

学 位 論 文 題 名

褐藻素材中の脂溶性成分の安定性と食品への 応用に関する研究

学位論文内容の要旨

平成 20 年 4 月に新しい健診制度として「特定健康診査・特定保健指導」が始まった。40～74 歳の医療保険加入者に特定健康診査を義務付け、メタボリックシンドロームと診断された人には保健指導を行うことになった。保健指導は対象者個々人の生活習慣を振り返り、減量や運動などの個別の行動目標や行動計画を設定し、その目標達成に向けたサポートを行うものである。過剰なエネルギー摂取を控え、適度の運動を行うことが進められるが、これまでの生活習慣を改善させるのは容易なことではない。

フコキサンチンは、抗酸化作用、抗肥満作用、抗糖尿病作用などの機能性が報告されており、メタボリックシンドローム対策として非常に有用な機能性成分である。毒性評価が行われ、フコキサンチンによる抗肥満作用に関わる分子機構から安全性についても報告されており、多量に摂取しても正常な状態ではまったく生体に影響を及ぼさないといった結果が得られている。通常の食生活において、このフコキサンチンを日常的に摂取すること出来れば、極端な制限食と比べても、容易に肥満を改善することが可能となるかもしれない。

本研究では日常の食事からフコキサンチンを摂取することを目的に、褐藻類のアカモクとワカメを用いて、効果的な摂取方法を検討した。アカモクは食用とされている褐藻類の中で最も多くフコキサンチンを含む食材である。また、ワカメは我が国で最も多く生産され、フコキサンチンの含量と日常の食生活におけるワカメの摂取頻度を併せると、フコキサンチンの摂取源として適切な食品素材であると考えた。ワカメは塩蔵品や乾燥品として流通され、長期保存が可能である。保存食の多くは常備食としての機能もあり、日常的に食することが容易となる。しかし、保存中には成分の変化が起こり得る。そこで、乾燥ワカメに含まれるフコキサンチン、さらにはオメガ 3PUFA の保存中における安定性について調べた。カロテノイドはその分子構造上、極めて不安定で容易に分解されると考えられ、フコキサンチンにおいてはβ-カロテンよりも不安定であると一般的に信じられてきたが、本研究の結果からは、少なくとも低温かつ光が存在しない場合には、フコキサンチンの安定性は非常に高く、特に乾燥ワカメのように藻体中に存在する場合には非常に安定なことが初めて明らかにされた。

一方、アカモクは特有の粘りがあり、風味の強い食材である。これらは海藻におけるアカモクの良い特徴であるが、海藻を広い範囲でこれまで以上の有効利用考えると、風味や粘性を抑えることが必要となる。今回の加工処理では褐藻独特の風味の軽減が可能となる方法を確立し、2%プロピオン酸溶液もしくは0.2%クエン酸水溶液を用いた酸・アルカリ処理が効果的であることが明らかとなった。

さらには、ワカメ粉末やアカモク粉末を用いた食品製造への応用を検討した。褐藻は硬い細胞壁と粘性多糖類の影響もあり、そのままの摂取ではフコキサンチンの吸収性が低下する可能性が懸念されている。本報では、栄養素の吸収性の向上と、さらには海藻の新たな用途を拡大するためにワカメやアカモクの海藻粉末を用いてスコーンを試作し、こうした食品中での機能性成分の安定性を調べた。また、今回試料としたスコーンが加工食品として適しているかどうかを調べるために官能評価により検討を行った。ワカメ粉末は市販の製品が流通され、容易に入手することができる。アカモク粉末は、簡単な加工処理を行うことでアカモク特有の風味を抑えた素材を作ることが可能とした。これらの知見は、今後アカモク粉末の食品製造への利用を拡大する経緯においても大きな成果である。海藻粉末は、微粒の粒子であるため、他の素材との混捏が容易であり、調理素材としても利用範囲が広い。スコーンの官能評価においては、海藻粉末を添加したことで食感に優れた評価が得られ、ワカメ粉末2%添加の総合評価は添加なしのコントロールよりも有意に優れた結果であった。ワカメ粉末をパスタに添加することで、デンプン粒とタンパク質マトリックス間における相互作用が海藻粉末成分の添加により変化し、より食感に優れたパスタとなるとの報告からも、ワカメ粉末やアカモク粉末を添加することでスコーンやパスタの呈味が向上したことは、海藻粉末の利用範囲の拡大へとつながる大きな結果である。スコーンは焼成の過程があり、今回は190℃、30分で焼き上げた。フコキサンチンはこうした高温加熱にも関わらずほとんど消失がなかった。精製したフコキサンチンの場合、90℃で放置するとほぼ数分で分解消失することと比べると非常に安定といえる。

以上の結果から、フコキサンチンの含量が多いワカメやアカモクは、フコキサンチン、加えてはPUFAの摂取源として有用な食材であり、フコキサンチンやPUFAはワカメやアカモクの藻体中に存在することで非常に安定性が高いことが示された。また、長期保存や高温加熱でも減少しにくいことは、日常の調理食材としても容易に使用できることが明らかとなった。スコーンに添加することで、海藻の摂取量を手軽に増やせることに加え、コントロールよりも食味がよくなるという評価が得られた。冒頭では、フコキサンチンの機能性としてメタボリックシンドローム対策に有効であることにふれたが、今回の結果からワカメやアカモクを摂取することで、フコキサンチンなどの機能性成分を効率的に、また容易に摂取できる。今後は、ワカメやアカモク粉末の有効な利用法を研究し、“おいしく”食べることも併せて検討したいと考える。

学位論文審査の要旨

主査	教授	板橋	豊
副査	教授	宮下	和夫
副査	教授	高橋	是太郎
副査	准教授	細川	雅史

学位論文題名

褐藻素材中の脂溶性成分の安定性と食品への 応用に関する研究

疾病予防に果たす食事の影響は大きい。医療費の増大を軽減する目的からも生活習慣、特に、食事内容の改善に注目が集まっている。こうした社会的な要求もあり、平成20年4月に新しい健診制度として「特定健康診査・特定保健指導」が始まった。40～74歳の医療保険加入者に特定健康診査を義務付け、メタボリックシンドロームと診断された人には保健指導を行うことになっている。この場合、過剰なエネルギー摂取を控え、適度な運動を行うことが勧められるが、これまでの生活習慣を改善させるのは容易なことではない。そこで、疾病予防効果を有する食品素材の活用が期待されている。水産物には、機能性食品素材となりうるものが多いが、その中でも、褐藻カロテノイド、フコキサンチンの示す独特な分子機構に基づく抗肥満作用と抗糖尿病作用に注目が集まっている。こうした背景のもと、本研究では日常の食事からフコキサンチンを摂取できるような食品開発を念頭に置き、褐藻類のアカモクとワカメのフコキサンチン素材としての有用性と応用について検討した。アカモクは食用とされている褐藻類の中で最も多くフコキサンチンを含む種である。また、ワカメは我が国で最も多く生産され、ワカメ中のフコキサンチン含量と、日常の食生活におけるワカメの摂取頻度から、フコキサンチンの摂取源として適切な食品素材であると考えた。本研究で得られた成果は以下のように要約される。

1. 一般的に、カロテノイドはその分子構造上、極めて不安定で容易に分解されると考えられている。しかし、乾燥ワカメを50℃・暗所でインキュベートし、フコキサンチン含量を検討したところ、50日間はまったく減少しないことを明らかにした。また、乾燥ワカメ脂質中には酸化反応を受けやすいステアリン酸(18:4n-3)やEPA(20:5n-3)などのオメガ3高度不飽和脂肪酸(PUFA)とアラキドン酸(20:4n-6)が多く含まれていたが、これらのPUFAは、210日のインキュベーション期間中まったく変化しないことも見出した。通常、EPAなどのオメガ3 PUFAは魚油に多く含まれている機能性脂肪酸で、その積極的な摂取が推奨されているが、極めて酸化されやすい点が問題となっている。一方、本研究で明らかにしたように、褐藻中のオメガ3 PUFAは非常に安定であり、褐藻は、フコキサンチンだけでなく、機能性PUFAの新たな摂取源として有用な食品素材となることが示された。

2. フコキサンチンの化学構造から判断して、その安定性は極めて低いということが定説になっているが、フコキサンチンの安定性の検討例はこれまでになかった。一方、本研究では、褐藻中のフコキサンチンが極めて安定となることを見出した。そこで、精製したフコキサンチンの安定性について改めて検討を行ったところ、高温(90℃)や光照射下(6250 lux、90℃)では不安定だが、遮光下、低温(40℃以下)では比較的安定であることを明らかにした。

3. フコキサンチン含有褐藻素材の食品への応用を念頭に、ワカメ粉末を添加した焼き菓子(スコーン)を試作し、得られたスコーンの官能評価を試みた。調製したワカメ粉末は、微粒の粒子であるため、他の素材との混捏が容易であり、調理素材としての汎用性にも優れていた。官能評価より、ワカメ粉末添加により、コントロールよりも優れた食感となるとの評価が得られ、ワカメ粉末2%添加の総合評価では、添加なしのコントロールよりも有意に優れた評価結果となった。ワカメ粉末をスコーン生地添加到することで、デンプン粒とタンパク質マトリックス間における相互作用が変化し、より食感に優れたスコーンとなったものと考えられた。

4. ワカメ粉末とアカモク粉末を含むスコーンを試作し、スコーン製造中での機能性成分の安定性を調べた。なお、アカモク粉末は、アカモク藻体を酸・アルカリ処理し、ついで乾燥・粉末化することで調製した。こうした処理を行うことでアカモク特有の風味を抑えた素材を作ることができた。褐藻粉末を含む小麦生地を190℃、30分で処理してスコーンを製造し、含まれる脂質について分析したところ、フコキサンチンは高温加熱処理にも関わらずほとんど消失しないことを明らかにした。フコキサンチンのスコーン製造中の高い安定性は、褐藻粉末中に含まれるポリフェノールなどの抗酸化成分や生地中でのフコキサンチンの存在形態に起因しているものと考えられた。

以上のように、本研究では、食用褐藻であるワカメやアカモクが、フコキサンチンやオメガ3PUFAの摂取源として有用な食素材であることを明らかにした。これらの機能性成分はワカメやアカモクの藻体中に存在することで非常に高い安定性を示し、長期保存や高温加熱でも減少しにくいことから、日常の調理食材としての汎用性にも優れていることも示した。さらに本研究では、ワカメ粉末やアカモク粉末から食品を試作しその官能評価も実施した。その結果、褐藻粉末を添加することで、風味が向上することも明らかになった。これらの成果は、褐藻の食品素材としての有用性を示すものであり、褐藻を用いた新たな産業の創出にも大きく寄与するものと考えられる。よって審査員一同は本研究の申請者が博士(水産科学)の学位を授与される資格のあるものと判定した。