

総説特集：伝統食品の科学—ルーツ、おいしさ、機能—2

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—*

道島 俊英**

(石川県工業試験場 食品加工技術研究室)

石川県奥能登地方には、イカやイワシを原料としたイシルと呼ばれる魚醤油が古くから造られている。この石川県の伝統食品であるイシルについて、そのうま味成分や機能性について検討を行った。イシルは全窒素含有量、塩分量ともに高い値を示した。さらにイシルは多量の遊離アミノ酸量を含んでおり、その主な組成はアラニン、グルタミン酸、グリシン、リジン、バリンなどであり、機能性を持つタウリンも多く含まれていた。またペプチド含有量も高く、そのほとんどがグルタミン酸、グリシン、アスパラギン酸により構成されたペプチドであった。機能性においては、イシルには高い抗酸化性とACE阻害活性が確認され、脱塩イシル粉末を給餌した動物試験において血中グルコース濃度や血圧の上昇抑制効果が認められた。従って、イシルのうま味は豊富な遊離アミノ酸とペプチドにより形成され、高い機能性を有する調味料であることが判明した。

キーワード：魚醤油、アミノ酸、ペプチド、抗酸化性、ACE阻害活性

はじめに

石川県奥能登地方に「イシル、イシリ、ヨシル、ヨシリ」（以下、イシルと統一する。）と呼ばれているイカの内臓やイワシを原料とした2種類の魚醤油が古くから造られている。富山湾に面した能登内浦地区ではイカ、日本海に面した能登外浦地区ではイワシを原料としたイシルが主に生産されている。つまり、各々の漁港での漁獲量の多い魚を原料として利用されてきたものと推定される。現在イシルは10数カ所の企業や個人で製造、販売されている。昭和62年の調査で、イシルの年間生産量は約33トンであった¹⁾。しかし、最近の魚醤油の見直しと食文化の多様化によって、イシルの生産量は増大し、平成18年の生産量は約200~220トンと推定している。

東南アジア諸国では、魚醤油は一般的な調味料として使われており、タイのナンプラー、ベトナムのニョクマム、フィリピンのパティスなどは日本でも広く知られている。日本においては、能登のイシル、秋田のショツツル、香川のイカナゴ醤油が日本の三大魚醤油として知られている²⁾。しかし、ショツツルやイカナゴ醤油については多くの論文や解説がなされているが³⁻⁵⁾、イシルの研究についてはこれまでほとんど報告されていないのが現状であった。そこで、ここでは我々がイシルについて行った研究の中から、イシルのうま味と機能性に関するいくつかの知見について紹介する。

1. イシルの製法

イシルの一般的な製造工程を図1に示す⁶⁾。イシ

*Received May 18, 2007; Accepted July 10, 2007

Traditional food in Ishikawa prefecture-components of Ishiru (fish sauce) in Noto peninsula and its possibilities as a functional food

**Toshihide Michihata, Food Processing Laboratory, Industrial Research Institute of Ishikawa, 2-1, Kuratsuki, Kanazawa, 920-8203, Japan; michiha@irri.go.jp, Fax +81-76-267-8090

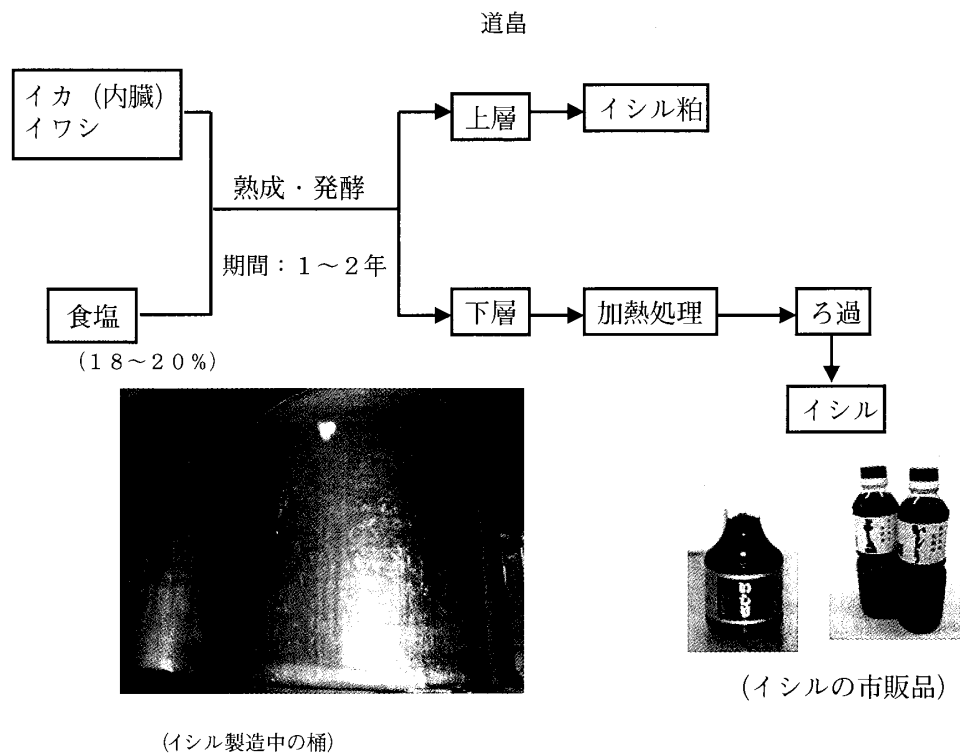


図1 イシルの製造工程。

表1 イシルの一般成分。

一般成分	イカイシル					イワシイシル				
	SQ-1	SQ-2	SQ-3	SQ-4	SQ-5	SA-1	SA-2	SA-3	SA-4	SA-5
水分(wt%)	63.79	66.55	63.73	66.56	73.35	63.75	64.34	66.39	71.50	65.40
全窒素 (g/100ml)	2.12	2.01	2.05	2.49	1.73	2.10	2.05	1.64	1.42	2.16
灰分 (g/100ml)	25.44	22.60	26.61	18.25	15.87	27.37	27.57	28.37	28.90	25.25
塩分 (g/100ml)	23.26	20.73	26.54	17.55	14.81	26.61	26.40	27.10	27.33	25.74
還元糖 (g/100ml)	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02
全糖 (g/100ml)	0.08	0.05	0.08	0.07	0.04	0.07	0.08	0.03	0.03	0.04
粗脂肪 (g/100ml)	0.22	0.20	0.08	0.25	0.33	0.12	0.18	0.11	0.08	0.22
pH	4.82	4.77	5.04	5.45	6.25	5.16	5.43	5.88	5.96	6.53
比重 (20℃)	1.2174	1.1984	1.2228	1.1784	1.1474	1.2255	1.2245	1.2182	1.2031	1.2109

結果は平均値 (n=3) を示す。

ルの製造は、原料を高食塩濃度の環境のもとで自然熟成させて造られ、毎年11月頃から翌年の3月頃までの比較的寒い時期に仕込まれている。原料がイカのイシル（以下、イカイシル）の場合は、イカのごろ（内臓）に18%程度の食塩を加え時々攪拌を行い、約2年間桶の中で熟成させる。イワシを原料とするイシル（以下、イワシイシル）の場合は、イワシを丸ごとまたはイワシ加工品の残渣を使用し、20%程度の食塩を加えて約1年間桶の中で熟成させる。熟成中、桶の中が徐々に上下二層に分かれ、桶の上層部に脂肪分、魚骨残渣分、未分解物などの層ができ、これらが蓋の役目をして密閉状態となる。そこで食塩により腐敗細菌の繁殖が抑制され、自己消化酵素による魚肉タンパク質の分解や嫌氣的

発酵が行われ、桶の下層にイシルが貯まってくる（仕込み量の約60%）。生成したイシルは、桶の下部に取り付けられた栓から取り出し、煮沸して殺菌と除タンパクを行い、上澄み液を濾過して製品となる。イシルの製品のほとんどは500ml入りのPETボトルであるが、180mlのビンや昔ながらの一升ビンでも販売されている。

2. イシルの一般成分⁷⁾

今回試料としたイシルは、能登半島の生産地で製造・販売されていたイカイシル5点(SQ-1~SQ-5)、イワシイシル5点(SA-1~SA-5)を用いた。これら10試料のイシルの一般成分を表1に示す。イカイシルの全窒素は1.73~2.49g/100ml、塩分は

石川県の伝統食品

14.81~26.54 g/100 mlであり、イワシイシルの全窒素は1.42~2.16 g/100 ml、塩分は25.74~27.33 g/100 mlで、いずれも高塩分で全窒素含量が高く、一方糖分、粗脂肪はほとんど含まれていなかった。また、イカイシルはイワシイシルよりも全窒素が高く、塩分濃度およびpHが低い傾向が見られた。

イシルの一般成分をショツツルと比較してみると、市販ショツツル10試料の全窒素の値は0.39~2.01 g/100 ml、塩分が23.96~29.05 g/100 mlであり、10試料中8試料の全窒素は0.39~0.84 g/100 mlの値である⁸⁾。これらショツツルの全窒素含量が低い原因として、商品とする段階で食塩水を加えて希釈しているためと考察している。今回分析したイカイシル5点とイワシイシル5点のイシル10試料は、ショツツルの結果と比較すると塩分濃度は同程度であるが、全窒素は高い値を示した。イシル、ショツツルとも基本的には高塩分濃度下で、原料魚由来のプロテアーゼによってタンパク質が加水分解されてできる液体である。イシルはイカ内臓またはイワシと食塩だけを原料とし、ほとんど希釈されない状態

で商品化されているために、全窒素含量が高い値を示していると考えられる。

3. イシルのうま味成分

表2にイシルの遊離アミノ酸組成を示す。イカイシルの総遊離アミノ酸量は7,307~10,202 mg/100 ml、イワシイシルは5,660~9,648 mg/100 mlであり、イシルには一般的な濃口醤油の約2倍近い非常に多量の遊離アミノ酸が含まれており⁹⁾、総遊離アミノ酸量はイカイシルの方がやや高い傾向がみられた。遊離アミノ酸組成では、イカイシルとイワシイシルいずれも、アラニン、グルタミン酸、グリシン、リジン、バリンなどが主なアミノ酸であり、これらは総遊離アミノ酸中の41~63%を占めていた。イカイシルとイワシイシルの遊離アミノ酸を比較すると、イカイシルの場合はプロリン、イワシイシルの場合はヒスチジンが多い傾向を示した。ここで、濃口醤油とイシルとのアミノ酸組成を比較すると、原料となるタンパク質がそれぞれ植物性と動物性と異なるので、当然アミノ酸組成にも違いがみられる⁹⁾。

表2 イシルの遊離アミノ酸組成。

(単位: mg/100 ml)

アミノ酸	イカイシル					イワシイシル				
	SQ-1	SQ-2	SQ-3	SQ-4	SQ-5	SA-1	SA-2	SA-3	SA-4	SA-5
アスパラギン酸	1142	1085	1004	128	28	874	844	595	452	105
スレオニン	572	549	515	94	291	538	538	193	262	361
セリン	598	564	536	19	255	529	524	209	281	24
グルタミン酸	1128	1084	1052	1269	1002	1044	1056	922	784	1337
プロリン	529	514	498	420	397	280	260	189	92	344
グリシン	529	541	456	646	457	421	469	340	228	501
アラニン	706	782	662	1743	1338	787	713	633	469	1551
バリン	604	590	566	701	495	659	610	465	330	646
シスチン	77	67	67	74	74	痕跡	89	55	痕跡	62
メチオニン	272	236	288	239	255	266	252	222	160	273
イソロイシン	400	377	478	725	320	419	400	362	245	424
ロイシン	451	420	619	483	367	544	513	609	482	567
チロシン	96	85	82	31	31	154	205	216	114	112
フェニルアラニン	398	360	421	396	278	344	365	256	175	316
トリプトファン	41	痕跡	33	痕跡	45	104	106	27	痕跡	痕跡
リジン	1032	993	914	1193	870	1114	1064	791	667	1156
ヒスチジン	192	185	140	痕跡	68	459	414	73	54	137
アルギニン	523	387	153	10	痕跡	512	578	1188	401	12
ホスフォセリン	81	59	63	72	68	28	31	17	41	22
タウリン	634	603	652	714	521	287	238	341	289	275
シトルリン	ND	ND	ND	51	ND	159	194	53	88	33
α-アミノ酪酸	痕跡	22	痕跡	443	139	痕跡	痕跡	168	15	140
γ-アミノ酪酸	痕跡	9	痕跡	159	痕跡	痕跡	6	11	5	痕跡
オルニチン	197	223	436	91	8	126	19	266	26	538
合計	10202	9735	9635	9401	7307	9648	9488	7201	5660	8936

痕跡: 1 mg/100 ml未満

ND: 検出されず

結果は平均値 (n=3) を示す。

共通して多いアミノ酸は、グルタミン酸、アスパラギン酸、プロリン、セリン、グリシン、アラニンなどで、醤油に多いものとしてはロイシン、イソロイシン、フェニルアラニンなどであり、イシルではヒスチジン、バリン、リジン、アルギニンなどが多く含まれている傾向がみられた。また、イカイシルのSQ-1~SQ-3、イワシイシルのSA-1~SA-4では、アスパラギン酸、セリン、スレオニンが多く含まれていた。一方SQ-4、SQ-5、SA-5では、アスパラギン酸、セリン、アルギニン、スレオニンなどが少なく、アラニンが多い特異な傾向を示した。醤油乳酸菌の中にアスパラギン酸- β -デカルボキシラーゼ活性を持つ菌があり、この作用によりアスパラギン酸からアラニンへの転換反応が起きていることが報告されている¹⁰⁾。SQ-4、SQ-5、SA-5についてもこの酵素活性を持った乳酸菌などの微生物の関与が推察される。

非タンパク性アミノ酸では、タウリンがイカイシルで521~714 mg/100 ml、イワシイシルでは238~341 mg/100 mlといずれも非常に高い含有量を示し、さらにイカイシルではオルニチン、イワシイシルではシトルリンが多い傾向を示した。また、SQ-4、SQ-5、SA-5では α -アミノ酪酸を多く含み、SQ-4では γ -アミノ酪酸も含まれていた。タウリンについては、原料魚に含まれるタウリンがそのままイシルに移行したものと考えられる。 α -アミノ酪酸については、これらのイシルには他のイシルに比べスレオニンが少なかったことから、乳酸菌などの微生物の作用を受け、スレオニンデヒドラターゼで α -ケト酪酸になり、ここにアミノ基が転移して α -アミノ酪酸が生成したものと推察される。また、 γ -アミノ酪酸についてもグルタミン酸- γ -デカルボキシラーゼ活性を持つ乳酸菌などの微生物の作用により、グルタミン酸から生成したものと考えられ¹¹⁾、現在これらイシルの微生物相について検討を行っている。

アミノ酸は一般に甘味系、苦味系、酸味系およびうま味系の四つに大別されている。イシルには、甘味系アミノ酸であるアラニン、グリシン、リジン、うま味系アミノ酸のグルタミン酸、酸味系アミノ酸のアスパラギン酸、苦味系アミノ酸のバリンが多量に含有されており、イシル特有の呈味性に大きく寄与しているものと推定される。また、これらアミノ

酸含有量とアミノ酸組成の違いが、イカイシルとイワシイシルのそれぞれのもつ独特の呈味性に大きく影響しているものと考えられる。

次に、イシルの分子量5,000以下の画分におけるペプチド含量およびペプチド構成アミノ酸組成を表3に示す。ペプチド含量はイカイシルで536~1,252 mg/100 mlで、イワシイシルでは1,143~2,258 mg/100 mlであり、イワシイシルの方がイカイシルよりも約2倍程度高い値を示した。イカイシルのペプチド構成アミノ酸は、グルタミン酸、グリシン、リジン、アスパラギン酸、メチオニンなどで、特にグルタミン酸とグリシンで全体のペプチド構成アミノ酸の58~73%を占めていた。イワシイシルのペプチド構成アミノ酸は、グルタミン酸、グリシン、アスパラギン酸、アラニン、プロリン、リジンなどで、グルタミン酸、グリシン、アスパラギン酸で全体のペプチド構成アミノ酸の62~69%を占めていた。すなわち、イカ、イワシいずれのイシルにおいてもペプチドの主な構成アミノ酸はグルタミン酸、グリシン、アスパラギン酸、リジンであり、これらのアミノ酸で構成されたペプチドは内在するプロテアーゼによる加水分解を受けにくいものと推定される。また、イワシイシルにはイカイシルよりも多量のペプチドが存在し、逆に遊離アミノ酸量が少なかったことから、イワシイシルではendo-ペプチダーゼの作用が大きく、タンパク質→ペプチド→アミノ酸の順でアミノ酸の遊離化が進行するものと推定される¹²⁾。

ペプチドには、うま味、苦味、甘味など呈味性の他に塩味緩和作用を持つことが知られている。従って、イシル特有の塩味のとれた微妙なうま味の形成にはペプチドの関与が推察される。また、うま味を呈するペプチドの分子中にはグルタミン酸残基が含まれていると報告されている^{13,14)}。イシルのペプチド構成アミノ酸にグルタミン酸が多いことから、グルタミン酸含有うま味ペプチドが多く含まれていて、イシル特有の呈味性に関与している可能性が示唆される。

表4にイカイシルおよびイワシイシルの有機酸組成を示す。有機酸の成分は乳酸、ピログルタミン酸、酢酸、ギ酸、コハク酸などであり、量的には乳酸とピログルタミン酸が大部分を占めていた。市販ショッツルの試料中にプロピオン酸、n-酪酸などの

石川県の伝統食品

表3 イシルのペプチド (Mw≤5,000) 構成アミノ酸。

(単位: mg/00ml)

アミノ酸	イカイシル					イワシイシル				
	SQ-1	SQ-2	SQ-3	SQ-4	SQ-5	SA-1	SA-2	SA-3	SA-4	SA-5
アスパラギン酸	93	43	61	39	25	303	216	157	134	146
スレオニン	31	1	2	13	2	21	1	13	11	20
セリン	21	2	3	11	8	43	34	35	30	37
グルタミン酸	535	434	471	585	300	811	675	360	431	522
プロリン	30	14	13	9	6	171	148	148	121	77
グリシン	140	100	119	67	72	333	216	253	158	184
アラニン	19	2	10	79	7	153	61	89	49	80
バリン	32	7	21	40	8	9	痕跡	16	16	33
シスチン	70	38	60	34	34	17	2	5	7	58
メチオニン	48	45	60	60	25	58	33	66	37	57
イソロイシン	3	痕跡	3	10	痕跡	痕跡	痕跡	痕跡	痕跡	痕跡
ロイシン	30	13	16	41	10	31	痕跡	16	26	46
チロシン	5	痕跡	14	11	痕跡	痕跡	痕跡	痕跡	痕跡	痕跡
フェニルアラニン	18	15	5	23	8	7	痕跡	痕跡	痕跡	15
トリプトファン	痕跡	痕跡	痕跡	痕跡	痕跡	痕跡	痕跡	痕跡	痕跡	痕跡
リジン	108	23	67	83	16	143	98	83	64	91
ヒスチジン	64	14	14	2	6	118	99	26	33	9
アルギニン	5	3	10	2	9	40	28	24	26	2
合計	1252	754	949	1109	536	2258	1611	1291	1143	1377

痕跡: 1 mg/100 ml 未満

結果は平均値 (n=3) を示す。

表4 イシルの有機酸組成。

(単位: mg/100 ml)

有機酸	イカイシル					イワシイシル				
	SQ-1	SQ-2	SQ-3	SQ-4	SQ-5	SA-1	SA-2	SA-3	SA-4	SA-5
リンゴ酸	4	3	4	痕跡	痕跡	痕跡	痕跡	痕跡	痕跡	痕跡
コハク酸	7	24	11	18	9	15	7	11	9	12
乳酸	104	210	196	4750	1535	1159	1128	1289	1091	2903
ギ酸	10	13	5	90	15	8	6	18	6	73
酢酸	28	40	28	167	76	54	22	129	47	193
ピロカルタミン酸	380	314	307	274	245	396	332	93	136	285

痕跡: 1 mg/100 ml 未満

結果は平均値 (n=3) を示す。

有機酸が高含量認められており、これらの酸は腐敗によって発生する悪臭の一因とされている^{15,16)}。しかしながら、イシル 10 試料中にプロピオン酸、n-酪酸、さらにレブリン酸は検出されなかった。また、イカイシルの SQ-4、SQ-5、イワシイシルの SA-5 では、他のイシルに比べ乳酸がそれぞれ 4750、1535、2903 mg/100 ml と極めて高く、酢酸、ギ酸も他のイシルよりも高い値を示した。これらの試料は、遊離アミノ酸組成も他のイシルと異なっていたことから、その熟成過程において、乳酸菌などの微生物の関与が推察される。

さらに、GC/MS によるイシルのヘッドスペースガスについて検討したところ、非常に多くの成分が

検出された¹⁷⁾。この中で、他の魚醤油に報告されている揮発性有機酸に起因する腐敗臭を有する揮発性有機酸はほとんど含まれておらず、またイシルは比較的低い pH であることから、生臭さの原因であるトリメチルアミンも他の魚醤油よりは非常に低いレベルであった。従って、イシルの香気性には、アルデヒド類 (2-methylpropanal、2-methylbutanal、3-methylbutanal など)、ケトン類 (2-butanone、3-methyl-2-butanone など)、ピラジン類 (pyrazine、methylpyrazine、2,5-dimethyl-pyrazine、2,6-dimethylpyrazine など)、含イオウ化合物 (dimethyl-disulfide) などが中心となり、そこにアルコール類 (2-furanmethanol、1-penten-3-ol、3-methyl-1-butanol

など) やアミン類が絡んだ非常に複雑な成分構成をしており、これら多数の成分によりイシル独特の香気が形成されているものと考えられる。

なお、イシル中に含まれる核酸関連物質は、イカ、イワシイシルいずれもヒポキサンチン、キサンチン、グアニンであり、イノシン酸-5'-リン酸 (IMP) に代表されるうま味に關与する核酸関連物質は検出されなかった⁷⁾。

従って、イシルのうま味は、豊富に含まれる遊離アミノ酸、ペプチドが中心となり、そこに乳酸などの有機酸や多成分により構成される香気成分が複雑に絡み合ってイシルの持つ独特の呈味性が形成されているものと考えられる。

4. イシルの機能性

近年、食品の三次機能である生体調節機能に関する研究が急速に進められている¹⁸⁾。とりわけ、体内での活性酸素の作用を抑えてくれる抗酸化性や、アンジオテンシン I 変換酵素 (ACE) の活性を阻害する血圧上昇抑制効果などが注目されている。その中で、大豆や魚肉タンパク質をプロテアーゼ処理して得られるペプチドに、強い抗酸化性や ACE 阻害活性を持つことが数多く報告されている¹⁹⁻²⁸⁾。一方、我々は 2~3 年経過したイシル粕に含まれる脂質について検討した結果、長期間経過しているにもかかわらずイシル粕中の脂質は、ほとんど酸化されていないことを報告した^{29,30)}。また、イシル中には非常に多量のペプチドが含有されていることから、イシルは ACE 阻害活性を持つことも予想される。そこで、イシルの抗酸化性および ACE 阻害活性などの機能性について検討を行った。

まず、イシルのリノール酸の自動酸化に対する抗酸化活性を図 2 に示す。コントロールの 100% に対し、イカイシル SQ-1~SQ-5 では 15%~24%、イワシイシル SA-1~SA-5 では 11%~25% の値を示した。つまり、イシル 10 試料いずれもコントロールに対し 25% 以下の低い値を示したことにより、イシルにはリノール酸の酸化を抑制する効果が認められた。また、イシルの DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ラジカル消去能について IC₅₀ 値における没食子酸相当量の比較を図 3 に示す。リノール酸と同様にイシルすべての試料で活性が見られ、没食子酸相当量でイカイシル SQ-1~SQ-5 が 3.02~

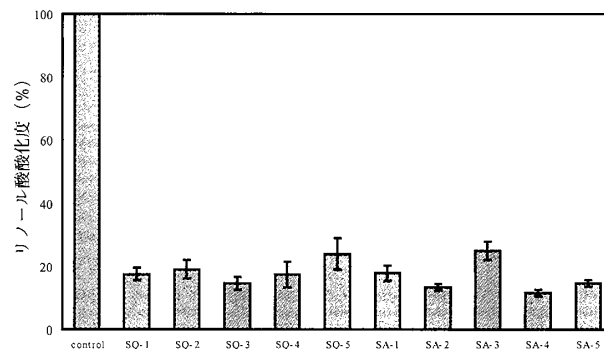


図 2 イシルのリノール酸自動酸化抑制効果。結果は平均値±標準偏差 (n=3) を示す。

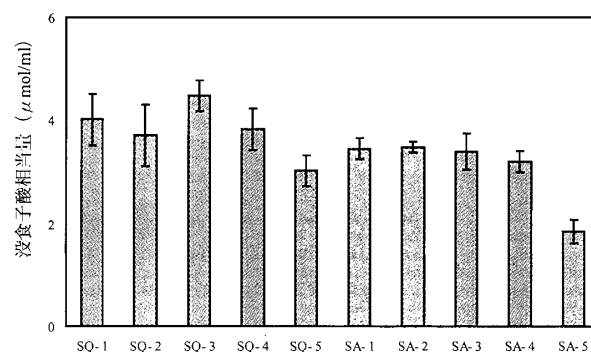


図 3 イシルの DPPH ラジカル消去能。結果は平均値±標準偏差 (n=3) を示す。

4.48 $\mu\text{mol/ml}$ 、イワシイシル SA-1~SA-5 が 1.85~3.48 $\mu\text{mol/ml}$ と、非常に高いラジカル消去能が確認された。これらのことから、イシルには強い抗酸化能を有することが判明し、その効果は 20 mM の BHT (butylhydroxytoluene)、BHA (butylhydroxyanisole)、ビタミン C、ビタミン E などの抗酸化剤とほぼ同等の効果を示したことから、十分な抗酸化力を有しているものと考えられる。そして、このイシルの強い抗酸化性によりイシル粕中の脂質の酸化が抑制されているものと推定される。

次に、イシルの ACE 阻害活性について IC₅₀ 値の比較を図 4 に示す。イカイシルが 0.38~0.52 $\mu\text{l/ml}$ 、イワシイシルが 0.14~0.25 $\mu\text{l/ml}$ と非常に高い ACE 阻害活性を示し、またイワシイシルの方がイカイシルよりも高い傾向が見られた。この結果を踏まえ、電気透析装置によりイシルの脱塩粉末を調製し、高血圧自然発症性ラット (SHR) の餌に 5% 添加し、SHR の血圧の変動について検討した結果を図 5 に示す。イワシイシル食群においては、コントロール食群に対して 9 週齢以降の SHR の血圧が有意に

石川県の伝統食品

低下しており、イワシイシル食による血圧降下作用が確認された³¹⁾。しかしながら、イカイシル食群で

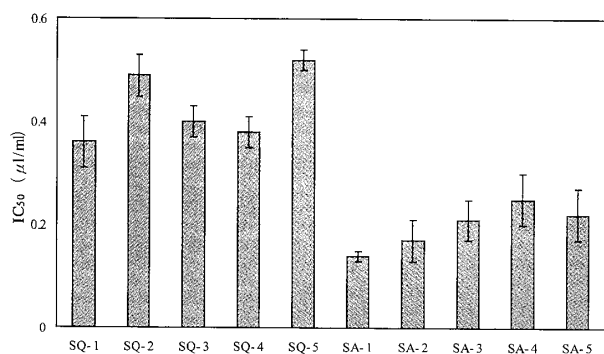


図4 イシルのACE阻害活性。
結果は平均値±標準偏差 (n=3) を示す。

は12週齢以降コントロール食群よりも高い血圧となった。これは、イカイシルには多量のプロリンが含まれるためと考えられる³²⁾。今後、脱塩イシル粉末の投与量など詳細な検討を行う予定である。SHRの飼育終了後の血液成分を表5に示す。SHRの血液成分中、総コレステロール、リン脂質、過酸化脂質についてはイシル食群の有意性はみられなかった。しかし血中グルコース濃度において、イカおよびイワシイシル食群いずれもコントロール食群に対し顕著な低下がみられ、イワシイシル食群でトリグリセリド濃度も有意に低下していることが認められた。このことから、脱塩イシル粉末は血糖値上昇抑制効果を持つ可能性についても示唆された³¹⁾。

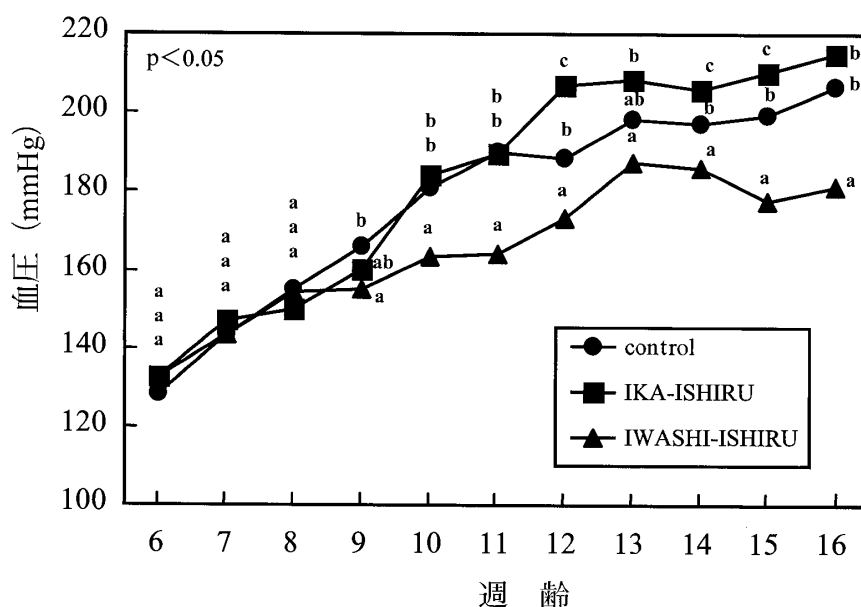


図5 高血圧自然発症性ラットの血圧におよぼす脱塩イシル食の影響。
結果は平均値 (n=6 or 7) を示す。
異なる添え字を有する場合は有意差有り (p<0.05)。

表5 高血圧自然発症ラットの血液成分におよぼす脱塩イシル食の影響。

	control	イカイシル	イワシイシル
総コレステロール (mg/dl)	52.17±2.27 ^{ab}	60.05±4.71 ^b	47.30±1.57 ^a
トリグリセリド (mg/dl)	55.84±4.55 ^b	54.13±4.23 ^{ab}	41.70±2.29 ^a
リン脂質 (mg/dl)	96.98±5.08 ^a	110.53±5.04 ^a	100.37±5.26 ^a
グルコース (mg/dl)	195.54±7.75 ^c	154.68±7.30 ^b	130.92±3.64 ^a
過酸化脂質 (nmol/ml)	3.84±0.73 ^a	2.60±2.27 ^a	4.95±0.68 ^a

結果は平均値±標準偏差 (n=6 or 7) を示す。
異なる添え字を有する場合は有意差有り (p<0.05)。

イシル中の抗酸化作用、血圧降下作用を示す物質について分離・精製を行ったところいくつかのペプチドが単離された。現在、これらのペプチドの分子量、アミノ酸配列などについて詳細な検討を進めている。

おわりに

能登半島の生産地で販売されていたイシルの製品について、そのうま味成分分析の結果とイシルの持つ機能性について述べてきた。

イシルは、秋から冬の気温の低い時期と食塩の作用によって腐敗を防止しながら仕込まれ、春一梅雨一夏一秋と奥能登の自然を利用して熟成させてできる天然調味液である。そして、高濃度のアミノ酸、ペプチド、有機酸などを含有し、高塩分濃度であるにもかかわらず、これらが調和して特有のうま味を形成している。さらに、抗酸化性をはじめ、イシルにはいくつかの機能性を持つことも明らかとなった。現在、石川県工業試験場では石川県立大学などと共同で、イシルの呈味性や機能性を利用した食品の開発や、脱塩イシルの粉末化など機能性食品素材としての可能性についても検討を行っている。この能登地方に古くから伝わる伝統食品であり、古くて新しい天然調味料であるイシルの新たな可能性を実現することにより、イシルの生産量の増加、さらには地域振興に大きく貢献できるものと考えている。

文 献

- 1) 杉元和彦, 谷辺礼子: 昭和 62 年度石川水試事業報告, pp. 27-28 (1989)
- 2) 佐渡康夫, 道島俊英: 伝統食品・食文化 in 金沢 (横山理雄・藤井建夫編), 幸書房, 東京, pp. 64-72 (1995)
- 3) 藤井建夫: 塩辛・くさや・かつお節, 恒星社厚生閣, 東京, pp. 53-57 (1992)
- 4) 菅原久春: 秋田の魚醤油 (しよつづる), 伝統食品の研究 15, 1-11 (1995)
- 5) 佐藤正美: 魚醬 (瀬戸の魚醤油, いかなご醤油について), 醸協 88, 135-139 (1993)
- 6) 佐渡康夫: 能登の魚醬 (イシル), 伝統食品の研究 16, 16-26 (1996)
- 7) 道島俊英, 佐渡康夫, 矢野俊博, 榎本俊樹: イシル (魚醤油) の遊離アミノ酸, オリゴペプチド, 有機酸, 核酸関連物質, 食科工 47, 241-248 (2000)
- 8) 大野悦子, 浅野元一: 秋田県特産品食品の研究 I 市販しよつづるの性状としよつづる熟成中の変化, 秋大教育紀要 18, 81-95 (1968)
- 9) 太田静行: 魚醤油の知識, 幸書房, 東京, pp. 76-78 (1996)
- 10) 内田金治, 神戸千幸: 醤油乳酸菌の機能多様性とその応用に関する研究, 醬研 13, 251-258 (1987)
- 11) 早川潔, 上野義栄, 河村真也, 谷口良三, 小田耕平: 乳酸菌による γ -アミノ酪酸の生産, 生物工学 75, 239-244 (1997)
- 12) 道島俊英, 佐渡康夫, 矢野俊博, 榎本俊樹: 速醸法によるイシル (魚醤油) の調製とその醸造過程における成分の消長, 食科工 47, 369-377 (2000)
- 13) Noguchi M, Arai S, Yamashita M, Kato H and Fujimaki M: Isolation and identification of acidic oligopeptides occurring in a flavor potentiating fraction from a fish protein hydrolysate, *J. Agr. Food Chem.* 23, 49-53 (1975)
- 14) 藤巻正生: 食品の旨味, 醸協 75, 873-877 (1980)
- 15) 池見元宏, 小笠原泰: しよつづるの味, 醸協 75, 898-902 (1980)
- 16) 藤井建夫, 酒井久夫: 腐敗したしよつづるの化学成分と微生物相, 日本誌 50, 1067-1070 (1984)
- 17) Michihata T, Yano Y and Enomoto T: Volatile compounds of headspace gas in the Japanese fish sauce Ishiru, *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 66 (10), 2251-2255 (2002)
- 18) 岡本章子, 柳田藤治: 大豆発酵食品の機能性—アンジオテンシン変換酵素阻害能と高血圧抑制作用を中心として, 食品工業 4.30, 70-79 (1997)
- 19) Chen HM, Muramoto K, Yamauchi F and Nokihara K: Antioxidant activity of designed peptides based on the antioxidative peptide isolated from digests of a soybean protein, *J. Agric. Food Chem.* 44, 2619-2623 (1996)
- 20) 末綱邦男: かつお節タンパク質のプロテアー

石川県の伝統食品

- ゼ消化物からの抗酸化ペプチドの分離と同定.
日水誌 65, 92-96 (1999)
- 21) Kim SK, Kim YT, Byun HG, Nam KS, Joo DS and Shahidi F : Isolation and characterization of anti-oxidative peptides from gelatin hydrolysate of Alaska Pollack skin. *J. Agric. Food Chem.* 49, 1984-1989 (2001)
- 22) Mendis E, Rajapakse N and Kim SK : Antioxidant properties of a radical-scavenging peptide purified from enzymatically prepared fish skin gelatin hydrolysate. *J. Agric. Food Chem.* 53, 581-587 (2005)
- 23) Hernandez-Ledesma B, Davalos A, Bartolome B and Amigo L : Preparation of antioxidant enzymatic hydrolysates from α -lactalbumin and β -lactoglobulin. Identification of active peptides by HPLC-MS/MS. *J. Agric. Food Chem.* 53, 588-593 (2005)
- 24) Wako Y, Ishikawa S and Muramoto K : Angiotensin I -converting enzyme inhibitors in autolysates of squid liver and mantle muscle. *Biosci. Biotechn. Biochem.* 60, 1353 (1996)
- 25) Ohta T, Iwashita A, Sasaki S and Kawamura Y : Antihypertensive action of the orally administered protease hydrolysates of Chum Salmon and their angiotensin I -converting enzyme inhibitory peptides. *Food Sci. Technol. Int. Tokyo* 3, 339-343 (1997)
- 26) 松井利郎, 川崎晃一 : 食品タンパク質由来機能性ペプチドによる血圧降下作用—イワシペプチド (Val-Tyr) による降圧食品の開発を中心として—. *日本栄養・食糧学会誌* 53, 77-85 (2000)
- 27) Kim SK, Byun HG, Park PJ and Shahidi F : Angiotensin I converting enzyme inhibitory peptides purified from bovine skin gelatin hydrolysate. *J. Agric. Food Chem.* 49, 2992-2997 (2001)
- 28) Nakashima Y, Arihara K, Sasaki A, Mio H, Ishikawa S and Itoh M : Antihypertensive activities of peptides derived from porcine skeletal muscle myosin in spontaneously hypertensive rats. *J. Food Sci.* 67, 434-437 (2002)
- 29) 道島俊英, 佐渡康夫, 守田弥栄, 榎本俊樹 : 超臨界二酸化炭素によるイシル (魚醬) 粕からの脂質の抽出. *食科工* 44, 795-800 (1997)
- 30) 道島俊英, 佐渡康夫, 守田弥栄, 馬医理加, 矢野俊博, 榎本俊樹 : 超臨界二酸化炭素によるイシル (魚醬油) 粕からの脂質の抽出. *石川工試研究報告* 50, 30-35 (2001)
- 31) 榎本俊樹, 道島俊英, 井上明日香, 矢野俊博 : 高血圧自然発症ラット (SHR) の血圧に及ぼす脱塩魚醬油 (イシル) 粉末の影響. 第56回日本栄養・食料学会大会講演要旨集, pp. 116 (2002)
- 32) 須見洋行 : 食品機能学への招待—機能性食品とその効能—. 三共出版, 東京, pp. 8-15 (1995)

<著者紹介>

道島 俊英 (みちはた としひで) 氏略歴

1983年3月 東京理科大学理学部化学科卒業

1985年3月 東京理科大学大学院理学研究科修士課程化学専攻修了

1985年4月 石川県工業試験場 化学食品部

1992年4月 石川県工業試験場 食品加工技術研究室 室員

1999-2004年 石川県農業短期大学 非常勤講師

2007年2月 大阪府立大学大学院生命環境科学研究科
博士(応用生命科学)課程修了

