

市販だし中のイミダゾールジペプチドおよび呈味成分の定量

桑 島 千 栄
橋 口 美智留

キーワード：だし、イミダゾールジペプチド、呈味成分

I. 緒 言

抗疲労効果や疲労回復効果があるとして近年注目されている機能性食品材料の一つにイミダゾールジペプチドがある¹⁾。イミダゾールジペプチドは、イミダゾール基を含むアミノ酸のヒスチジンが結合したジペプチドの総称で、代表的なものにアンセリン (β -アラニル-1-メチルヒスチジン)、カルノシン (β -アラニルヒスチジン)、バレニン (β -アラニル-3-メチルヒスチジン)がある。これらは家禽、家畜、魚介類の骨格筋に広く分布し、アンセリンは鶏肉や魚類に、カルノシンは牛肉や豚肉に、バレニンは鯨に多く含まれる²⁾。また、生体内においては、抗酸化作用^{3, 4)}、キレート作用⁵⁾、血糖値調節作用^{6, 7)}等の生理活性作用が報告されている。

我々は、魚類や肉類にイミダゾールジペプチドが分布するのであれば、かつお節や鶏ガラ等を煮て得られるだしにもイミダゾールジペプチドが含まれるのではないかと予想した。

和食に欠かせない「だし」は、「だし取り」という作業でもって、かつお節や煮干し・昆布などに含まれるうま味を主体とする水溶性成分を浸出させたものである。昆布だしのうま味がグルタミン酸であることが発見されて以降、食品のうま味の研究が盛んとなり、食品のうま味成分にはアミノ酸の他、核酸、有機酸類があることが知られるようになった。それとともに、市場には面倒な「だし取り」作業の不要のいわゆる市販だしが誕生し、簡便性や経済性から現在でも底堅い需要がある⁸⁻¹¹⁾。現在市場に出回る市販だしには、いわゆる風味調味料や天然だし抽出物等があり、かつおだし・あわせだし等の和風だしの他、鶏ガラスープの素等、多種多様で、形状についても、粉末状・顆粒状やだしパックタイプ等さまざま、販売価格帯もさまざま

まである。これほど一般的に流通しているにも関わらず、市販だしについて、味の違い、すなわち、だしの呈味成分であるグルタミン酸等の遊離アミノ酸、核酸関連物質等の組成について科学的に検討した報告は少なく¹²⁻¹⁴⁾、イミダゾールジペプチド含有量を検討した報告はほとんどない。

そこで本研究では、市販だしの中から、かつおだしベースと鶏ガラベースのだしを数種取り上げ、これらに含まれるアンセリン及びカルノシンの定量を行い、市販だしが疲労回復効果を期待できるイミダゾールジペプチドの補給源として利用できるかどうかを検討した。併せて、市販だしの種類や形状の異なるだし抽出液に含まれる成分の違いを調べるため、だしに含まれる呈味成分であるグルタミン酸などの遊離アミノ酸、核酸関連物質の定量を行った。

II. 実験方法

1. 試料

試料として、6種類の市販だし（かつお節ベースのだし4製品、鶏ガラベースのだし2製品）を使用した。かつおだしベースのだしは、A社から販売されている顆粒状の2製品（試料No.1, 2）とN社から販売されているだしパック状の2製品（試料No.3, 4）を用いた。鶏ガラベースのだしは、A社から販売されている顆粒状の1製品（試料No.5）とY社から販売されている顆粒状の1製品（試料No.6）を用いた。各試料の原材料表示内容を表1に示す。

2. 試料液の調製

市販だしは、それぞれの製品表示に従って希釈してだしを作成し、試料とした。すなわち、試料No.1および2は各2gを精秤し、これに沸騰水を300 mLずつ加えて溶かした。試料No.3および4は各1パックを沸騰水400 mLに中に入れ、中火で3分間煮出して

表 1. 試料の原材料

試料 No.	原材料名*
1	食塩 (国内製造), 砂糖類 (砂糖, 乳糖), 風味原料 (かつおぶし粉末, こんぶエキス), 酵母エキス/調味料 (アミノ酸等)
2	食塩 (国内製造), 砂糖類 (砂糖, 乳糖), 風味原料 (かつおぶし粉末, かつおエキス), 酵母エキス, 酵母エキス発酵調味料/調味料 (アミノ酸等)
3	かつおぶし, 砂糖, しょうゆ, 食塩, こんぶ, (一部に小麦・大豆を含む)
4	かつおぶし, 砂糖, しょうゆ, 食塩, (一部に小麦・大豆を含む)
5	食塩, デキストリン, チキンエキス, 鶏油, 野菜エキス, こしょう, たん白加水分解物, 酵母エキス/調味料 (アミノ酸等), pH 調整剤, 乳化剤
6	食塩 (国内製造), チキンエキスパウダー, 酵母エキスパウダー, 砂糖, 野菜エキスパウダー, チキンオイル, 玉ねぎ調味料, 香辛料, しいたけエキスパウダー, 加工デンプン, (一部に小麦・大豆・鶏肉を含む)

* 製品パッケージに掲載のまま

からだしパックを取り除き、ろ過した。試料No.5は2.5gを精秤し、これに湯150mLを加えて溶かした。試料No.6は2gを精秤し、これに沸騰水200mLを加えて溶かした。その後、各試料についてそれぞれミリポアフィルター(0.45 μ m)を通して試料液とした。

3. アンセリン及びカルノシンの定量

試料中のアンセリン、カルノシンを高速液体クロマトグラフィーによって分離し、定量した^{15,16)}。分析には高速液体クロマトグラフ(日本分光, HPLC2000)を用い、逆相カラム(Intakt Corporation, Unison UK-Amino, 4.6mm \times 150mm)を100mmol/L sodiumdihydrogenphosphate (pH4.5)/acetonitrile = 45 / 55で平衡化した後、試料液をかけ、同液により溶出した(流速1mL/1min, カラム温度40 $^{\circ}$ C)。溶出液中のアンセリン、カルノシンは210nmでの吸光度を測定することにより検出し、試料の吸光度を標準品と比較することによってアンセリンまたはカルノシンを定量した。データ解析にはChrom Naviを使用した。

4. 遊離アミノ酸の分析

試料中の遊離アミノ酸の α -アミノ基にフェニルイソチオシアネート(PITC)を微アルカリ性でカップリングさせ、生成するフェニルチオカルバモイルアミノ酸(PTC-アミノ酸)を高速液体クロマトグラフィーで分離することによりアミノ酸を定量した¹⁷⁾。すなわち、試料またはアミノ酸混合標準液(Waco, Amino Acids Mixture Standard Solution, Type H)をエッペンドルフチューブに取り、減圧下で乾燥させた。これにエタノール/蒸留水/トリエチルアミン混合液(2:2:1)を加えてかく拌した後、再び減圧下で乾燥させた。これにエタノール/蒸留水/トリエチルアミン/PITC混合液(7:1:1:1)を加えて室温で20分間反応させた後、減圧下で乾燥させ、分析に供した。分析には高速液体クロマトグラフ(日本分光, HPLC2000)を用い、逆相カラム(Waco, Wakosil-PTC, 4.0mm \times 20cm)を専用溶離液(Waco, PTC-Amino Acids Mobile Phase A)で平衡化した後、ろ過した試料液をかけ、専用溶離液(Waco, PTC-Amino Acids Mobile Phase B)を用いる直線グラジエント法により溶出した(流速1mL/1min, カラム温度40 $^{\circ}$ C)。溶出液中のアミノ酸は254nmでの吸光度を測定することにより検出し、試料の吸光度を標準品と比較することによって各アミノ酸量を求めた。データ解析にはChrom Naviを使用した。

5. 核酸の測定

試料中のイノシン酸(IMP)及びグアニル酸(GMP)を高速液体クロマトグラフ(日本分光, HPLC2000)によって定量した¹⁸⁾。すなわち、C18カラム(GLサイエンス ODS-3, 4.6mm \times 250mm)を0.5%リン酸・7.5%メタノール溶液で平衡化した後、ろ過した試料液をかけ、同液で溶出した。(流速0.5mL/1min, カラム温度38 $^{\circ}$ C)。溶出液中の核酸は260nmでの吸光度を測定することにより検出した。同液で調製した標準品を同様に溶出し、その吸光度を試料と比較することによってIMP及びGMPの量を求めた。データ解析にはChrom Naviを使用した。

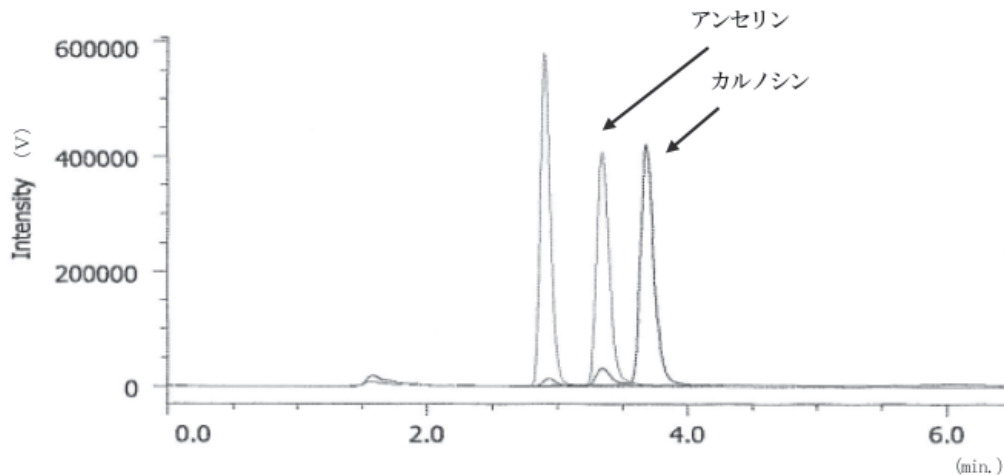


図 1. アンセリンおよびカルノシン標準品のクロマトグラム

表 2. 試料液中のアンセリンおよびカルノシン含有量 (mg/100mL)

試料 No.	アンセリン	カルノシン	アンセリン + カルノシン
1	0.51	3.58	4.09
2	0.30	3.13	3.43
3	39.7	5.41	45.1
4	31.9	4.39	36.3
5	2.20	6.98	9.18
6	0.78	2.43	3.21

Ⅲ. 実験結果および考察

1. アンセリン及びカルノシン含有量

前述した方法で、試料液を調製し、一定量を HPLC で分析し、そのピーク面積からアンセリンおよびカルノシンの定量を行った。今回分離に使用した逆相カラムにおけるアンセリンおよびカルノシン標準品のクロマトグラムを示す図 1 から明らかなように、短時間で分離することができた。

表 2 は、試料液 100 mL 中のアンセリンおよびカルノシンの含有量を示したものである。一般的に、魚類と鶏肉はアンセリンを多く含み、カルノシンは鶏肉には含まれるものの魚類には少ないと言われている⁶⁾。

今回得られた結果のうち、かつお節ベースのだしでは、試料 No.3, 4 共に、カルノシン含有量よりもアンセリン含有量が多く、アンセリンはカルノシンの約 7 倍含まれていた。しかし、試料 No.1, 2 では、特にアンセリン含有量が低値であった。だし中のイミダ

ゾールジペプチド含有量をアンセリンとカルノシンの総和とするならば、試料 No.3, 4 ともに試料 No.1, 2 の 10 倍量を示した。かつお節およびかつお節だしについての先行研究では、細川ら¹⁹⁾は、かつお節そのもののアンセリン：カルノシンの含有量比は約 3：1 であり、部位によって分布が異なり、背・腹・血合いの順にその含有量は低くなると報告している。坂口ら²⁰⁾は、かつお節の製造工程が異なってもアンセリンとカルノシンの含有量に顕著な差は認められなかったと報告している。また、鈴木ら²¹⁾によると、かつお節エキス成分の焙乾工程実験系においてヒスチジンの減少は認められるがアンセリンとカルノシン含有量はほとんど変化しなかったとの報告がある。これらから、かつお節あるいはかつお節粉末の工業的調製においてもかつお節由来のアンセリン・カルノシンが比較的安定であると考え、今回実験に供したかつお節ベースのだしの含有量の差は、単純に市販だしに含まれるかつお節由来原料の含有量の差であると推測される。顆粒状のだしよりもだしパック状のものの方が、イミダゾールジペプチドを効果的に摂取できると考えられる。

一方、鶏ガラベースである試料 No.5, 6 では、かつお節ベースの顆粒状だし試料 No.1, 2 よりアンセリンが多く含まれていたが、試料 No.5 と No.6 とでは、アンセリン・カルノシンともに含有量に差が生じた。鶏肉中のアンセリンとカルノシンの含有量は約 3：1 とされ²²⁾、加工・加熱調理によっても安定であるとの報告がある^{23), 24)}。チキンエキスの加工は、鶏

肉や鶏骨を原料とした単純な乾燥粉碎法から、イミダゾールジペプチドの効率的分離法²⁵⁾や高純度物生産法²⁶⁾等様々な手法があるため、原材料表示が同じチキンエキスであっても単純に比較できないが、試料 No.5 より No.6 でアンセリン・カルノシン含有量が低値であったのは、No. 6 の原材料にチキンエキス以外のものが多く含まれている結果であると推測できる。また、カルノシン含量は筋線維型の違いにより差異がみられるという報告があり⁶⁾、試料 No.1, 2, 5, 6 でアンセリン含有量が低値であったのは、これらの原材料として使用されたかつおや鶏の部位のカルノシン含有量が多かった可能性があるとして推測できる。

イミダゾールジペプチドは、動物およびヒト試験により、運動機能向上作用や抗疲労作用を有することが報告されている²⁷⁾⁻³⁴⁾。運動強度の高い、いわゆるスポーツ選手を想定している場合の研究²⁹⁾⁻³²⁾では、イミダゾールジペプチド約 1500 mg の連続摂取によって、運動機能向上が示唆されており、日常の身体作業負荷での試験^{33), 34)}では、イミダゾールジペプチド約 200 ~ 400 mg の連続摂取によって、疲労および疲労感の軽減が報告されている。今回の研究結果から算出して、スポーツ前後の運動機能向上に有用なイミダゾールジペプチド量を摂取するためには、約 3L のだしを摂取する必要があることになり、常習的な補給源としては非現実的であった。しかし、日常の健康維持のための運動疲労あるいは日常の身体活動による疲労・疲労感の軽減には、だしパック状の市販だし汁 400 ~ 500 mL の摂取で足りるため、現実的な補給源となり得ると考えられる。

2. 遊離アミノ酸組成

試料液 100 mL 中に含まれる遊離アミノ酸含有量 (μmol) を表 3 に示す。

全試料液を通して、最も多くの量が検出されたアミノ酸はグルタミン酸 (グルタミンを含む) であった。特に、原材料に「調味料 (アミノ酸等)」を含む試料 No.1,2,5 で顕著に高値を示し、この結果は湯浅らの報告³⁵⁾と一致した。昆布の呈味成分に代表されるグルタミン酸は、摂取後体内でグルタミンに容易に変換され、筋肉や血液中に多く存在することが知られている。グルタミンは胃や腸管を守る役割をもち、特に腸管のエネルギー源として利用される他、肝臓を守りアル

表 3. 試料液中の遊離アミノ酸含有量 ($\mu\text{mol}/100\text{mL}$)

試料 No.	Glu	His	Arg	Pro	Tyr	Val	Lys
1	163	N.D.	N.D.	N.D.	8.23	4.96	N.D.
2	104	N.D.	N.D.	N.D.	4.22	5.02	N.D.
3	Tr	29.3	4.33	3.03	N.D.	2.53	16.1
4	Tr	32.5	3.63	Tr	N.D.	5.60	14.8
5	122	N.D.	N.D.	Tr	N.D.	N.D.	13.0
6	4.49	N.D.	Tr	Tr	Tr	2.89	13.4

N.D.; 不検出

Tr: 1/1000 ($\mu\text{mol}/100\text{mL}$) 以上 5/1000 ($\mu\text{mol}/100\text{mL}$) 未満

コールの代謝を高める働きをもつことが報告されている³⁶⁾。また、運動後のグリコーゲンの回復を促進する作用が報告されている³⁶⁾他、運動中の血漿グルタミン濃度を維持することで持久運動が可能になった報告³⁷⁾もある。鈴木³⁸⁾は、24 時間走において 1 時間ごとに 0.8 g 相当のグルタミンを含む食用ペプチドを摂取したとき持久運動維持したと報告している。この値を今回の研究結果にあてはめると、グルタミン 0.8 g に相当するグルタミン酸約 55 μmol 、すなわち、原材料に「調味料 (アミノ酸等)」を含む試料 No.1,2,5 の試料液 (だし汁) 50mL 程度を摂取すればよいことになり、運動前後あるいは運動中のグルタミン酸補給源となり得ると考えられる。

一方、グルタミン酸の検出されなかった試料 No.3,4 では、ヒスチジンが検出された。ヒスチジンは、ヒスタミンおよびカルノシン生合成の前駆体で、ヒスチジン摂取と抗肥満効果についての報告^{39), 40)}がある。かつお節にはヒスチジンが多く含まれる¹⁹⁾⁻²¹⁾ため、かつお節を原料とするこれらで検出されたと考えられる。

試料 No.5 を除き、バリンが検出された。バリンはロイシン、イソロイシンと共に分岐鎖アミノ酸であり、体内で合成できない必須アミノ酸である。分岐鎖アミノ酸は筋たんぱく質の合成促進・分解抑制作用があるため、運動時の筋タンパク質分解抑制⁴¹⁾を狙った BCAA と表示したアミノ酸パウダーなどが市販されている。光崎らの用いた市販だしでもバリン、ロイシン、イソロイシンが含まれており¹³⁾、市販だしの日常料理利用により、一定量の BCAA を長期的に摂取することが可能であると考えられる。なお、今回用いた市販だしでは、ロイシン、イソロイシンは検出されなかった。

3. グアニル酸及びイノシン酸含有量

試料液 100 mL 中に含まれるグアニル酸及びイノシン酸含有量 (mg) を表 4 に示す。

さまざまな原材料を用いて調製している鶏ガラベースのだし試料 No.5,6 では、シイタケの呈味成分に代表されるグアニル酸が検出された。これらは、原材料の「しいたけエキス」「野菜エキス」「玉ねぎ調味料」に由来すると考えられる³⁵⁾。また、すべての試料液にて、イノシン酸が検出された。イノシン酸は、そのヒスチジン塩がかつお節のうま味であるとして知られるが、魚肉や畜肉等動物性食品に多く含まれ、魚肉や畜肉の呈味性に寄与すると考えられている。また、特にだしパック状の試料 No.3, 4 に高い傾向となった。イノシン酸についての生理学的研究では、生体内で網膜神経細胞において神経線維の伸展を促進する作用⁴²⁾や、肝細胞においてグリコーゲン分解や糖新生を増加させる作用がある⁴³⁾との報告がある。運動後の糖質食とイノシン酸の併用摂取が筋肉中のグリコーゲン貯蔵量を高めるとした特許⁴⁴⁾はあるものの、まだ研究報告は少ない。よって、運動や身体活動時の核酸関連物質の摂取の必要性については、今後の研究の結果を待ち、検討したい。

だし、特にかつお節だしの健康効果についてはこれまで様々な報告がなされている。マウスを使った疲労回復実験で機能性成分単独投与よりもかつお節だし投与で有意差があるなど、かつお節だしの単独成分ではなく、種々の成分の複合効果で疲労回復が発現していると考えられている。また、かつお節だしのヒトに対する継続的摂取により、肉体疲労・精神疲労・眼精疲労等の改善・回復効果などが示されている^{45) - 49)}。その一方で、一般家庭ではかつお節や昆布を用いただし取りよりも、市販だしを利用する割合が高い現状⁵⁰⁾、

表 4. 試料液中の核酸含有量 (mg/100mL)

試料 No.	グアニル酸	イノシン酸
1	N.D.	5.21
2	N.D.	4.80
3	N.D.	8.47
4	N.D.	6.95
5	5.72	3.45
6	1.78	1.13

N.D.: 不検出

今回のような市販だしの科学的な検討は有用であると考えられる。今回の研究で用いた市販だしの中では、特に、だしパック状の製品が、本来のだし同様素材本来の成分をより有効的に利用できることが示唆された。

IV 要約

市販だしを調製し、だし中に含まれるイミダゾールジペプチド、遊離アミノ酸、核酸関連物質含有量を測定することにより、その特徴を比較検討した。市販だしの原材料により、イミダゾールジペプチド、遊離アミノ酸、核酸関連物質の含有量は異なった。イミダゾールジペプチドおよびイノシン酸含有量はだしパック状の製品に多く、原材料に「調味料 (アミノ酸等)」を含む製品では、グルタミン酸量が多く含まれた。イミダゾールジペプチド摂取に期待される抗疲労効果を求めるならば、だしパック状のだし汁の摂取が有用で、運動中あるいは運動前後のグルタミン酸補給源を想定するならば、原材料に「調味料 (アミノ酸等)」を含む製品を用いるだし汁の摂取が有用であると考えられた。

終わりに、本研究を行うにあたり、実験にご協力いただきました本学卒業生の中嶋彩乃さん、平居走さんに深謝いたします。

参考文献

- 1) 西谷真人, 宗清芳美, 杉野友啓, 梶本修身: 新規抗疲労成分 イミダゾールジペプチド, 日本補完代替医療学会誌, 6, 3, 123-129 (2009)
- 2) 常石英作: 技術用語解説 アンセリン, カルノシン, 日本食品科学工学会誌, 53, 6 (2006)
- 3) Aruoma OI, Laughton MJ, Halliwell B.: Carnosine, homocarnosine and anserine: could they act as antioxidants *in vivo*?, *Biochem. J.*, 264, 863-869 (1989)
- 4) Kohen R, Yamamoto Y, Cundy KC, Ames BN.: Antioxidant activity of carnosine, homocarnosine, and anserine present in muscle and brain., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 85,

- 3175-3179 (1988)
- 5) Ikeda T, Kimura K, Hama T, Tamaki N. : Activation of rabbit muscle fructose 1,6-bisphosphatase by histidine and carnosine., *J. Biochem.*, 87, 179-185 (1980)
- 6) Nagai K, Nijjima A, Yamano T, Otani H, *et al.* : Possible role of L-carnosine in the regulation of blood glucose through controlling autonomic nerves. *Exp. Biol. Med.*, 228, 1138-1145 (2003)
- 7) Yamano T, Nijjima A, Iimori S, *et al.* : Effect of L-carnosine on the hyperglycemia caused by intracranial injection of 2-deoxy-D-glucose in rats., *Neurosci. Lett.*, 313, 78-82 (2001)
- 8) 北田長義, 君塚明光:風味調味料, 日本家政学会誌, 41, 4, 369-373 (1990)
- 9) 日本食糧新聞:だしの素特集:20年ぶり市場回復健康体づくりを応援, 12093号05面, 2020.08.07
- 10) 岩田直樹, 近藤正:風味調味料の特質, 食品と科学, 14, 120-124 (1972)
- 11) 越智宏倫:『天然調味料』, 光琳, 東京, 159 - 220 (1993)
- 12) 岡芳子, 播磨美智子:だし汁に関する研究(第2報)一 顆粒状和風だしの素のだし汁中の遊離アミノ酸組成一, 四国女子大学紀要, 4, 2, 53-57 (1985)
- 13) 光崎龍子, 森真弓, 鈴木啓子, 遠藤千鶴:だし汁の遊離アミノ酸量と成分組成構造, 麻布大学雑誌, 1・2, 41-47 (2000)
- 14) 神田知子, 安藤真美, 高橋徹, 丸山智美, 五島淑子:煮干しだしと煮干し風味の風味調味料だしに含まれる遊離アミノ酸とその類縁体および核酸関連物質の組成の違い, 日本家政学会誌, 59, 12, 1005-1009 (2008)
- 15) 西塔正孝, 國崎直道:高速液体クロマトグラフィーによる数種魚類のアンセリン及びカルノシンの測定, 女子栄養大学紀要, 35, 57-59 (2004)
- 16) TOSOH BIOSCIENCE:食肉中のイミダゾールジペプチド類の分析, TSKgel カラムテクニカルインフォメーション No.150
- 17) 日本生化学学会編:続生化学実験講座2 タンパク質の化学(上), 東京化学同人, 東京, 209-215 (1987)
- 18) 松下至:逆相液体クロマトグラフィーによるイノシン酸 (5'-IMP) とグアニル酸 (5'-GMP) の分析, 岡山学院大学・岡山短期大学紀要, 28, 29-33 (2005)
- 19) 細川誠, 榊原英公, 矢島泉, 林和夫:かつお節の背, 腹および血合肉部の呈味成分, 日本食品工業学会誌, 37, 11, 859-869 (1990)
- 20) 坂口守彦, 荻野日望, 山岸海, 石崎早苗, 吉岡立仁, 塚正泰之, 真鍋祐樹, 江島晃佳, 佐藤健司:異なる工程で造られたかつお節の普通肉および血合肉に含まれるエキス成分, 日本食品科学工学会誌, 68, 1, 38-44 (2021)
- 21) 鈴木敏博, 本杉正義:かつお節エキス成分の焙乾工程中的変化, 日本食品工学会誌, 41, 8, 550-556 (1994)
- 22) Boldryrev AA, Severin SE : The histidine-containing dipeptides, carnosine and anserine. Distribution, properties and biological significance., *Adv. Enzyme. Regul.*, 30 175-194 (1990)
- 23) 小出あつみ, 山内知子, 大羽和子:鶏肉の貯蔵・加熱調理に伴うヒスチジン含有ジペプチド(アンセリン・カルノシン)およびDPPHラジカル捕捉活性の変化, 日本調理科学会誌, 40, 6, 397-404 (2007)
- 24) 神力(長友)はるな, 近藤知巳, 永濱清子, 福井敬一, 黒木勝久, 水光正仁, 榊原陽一:レトルト加工および保蔵期間が鶏肉のイミダゾールジペプチド含有量に及ぼす影響, 日本食品科学工学会誌, 66, 6, 210-214 (2019)
- 25) 柳内延也, 塩谷茂信, 水野雅之, 鍋谷浩志, 中嶋光敏:チキンエキス機能性成分アンセリン-カルノシンの膜技術による分離・精製, 膜, 29, 1, 17-25 (2004)
- 26) 佐藤謙一郎, 塩谷茂信, 柳内延也:動物エキスからの高純度イミダゾールジペプチドの生産法と生活習慣病予防食品の開発, 日本食品工学会誌, 21, 3, 89-94 (2020)
- 27) 原田理恵, 田口靖希, 浦島浩司, 佐藤三佳子, 大森丘, 森松文毅:トリ胸肉抽出物(チキンエキス)のマウス遊泳持久力に対する効果. 日本栄養・食糧学会誌. 55, 2, 73-78 (2002)
- 28) 原田理恵, 浦島浩司, 佐藤三佳子, 大森丘, 森松文毅:カルノシンおよびトリ胸肉抽出物(チキンエ

- キス)のマウス遊泳回復力に対する効果. 日本栄養・食糧学会誌, 55, 4, 209-214 (2002)
- 29) 鈴木康弘, 佐藤三佳子, 森松文毅, 高松薫: トリ胸肉抽出物 (CBEXTM) の経口摂取が高強度間欠的運動パフォーマンスに及ぼす影響, 体育学研究, 49, 2, 159-169 (2004)
- 30) 佐藤三佳子, 鈴木康弘, 森松文毅, 高松薫: トリ胸肉抽出物 (CBEXTM) 長期摂取が骨格筋中カルノシン濃度と短時間高強度運動パフォーマンスに及ぼす影響, 体力科学, 52, 3, 255-264 (2003)
- 31) Suzuki Y, Ito O, Mukai N, *et al.*: High level of skeletal muscle carnosine contributes to the latter half of exercise performance during 30-s maximal cycle ergometer sprinting., *Jpn J Physiol*, 52, 199-205 (2002)
- 32) 寺沢なお子, 棟田裕一, 高橋義宣, 小尾麻菜, 椎名康彦: アンセリン含有サケエキスが学生スポーツ選手の疲労低減に及ぼす効果, 日本水産学会誌, 80, 4, 601-609 (2014)
- 33) 田中雅彰, 嶋原良仁, 藤井比佐子, 平山佳伸, 渡辺恭良: CBEX-Dr 配合飲料の健常者における抗疲労効果, 薬理と治療, 36, 3, 199-212 (2008)
- 34) 清水恵一郎, 福田正博, 山本晴章: イミダゾールジペプチド配合飲料の日常的な作業のなかで疲労を自覚している健常者に対する継続摂取による有用性—第一次エントリー 207 名の解析結果報告一, 薬理と治療, 37, 3, 255-263 (2009)
- 35) 湯浅正洋, 小江桃子, 富永美穂子: 市販だしにおける呈味成分の特徴, 日本家政学会第 68 回大会要旨集, 68, P-011 (2016)
- 36) VARNIER M.: Stimulatory effect of glutamine on glycogen accumulation in human skeletal muscle., *Am J Physiol.*, 269, 309-315 (1995)
- 37) BowtellJL, GellyK, JackmanML, *et al.*: Effect of oral glutamine on whole body carbohydrate storage during recovery from exhaustive exercise., *J Appl Physiol.*, 86, 1770-1777 (1999)
- 38) Suzuki Y., Sakuraba K., Kobayashi H., *et al.*: Periodical intake of WGH enabled continuous running and preserved plasma glutamine level during 24-hour running race., *Adv. Exerc. Sports Physiol.*, 15, 94 (2009)
- 39) Kasaoka S., Tsuboyama-Kasaoka N., and Nakajima S.,: Histidine supplementation suppresses food intake and fat accumulation in rats., *Nutrition*, 20, 991-996 (2004)
- 40) 古庄律, 田中将行, 池田博明, 片岡二郎, 安原義: 内蔵脂肪型肥満 OLETF ラットの耐糖能ならびに脂質代謝に及ぼす鰹節タンパク質麩分解物摂取の効果, 日本食品保蔵科学会誌, 33, 115-119 (2007)
- 41) 下村吉治: 運動による分岐鎖アミノ酸 (BCAA) 代謝の促進と BCAA 投与効果, 体力科学, 56, 1, 52 (2007)
- 42) Junko Muto, Toshio Mikami, *et al.*: Oral administration of inosine produces antidepressant-like effects in mice., *Scientific Reports*, 4, 4199 (2014)
- 43) Raquel Guinzberg, *et al.*: Inosine released after hypoxia activates hepatic glucose liberation through A3 adenosine receptors., *Am. J. Physiol Endocrinol Metab.*, 290, 5, 940-951 (2006)
- 44) 学校法人福岡大学: イノシン酸を有効成分としたグリコーゲン蓄積促進用組成物, JP 2018-203713 A 2018.12.27
- 45) 村上仁志: かつおだしの疲労回復効果, 科学と工業, 57, 522-524 (2004)
- 46) 河野一世: [総説] かつお節とかつお節だしに関する調理科学的・食文化的考察, 日本調理科学会誌, 40, 2-10 (2008)
- 47) 本多正史, 石崎太一, 黒田素央: 鰹節だし継続摂取による眼精疲労改善効果, 日本食品科学工学会誌, 53, 8 (2006)
- 48) 石崎太一, 黒田素央, 杉田正明: かつおだし継続摂取が気分・感情状態, 特に疲労感に及ぼす影響, 日本食品科学工学会誌, 53, 225-228 (2006)
- 49) M. Kuroda, T. Ishizaki, T. Maruyama, Y. Takatsuka, T. Kuboki: Effect of dried-bonito broth on mental fatigue and mental task performance in subjects with a high fatigue score., *Physiol. Behav.*, 92, 957-962 (2007)
- 50) 工藤貴子, 松本伸子: 市販だしの素の表示成分と嗜好, 平成 24 年日本調理科学会大会要旨集, 24, 2A-p1 (2012)

