

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 13 日現在

機関番号：35403

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23700890

研究課題名(和文) 持続可能な環境循環型食糧資源としての海藻アカモクの有効活用；機能性食品の開発

研究課題名(英文) Utilization of a marine brown alga, *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh, as a sustainable biomass resource

研究代表者

村上 香 (Murakami, Kaori)

広島工業大学・生命学部・准教授

研究者番号：90295866

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円、(間接経費) 960,000円

研究成果の概要(和文)：

アカモク原藻可食部の水溶性食物繊維含量は成熟に伴い増加し、成熟のピーク時は食物繊維の摂取に最適であった。一方、配偶子放出後の衰退期アカモクにも食物繊維が豊富に含まれており、持続可能な環境循環型食糧資源として活用が可能であることが示された。

ラットへのアカモクの経口投与により、糞量・胆汁酸の増加と腸内細菌叢の変化が確認され、腸内環境改善が示唆された。さらに、血中総コレステロール(T-CHO)上昇モデルラットへの衰退期アカモクの調理・加工品の経口投与は、T-CHO上昇を90%抑制し、HDL-CHOを上昇させ、組織から肝臓へのCHO輸送を促進する脂質代謝への良好な影響が示唆された。

研究成果の概要(英文)： The amount of soluble dietary fiber apparently corresponds to the maturity level and viscous exudates from the tissues of *Sargassum horneri* (*S. horneri*). The best season to harvest the alga for human consumption is in early spring, when it has fully grown and matured. Aged *S. horneri* is also rich in dietary fiber. The present study showed that *S. horneri* could be utilized as a sustainable plant food resource.

Rats fed *S. horneri* showed significantly higher fecal output, as well as changes in the intestinal flora. Thus, the consumption of *S. horneri* might have positively influenced on the intestinal environment of the rats. Rats fed cholesterol-enriched diets showed an increase in the concentration of serum total cholesterol (T-CHO). Aged *S. horneri* imparted cholesterol-lowering effects on hypercholesterolemic rats.

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：海藻 アカモク 食物繊維 血中コレステロール 脂質代謝 調理・加工 ミネラル

1. 研究開始当初の背景

(1) 海藻アカモクの生態

褐藻綱ヒバマタ目ホンダワラ科アカモク; *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh は、北海道東部を除く日本列島のほか、朝鮮半島から香港・ベトナム北部まで広く分布している雌雄異株・卵生殖の一年生褐藻である。毎年冬から春に成長し、2、3ヶ月で最大10m近く成長するものあり、海の森;藻場として魚類の産卵、稚魚の成長の場や環境浄化の役割を担っている。また、配偶子放出後は2、3ヶ月で流失する。東北地方ではその流藻の海岸への漂着、腐敗が環境問題になっている。

(2) 食品としてのアカモク

アカモクはその生育範囲の広さに関わらず、古くから食用利用されていたのは秋田県や新潟県などの一部地域に限られていた。しかし、近年では、その粘りや栄養成分、機能性が注目され富山県、岩手県、福岡県でも食用化が試みられ、市販されるようになった。

我々は、アカモクの成長・成熟と食品一般成分および総食物繊維含量の関係を調べ、炭水化物、食物繊維および灰分を多く含み、その含有量は成長・成熟に伴い増加することを示した(村上ら, *水産増殖*, 57, 549-556, 2009; K. Murakami et al., *J Food Compost Anal.*, 24, 231-236, 2011)。アカモクの食物繊維でもある粘質多糖類については、アルギン酸は葉と茎に含まれ、その含有量は生育期間を通してあまり変化がない。一方、フコイダンのほとんどは生殖器床に含まれ、含有量は成長・成熟(生殖器床の形成)に伴って増加することが確認されている(木村ら, *日本水産学会誌*, 73, 738-744, 2007; 黒田ら, *日本水産学会誌*, 74, 166-170, 2008)。また、アカモク未成熟株原藻のミネラル量を灰分に占める割合に換算すると、カリウム、ナトリウム、カルシウムおよびマグネシウムで灰分の約80%を占めることになる(荒木ら, *日本調理科学会誌*, 38, 72-76, 2005)。

アカモクの栄養成分や機能性(主にアカモクからの抽出物による腹腔内投与や細胞レベルの生理活性効果)など、素材としての評価は多くなされている一方で、アカモク自体の経口自由摂取による生理作用の報告は、我々の研究以外に見当たらない。

アカモクは日本のほとんどの海岸で生育しているので、食用として、その資源の有効利用・普及が可能である。また、すでに各地(北海道、宮城県、石川県、福岡県、青森県など)で養殖の試みや実践がなされているので、将来的にも資源の確保が可能である。特にアカモクは藻場として機能をもつ一年生海藻であるため、養殖との組合せや流出直前の海藻体を用いることにより、持続可能な環境循環型食糧資源としての活用が可能である。また、日本だけではなく海外での利用普

及の可能性もある。

2. 研究の目的

海藻資源の機能性食品としての有効利用・普及のために、すでに食用として一部で利用されている海藻アカモクの経口摂取による腸内環境への影響および血中脂質代謝への影響を調べた。アカモクを食べることによる便秘予防、コレステロール上昇抑制などの生理機能が確認できれば、国内外での食用利用・普及の促進、ならびに、メタボリック・シンドロームさらには生活習慣病の予防の一助につながる。

3. 研究の方法

(1) アカモクの水溶性および不溶性食物繊維含量測定

アカモクの水溶性食物繊維(SDF)および不溶性食物繊維(IDF)含量と生育の関係を調べ、経口摂取に適したアカモク採取時期を決定した。すなわち、各ライフステージのアカモク原藻可食部のSDFおよびIDFをプロスキーマ変法で測定した。

(2) アカモクの食品としての安全性・有用性の検証

アカモクの調理・加工による有用ミネラルおよびヒ素含量の影響について調べた。アカモク原藻可食部を5倍量の超純水で3回洗浄後、5倍量の2.2%NaClで1分間茹でて、5倍量の超純水で1回冷却して、ざるで水気を切り凍結乾燥した。凍結乾燥したアカモク試料を粉碎混合均質化したものを試料として、酸分解法で湿式灰化後、原子吸光分析器でヒ素および有用ミネラルを測定した。

(3) アカモク経口摂取による腸内環境への影響

Sprague-Dawley系の雄ラットをコントロール群(標準飼料)、アカモク原藻投与群、アカモク調理・加工品投与群の3群に分けて2週間飼育し、体重や糞便量等の変化および腸内細菌叢の変化を調べた。なお、およびの試験飼料は標準飼料のセルロースの代わりにアカモク可食部凍結乾燥試料を添加した。

(4) アカモク経口摂取による血中コレステロール抑制効果

5週齢のWistar系雄性ラットを用いてコレステロール負荷食(0.5%コレステロール、0.25%コール酸ナトリウム添加)を摂取させ2週間飼育して、血中脂質等への影響を調べた。飼料はアカモクまたはポジティブコントロールとしてコンニャクマンナンをセルロ

ースと置き換えた。なお、試料アカモクは配偶子放出後の衰退期株を塩ゆで加工後、凍結乾燥・粉碎混合した。

4. 研究成果

(1) IDF は未成熟期から衰退期まで大きな変化がみられなかったが、SDF では成熟に伴い増加が認められ、雌株では2月、雄株では3月がピークであった。これらの結果より、成熟のピークに達したアカモクは IDF および SDF が豊富であり、食物繊維摂取に適していることが示された。なお、配偶子放出後の衰退期のアカモクにも SDF は豊富にふくまれることから、この時期の流出前のアカモク株は持続可能な環境循環型食糧資源として活用が可能であることがわかった。

(2) アカモクヒ素含量(湿重量)は、塩ゆで加工によりに84-88%軽減することが可能であった。加工処理水では、ゆで汁に多くのヒ素が流出していたことがわかった(加工処理水の84-91%)。また、アカモク可食部の有用ミネラル含量は、塩ゆで加工により、ナトリウム濃度が増加したのに対して、カリウム、カルシウム、マグネシウム、銅、マンガンは減少していた。特にカリウムの減少率は高く(65-78%)、カルシウムの減少率は低かった(16-27%)。さらに、アカモク調理・加工品の有用ミネラル含量は他の食用海藻と比較して同等もしくはそれ以上であった。

(3) アカモク摂取群は、標準飼料摂取(コントロール)群と比較して、体重増加、飲水量、尿量、各消化器官重量、大腸の長さに有意な差がみられなかった。一方、糞量はアカモク摂取両群で、糞中の胆汁酸量はアカモク調理・加工品投与群がコントロール群と比べて有意に多かった。さらに、糞便からDNAを抽出して、PCRにより増幅したPCR産物をD-Codeシステム(Bio-Rad社製)で変性剤濃度勾配ゲル電気泳動(DGGE)法で分析した結果、アカモク食両群に*Clostridium*. Sp ID5の消失と2種の腸内細菌の出現が確認された。これらの結果から、アカモク摂取による腸内環境改善の可能性が示唆された。

(4) 血清中の総コレステロールは標準飼料へのコレステロール・コール酸ナトリウムの添加により標準食群の5倍に上昇した(図1)。一方、アカモクおよびマンナンの添加により、コレステロール上昇をそれぞれ約90%、110%抑制していた(図1)。特に、アカモク食群ではHDL-コレステロールの上昇が確認されたことから、末梢組織から肝臓へのコレステロール輸送を促進する、脂質代謝に好ましい影響を与える可能性が示唆された(図2)。

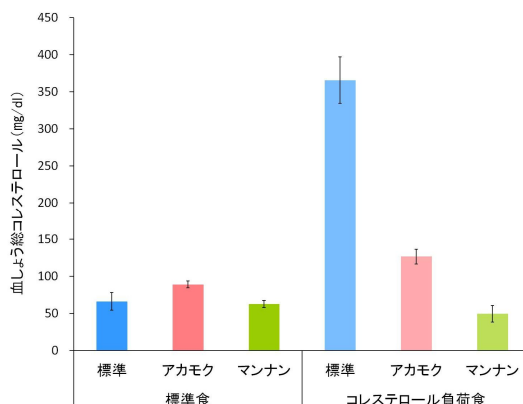


図1. 血しょう総コレステロール量

コレステロール負荷食: 標準食に0.5%コレステロール、0.25%コール酸ナトリウム添加。アカモク: アカモク調理・加工凍結乾燥品を標準食のセルロースと置換え(5%添加)。マンナン: コンニャクマンナンを標準食のセルロースと置換え(5%添加)。

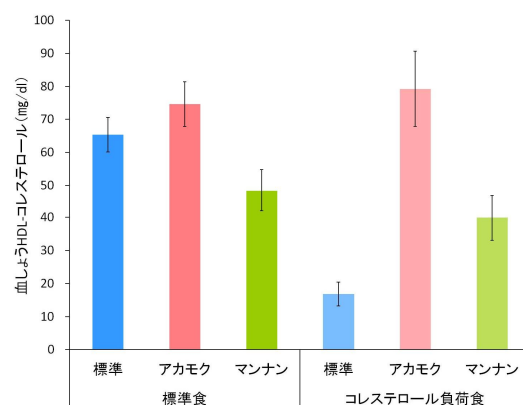


図2. 血しょうHDL-コレステロール量

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8件)

村上海、岡 聡子、江島 潤、小田 涼太、海藻アカモクの食用加工によるミネラル含量への影響、日本農芸化学会2014年度大会、平成26年3月30日、東京

Murakami K, Sugawa-Katayama Y, Katayama M, Effect of Parboiling ON and Seasonal Variations the Arsenic Content in the Marine Brown Alga *Sargassum Horneri*, ISUN 20th International Congress of Nutrition, 平成25年9月30日, Granada, Spain

村上海、加藤 慶、岡 聡子、片山(須川) 洋子、片山 眞之、海藻アカモクの調理・加工によるヒ素軽減について、第67回日本栄養・食糧学会、平成25年5月26日、名古屋

Murakami K, Yamaguchi Y, Sugawa-

Katayama Y, Katayama M, Kakugawa K, Effect of Orally- Ingested Marine Brown Alga, *Sargassum horneri* on the Intestinal Flora and cholesterol in the Rats., 2012 Annual Meeting of the International Society for Nutraceuticals and Functional Foods, 平成 2 4 年 1 2 月 3 日、Hawaii, USA

Murakami K, Yamaguchi Y, Sugawa-Katayama Y, Katayama M, Kakugawa K, Effect of Orally- Ingested Marine Brown Alga, *Sargassum horneri* on the Intestinal Flora in the Rats., 5th International Dietary Fibre Conference 2012, 平成 2 4 年 5 月 7 日、Rome, Italy

片山(須川)洋子、奥 和之、片山眞之、山口容子、村上 香、神谷智康、池口主弥、高垣欣也、大麦若葉末による DMH 誘発マウス大腸ガン抑制作用、日本食物繊維学会第 16 回学術集会、平成 2 3 年 1 1 月 2 7 日、東京

片山(須川)洋子、奥 和之、片山眞之、山口容子、村上 香、神谷智康、マウスにおける大麦若葉末の大腸ガン抑制作用、第 6 5 回日本栄養・食糧学会、平成 2 3 年 5 月 1 5 日、東京

村上 香、橋本哲明、海藻アカモクの成熟過程における食物繊維含量の比較、第 6 5 回日本栄養・食糧学会、平成 2 3 年 5 月 1 5 日、東京

6 . 研究組織

(1)研究代表者

村上 香 (MURAKAMI, Kaori)

広島工業大学・生命学部食品生命科学科・准教授

研究者番号：9 0 2 9 5 8 6 6