

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 12 日現在

機関番号：11501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23700879

研究課題名(和文) 海藻類に対する最適テクスチャー改良因子の新規探索とそれを活用した介護用食品の開発

研究課題名(英文) New search of optimum texture improvement factor in seaweed and development of nursing care food that using of it.

研究代表者

山岸 あづみ (Yamagishi, Azumi)

山形大学・教育文化学部・助教

研究者番号：00400531

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円、(間接経費) 750,000円

研究成果の概要(和文)：昆布を可食部が異なる8種類の野菜(ホウレンソウ, シュンギク, ゴボウ, ダイコン, トマト, ナス, アスパラガス, カリフラワー)と煮沸した。その結果、ホウレンソウと煮沸した昆布がもっとも軟化した。ホウレンソウによる昆布の軟化にはシュウ酸が関与していた。野菜中に含まれる有機酸と有機酸塩で昆布を煮沸すると、他の有機酸や有機酸塩に比べてシュウ酸・シュウ酸塩と煮沸した昆布がもっとも軟化した。昆布の軟化には溶液のpHは関係ないことが示唆された。軟化した昆布では食物繊維が流失し、組成も変化していた。

研究成果の概要(英文)：Kombu was boiled with 8 different types of vegetable (spinach, crown daisy, burdock, radish, tomato, eggplant, asparagus, and cauliflower). As a result, a treatment boiled with spinach led to the most softness in kombu. The softening of kombu in spinach was involved in oxalic acid. Kombu was boiled in organic acid and organic acid salt solution, which was contained of vegetables, oxalic acid and oxalic acid sodium was the most softened of kombu compared to other organic acid and organic acid salt. It was suggested that the solution of pH was not involved in softening of kombu. Softened kombu was efflux of the dietary fiber and change of the composition.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：生活科学・食生活学

キーワード：昆布 軟化 シュウ酸 野菜

1. 研究開始当初の背景

(1)我が国は2007年に超高齢社会に突入し、現在の高齢者数は推計で29,412千人であり、2040年には36,527千人になるといわれている。高齢者は加齢に伴い身体的な変化が生じ、特に食に関係する変化では、「咀嚼能力の低下」、「唾液分泌量の低下」、「喉の筋力低下」が挙げられる。このような身体的変化により、高齢者では食事を口から摂取するのが困難な状態となる。健康日本21ではQOLを高め健康寿命を延長させることを推進している。我々が口から食べ物を摂取することは、1)食事の楽しみや満足感を得ることができ、2)咀嚼することにより脳神経へ刺激を与え記憶力が向上し、3)消化管を使用することにより腸内細菌の維持や腸管免疫の活性化等、心身の健康維持にとって大切である。つまり、高齢者が健康的な生活を送るためには、口から摂取できる食品を増やし、できる限り経口摂取の状態を保つことが重要である。

(2)海藻類は無機質や食物繊維を豊富に含む食品であり、高齢者が好む和食に用いられることが多い。また、高齢者は腸の蠕動運動の低下から便秘になりがちな点が指摘されており、海藻類こそ高齢者が摂取すべき食品といえる。しかし、海藻類は繊維を多く含むため、咀嚼・嚥下困難な高齢者にとっては食べ難い食品でもある。したがって、高齢者が海藻類を摂取する場合には、海藻類を軟化させる処理が必要である。しかし、実際に介護食作成に関する本において海藻類を利用した介護食の提案はほとんどなく、介護食の研究においても海藻類を用いた内容は見当たらない。すなわち、海藻を用いた介護食作成法は不足しており、咀嚼・嚥下困難者の介護食の選択肢を増やし、経口摂取状態を長く保つためにも海藻類の介護用食品の開発は重要だと考えられた。海藻類の代表でもある昆布の加工品を製造する際は、お酢を用いて軟化させる。しかし、咀嚼・嚥下困難者にとって、お酢を利用した調理はむせやすいと言われており、誤飲の危険性が高くなると考えられる。申請者は昆布をホウレンソウと一緒

に煮沸すると、昆布の軟化が亢進する現象を確認した。この現象は再現性が高く、お酢のような刺激臭がないため、海藻類のテクスチャー改良因子として効果的だと考えた。

2. 研究の目的

(1)本研究では、食品中の水溶性成分から海藻類の軟化作用を有する新テクスチャー改良因子を同定し、その因子を用いて海藻類の介護用食品を開発することを目的とした。

(2)第一段階として、海藻類の一種である昆布を実験試料とし、昆布の軟化活性を亢進する食品を選出するため、可食部が異なる野菜と昆布を煮沸し昆布の破断強度の測定を行う。その後、昆布を軟化させた野菜とそうでない野菜に分類し、昆布の軟化を亢進させた野菜から溶出した水溶性成分を同定する。

(3)第二段階として、昆布を軟化する成分が同定された後、その成分による海藻類軟化のメカニズムを明らかにする。

(4)第三段階として、新テクスチャー改良因子を用いて介護用食品を作成し、官能検査を実施する。

3. 研究の方法

【研究方法】

(1)昆布の軟化を亢進させる野菜の探索を行った。可食部が異なる葉菜類(ホウレンソウ、シュンギク)、茎菜類(アスパラガス)、根菜類(ダイコン、ゴボウ)、果菜類(トマト、ナス)、花菜類(カリフラワー)36gと日高昆布(*Laminaria angustata* Kjelman)3.6gを180mlの脱イオン水で40分間煮沸した。その後、煮沸液のpH、昆布の厚さ、昆布の外観観察、破断強度の測定(卓上型物性測定器)を行った。

(2)昆布軟化作用を有する野菜由来の水溶性成分の同定を行った。(1)と同様に可食部が異なる8種類の野菜と昆布と一緒に40分間煮沸した後、昆布を軟化させた野菜煮沸液中の有機酸を高速液体クロマトグラフィー

で分析した。分析の結果、野菜の煮沸液から検出された有機酸（シュウ酸、クエン酸、リンゴ酸、コハク酸、乳酸）および有機酸塩（シュウ酸 Na、シュウ酸 K、クエン酸 Na、クエン酸 K、リンゴ酸 Na、コハク酸 Na、乳酸 Na）の試薬を用いて、10mM の各有機酸溶液を 180ml 作成し、有機酸溶液中で乾燥昆布 3.6g を 40 分間煮沸した。その後、煮沸液の pH、外観観察、昆布の厚さ、破断強度の測定を行った。

（3）野菜による昆布軟化機構について検討を行った。（1）と同様の条件で可食部が異なる 8 種類の野菜と昆布を煮沸した後、煮沸液の pH、テクスチュロメーターによる破断強度の測定を行った。その後、加熱処理をした昆布を凍結乾燥し、昆布を粉末化した後、昆布中の食物繊維量を Prosky 法、Ca 量を原子吸光度計で分析した。

（4）野菜中に含まれる有機酸（シュウ酸、クエン酸、リンゴ酸、コハク酸、乳酸）および有機酸塩（シュウ酸 Na、シュウ酸 K、クエン酸 Na、クエン酸 K、リンゴ酸 Na、コハク酸 Na、乳酸 Na）による昆布軟化機構について検討を行った。10mM の各有機酸および有機酸塩溶液 180ml で昆布 3.6g 煮沸し、煮沸液の pH、昆布の破断強度を測定した。煮沸後の昆布を凍結乾燥し、昆布を粉末化した後、昆布中の Ca 量を原子吸光度計で分析した。煮沸液中のアルギン酸をカルバゾール硫酸法で測定した。

（5）Ca およびアルギン酸の溶出と昆布軟化度との関係性の検討を行った。昆布の軟化と昆布からの Ca およびアルギン酸の流出との関係性を明らかにするため、キレート作用を有する EDTA.2Na（以降、EDTA）シュウ酸試薬溶液を用いて実験を行った。EDTA およびシュウ酸は段階的に濃度（0.1mmol/l-100mmol/l）を変えた溶液 180ml に昆布 3.6g を入れて 40 分間煮沸した。EDTA、シュウ酸溶液で昆布を煮沸した後、

煮汁の pH、昆布の破断強度、煮汁中のアルギン酸および Ca 量を測定した。

（6）調味料による昆布軟化への影響の検討を行った。本実験では、昆布の代表的な料理である佃煮で使用する調味料（醤油、酢、砂糖）と調味料の原料（シュクロース、NaCl、グルタミン酸、乳酸、酢酸）を用いた。各調味料の濃度を段階的に変えて作成した溶液 180ml と 2cm 四方に切断した昆布 3.6g を 40 分間煮沸した。その後、昆布の破断強度の測定を行い、各調味料が昆布の軟化に及ぼす影響を確認した。

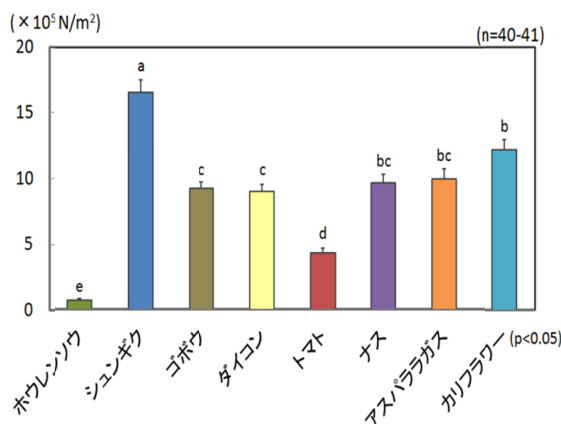
（7）野菜成分を用いて介護用食品の昆布佃煮作成条件の検討を行った。昆布がもっとも軟化したハウレンソウやハウレンソウ煮汁を使用して、昆布佃煮の作成を行った。その後、大学生を対象に官能検査を実施した。佃煮作成時に添加する昆布量を定めるため、脱イオン水 180ml に対してハウレンソウを 36g、18g、9g、3.6g、1.8g を添加したものに 2cm 四方に切断した昆布を入れ、40 分間煮沸した。その後、破断強度の測定を行い、介護用食品として適切な軟化度になるハウレンソウ添加量を決定した。次に、脱イオン水 180ml に対してハウレンソウを 36g、18g、9g、3.6g、1.8g を添加して 40 分間煮沸し、その後、ろ過によりハウレンソウを除去して煮汁のみを得た。得た煮汁を 180ml に Fill up した後、2cm 四方に切断した昆布を 40 分間煮沸した。その後、破断強度の測定を行い、介護用食品として適切な軟化度になるろ液を検討した。昆布佃煮の介護用食品作成に適していたハウレンソウ添加量およびハウレンソウ煮沸液を用いて、昆布佃煮を作成し大学生を対象とした官能検査を行った。

4. 研究成果

（1）昆布の軟化を亢進する野菜の探索と軟化成分の同定

昆布軟化を亢進する野菜の探索：昆布を可食部が異なる 8 種類の野菜と煮沸し、昆布を

軟化させる野菜を探索した結果、ホウレンソウと煮沸した昆布がもっとも軟化が亢進し、次にトマトと煮沸した昆布が軟化した (Fig. 1)。各種野菜と昆布を煮沸した煮沸液の pH は、トマトと昆布を煮沸した煮沸液が低く、もっとも軟化したホウレンソウと煮沸した煮沸液の pH は、軟化が亢進しなかった野菜と変わらなかった (Table1)。煮沸後の昆布の外観の変化では、ホウレンソウと煮沸した軟化した昆布は最外層が剥がれ落ちていた。これらの結果から、本実験で用いた可食部が異なる 8 種類のうち昆布をもっとも軟化させるのはホウレンソウであり、ホウレンソウ中の成分が軟化に関与していることが示唆された。



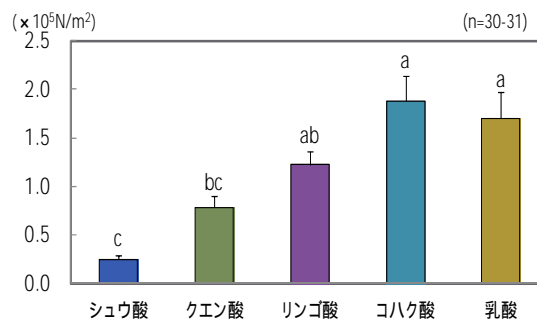
(Fig. 1)

野菜	pH
ホウレンソウ	6.01
シュンギク	5.73
ゴボウ	5.51
ダイコン	5.68
トマト	4.63
ナス	5.37
アスパラガス	5.58
カリフラワー	5.75

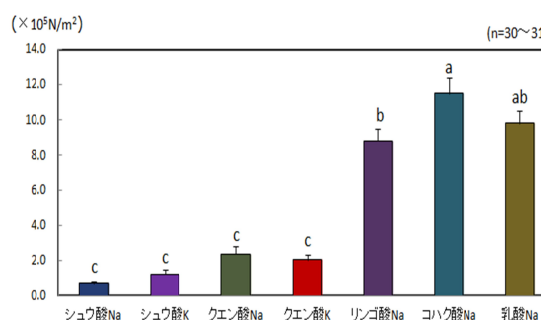
(Table1)

昆布の軟化を亢進する野菜成分の同定：昆布を可食部が異なる 8 種類の野菜と煮沸し、煮沸液中に溶出した有機酸の測定を行った。その結果、ホウレンソウと煮沸した煮沸液中からシュウ酸が検出された。次に野菜と昆布の煮沸液から検出された有機酸 (シュウ酸、

クエン酸、リンゴ酸、コハク酸、乳酸) および有機酸塩 (シュウ酸 Na、シュウ酸 K、クエン酸 Na、クエン酸 K、リンゴ酸 Na、コハク酸 Na、乳酸 Na) と昆布を煮沸し、昆布の軟化度について検討を行った。その結果、煮沸液の pH は有機酸溶液ではシュウ酸がもっとも低く、有機酸塩溶液では溶液間で大きな違いは見られなかった。有機酸ではシュウ酸、有機酸塩ではシュウ酸 Na やシュウ酸 K と煮沸した昆布がもっとも軟化が亢進することが確認できた (Fig. 2, Fig. 3)。本結果から、ホウレンソウによる昆布の軟化はホウレンソウ中に含まれているシュウ酸が関与していることが明らかとなった。また、昆布の軟化には溶液の pH は関係ないことが示唆された。



(Fig. 2)

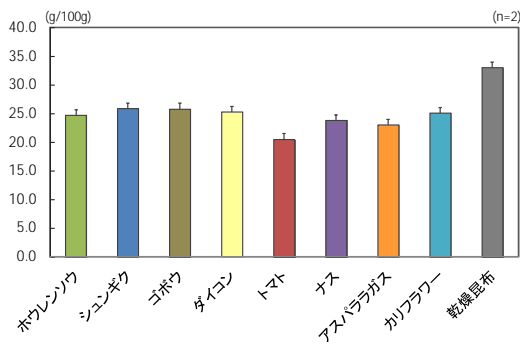


(Fig. 3)

(2) 昆布軟化機構の検討

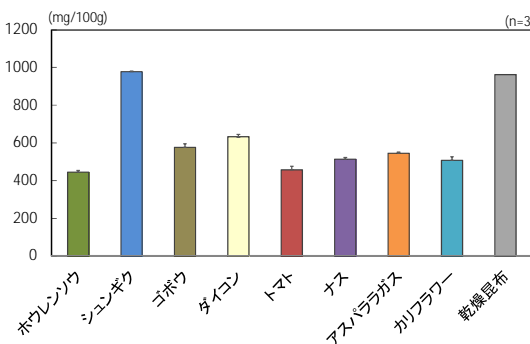
可食部が異なる野菜による昆布軟化機構：昆布を可食部が異なる野菜 8 種類と煮沸した後、昆布に残存した食物繊維量、Ca 量を測定した。その結果、ホウレンソウはもっとも昆布が軟化亢進したにもかかわらず、昆

布中の食物繊維残存量はトマトに比べ多かった (Fig. 4)。



(Fig. 4)

ホウレンソウと煮沸した昆布は他の野菜と煮沸した昆布に比べ、Ca 残存量が少なかった。一方、軟化が亢進しなかったシュンギクは昆布からの Ca の流出も少なかった (Fig. 5)。

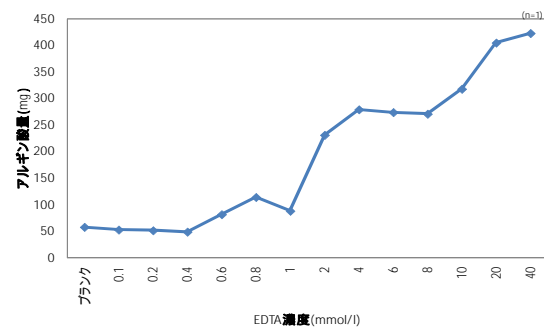


(Fig. 5)

有機酸および有機酸塩による昆布軟化機構：野菜中に含まれる有機酸および有機酸塩溶液中で昆布を煮沸した後、煮沸液中に溶出したアルギン酸量と昆布中の Ca 量を測定した。その結果、もっとも昆布が軟化したシュウ酸およびシュウ酸 Na や K 溶液中ではアルギン酸溶出量が多かった。一方、煮沸液中の Ca 量は昆布が軟化したシュウ酸およびシュウ酸 Na や K 溶液中では、他の有機酸や有機酸塩溶液に比べて少ないことが示された。しかし、シュウ酸の次に昆布が軟化したクエン酸の煮沸中 Ca 溶出量は、シュウ酸以外の有機酸に比べて多いことが明らかであった。本結果から、昆布は軟化により昆布中からアルギン酸などの食物繊維の流出が生じている

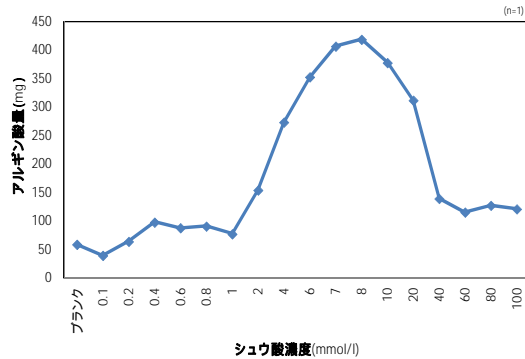
ことが示唆された。一方、シュウ酸やシュウ酸塩は昆布から Ca を溶出せず、昆布中に高い割合で残存することが示唆された。しかし、シュウ酸の次に Ca を軟化させたクエン酸では溶出が高かったことから、Ca をほとんど溶出せずに昆布が軟化する現象はシュウ酸やシュウ酸塩の特性である可能性が示唆された。

(3) 昆布軟化度とアルギン酸および Ca 流出との関係：昆布を濃度が異なる EDTA およびシュウ酸溶液で煮沸し、昆布の軟化と煮汁へのアルギン酸および Ca 溶出量の関係を確認した。その結果、EDTA 溶液では濃度が濃くなるにつれ昆布の軟化は亢進した。煮沸液へのアルギン酸流出量および Ca 流出量も増加することが確認できた (Fig. 6)。



(Fig. 6)

一方、シュウ酸溶液では煮沸液の pH が 3 以上では、シュウ酸溶液の濃度が濃くなるにつれて昆布の軟化は亢進した。しかし、煮沸液の pH が 3 以下の 20 mmol/L 以上では、昆布はむしろ硬くなる傾向が見られた。これは、アルギン酸の特性である pH が 4 以下になるとゲル化や不溶化した影響が考えられた。煮沸液へのアルギン酸流出量も軟化の亢進にもなって増加した (Fig. 7)。しかし、煮沸液への Ca 流出量は大きな変化は見られなかった。



(Fig. 7)

(4) 佃煮に使用する調味料の原料による昆布の軟化：佃煮を作る際に使用する調味料と昆布を煮沸した結果、醤油では濃度 1.0% に比べ 5.0% は有意に軟化したが、それ以降では有意差はみられず、100% では昆布は硬くなり測定不能だった。砂糖と煮沸した昆布は 0.1%-10% までは、軟化度に有意差は見られなかったが 25% では有意に硬くなった。お酢では、1.0% に比べ 5.0% 以降の濃度は有意に軟化した。

(5) 野菜成分を用いた昆布佃煮の介護用食品の作成条件の検討：ハウレンソウの添加量やハウレンソウの使用量を変えて作成したろ液を用いて、介護用食品の作成に適した条件を検討した。その結果、昆布が軟化したハウレンソウでは 36g のハウレンソウを用いた条件がもっとも適していることが確認できた。ろ液でも 36g のハウレンソウを用いて作成したものが適していることが確認できた。昆布佃煮を作る際に、もっとも適していたハウレンソウ添加量およびハウレンソウのろ液を使用して佃煮の作成を行った。コントロールは、通常の佃煮作成に準じて行った。作成した佃煮の官能検査を実施した結果、ハウレンソウ 36g を用いて作成した佃煮は外観以外の全ての項目において評価が高かった。しかし、今回評価が高かったハウレンソウを用いて作成し佃煮は、特別用途食品のえんげ困難者用食品の基準に比べ、硬い製品となってしまった。今後、さらなる作成法の改良が必

要である。以上、本実験結果から昆布の軟化にはハウレンソウ中のシュウ酸が関与していることが明らかとなり、軟化した昆布はアルギン酸などの食物繊維が流出していることが示唆された。シュウ酸やシュウ酸塩では、昆布から Ca がほとんど溶出せずに昆布は軟化した。ハウレンソウやハウレンソウ中の成分を利用した海藻類の介護用食品作成法は、再度検討が必要であることが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計 4 件)

山岸あづみ、青江誠一郎、野菜と昆布の同時煮沸による昆布の軟化に関する研究、第 18 回日本食物繊維学会、2013 年 11 月 23-24 日、仁愛大学

山岸あづみ、青江誠一郎、野菜と煮沸したことにより軟化した昆布の組成変化-Ca と食物繊維の変化-、第 67 回日本栄養・食糧学会、2013 年 5 月 24-26 日、名古屋大学

山岸あづみ、青柳美香 他 2 名、野菜中の有機酸が昆布の軟化に及ぼす影響、第 66 回日本栄養・食糧学会、2012 年 5 月 18-20 日、東北大学

大和綾佳、山岸あづみ、調味料とほうれん草による昆布軟化作用と昆布佃煮作成、第 56 回日本家政学会 東北・北海道支部、2011 年 9 月 17 日、山形大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山岸 あづみ (Yamagishi Azumi)
山形大学・地域教育文化学部・助教
研究者番号：00400531