

ノート

ワカメ加工品に含まれるフコキサンチンの定量

相良剛史^{1*}、高津廣美²、西堀尚良³
(令和2年2月17日受理)

Fucoxanthin content in packaged process food of *Undaria pinnatifida*

Takefumi Sagara*, Hiromi Takatsu, Naoyoshi Nishibori

Summary

The amounts of fucoxanthin in processed food products containing wakame seaweed (11 kinds), commercially available in local supermarkets in Japan were examined using the HPLC method. The detection limit of fucoxanthin is 11.6 ppb by the semi-microcolumn, and limit of quantification obtained was 35.1 ppb, for the HPLC method used. The fucoxanthin was scarcely detected in products containing small amounts of wakame as an ingredient, such as Mekabu Daifuku or Wakame Somen, and only small amounts of fucoxanthin were detected in samples using acid or heat treated wakame. On the other hand, relatively remarkable amounts of fucoxanthin were detected from the Mekabu Tea in which the original flavor of mekabu remained. It seemed that the processing method of wakame seaweed with acid or heat treatment may reduce the amount of fucoxanthin content in the products.

Key words : fucoxanthin; HPLC; *Undaria pinnatifida*; wakame; process food

要旨:市販の11種類のワカメ製品を対象に含有するフコキサンチン量をHPLCを用いて調べた。HPLC法によるフコキサンチンの検出感度は、カラムをセミマイクロ化することにより検出限界11.6 ppb、定量限界35.1 ppbの感度を得ることが出来た。メカブ大福やわかめそうめんなど、原料わかめの使用量が少ないと思われる製品からはフコキサンチンはほとんど検出されず、酸や加熱処理していると思われるめかぶとろろ等の製品からもフコキサンチンは少量しか検出されなかった。一方、メカブ本来の風味が残るメカブ茶からは比較的多量のフコキサンチンが検出されていることから、ワカメを酸や熱で処理する加工法は、フコキサンチンを減少させる可能性があるものと思われた。

キーワード : フコキサンチン; 高速液体クロマトグラフィー; *Undaria pinnatifida*; ワカメ; 加工食品

*連絡責任者・別掲請求先 (Corresponding author, E-mail ; t_sagara@shokei-gakuen.ac.jp)

尚綱大学短期大学部食物栄養学科 (862-8678 熊本市中央区九品寺2丁目6-78)

Shokei University, Junior College, Kuhonji Kumamoto 862-8678, Japan

¹尚綱大学短期大学部食物栄養学科, ²株式会社さわ, ³四国大学短期大学部人間健康科

緒言

徳島県鳴門市周辺の海域ではワカメ養殖が盛んに行われており、岩手県、宮城県に次ぐワカメ生産量を誇る徳島県でのワカメの生産は、殆どこの海域で行われている¹⁾。また、鳴門ワカメ特有の加工法である、周年貯蔵しても褪色せず、生鮮品に近い弾力と歯切れの良さが保たれる「灰干し」により、徳島県の重要な地域特産品としての地位を築き上げた²⁾。しかしながら、1980年のロンドン・ダンピング条約批准以来、「茎ワカメ」のようなワカメ未利用物の海洋投棄による安価な処理ができなくなり、その処理費用の過重負担がワカメ生産者を悩ませている³⁾。一方、「茎ワカメ」などの未利用部位を含む「ワカメ」には生活習慣病の予防や改善に効果的なフコイダンやフコキサンチンなどの機能性成分が含まれているため、これまでも食品や医薬品原料などへの有効利用を見据えた研究開発は行われてきているが、技術面や費用面の問題から同地域での事業化を可能とするものはないのが実情である^{4,5)}。他方、我国では、タンパク質や脂肪を中心とする高カロリー型の食生活が広く行き渡るに伴い、肥満、糖尿病、高血圧症、高脂血症、動脈硬化、脳卒中などの生活習慣病と呼ばれる種々の疾病のリスクが著しく増大しつつあり、その健康に及ぼす悪影響は深刻な社会問題となっている。そこで、古くより健康に良い食品として知られている大豆、果物、緑黄色野菜などに含まれる有効成分を含有する種々の健康補助食品が、生活習慣病のリスク軽減を目的として幅広く継続的に使用されており、これらの健康補助食品の製造販売量は増加の一途を辿っている。しかしながら、近年、これまで注目されていなかったワカメに含まれる色素成分であるフコキサンチンの機能性が明らかになり、その利用に向けた取り組みに期待が集まっている⁶⁾。

フコキサンチンは、海藻類に特異的に含まれる油溶性カロテノイドの一種で、ワカメ・コンブ・ヒジキ等の褐藻類にしか含まれていないが、褐藻類中のカロテノイドのほとんどがフコキサンチンである⁷⁾。昔から褐色海藻を始めとする海藻は健康に良いといわれ、日本を始めアジア地域では良く食されてきたが、近年、フコキサンチンにはエネルギー消費速度を刺激して脂肪燃焼を促し、内

臓脂肪を減少させる作用があることが明らかになった⁸⁾。マウスを使った実験によると、フコキサンチンを投与したマウスは体重が5~10%減少したとの報告もある⁸⁾。フコキサンチンは、脂肪酸の酸化およびエネルギーの熱への変換を促すことにより、白色脂肪細胞を減少させるたんぱく質の発現を増加させる働きがあるとみられている⁹⁾。白色脂肪細胞は過剰に摂取された炭水化物や脂肪を中性脂肪形で蓄えるための細胞で、今話題のメタボリックシンドロームの主因とされているものであり、これを減らすことができれば健康増進効果は大きい。

これまで「茎ワカメ」に関しては、その6割が廃棄処理されてきたが、これに含まれるフコキサンチンの有効利用や食糧自給率の低い我が国の食料事情を考慮すると、加工品として「茎ワカメ」が有効利用される事が望ましいと思われる。しかしながら、ワカメに含まれるフコキサンチン量は、原藻においては調べられているものの¹⁰⁾、乾燥ワカメやメカブ茶などのワカメ加工品については殆どが不明のままであるため、茎ワカメをどのように加工するとフコキサンチンをより残存させることが出来るかは解っていない。フコキサンチンは熱に弱いなど、加工における変性が懸念されるため、本研究ではワカメに含まれるフコキサンチンが加工方法によってどの程度、消失するかを調べ、フコキサンチンを多く残存させる茎ワカメの加工法を検討した。

実験方法

1. 材料

市販のわかめそうめん、味わいめかぶ、茎ワカメ(酢)、芽かぶ大福、わかめふしめん、茎わかめの佃煮、きざみめかぶ、芽かぶとろろ、おしゃぶりめかぶ、ワカメ酒およびメカブ茶の合計11種類のワカメ加工品を対象に含有するフコキサンチン量を調べた。

2. 抽出方法

ワカメ加工品からのフコキサンチン抽出方法を図1に示す。試料をそれぞれ凍結乾燥後、摩砕してエタノール(和光特級, 99.5%)を加えて1分間超

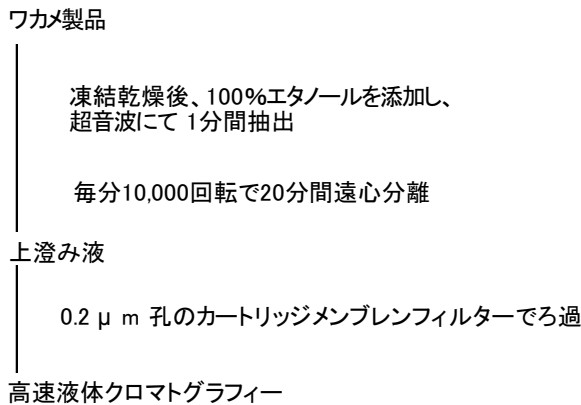


図1. ワカメ加工品からの試料調製方法

音波抽出を行い、抽出液を 10,000 rpm で 20 分間、遠心分離後、上清を 0.2 μm のメンブレンフィルターでろ過し、高速液体クロマトグラフィー (HPLC) によりフコキサンチン量を定量した。

3. HPLC 分析

HPLC 分析は、既報¹¹⁾では検出感度が低く、製品中のフコキサンチンを検出できない可能性が考えられたため、カラムのセミマイクロ化により検出感度の向上を図った。すなわち、カラムに資生堂の CAPCELL PAK C18 (φ2.0x150 mm) を用い、移動相に 75%アセトニトリルを用いて流速を 0.3 ml/min として、検出波長 445 nm にて測定した。

実験結果

フコキサンチン標準品の検量線を図2に示す。今回、開発した分析法でのフコキサンチンの検出限界は 11.6 ppb、定量限界は 35.1 ppb であった。本分析法により定量されたワカメ加工品に含まれるフコキサンチン量を表1に示す。供試試料中、メカブ茶に含まれるフコキサンチン量が 36.16 mg/kg (乾燥重量) と最も多く、次いで芽かぶとろろ (3.16 mg/kg (同))、きざみめかぶ (2.72 mg/kg (同))、おしゃぶりめかぶ (0.76 mg/kg (同))、味わいめかぶ (0.30 mg/kg (同)) の順であった。一方、わかめそうめん、メカブ大福、わかめふしめん、茎ワカメ (酢)、ワカメ酒に含まれるフコキサンチン量は検出限界以下のため、算出できなかった。

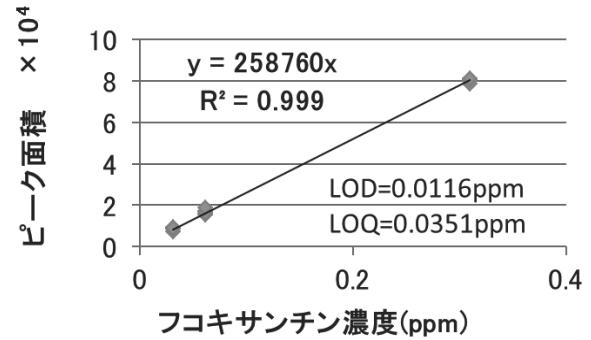


図2. HPLCによるフコキサンチンの検量線

た。ワカメ酒を除くそれぞれの製品につき、6.7～38.3%の水分を含有していたため、乾燥前の製品では、芽かぶとろろ、きざみめかぶ、おしゃぶりめかぶ、および味わい芽かぶでそれぞれ、2.60、2.33、0.71 および 0.26 mg/kg のフコキサンチン含有量であった。

考察

HPLC 分析によるフコキサンチン分析では、セミマイクロカラムを用いることにより検出限界で 11.6 ppb、定量限界で 35.1 ppb の感度が得られ、既報¹¹⁾の約 7.5 倍の検出感度の向上となった。市販のワカメ製品のフコキサンチン含有量は、製品ごとにかんがいのばらつきがあったが、総じて低い含有量であった。特に、わかめそうめん、メカブ大福、わかめふしめんなど、原料わかめの使用量が少ないと思われる製品からはフコキサンチンは殆ど検出されなかった。また、茎ワカメ (酢)、茎ワカメの佃煮からもフコキサンチンは検出されなかったが、酸や加熱による処理が原因である可能性が考えられる。当研究室の試験では、鳴門産ワカメに含有されるフコキサンチン量は葉ワカメ (葉状体) で 192.6 mg/kg (湿重量)、メカブ (胞子葉) で 19.3 mg/kg (同)、茎ワカメ (中肋) で 5.2 mg/kg (同) であるという結果が得られている。海藻は 90%以上の水分を含んでいるため、これを乾燥重量に換算するとそれぞれ 10 倍以上の値を示すことになる。この事を考慮するとフコキサンチンが最も高濃度に検出されたメカブ茶でも湿重

表1 ワカメ加工品に含まれるフコキサンチン量

製品名	FX量(mg/kg)	凍結乾燥による重量減少率	乾燥前換算FX量(mg/kg)
わかめそうめん	<0.02	6.7%	<0.02
味わいめかぶ	0.30	11.5%	0.26
茎ワカメ	<0.02	74.8%	<0.005
メカブ大福	<0.02	19.0%	<0.01
わかめふしめん	<0.02	9.2%	<0.02
茎わかめの佃煮	<0.02	38.3%	<0.01
きざみめかぶ	2.72	14.3%	2.33
芽かぶとろろ	3.16	17.7%	2.60
おしゃぶりめかぶ	0.76	6.9%	0.71
ワカメ酒	<0.02	-	<0.02
メカブ茶	36.16	-	36.16

※FX:フコキサンチン

量当りに換算すると 4 mg/kg 以下となり、生試料の 20% 程度の検出に留まることになる。しかしながら、供試した製品の製造年月日や保管状況が一定でないため、フコキサンチンが減少した原因については明らかでない。一方、きざみめかぶ、めかぶとろろ、おしゃぶりめかぶ、および味わいめかぶについては、わかめそうめんなどとは異なり、加工品材料の殆どを原藻わかめが占めているにもかかわらず、メカブ茶と比較しても 10% 以下のフコキサンチン含有量であった。とろろ昆布を製造する際には食酢で処理することが知られているが、上記 4 製品については、形状がとろろ昆布に類似するものであったため、同様の処理が施されている可能性がある。フコキサンチンは酸性 pH において、安定性を失うとの報告があることから^{12,13)}、酸処理により、製品中のフコキサンチン量が減少したものと思われる。

今回の研究結果からは、ワカメを酸や加熱により加工・保存するとフコキサンチンの大半が、高速液体クロマトグラフィーでは検出できなくなる可能性があることが明らかとなったが、その生理

活性の有無については言及できない。

以上のことから、ワカメ製品に含まれるフコキサンチンの有用性を検討するためには、製品数や保存状態、抽出方法、生体に対する機能性の発現機構など、更なる研究が必要になるものと思われる。また、フコキサンチンおよびその関連物質による人体への機能性については定かではないが、茎ワカメを加工する際には、酸や熱で処理しなければ、フコキサンチンを残存させられる可能性があるものと思われる。

まとめ

ワカメに含まれる機能性成分であるフコキサンチンが加工方法によってどの程度、消失するかを調べるため、市販の 11 種類のワカメ製品を対象に含有するフコキサンチン量を調べた。その結果、市販のワカメ製品のフコキサンチン含有量は、製品ごとにかなりのばらつきがあったが、総じて低い含有量であった。フコキサンチン量が低下した

原因として、保存中の光の影響、加工中の熱や酸による処理の影響が考えられたことから、茎ワカメを加工する際には、酸や熱での処理を避け、良好な保存状態を保つことにより、フコキサンチンを多く含む製品を生み出せる可能性があるものと思われた。

謝 辞

本研究の一部は JSPS 科研費 17K12892 および 19K02309 の助成により行われたものであり、関係各位に深謝する。

文 献

- 1) 長谷川勝男, 鈴木四郎. 養殖ワカメの収穫および塩蔵加工作業調査. 水工研技報, **27**, 61-80(2005)
- 2) 團昭紀, 大野正夫, 松岡正義. 徳島県のワカメとコンブ資源の開発研究の変遷(総説). 徳島水研報, **10**, 25-48(2015)
- 3) 三上重明. ロンドン (・ダンピング) 条約. 日本醸造学会誌, **90**, 42(1995)
- 4) 富士川 龍郎, 中島 克子. 褐藻におけるフコイダン様多糖の分布. 日本農芸化学会誌, **49**, 455-461(1975)
- 5) 宮下 和夫, 細川 雅史. 海藻中に含まれる多機能性カロテノイド: フコキサンチン. 日本水産学会誌, **74**, 261-262(2008)
- 6) 金沢和樹. 生体内で有効な機能を発揮する褐藻カロテノイドのフコキサンチン. 日本食品科学工学会誌, **59**, 49-55(2012)
- 7) 田中彰, 大田智樹, 吉川修司, 錦織孝史. 褐藻に含まれるカロテノイドの腫瘍細胞に対する増殖抑制効果. 北海道立食品加工研究センター報告, **8**, 1-6(2009)
- 8) Maeda H, Hosokawa M, Sashima T, Funayama K, Miyashita K. Fucoxanthin from edible seaweed, *Undaria pinnatifida*, shows antiobesity effect through UCP1 expression in white adipose tissues. *Biochem Biophys Res Commun.*, **332**, 392-397 (2005)
- 9) 前多隼人. 海藻由来フコキサンチンの抗肥満作用. *オレオサイエンス*, **12**, 503-508(2012)
- 10) 吉本亮子, 棚田教生, 加藤慎治. フコキサンチン含有量に関するワカメ品種の評価. 徳島県立工業技術センター研究報告, **21**, 39-40 (2012)
- 11) Ravi Kumar S., Narayan B., Sounder D., Vallikannan B. Bioavailability and metabolism of fucoxanthin in rats: structural characterization of metabolites by LC-MS (APCI). *Mol Cell Biochem.*, **333**, 299-310(2009)
- 12) Arthitaya K., Ampin K., Sang Moo K. Anticholinesterase and Antioxidant Activities of Fucoxanthin Purified from the Microalga *Phaeodactylum tricornutum*. *Natural Product Communications*, **8**, 1381-1386(2013)
- 13) Siew-Ling H., Pooi-Yi C., Kwan-Kit W., Ching-Lee W. Stability studies of fucoxanthin from *Sargassum binderi*. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, **4**, 4580-4584(2010)