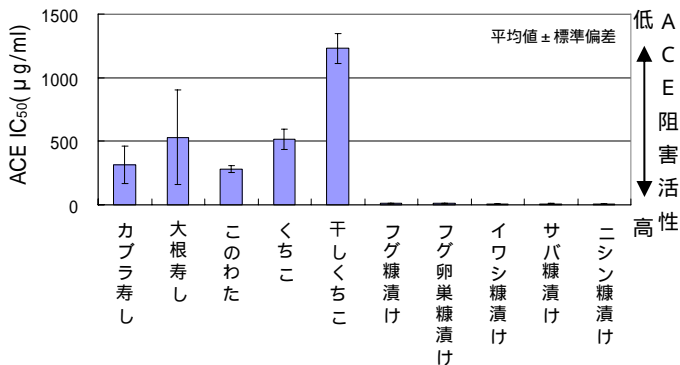


図2 石川県の伝統発酵食品のACE阻害活性

について検討する必要がある。

4. 結 言

石川県の伝統発酵食品について成分と機能性を分析評価した結果、以下の結果を得た。

- 1) 一般成分は、麹漬け類の炭水化物が多く、糠漬け類が他と比べ、塩分が高かった。また、ミネラル成分は、糠漬け類で Mg, P, くちこで K, このわた及びイワシとニシンの糠漬けで Ca, 干しくちこで Zn が高い値を示した。
- 2) 有機酸は、いずれの伝統発酵食品においても乳酸、次いで酢酸が多かったことから、乳酸菌による発酵が中心となり、食品の風味や保存性などに深く関与しているものと判断された。
- 3) 総遊離アミノ酸量は、乾物の干しくちこが最も多く、その他は漬け込み期間の長い糠漬け類が多かった。遊離アミノ酸組成では、麹漬け類でグルタミン、

アラニン、塩漬け類でグルタミン酸、アラニン、糠漬け類でグルタミン酸、アラニン、リジン、ロイシンなどの多様な呈味アミノ酸が多く含まれており、これらは、それぞれの風味に大きく影響しているものと考えられた。また、機能性アミノ酸として、麹漬け類は GABA、塩漬け類と糠漬け類はタウリンが多く含まれていた。

- 4) 抗酸化性、血圧降下作用は、糠漬け類で高い活性を示した。

各伝統発酵食品の成分と機能性について得られた知見は、機能性食品素材などの利用の可能性を検討する上で有用と考えられる。

参考文献

- 1) 道畠俊英. 石川県の伝統食品 - 能登のイシル(魚醤油)のうま味と機能性 - 総説特集: 伝統食品の科学- ルーツ, おいしさ, 機能-2. 日本味と匂学会誌 別刷. 2007, vol.14, no.2, p.95-104.
- 2) 久田孝, 浅井順子, 横山理雄. 金沢産かぶらずしの細菌フローラ. 日本食品微生物学会誌. 1997, vol.14, no.2, p.111-114.
- 3) 久田孝, 庄田麻美, 森村奈々, 横山理雄. 金沢産かぶらずしおよびだいこんずしの微生物フローラ. 日本水産学会誌. 1998, vol.64, no.6, p.1053-1059.
- 4) 久田孝, 宮本浩衣, 坂尻誠, 安藤琴美, 矢野俊博. 石川県で製造された魚介類の糠漬け製品中の微生物フローラ. 日本水産学会誌. 2001, vol.67, no.2, p.296-301.
- 5) 会田久仁子, 角野猛. かぶらずしおよび大根ずしの諸成分と微生物について. 日本食生活学会誌. 2007, vol.18, no.2, p.145-152.
- 6) 寺沢なお子, 出村瑞恵, 戸田桃子. かぶらずしの糖, 有機酸及び遊離アミノ酸組成. 日本食品科学工学会誌. 1998, vol.45, no.2, p.149-154.
- 7) 日本食品工業学会・食品分析法編集委員会編. 食品分析法. 東京, 光琳, 1984.
- 8) 道畠俊英, 林美央, 勝山陽子, 附木貴行, 日々野剛, 川嶋正男, 矢野俊博, 榎本俊樹. 食品製造副生物の高度利用化技術に関する研究. 石川県工業試験場研究報告. 2004, No.53, p.49-54.
- 9) 科学技術庁資源調査会編. 五訂日本食品標準成分表. 東京, 大蔵省印刷局, 2000.

- 10) 菊地政則, 中島幸一, 浅野行蔵, 高尾彰一. ニシン漬の発酵過程における微生物の動態におよぼす温度および食塩の影響. 日本食品科学工学会誌. 1996, vol.43, no.2, p.176-180.
- 11) Breidt, F., Fleming, H. P.. Competitive growth of genetically marked malolactic-deficient *Lactobacillus plantarum* in cucumber fermentations. Appl. Environ. Microbiol.. 1992, vol.58, no.12, p.3845-3849.
- 12) Chang, C.M., Ohshima, T., Koizumi, C.. Changes in composition of lipids, free amino acids and organic acids in rice-bran-fermented sardine (*Etrumeus teres*) during processing and subsequent storage. J. Sci. Food. Agric.. 1992, vol.59, no.4, p.521-528.
- 13) Stanton, H. C.. Mode of action of gamma amino butyric acid on the cardiovascular system. Arch. Int. Pharmacodyn.. 1963, vol.143, p.195-204.
- 14) 薩秀夫. アミノ酸の機能性とその新展開-3 タウリンの多彩な生理作用と動態. 化学と生物. 2007, Vol.45, no.4, p. 273-281.
- 15) 末綱邦男. かつお節タンパク質のプロテアーゼ消化物からの抗酸化性ペプチドの分離と同一. 日本水産学会誌. 1999, vol.65, no.1, p.92-96
- 16) Kim, S.K., Kim, Y.T., Byum, H.G., Nam, K.S., Joo, D.S., Shahidi, F.. Isolation and characterization of antioxidative peptides from gelatin hydrolysate of alaska pollack skin. J. Agric. Food. Chem.. 2001, vol. 49, no.4, p.1984-1989.
- 17) Mendis, E., Rajapakse, N., Kim, S.K.. Antioxidant properties of a radical-scavenging peptide purified from enzymatically prepared fish skin gelatin hydrolysate. J. Agric. Food. Chem.. 2005, vol.53, no.3, p.581-587.
- 18) 斉藤義幸, 中村圭子, 川戸章嗣, 今安聰. 清酒, および副産物中のアンジオテンシン変換酵素阻害物質. 日本農芸化学会誌. 1992, vol.66, no.7, p.1081-1087.
- 19) 原征彦, 松崎妙子, 鈴木建夫. 茶成分のアンジオテンシン 変換酵素阻害能について. 日本農芸化学会誌. 1987, vol.61, no.7, p.803-808.
- 20) Okamoto, A., Matsumoto, E., Yasuhara, T., Koizumi, Y., Yanagida, F.. Angiotensin I-converting enzyme inhibitory action of fish sauce. Food Sci. Technol. Int. Tokyo. 1995, vol.1, no.2, p.101-106.
- 21) Yokoyama, K., Chiba, H., Yoshikawa, M.. Peptide inhibitors for angiotensin I-converting enzyme from thermolysin digest of dried bonito. Biosci. Biotech. Biochem.. 1992, vol. 56, no.10, p.1541-1545.
- 22) 松本清, 荻久保温子, 吉野貴唯, 松井利郎, 箆島豊. オイスター蛋白質加水分解エキス中のアンジオテンシン I 変換酵素阻害ペプチドの分離・精製. 日本食品工業学会誌. 1994, vol.41, no.9, p.589-594.
- 23) 受田浩之, 松田秀喜, 黒田浩之, 箆島克裕, 松籐寛, 箆島豊. イワシ蛋白質加水分解物からのアンジオテンシン I 変換酵素阻害ペプチドの調製とその分離. 日本農芸化学会誌. 1991, vol.65, no.8, p.1223-1228.
- 24) 長谷川呂康. かつお節由来の血圧降下ペプチド. 食品と開発. 1992, vol.27, no.12, p.43-45.
- 25) Matsui, T., Matsufuji, H., Seki, E., Osajima, K., Nakashima, M., Osajima, Y.. Inhibition of angiotensin -converting enzyme by *Bacillus licheniformis* alkaline protease hydrolyzates derived from sardine muscle. Biosci. Biotech. Biochem.. 1993, vol.57, no.6, p.922-925.
- 26) 関英治, 箆島克裕, 松籐寛, 松井利郎, 箆島豊. Val-Tyr は消化管プロテアーゼ耐性なイワシ由来の ACE 阻害ペプチドである. 日本農芸化学会誌. 1995, vol.69, no.8, p.1013-1020.