

いりこ（小鰯煮干し）のカルシウム利用性向上の検討

Study on improving calcium utilization of boiled and dried sardines

人見 英里¹⁾, 行田 萌香¹⁾
Eri Hitomi¹⁾, Momoka Yukuda¹⁾

要旨

いりこはカルシウムが豊富な食品として知られているが、含まれるカルシウムは不要性のリン酸カルシウムが主であり、調理法を工夫することで吸収を高められると考えられる。本研究は、いりこのカルシウムの可溶化を促進する調理方法を検討することを目的とした。

いりこは山口県周防大島産のものを用いた。いりこの種類としてはちりめん（4cm）、かえり（5cm）、小羽（7cm）、大羽（9cm）の4種類を用いた。カルシウム可溶化試験では、いりこ5gに対して食酢あるいは果汁5ml、もしくは酢味噌5gを加え、一定時間置いた後にホモジナイズし、遠心分離して得られた上清を550℃で灰化後、1%塩酸で希釈し原子吸光光度計にて測定した。

いりこの種類や出汁の調製法を変えても、いりこ出汁中には、ほとんどカルシウムは含まれず昆布出汁と同程度であった。食酢あるいは長門ユズキチ果汁を添加し30分静置した場合、サイズの小さい「ちりめんいりこ」からのカルシウム可溶化率が高かった。山口県の伝統料理「ちしゃなます」（いりこを加えた酢味噌でちしゃを和えた料理）を想定し、いりこに同量の酢味噌をまぶして30分静置した後のカルシウム可溶化率は、味噌だけをまぶした場合に比べ、食酢味噌では約3倍、長門ユズキチ酢味噌では約4倍に上昇したが、カルシウム可溶化率は、酢あるいは果汁のみを添加した場合に比べて低い値となった。

キーワード：いりこ、煮干し、カルシウム、可溶化、伝統料理、ちしゃなます

Abstract

Iriko, boiled and dried sardines, are known as a food rich in calcium, but the calcium in iriko is mainly insoluble form, calcium phosphate. The purpose of this study was to examine the cooking method to promote the solubilization of calcium in iriko. In this study, iriko from Suou-Oshima Island, Yamaguchi Prefecture was used. We used four types, Chirimen (4 cm), Kaeri (5 cm), Koba (7 cm), and Ohba (9 cm). In the calcium solubilization test, 5 g of vinegar, citrus juice or vinegared miso was added to 5 g Iriko. After mixed and stood for a while, they were homogenized and centrifuged, the obtained supernatant was calcified at 550 °C. The ash was solubilized with 1% hydrochloric acid and the calcium concentration was measured by atomic absorption method. Even though the size or preparation method of soup stock from iriko was changed, almost no calcium was contained in the soup stock, and it was comparable to that of kelp soup. After adding vinegar or Nagato-Yuzukichi citrus juice and leaving for 30 minutes, the calcium solubilization rate from the small size Chirimen was higher than the other sizes of iriko. Assuming a

1) 山口県立大学看護栄養学部栄養学科

Yamaguchi Prefectural University, Faculty of Nursing and Human Nutrition, Department of Human Nutrition

Yamaguchi prefectural traditional dish "Chisha -namasu" (a dish which mixed chisha lettuce and vinegared miso with iriko), the calcium solubilization rate from iriko mixed with miso with or without vinegar or Nagato-Yuzukichi juice was measured. The calcium solubilization rate from iriko was 3 times higher with vinegared miso, and 4 times higher with Nagato-Yuzukichi juice miso compared to that of miso only. But the calcium solubilization rate from iriko with miso was lower than the treatment with vinegar or Nagato-Yuzukichi juice only.

Key words : boiled and dried sardines, calcium, solubilization, traditional dish, Chisha-namasu

諸言

いりこはイワシを食塩水でゆで、乾燥させたもので、古くからだしの材料として使われている¹⁾。原料とするイワシの種類は多いが、主に「カタクチイワシ」や「マイワシ」が使われている。最も多く利用されているカタクチイワシは、成長に伴って、かえり、小羽、中羽、大羽と呼ばれ、ほぼ年2回の周期で漁獲されている。体長はそれぞれ4cm程度、5cm程度、7cm程度、9cm程度である。呼び名も全国的には多種類あり、地域により「じゃこ」「だしじゃこ」「いりこ」などと呼ばれている²⁾。

山口県では汁物や煮物にいりこ出汁を利用する文化が根付いており、いりこそのものを利用した郷土料理も多数存在する。その中でも、「ちしゃなます」は、煮干しを割くか粉末にし、酢味噌などの調味料と共にちしゃと混ぜ合わせる郷土料理である³⁾。その他にも酢の物や煮物の具材としていりこ全体を使う料理や、いりこ出汁を使用した混ぜ飯も食されている³⁾。

また、長門ユズキチは山口県で栽培されている香酸柑橘で、ユズの近縁種であり爽やかな香りとまろやかな酸味が特徴であり、長門ユズキチの果汁はそのまま焼き魚やしらす大根などにかけて食べるのが一般的とされている。その他にも山口県では食酢の代わりに長門ユズキチやだいたい等の柑橘果汁を用いることもある。

いりこは乳製品、豆類にならびカルシウムを豊富に含んでいる代表的な食品として認知されている。しかしながらイワシなどの小魚の主要なカルシウムは不溶性のリン酸カルシウムや炭酸カルシウムの形で存在しており、その吸収率は32.9%とされている⁴⁾。

生体内でのカルシウムはイオン化もしくは可溶化した形で小腸上部において吸収されるため⁵⁾、小魚のカルシウムの利用効率を高めるためには不溶性カルシウムを可溶化させることが有効であり、すでに食酢やスダチなどの柑橘類の果汁を小魚などの不溶性カルシウム含有食品に添加することで小魚のカルシウムの可溶化率が上昇することが明らかになっている⁶⁻⁸⁾。

これまでにいりこの大きさと煮出し法の関係や、いりこ出汁に溶出するカルシウム量については、報告がなされている^{9,10)}。いりこ出汁にいりこから溶出するカルシウムの溶出率は大きさや形態によって差があり、最大でも14%とされており¹¹⁾、いりこ出汁を摂取したとしてもいりこが含有しているカルシウムを有効に摂取しているとは言えない。他にも食酢を用いた調理における食品中のカルシウムの有効利用⁶⁾やスダチ果汁を添加した小魚カルシウムの骨吸収抑制効果なども報告されている¹²⁾が、いりこについてはそのような研究はなく、また、郷土料理と関連したいりこのカルシウム利用性についての検討は行われていない。

これまでの研究^{13,14)}で、しらす干しと13種類の柑橘果汁を用いてカルシウム可溶化に与える影響についての比較・検討を行い、全ての柑橘果汁において、果汁を加えることにより、しらす干し中のカルシウム可溶化率が上昇したことを報告している。また、長門ユズキチ果汁に含まれるクエン酸とカルシウム可溶化率には非常に強い正の相関が認められ、果汁によるカルシウム可溶化率は果汁の含有クエン酸濃度から推定されるカルシウム可溶化率よりも高い値を示し、食酢や長門ユズキチ果汁はしらす干しのカルシウム可溶化に有効であることを報

告している。

本研究では、山口県の特産品でもあり、カルシウムの給源として給食やおやつとして食される小魚であるいりこを用い、食酢、長門ユズキチ果汁の添加がカルシウム可溶化率に与える影響と調理を仮定した操作がカルシウム可溶化におよぼす影響について比較・検討を行った。

実験方法

1. 試料

研究に用いた山口県周防大島産いりこは、山口市内のいりこ直販店（大島いりっこ本舗）より購入した。いりこは大きさによって含有するカルシウム量が増加することや、市販品でも大きさによって分けられているため、いりこの中でもちりめんいりこ（4cm程度）、かえりいりこ（5cm程度）、小羽いりこ（7cm程度）、大羽いりこ（9cm程度）の4種類（写真1）を使用した。食酢として穀物酢（ミツカン）、長門ユズキチ果汁として、ビン詰め長門ユズキチ100%果汁（きららオーガニック・ライフ株式会社）を用いた。また、酢味噌は麦味噌（とくち味噌株式会社）：食酢またはユズキチ果汁：砂糖（上白糖、パルエース株式会社）を3：2：2¹⁵⁾で混ぜ合わせたものを調製して用いた。

2. いりこ粉末の調製

いりこを5g採取し、電動ミル（コーヒーミル TSK-928S：燦坤日本電気株式会社）で5秒間ずつ2回粉碎した。その後、30メッシュの裏ごし器を用いてふるいにかけた¹⁶⁾。調製した粉末試料は3gずつ量り取り、お茶パック（株式会社フレンド）に入れた状態でチャック付きビニール袋に入れ、使用まで-20℃で保存した。

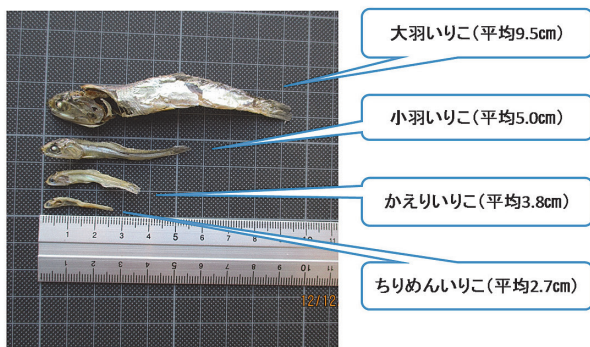


写真1 使用したいりこ

3. いりこ出汁の調製

いりこ出汁を調製する際には、電磁調理器（ティファール デイリー IH：株式会社グループセブ ジャパン）を用い、加熱調理モード・火力4とした。抽出方法として以下の2通りで出汁を抽出し¹⁷⁾、使用したいりことして、頭部・内臓を取り除かない全体、前述のいりこ全体をミルで粉末化したもの、の2種類を使用した。また、出汁の調製法としては、以下の2通りとした。

煮出し法①

1. いりこ又はいりこ粉末3g（パック入り）を鍋に入れ、蒸留水を100ml加え、30分静置した。
2. 30分後、そのまま火にかけデジタル温度計（防水デジタル温度計 WT100 プローブ2mm：アズワン株式会社）で温度を計測しながら95℃以上で1分間加熱した。
3. 加熱後すぐにいりこを取り出し、室温になるまで冷ました。その後蒸発した水分量を調整するため、100mlにメスアップした。

煮出し法②

1. いりこ又はいりこ粉末3g（パック入り）を鍋に入れ、蒸留水を100ml加え、そのまま火にかけ、方法①と同様に温度を計測しながら95℃以上で2分加熱した。
2. 加熱後すぐにいりこを取り出し、室温になるまで冷ました。その後蒸発した水分量を調整するため、100mlにメスアップした。

4. ユズキチ果汁によるカルシウム可溶化試験

いりこを酢の物として用いることを仮定し、小型のいりこであるちりめん、かえり、小羽の3種類を用いて行った。いりこ5gを50ml容チューブに量り取り、ユズキチ果汁あるいは食酢（コントロールとしては蒸留水）5mlを加え、1分間振とうした後15分ないし30分常温で静置した。その後、超純水25mlを加え、ホモジナイザー（プロセスホモジナイザー PH91：株式会社エスエムテ）にて10,000rpmで5分間ホモジナイズした。ホモジネートを遠心分離機（高速大容量冷却遠心機7000：久保田商事株式会社）で遠心分離（2,500rpm、10分、4℃）し、得られた上清をさらに卓上高速遠心分離機（テーブルトップマイクロ冷却遠心機3500：久保田商事株式会社）で遠心分離（14,000rpm、10分、4℃）し、得られた上清をユズキチ果汁カルシウム可溶化区分と

して保存した。

5. 酢味噌によるカルシウム可溶化試験

この試験は、ちしなますを想定し、小ぶりのいりこであるかえりいりこを用いて行った。いりこ 5g を 50ml 容チューブに量り取り、いりこと同量 (5g) の酢味噌またはユズキチ果汁を用いたユズキチ酢味噌を加えた。コントロールとして、酢味噌を洗い流す実験では 5g の蒸留水を、酢味噌を洗い流さない場合は酢のかわりに蒸留水を加えた味噌 5g を加えた。1 分間振とうした後、15 分ないし 30 分常温で静置した。その後、酢味噌を流水で 3 分間洗い流し、超純水 25ml を加え、ホモジナイザー（プロセスホモジナイザー PH91：株式会社エスエムテ）にて 10,000rpm で 5 分間ホモジナイズした。酢味噌を洗い流さない場合は酢味噌ごとホモジナイズを行った。試料を遠心分離機（高速大容量冷却遠心機 7000：久保田商事株式会社）で遠心分離 (2,500rpm、10 分、4℃) し、得られた上清をさらに卓上高速遠心分離機（テーブルトップマイクロ冷却遠心機 3500：久保田商事株式会社）で遠心分離 (14,000rpm、10 分、4℃) し、得られた上清をいりこ酢味噌処理区分として保存した。

6. 試料の灰化

前項で得られたいりこのカルシウム可溶化区分を 1ml 採取し、磁製るつぼに入れてホットプレート上で予備灰化した。その後マッフル炉 (FM37：ヤマト科学株式会社) にて 550℃ で 5～6 時間灰化を行った^{18, 19)}。いりこ出汁に含まれるルシウム量を測定するためには、調製しいりこ出汁を 3ml 採取し、磁製るつぼに入れてホットプレート上で予備灰化し、上記と同様に灰化を行った。いりこに含まれる全カルシウム量を測定するため、いりこ 1.00g を電子天秤で秤量し、るつぼに入れて三脚上の三角架にのせ、ガスバーナーで煙が出なくなるまで予備灰化し、上記と同様に灰化を行った。なお、大羽いりこについては 1 匹の重量を記録し、その後 1g あたりのカルシウム量に換算した。

7. 原子吸光分析

前項で得られた灰化試料に 20% 塩酸を 2ml 加え、ホットプレート上で蒸発乾固させた。さらに 1% 塩酸を 2ml 加えて一晩静置し、出汁、酢添加区分、酢

味噌処理区分については 1% 塩酸を用いて 50 倍希釈、いりこのみを灰化したものは 2500 倍希釈した。このとき、干渉抑制剤として 5% 塩化ストロンチウム溶液を最終濃度が 0.5% となるよう加えた。その後、濾紙（定量濾紙 No.5A、φ 90：株式会社アドバンテック）を用いて濾過を行った。これらの試料を原子吸光光度計（偏光ゼーマン原子吸光分光光度計 Z-5000：株式会社日立ハイテクノロジーズ）で吸入噴霧し、アセチレン-空気フレームに導入して 422.7nm の波長でカルシウム量を測定した^{19, 20)}。測定、試料調製は 3 連で行った。結果は平均値 ± 標準偏差で表した。

8. いりこからのカルシウム可溶化率の算出

カルシウム可溶化率は、可溶化区分に溶出したカルシウム量をいりこ中に含まれる全カルシウム量で除して求めた。

結果

1. いりこのカルシウム量

実験で使用しいりこに含まれる全カルシウム量を Table 1 に示す。100 g あたりでもサイズが大きくなるほど、いりこに含まれるカルシウム量は多い結果となった。

2. 出汁のカルシウム濃度

各種のいりこで出汁を調製した際の 100ml あたりのカルシウム濃度を Fig.1 に示す。カルシウム濃度は最大でも粉末いりこを抽出した 2.8mg/100ml であった。種類別に見ると、出汁に一般的に用いられる大羽いりこに比べて、サイズの小さいちりめんいりこの方が高値となった。

Table 1 いりこに含まれるカルシウム量

	(mg/100g)	
ちりめん	1463	± 66
かえり	2448	± 130
小羽	2507	± 562
大羽	2700	± 300

平均 ± 標準偏差 (n=3)

3. 食酢またはユズキチ果汁添加時のカルシウム可溶化率

食酢またはユズキチ果汁を添加した時のカルシウム可溶化率を Fig.2 に示す。いりこに食酢またはユズキチ果汁を添加することでカルシウム可溶化率は著しく上昇した。特にカルシウム可溶化率の高かったちりめんいりこでは、食酢やユズキチ果汁を加えることにより、いりこ中のカルシウム可溶化率は上昇し、食酢添加では 24.9%、ユズキチ果汁添加では 41.0% となった。また、処理時間において 15 分と 30 分では大きな差は見られなかったことから、小型のいりこの場合には、15 分の浸漬で十分に酢や果汁の成分が浸透しカルシウムが可溶化されると考えられた。

4. 酢味噌処理区分のカルシウム可溶化率

いりこを同量の酢味噌に浸漬後、酢味噌を洗い流した場合のカルシウム可溶化率を Fig.3 に示す。こ

の場合、カルシウム可溶化率は上昇するものの全体的に低く 1.2% 程度であった。酢味噌を洗い流してしまうと前項の食酢添加区分に比べカルシウム可溶化率は著しく低下した。

また、酢味噌を洗い流さない場合のカルシウム可溶化率を Fig.4 に示す。この場合、カルシウム可溶化率は最大で 5.4% であった。

考察

1. いりこ出汁中のカルシウム量について

いりこ出汁に溶出したカルシウム量は全体的に低値で最大でも 2.8mg/100ml であった。七訂日本食品成分表 21) に掲載されている昆布出汁(煮出し)に含まれるカルシウム量が 5mg/100ml であることから、いりこ出汁のカルシウム量は昆布出汁よりも少なく、カルシウムの供給源にならないことが示された。これはつまり、いりこに含有されているカルシウムは出汁には溶出せず、いりこ本体(煮出しが

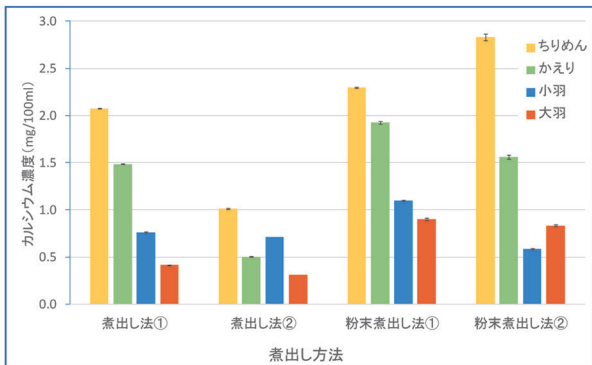


Fig. 1 いりこ出汁のカルシウム濃度

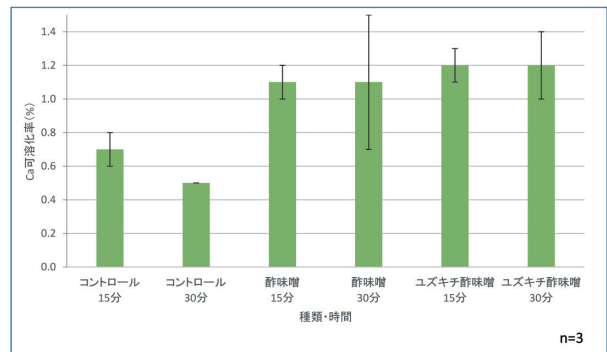


Fig. 3 酢味噌処理によるカルシウム可溶化率 (酢味噌を洗い流した場合)

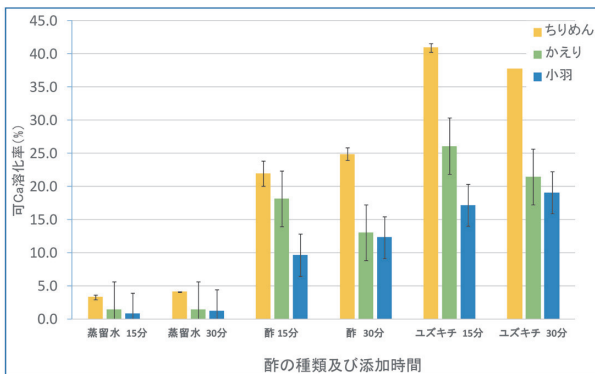


Fig. 2 酢または柑橘果汁添加時のカルシウム可溶化率

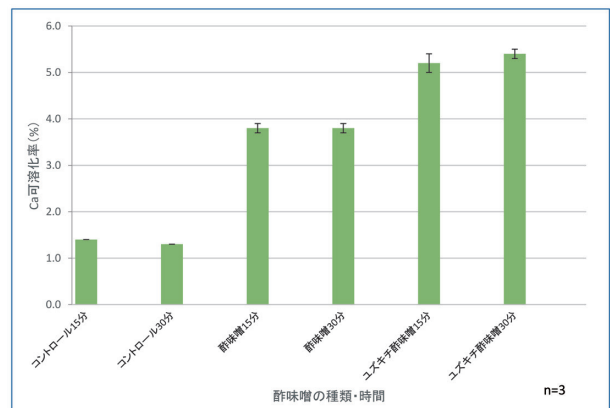


Fig. 4 酢味噌処理によるカルシウム可溶化率 (酢味噌を洗い流さない場合)

ら）に残存していることになる。既報¹⁰⁾でも、いりこを1分あるいは3分沸騰水中に浸漬した場合、80%以上もカルシウムが残存することが報告されていることから、いりこ出汁を調製する際にカルシウムが溶出しやすいような前処理を施すことでカルシウム可溶化を促進することができると思われる。クエン酸はカルシウムの可溶化に有効であることに加え、うま味の増強作用がある²²⁾と報告されている。そのため、クエン酸を含む柑橘果汁をいりこに予めかけ、しばらく置いたのちにいりこを水に浸して出汁をとるなどの方法が考えられるが、カルシウム量だけでなく、そのうま味の面から検討する必要がある。

2. 食酢、柑橘果汁添加によるカルシウムの溶出促進について

酢または柑橘果汁添加では、いりこからのカルシウム可溶化率は著しく上昇し、最大で41.0%となった。食酢に比べユズキチ果汁の方がより可溶化率が高値を示したことに關して、これまでのちりめんじゃこを用いた研究^{13,14)}からも、柑橘果汁に含まれるクエン酸が大きく関与していると考えられる。いりこの種類では、ちりめんいりこが高値を示したことから、ちりめんいりこは成長過程において未熟²⁾であり、骨の形成途上であることから他の種類のいりこに比べて食酢や柑橘酢が骨まで浸漬しやすく、カルシウムが溶出しやすいと考えられた。

3. 酢味噌添加によるカルシウムの溶出促進について

山口県の伝統料理「ちしなます」を想定した酢味噌処理では、酢味噌を洗い流した場合のカルシウム可溶化率は1.2%、酢味噌を洗い流さない場合は5.4%であった。ちしなますは、いりこ入り酢味噌と共にちしなを食すものであり、一般的な食べ方がカルシウム摂取には効果的であることが示された。

本研究では酢味噌をいりこの同量加えた。この時、酢味噌中に食酢は重量比で28%含まれている。食酢添加試験において食酢を30%量添加したと仮定した場合、計算で求めたカルシウム可溶化率は、食酢で4.7%程度、柑橘果汁で7.1%程度となる。この結果から、酢味噌処理では、酢味噌に含まれるのと同量の酢、あるいは柑橘果汁のみで処理した場合よりもカルシウム可溶化率は低値であることが示

された。このことから、味噌に含まれる大豆たんぱく質等が酢や果汁のみでいりこを処理する場合に比べてカルシウム可溶化を抑制すると考えられた。

このことから、伝統料理であるちしなますは、小魚から効率的にカルシウムを摂取できる良い料理であることが示された。さらに効果的にカルシウムを摂取できるようにするためには、ちしなますの調理の際に、酢酸を含む食酢ではなくクエン酸を多く含む柑橘果汁を用いること、いりこを直接酢味噌と和えるのではなく、予めいりこに柑橘果汁をかけ、15分以上置いた後に味噌や砂糖等の他の調味料と和えることで、カルシウム可溶化を促進できると考えられる。

今後の課題として、食された後の消化管内でのいりこからのカルシウム吸収については未だ検討を行ってはいないことから、前述のような調理操作を施したいりこや小魚のカルシウムの生体での利用性について研究を深めていく必要がある。

謝辞

本研究を行うにあたり、原子吸光分析の助言・指導を行ってくださった山口県農林総合技術センター 渡邊卓弘様に御礼申し上げます。

文献

- 1) 河野一世：クッカーサイエンス 002 だしの秘密－みえてきた日本人の嗜好の原点－，建帛社，p.139 (2009).
- 2) 的場輝佳，外内尚人：食物と健康の科学シリーズ だしの科学，朝倉書店，pp.84-85 (2017).
- 3) 「日本の食生活全集山口」編集委員会：日本の食生活全集35 聞き書 山口の食事，農山漁村文化協会 (1989).
- 4) 上西一弘，江澤郁子，梶本雅俊，土屋文安：日本人若年成人女性における牛乳、小魚（ワカサギ、イワシ）、野菜（コマツナ、モロヘイヤ、オカヒジキ）のカルシウム吸収率，日本栄養食糧学会誌，51，(5)，259-266 (1998).
- 5) 五十嵐脩，江指隆年編：ビタミン・ミネラルの科学，朝倉書店，pp.47-52 (2011).
- 6) 深谷正裕，山田恵美子，高須綾子，塚本義則，古川勇次：食品中のカルシウム、マグネシウムおよびリンの挙動に及ぼす食酢調理の影響，日本食品科学工学会誌，6，(2)，94-98 (1999).

- 7) 新居佳孝, 福田和弘, 清蔭亮子, 坂井堅太郎, 山本茂: しらす干しカルシウム可溶化に及ぼす柑橘果汁の影響 - in vitro での検討 -, 日本栄養・食糧学会誌, 50, (6), 439-443 (1997).
- 8) 新居佳孝, 福田和弘, 坂井堅太郎, 小松龍史, 山本茂: 柑橘果汁及び米酢添加がしらす干しカルシウム可溶化と嗜好評価に与える影響, 日本食品科学工学会誌, 47, (7), 544-547 (2000).
- 9) 安達町子, 塩田教子: 煮干しの大きさと煮出し法の関係, 日本調理科学会誌, 30, (1), 2-8 (1997).
- 10) 田中知恵, 飯盛和代: 出し汁に用いた食品中に残存する無機成分 - 干し椎茸, 出し昆布, 煮干し, かつお節 -, 日本食生活学会誌, 12, (1), 68-73 (2001).
- 11) 飯盛キヨ, 飯盛喜代香, 江島昭子: 食品中のカルシウムについて (第2報) 煮干及び煮出し汁中のカルシウムの定量, 家政学会誌, 13, (1), 9-13 (1962).
- 12) Yoshitaka Nii, Kazuhiro Fukuta, Kentaro Sakai, and Shigeru Yamamoto: Japanese Citrus Fruit (Sudachi) Juice Is Associated with Increased Bioavailability of Calcium from Whole Small Fish and Suppressed Bone Resorption in Rats, *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 50, (3), 177-183 (2004).
- 13) 人見英里, 宇野茜衣: 柑橘果汁がしらす干しのカルシウム可溶化に及ぼす影響, 第63回日本栄養改善学会学術総会 講演要旨集, p. 262 (2016).
- 14) 人見英里, 安平次智美: 長門ユズキチの有機酸がしらす干しのカルシウム可溶化に及ぼす影響, 第64回日本栄養改善学会学術総会 講演要旨集, p.189 (2017).
- 15) 生活協同組合コープやまぐち: 伝えあうおいしいやまぐち～現代に生かす伝統食～, 東洋図書出版株式会社, p.21 (2013).
- 16) 戸田貞子, 畑江敬子, 島田淳子: 煮干しの有効利用に関する研究 - 煮干しの粉末化によるだし汁の嗜好性とカルシウム量の変化 -, 栄養学会誌, 56, (5), 277-284 (1998).
- 17) 山崎清子, 島田キミエ, 渋川祥子ほか著: NEW 調理と理論, 同文書院, p.28 (2014).
- 18) 新・食品分析法編集委員会編: 新・食品分析法, 光琳, pp.99-101 (1996).
- 19) 太田清久, 金子聡著: 分析化学実技シリーズ機器分析編5 原子吸光分析, 共立出版, pp.208-212 (2011).
- 20) 松本清編: 食品分析学 機器分析から応用まで, 培風館, pp.159-161 (2009).
- 21) 白石泰夫: 日本食品成分表2017 七訂 本表偏, 医歯薬出版, p.182 (2017).
- 22) 原田秀逸, 金丸憲一, 笠原泰夫: クエン酸とうま味物質の味覚相互作用について, 日本味と匂学会誌, 7, (3), 621-622 (2000).