

200939059A

厚生労働科学研究費補助金

食品の安心・安全確保推進研究事業

抗酸化物質を含有するいわゆる健康食品の
安全性・有効性に関する研究

平成 21 年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 竹林 純

平成 22 (2010) 年 5 月

目 次

I. 総括研究報告	
抗酸化物質を含有するいわゆる健康食品の安全性・有効性に関する研究 竹林 純 (独立行政法人 国立健康・栄養研究所)	----- 1
II. 分担研究報告	
1. 一般的な野菜に含まれる抗酸化物質抽出法の検討 沖 智之 (独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 九州沖縄農業研究センター)	----- 7
2. 日本において一般的に食されている野菜類からの抗酸化物質一日摂取量の推定 竹林 純 (独立行政法人 国立健康・栄養研究所)	----- 15
3. 都道府県庁所在市別野菜からの抗酸化力摂取量の推算 坪田 恵 (独立行政法人 国立健康・栄養研究所)	----- 22
4. 一般的な野菜に含まれる抗酸化物質の定性・定量 松本 輝樹 (独立行政法人 国立健康・栄養研究所)	----- 39
5. 食品の抗酸化データベース作成 卓 興鋼 (独立行政法人 国立健康・栄養研究所)	----- 43
III. 研究成果の刊行に関する一覧表	----- 48

平成 21 年度厚生労働科学研究費補助金(食品の安心・安全確保推進研究事業)
総括研究報告書

抗酸化物質を含有するいわゆる健康食品の有効性・安全性に関する研究

主任研究者 竹林 純 独立行政法人国立健康・栄養研究所 食品保健機能プログラム 研究員

【研究目的】 野菜や果実等に豊富に含まれる抗酸化物質は、健康維持及び疾病予防に寄与することが明らかになりつつある。しかし、これらの抗酸化物質を含む「いわゆる健康食品」(抗酸化サプリメント)については、その有効性及び安全性を示す科学的根拠が不足している。そこで本研究では、抗酸化サプリメントの有効性及び安全性を、野菜や果物からの抗酸化物質摂取の食経験と照らし合わせて評価するため、以下の研究を行った。

【研究方法】 1) 食品からの抗酸化物質抽出法を確立するため、野菜を検体として抽出溶媒等の検討を行った。2) 確立した抽出法を用いて、日本において良く摂取されている 23 種類の野菜について ORAC 法を用いて抗酸化能を測定し、野菜からの抗酸化物質一日摂取量を推算した。3) 野菜からの抗酸化物質摂取量の地域差について検討した。4) 野菜中の抗酸化物質の定量及び定性を行った。5) 野菜中の抗酸化物質及びその健康影響について文献調査を行った。

【結果及び考察】 1) 食品からの抗酸化物質抽出法は、メタノール/水/酢酸 = 90/9.5/0.5 を抽出溶媒とし、高速溶媒抽出装置を用いて行う方法が好適だと考えられた。2) 350 g/日の一般的な野菜を摂取した場合、抗酸化物質標準品であるトロロックスに換算して約 2,000 マイクロモルの抗酸化物質を摂取可能と推算された。3) 地域による抗酸化物質摂取量の大きな差は認められず、抗酸化能に寄与している野菜は全国的にごぼうとたまねぎであり、次いでばれいしょ、なす、キャベツ、だいこん、にんじんであった。4) 野菜の抗酸化能に含有ポリフェノールが大きく寄与していた。さらに、野菜類に含まれるポリフェノール類を網羅的に解析した結果、アグリコンとしてカフェ酸、ケルセチン等が検出された。5) 野菜中のポリフェノール含有量について文献調査を行ったが、得られた情報は限定的であった。含有抗酸化物質の健康影響については、幾つかの無作為化比較試験結果が報告されており、今後系統的レビューまたはメタ分析によりその評価を試みる。

【結論】 今年度は、野菜中の抗酸化物質に着目して研究を行った。次年度は、果物に着目して同様の検討を行うと共に、市販の抗酸化サプリメントの抗酸化能を測定し、通常の食生活における野菜・果物の摂取による抗酸化能摂取量と比較することで、その有効性及び安全性について検討する。また、抗酸化サプリメント使用に対する意識調査も実施する。

研究分担者

- 松本 輝樹 独立行政法人国立健康・栄養
研究所 食品保健機能プログラ
ム 研究員
- 卓 興鋼 独立行政法人国立健康・栄養
研究所 情報センター プロジ
ェクトリーダー
- 坪田 恵 独立行政法人国立健康・栄養
研究所 栄養疫学プログラム
研究員
- 沖 智之 独立行政法人 農業・食品産業
技術総合研究機構 九州沖縄
農業研究センター 機能性利
用研究チーム 主任研究員

A. 研究目的

がんを含む生活習慣病やアルツハイマー症等の種々の疾病の発症原因の一つとして生体内で過剰に発生した活性酸素の関与が示唆されており、活性酸素を消去する能力を有する抗酸化物質を含有する食品が注目されている [1]。野菜・果物類の摂取により、がんや心疾患等のリスクが低減することが数々の疫学研究で明らかになっており、野菜・果物中に含まれる抗酸化物質がその寄与因子の一つと考えられている [2]。このような背景から、現在、ビタミン C、ビタミン E 及び β -カロテンといった抗酸化ビタミンの他に、カテキン及びケルセチンといったポリフェノール等の天然の抗酸化物質を含有する「いわゆる健康食品」(抗酸化サプリメント) が多数流通している。しかし、これらの抗酸化サプリメントの安全性・有効性に関する信頼できる情報は極めて少ない。

食事摂取基準により摂取目安量が明らかとなっている抗酸化ビタミンを除き、抗酸化サプリメントの摂取目安量を示す科学的根拠は特

に不足している。抗酸化物質を豊富に含む野菜・果物類の摂取が健康に良い影響を与えることはほぼ間違いないと言えるが [2]、それと同様の有用性を得るための抗酸化サプリメントの摂取目安量は定かではない。また、近年、Bjelakovic らは抗酸化サプリメントの健康影響に関する論文のメタ解析を行い、抗酸化サプリメントの有効性が示されなかつただけでなく、 β -カロテン、ビタミン A 及びビタミン E の摂取では総死亡率が上昇するという解析結果を報告しており [3]、抗酸化サプリメントの過剰摂取時の安全性についても検証する必要があると考えられる。特に、一部の抗酸化サプリメントは通常の食事から摂取し得る量をはるかに超えた量の抗酸化物質を含んでいると考えられ、その安全性は食経験から確保されているとはいえない。本研究では、日本において一般的に摂取される野菜及び果物に着目し、通常の食事からの抗酸化物質摂取量及びその健康影響の把握を行い、それとの比較を行うことで抗酸化サプリメントの有効性・安全性に関する知見を得ることを目的とする。図 1 に研究の概略図を示した。

B. 研究方法

1) 抗酸化物質抽出法の検討 (分担:沖)

食品の抗酸化能を実測するためには、食品から抗酸化物質の抽出方法を確立する必要がある。一般的な野菜の凍結乾燥品を検体とし、高速溶媒抽出装置を用いて抽出液を調製する際の抽出溶媒について、米農務省が公開している食品抗酸化能データベース作成に用いられた抽出溶媒 (アセトン/水/酢酸 = 70/29.5/0.5、AWA) と、ポリフェノール類の一斉分析法に採用されている抽出溶媒 (メタノール/水/酢酸 = 90/9.5/0.5、MWA) の比較

検討を行った。各溶媒による抽出液を調整し、抗酸化能 (H-ORAC 法及び DPPH 法) 及びポリフェノール含量 (フォーリン・チオカルト法) を比較した。

2) 一般的な野菜からの抗酸化物質摂取量の推算 (分担:竹林)

平成 20 年家計調査で購入重量が記載されている野菜 (23 種、全生鮮野菜購入重量の 85 % をカバー) について、凍結乾燥品から、高速溶媒抽出装置を用いて MWA を抽出溶媒として、抽出液を調製し、野菜の抗酸化能を H-ORAC 法で測定した。測定結果を基に、野菜からの抗酸化物質一日摂取量の推算を行った。

3) 野菜からの抗酸化物質摂取量の地域差 (分担:坪田)

家計調査における、都道府県庁所在市別「1 世帯当たり野菜購入数量」を基に計算した「一人あたり一日の野菜購入数量 (g/d・person)」及び 2) で測定した野菜の抗酸化能から、野菜からの抗酸化物質摂取量の地域差について検討した。

4) 一般的な野菜に含まれる抗酸化物質の同定及び定量 (分担:松本)

一般的な野菜中に含まれる抗酸化物質の同定を行うため、野菜の抗酸化能 (H-ORAC 法) とポリフェノール含量 (フォーリン・チオカルト法) の相関性について検討した。また、含有ポリフェノールの定性及び定量を HPLC にて行った。

5) 野菜中に含まれる抗酸化物質及びその健康影響に関する文献調査 (分担:卓)

一般的な野菜に含まれている抗酸化物質について、機能性食品因子データベース (<http://www.nihn.go.jp/FFF/index.jsp>) 及び Dr. Duke's Phytochemical and Ethnobotanical Databases (<http://www.ars-grin.gov/duke/>) にて調査した。また、含有抗酸化物質の健康影響に関して、PubMed 文献データベースにて調査した。

C. 研究結果及び考察

1) 抗酸化物質抽出法の検討 (分担:沖)

23 種類の野菜について検討した結果、AWA 抽出液に対する MWA 抽出液での測定値の比は、H-ORAC 法では 0.69~1.76 (平均値:1.07)、DPPH 法では 0.34~5.26 (1.46)、フォーリン・チオカルト法では 0.37~1.98 (1.13) であった。AWA と MWA で得られた抽出液の測定値間の相関係数は、H-ORAC 法、DPPH 法及びフォーリン・チオカルト法で、それぞれ 0.945、0.870、0.820 であった。これらの結果より、抗酸化能 (DPPH 法) 及びポリフェノール含量 (フォーリン・チオカルト法) に関しては、AWA 抽出液で高い数値を示した野菜は MWA 抽出液でも高い数値を示すものの、抽出溶媒に MWA を用いた場合は、AWA に比べて測定値が大きくなる傾向が認められた。一方、H-ORAC 法にて測定した抗酸化活性は、MWA と AWA のいずれを抽出溶媒に用いても同程度であった。以上から判断して、野菜の凍結乾燥品から親水性の抗酸化物質を抽出する際、抽出効率の向上が期待されることから、MWA が好適であると考えられた。

2) 一般的な野菜からの抗酸化物質摂取量の推算 (分担:竹林)

個々の野菜では、ごぼう、れんこん、なすに高い活性が認められたが、それぞれの摂取量を加味すると、たまねぎ、ごぼう、ばれいしょからの抗酸化物質摂取が多いと推測された。一般的な野菜摂取状況に基づいた「モデル野菜」を想定すると、その抗酸化能は抗酸化物質標準品であるトロロックスに換算して 594 $\mu\text{mol Trolox equivalent (TE)}/100\text{ g}$ であり、「健康日本 21」における野菜の一日摂取目標値である 350 g を摂取すると、2,080 $\mu\text{mol TE}$ の抗酸化物質を摂取可能推算された。また、平成 16~20 年の国民健康・栄養調査の野菜一日摂取量の平均値から計算すると、一日 1,585~1,755 $\mu\text{mol TE}$ の抗酸化物質を摂取していると推算された。

3) 野菜からの抗酸化物質摂取量の地域差 (分担:坪田)

地域により若干の差はあるものの、全国的に抗酸化力に寄与している野菜は、ごぼうとたまねぎであり、次いでばれいしょ、なす、キャベツ、だいこん、にんじんであった。当該抗酸化力の摂取に際し、地域により特異的な差は認められなかった。ごぼうはグラムあたりの抗酸化力が高いことから量より質で、たまねぎは抗酸化力は中程度だが野菜としての消費量が多いため質より量で、寄与が大きいことが判明した。

4) 一般的な野菜に含まれる抗酸化物質の同定及び定量 (分担:松本)

23 種類の野菜について、抗酸化能と含量ポリフェノール量との関連性を調べた結果、両者の間に強い相関が認められ、野菜の抗酸化能に及ぼす含有ポリフェノールの寄与が大きいことが示唆された。そこで、日本における一

般的な野菜摂取状況を反映した「モデル野菜」について含有ポリフェノールの定性及び定量を行った結果、カフェ酸、ケルセチン等のポリフェノールがアグリコンとして検出された。「モデル野菜」を「健康日本 21」における野菜摂取目安量である 350 g 摂取した場合、検出されたポリフェノールアグリコンを総計として 25.3 mg (特に含量の多いカフェ酸は 12.6 mg (クロロゲン酸として 12.0 mg)、ケルセチンは 7.3 mg) 摂取すると推算された。

5) 野菜中に含まれる抗酸化物質及びその健康影響に関する文献調査 (分担:卓)

23 種類の野菜のうち、先述した機能性因子データベースでは、19 種類の野菜のポリフェノール含有量についてのデータが得られたため、表としてまとめた。しかし、抗酸化物質含有量に関する情報は限定的で、信頼できる情報が少なかった。食品中に含まれている代表的な抗酸化物質の健康影響について、PubMed 文献データベースで検索すると、いくつかの代表的な抗酸化物に関して無作為化比較試験による評価結果が報告されていた。今後、関連論文の全文を入手し、健康影響に関するデータを抽出し、可能な場合は系統的レビューまたはメタ分析にて評価を行う予定である。

D. 結論

本研究の成果として、食品からの抗酸化物質抽出法を確立し、一般的な野菜類 (350 g/日) からの抗酸化物質摂取量が抗酸化物質標準品であるトロロックスに換算して約 2,000 $\mu\text{mol TE}$ であり、都道府県間で大きな地域差は認められないことを示した。さらに、野菜中の主たる抗酸化物質として、ポリフェノール

(特にカフェ酸、ケルセチン及びそれらの配糖体) が考えられることを示し、その含量を明らかにした。また、野菜中の抗酸化物質含有量について文献調査を行ったが、得られた情報は限定的であった。含有抗酸化物質の健康影響に関する文献については、今後系統的レビューまたはメタ分析によりその評価を試みる。

このように、今年度は野菜中の抗酸化物質に着目して研究を行った。次年度は、果物に着目して同様の検討を行うと共に、市販の抗酸化サプリメントの抗酸化能を測定し、通常の食生活における野菜・果物の摂取による抗酸化能摂取量と比較することで、その有効性及び安全性について検討する。それに加えて、抗酸化サプリメント使用に対する意識調査も実施する。これらの結果を総合して、抗酸化サプリメントの適正作用について考察する。

E. 健康危険情報

なし

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

- (1) 沖 智之、竹林 純、渡辺 純、山崎光司、佐藤麻紀、須田郁夫

「食品の統一的な抗酸化能測定法の確立

(3)一般的な野菜に含まれる抗酸化物質抽出法の検討」

日本農芸化学会 2010年度大会, 2010年3月30日(東京)

- (2) 竹林 純、沖 智之、渡辺 純、山崎光司、陳 健斌、石見佳子

「食品の統一的な抗酸化能測定法の確立

(4)一般的な野菜からの抗酸化物質摂取量

の推定」

日本農芸化学会 2010年度大会
2010年3月30日(東京)

G. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

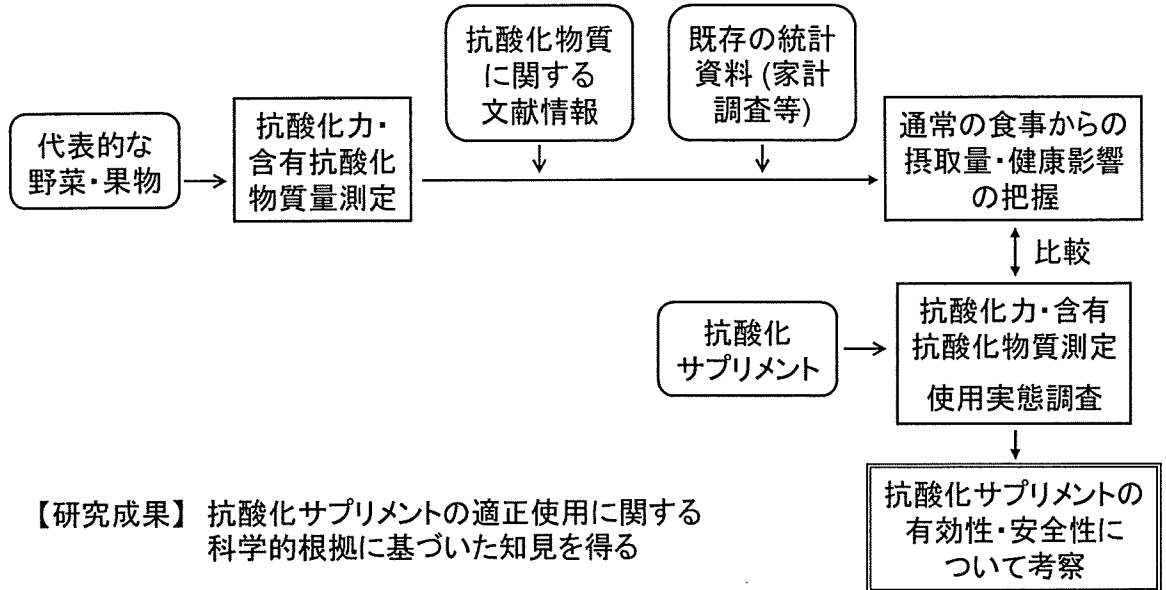
なし

<参考文献>

- [1] Fang Y. Z., Yang S., Wu G., Free radicals, antioxidants, and nutrition. *Nutrition*, 18, 872-879 (2002).
- [2] Van Duyn M. A., Pivonka E., Overview of the health benefits of fruit and vegetable consumption for the dietetics professional: selected literature. *J. Am. Diet Assoc.*, 100, 1511-1521 (2000).
- [3] Bjelakovic G., Nikolova D., Gluud L. L., Simonetti R. G., Gluud C., Mortality in randomized trials of antioxidant supplements for primary and secondary prevention: systematic review and meta-analysis. *JAMA*, 297, 842-857 (2007).

【現状の問題点】 抗酸化サプリメントの有効性・安全性に関する科学情報の不足

【研究目的・方法】 通常の食事からの抗酸化力及び含有抗酸化物質摂取量を明らかに
→ 抗酸化サプリメントと比較することで、その健康影響について考察



【研究成果】 抗酸化サプリメントの適正使用に関する科学的根拠に基づいた知見を得る

図 1. 研究の概略図

一般的な野菜に含まれる抗酸化物質抽出法の検討

分担研究者 沖 智之 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
九州沖縄農業研究センター 機能性利用研究チーム

研究協力者 佐藤麻紀 同上

渡辺 純 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
食品総合研究所 食品機能研究領域 機能性成分解析ユニット

【目的】抗酸化物質を含有する「いわゆる健康食品」(抗酸化サプリメント)の有効性・安全性を食経験に鑑みて判断するために、日々摂取している食品の抗酸化能を数値化する必要がある。食品中には多様な化学的特性を有した複数の抗酸化物質が含まれているため、抽出方法が抗酸化能の数値化にあたり重要な因子となる。そこで本研究では、日本において一般的に食されている野菜類からの抗酸化物質抽出法について検討を加えた。

【方法】米国農務省が公開している ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) 法による抗酸化値データベースの作成に用いられた抽出溶媒 (アセトン/水/酢酸=70/29.5/0.5, AWA) と、ポリフェノール類の一斉分析法に採用されている抽出溶媒 (メタノール/水/酢酸=90/9.5/0.5, MWA) の比較検討を行った。野菜は家計調査で購入重量が記載されている 23 種を選定し、それらの凍結乾燥品から高速溶媒抽出装置を用いて抽出液を調製した。抗酸化物質の抽出は *n*-ヘキサン/ジクロロメタン=50/50 で親油性物質の抽出後、親水性物質を AWA または MWA で連続抽出する方法を採用し、H-ORAC 法、DPPH 法及びフォーリン・チオカルト法で測定した。

【結果及び考察】AWA 抽出液に対する MWA 抽出液での測定値の比は、H-ORAC 法では 0.69~1.76 (平均値:1.07)、DPPH 法では 0.34~5.26 (1.46)、フォーリン・チオカルト法では 0.37~1.98 (1.13)であった。AWA と MWA で得られた抽出液の測定値間の相関係数は、H-ORAC 法、DPPH 法及びフォーリン・チオカルト法で、それぞれ 0.945、0.870、0.820 であった。これらの結果より、AWA 抽出液で DPPH ラジカル消去活性と総ポリフェノール含量が高い野菜は MWA 抽出液でも高い値を示すが、抽出溶媒に MWA を用いた場合は、AWA に比べて、DPPH ラジカル消去活性と総ポリフェノール含量の測定値が大きくなる傾向が認められた。一方、H-ORAC 活性は、MWA と AWA のいずれを抽出溶媒に用いても測定値は同程度であった。以上から判断して、野菜の凍結乾燥品から親水性の抗酸化物質を抽出する際、抽出効率の向上が期待されることから、親水性物質の抽出溶媒には MWA が好適であると考えられた。

A. 研究目的

現在、抗酸化物質を含有する「いわゆる健

康食品」(抗酸化サプリメント)が多数流通し

ているが、その有効性・安全性に関する科学

的根拠は充分とはいえない。その原因のひとつとして、通常の食事から、どの程度の抗酸化物質を摂取しているかという食経験に基づく知見が不足していることが挙げられる。そこで、日常生活における抗酸化物質の摂取源として重要であると考えられる野菜類からの抗酸化物質摂取量を推算することを目的とした。その目的を達成するには、まず一般的に摂取されている野菜類の抗酸化能を実測する必要がある。野菜の抗酸化能の測定には、野菜からの抗酸化物質の抽出と得られた抽出液の測定という二つの工程に大別される。抗酸化能の測定法については、標準化に近い方法も存在するが、抗酸化物質の抽出方法、特に抽出溶媒の選択は、測定結果に大きな影響を与える可能性があるとの認識はあるものの詳細な検討はなされていないのが現状である。そこで本研究では、米国農務省が公開している ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) 法による抗酸化値データベース [1] の作成に用いられた抽出溶媒 (アセトン/水/酢酸=70/29.5/0.5, AWA) と、ポリフェノール類の一斉分析法 [2] に採用されている抽出溶媒 (メタノール/水/酢酸=90/9.5/0.5, MWA) を親水性物質の抽出溶媒に選択し、各々の溶媒で抽出液の調製を行い、抗酸化能を ORAC 法及び DPPH 法で、ポリフェノール含量をフォーリン・チオカルト法で測定し、測定値の比較を行った。

B. 研究方法

【サンプル】

本研究では、総務省統計局による 2008 年家計調査に 1 世帯あたりの購入重量が記載されている野菜 23 種類 (キャベツ、ほうれんそう、はくさい、ねぎ、レタス、ブロッコリー、も

やし、かんしょ、ばれいしょ、さといも、だいこん、にんじん、ごぼう、たまねぎ、れんこん、たけのこ、さやまめ、かぼちゃ、きゅうり、なす、トマト、ピーマン、生しいたけ) を検体として用いた。

【凍結乾燥方法】

生鮮野菜から五訂日本食品標準成分表に準じて非可食部を取り除いた後、可食部を縮分した。縮分した生鮮野菜の可食部(200 g 程度)は細断後、ポリプロピレン製ビーカーに移し、液体窒素を注いで急速に凍結した。凍結した試料はガラス容器に移し、-10℃に庫内温度を設定した凍結乾燥機を用いて、減圧下 (<40 mmHg) で乾燥した。なお、3~4 日間の間隔で試料重量の測定を行い、試料重量の変化が 1%未満となった場合、恒量と判断し、乾燥を終了した。生鮮野菜の凍結乾燥品は粉碎機 (GM-200、レッチェ) で粉末にした後、保存容器に移し、-20℃で保管した。なお、保存容器のヘッドスペース部には脱酸素剤を入れた。

【抗酸化物質抽出法】

生鮮野菜の凍結乾燥品からの抗酸化物質抽出は、高速溶媒抽出装置を用いて親油性物質と親水性物質を連続して抽出する Wuらの方法 [3] に準じた方法で行った。すなわち、凍結乾燥品粉末(1g)を海砂(メタノール洗浄品、425~850 μm、5g)と混合し、高速溶媒抽出装置 (ASE-200、日本ダイオネクス)の専用セル(22 mL)に充填した後、セル空隙を海砂で満たした。親油性物質は *n*-ヘキサン/ジクロロメタン=50/50 を用いて、以下の条件で抽出した。静置時間:5 分間、フラッシュ:45%、パージ:60 秒間、サイクル:3 回、温度:70℃、圧力:1500 psi。親水性物質の抽出は、親油

性物質の抽出に引き続き、アセトン/水/酢酸=70/29.5/0.5 (AWA) もしくメタノール/水/酢酸=90/9.5/0.5 (MWA) を用いて行った。なお、抽出条件は以下のとおりである。静置時間:5分間、フラッシュ:45%、パージ:60秒間、サイクル:3回、温度:80℃、圧力:1500psi。抽出溶液は25mLに定容した後、各種測定に供するまで-40℃以下で保管した。

【抗酸化能の測定: H-ORAC 法】

各抽出溶液の H-ORAC 活性は Prior らの方法 [4] に準じた方法で測定した。分析方法の詳細については「日本において一般的に食されている野菜類からの抗酸化物質一日摂取量の推定 (分担:竹林)」参照。

【抗酸化能の測定: DPPH 法】

各抽出液の DPPH ラジカル活性は既報の 96 穴プレートを用いた方法に準じた方法 [5] で測定した。0、40、80、120、160 $\mu\text{mol/L}$ のトロロックス (Trolox、抗酸化物質標準品) 溶液または適宜希釈した抽出溶液を 96 穴マイクロプレートのウェルに各 100 μL ずつ分注した。なお、トロロックス溶液は抽出溶液と同一溶媒であるアセトンまたはメタノールの 50 % (v/v) 水溶液を用いて調製し、希釈した抽出溶液のアセトンまたはメタノールの濃度は 50 % (v/v) となるように調整した。次いで、各ウェルに 200mM MES (2-morpholinoethane sulfonic acid) 緩衝液を 50 μL 分注した後、安定な有機ラジカルである DPPH のエタノール溶液 (800 μM) を 50 μL 分注し、反応を開始させた。30℃で20分間の反応後、520nmにおける吸光度を測定した。DPPH ラジカル消去活性は、各標準溶液のトロロックス添加量 (nmol/assay) を X 軸に、吸光度 (A_{520}) を Y

軸に配したグラフより、一次回帰式 ($y = a_1x + b_1$) を算出した。抽出液についても、抽出液添加量 ($\mu\text{L}/\text{assay}$) を X 軸に、吸光度 (A_{520}) を Y 軸に配したグラフより、一次回帰式 ($y = a_2x + b_2$) を算出し、抽出液で得られた一次項の係数 (a_2) をトロロックスで得られた一次項の係数 (a_1) で除すことで、DPPH ラジカル消去活性をトロロックスの濃度に換算した ($\mu\text{mol Trolox equivalent (TE)}/\text{L}$)。この数値を基に、各野菜の可食部乾燥重量 1g に含まれる抗酸化物質の活性をトロロックスのモル数に換算して表した ($\mu\text{mol TE equivalent (TE)}/\text{g}$ 可食部乾燥重量 (DM))。

【総ポリフェノール含量の測定: フォーリン・チオカルト法】

各抽出液の総ポリフェノール含量は茶葉や茶飲料の分析法である ISO の公定法 (ISO14502-1:2005) [6] に準じた方法で測定した。0 (ブランク)、10、20、30、40、50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ の没食子酸 (ポリフェノール標準品) の水溶液または適宜希釈した抽出液を各 1mL ずつを試験管に分注した。なお、抽出液の希釈は水 (ISO 3696:1987 で規定する grade 1) で行い、有機溶媒濃度が高いと白濁が生じるため、水で 2 倍以上希釈した抽出液を測定に用いた。次いで、市販フェノール試薬を水で 10 倍希釈した 10 % (v/v) フェノール試薬希釈液を 5mL 添加し、攪拌混和した。次いで、フェノール試薬希釈液を添加した 3~8 分間後以内に、7.5 % (w/v) 炭酸ナトリウム水溶液を 4mL 添加し、再度、攪拌混和した。室温で 60 分間放置後、分光光度計で 765 nm における吸光度を測定した。総ポリフェノール含量は、各標準溶液の没食子酸濃度 ($\mu\text{g}/\text{mL}$) を X 軸に、ブランクの吸光度値を差し引いた後

食子酸標準溶液の吸光度(A_{765})を Y 軸にプロットして、一次回帰式($y = ax + b$)を算出した。この式に、各抽出液の吸光度値を代入し、総ポリフェノール含量を没食子酸の濃度として換算した ($\mu\text{g gallic acid equivalent (GAE)/mL}$)。この数値を基に、各野菜の可食部乾燥重量 1 g に含まれる総ポリフェノール含量に換算して表した ($\mu\text{g gallic acid equivalent (GAE)/g 可食部乾燥重量 (DM)}$)。

C. 結果

日本において一般的に食されている 23 種類の野菜について、含有されている親水性物質を AWA または MWA で抽出し、得られたそれぞれの抽出液を H-ORAC 法、DPPH 法及びフォーリン・チオカルト法で測定した。抽出溶媒が測定値に及ぼす影響を検討するため、AWA 抽出液での測定値に対する MWA 抽出液での測定値の比で比較を行った (表 1)。その結果、抽出溶媒により測定値に差が認められ、測定値の比は、H-ORAC 法で 0.69~1.76、DPPH 法で 0.34~5.26、フォーリン・チオカルト法で 0.37~1.98 の範囲であった。また、測定値の比の平均値は、H-ORAC 法、DPPH 法及びフォーリン・チオカルト法で、それぞれ 1.07、1.46 及び 1.13 であった。

次いで、AWA と MWA で得られた抽出液の H-ORAC 活性、DPPH ラジカル消去活性及び総ポリフェノール含量の相関について、可食部乾燥重量で検討した。なお、それぞれの測定値の正規性を D'Agostino-Pearson 検定で確認したところ、フォーリン・チオカルト法の MWA 抽出液の測定値以外は、有意水準 5% で正規分布でないと判定されたことから、測定値を常用対数変換することにより正規分布とな

ることを確認し、相関図を作成した (図 1)。その結果、得られた相関係数は、H-ORAC 法、DPPH 法及びフォーリン・チオカルト法で、それぞれ 0.945、0.870 及び 0.820 であった。

D. 考察

日々の食生活から摂取している抗酸化物質量を推算するには食品の抗酸化能を測定することが不可欠である。食品の抗酸化能を数値化するためには、食品から抗酸化物質を抽出する操作が必要となるが、食品中には多様な化学的特性を有した複数の抗酸化物質が含まれているため、抽出方法が抗酸化能の数値化にあたり重要な因子となる。そこで、先行研究において野菜類では、親水性物質による抗酸化能への寄与が親油性物質より非常に大きいことが明らかになっているため [3]、親水性物質の抽出に着眼し、検討を行った。一般に親水性の抗酸化物質の抽出は、対象成分がポリフェノールであることが大半であり、抽出溶媒には弱酸性の含水有機溶媒を用いる点では共通している。しかし、マトリックスと成分特性の兼ね合いにより選択される有機溶媒の種類と濃度や酸性度は異なることから、すべての親水性物質を単一溶媒で抽出することは困難であると想定される。そこで本研究では、データベース作成の実績がある 2 種の抽出溶媒である AWA と MWA に限定し、一般的に食されている野菜類から調製した親水性物質の抽出液を原理の異なる評価法で測定し、測定値の比較を行った。その結果、表 1 に示したように、評価法内で MWA/AWA の値は一定ではなく、抽出溶媒により野菜凍結乾燥品から抽出される親水性物質の種類と量の両方、またはいずれか一方が異なることが明らかとなった。また、DPPH 法とフォーリン・チオカルト法では、

MWA/AWAの値の平均値が1より大きい傾向にあり(DPPH法: $p=0.029$ 、フォーリン・チオカルト法: $p=0.099$)、MWAを抽出溶媒に用いた場合、AWAと比べて測定値が大きくなる傾向にあることが判明した。しかしながら、図2に示したように、MWA抽出液とAWA抽出液で得られた測定値は、累乗近似で強い相関($r > 0.8$)が認められたことから、AWA抽出液でDPPHラジカル消去活性と総ポリフェノール含量が高い野菜はMWA抽出液でも高い値が得られることが示された。一方、H-ORACでは、MWA/AWAの値の 1.07 ± 0.26 (平均値 \pm 標準偏差)であることに加え、測定値の相関が累乗近似で $r = 0.945$ であることから、DPPH法やフォーリン・チオカルト法と異なり、MWAとAWAのいずれを抽出溶媒に用いても測定値は同程度であることが明らかとなった。

以上、野菜の凍結乾燥品から親水性の抗酸化物質を抽出する際、MWAを用いることにより、抽出効率の向上が期待されること、またMWA抽出液が液体クロマトグラフィーによるポリフェノール一斉分析に用いられていることを加味すると、MWAを親水性の抗酸化物質の抽出溶媒に選択することが望ましいと判断された。また、本研究では抗酸化物質の抽出に、密閉容器中で固体試料と溶媒を高温・高圧に保つことにより試料から対象成分を効率よく抽出することを可能とする、高速溶媒抽出装置を用いた。本装置のもうひとつの特徴として、抽出操作が自動化されていることが挙げられ、そのことにより室内再現性のみならず室間再現性が高くなることが期待される。そのため、データベースの作成を念頭にした場合、抗酸化物質の抽出には高速溶媒抽出装置を使用することが望ましいと考えられる。

E. 結論

食品の抗酸化能を数値化するに際して、測定法と同様に重要な因子となる、抗酸化物質の抽出に用いる溶媒について検討を行った。一般的に食されている23種の野菜から、2種の抽出溶媒(AWA、MWA)を用いて高速溶媒抽出装置で親水性物質の抽出を行い、抽出液をH-ORAC法、DPPH法及びフォーリン・チオカルト法で測定し、比較を行った。その結果、AWA抽出液でDPPHラジカル消去活性と総ポリフェノール含量が高い野菜はMWA抽出液でも高い値を示すが、抽出溶媒にMWAを用いた場合は、AWAに比べて、DPPHラジカル消去活性と総ポリフェノール含量の測定値が大きくなる傾向が認められた。一方、H-ORAC活性は、MWAとAWAのいずれを抽出溶媒に用いても測定値は同程度であった。以上から判断して、野菜の凍結乾燥品からの親水性の抗酸化物質を抽出する際、抽出効率の向上が期待されることから、MWAが好適であると考えられた。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

沖 智之、竹林 純、渡辺 純、山崎光司、佐藤麻紀、須田郁夫

「食品の統一的な抗酸化能測定法の確立
(3)一般的な野菜に含まれる抗酸化物質抽出法の検討」

日本農芸化学会2010年度大会, 2010年3月30日(東京)

G. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得

なし
2. 実用新案登録
なし

<参考文献>

- [1] <http://www.ars.usda.gov/sp2userfiles/place/12354500/data/orac/orac07.pdf>
- [2] Sakakibara H., Honda Y., Nakagawa S., Ashida H., Kanazawa K., Simultaneous determination of all polyphenols in vegetables, fruits, and teas. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 571-581 (2003).
- [3] Wu X., Beecher G. R., Holden J. M., Haytowitz D. B., Gebhardt S. E., Prior R. L., Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *J. Agric. Food Chem.*, 52, 4026-4037 (2004).
- [4] Prior R. L., Hoang H., Gu L., Wu X., Bacchiocca M., Howard L., Hampsch-Woodill M., Huang D., Ou B., Jacob R., Assays for hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity (oxygen radical absorbance capacity (ORAC_{FL})) of plasma and other biological and food samples. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 3273-3279 (2003).
- [5] 沖 智之、食品機能性評価マニュアル集 第II集、DPPH ラジカル消去活性評価法、食品機能性評価支援センター技術普及資料等検討委員会編、pp.71-78 (2008).
- [6] ISO (ed.) Determination of substances characteristic of green

and black tea – Part 1: Content of total polyphenols in tea – Colorimetric method using Folin-Ciocalteu reagent. ISO 14502-1:2005 (2005).

表 1. 一般的な野菜類から異なる抽出溶媒で調製した親水性物質抽出液の
H-ORAC 法、DPPH 法及びフォーリン・チオカルト法による測定値の比較

名称	H-ORAC法	DPPH法	フォーリン・チオカルト法
【葉菜類】			
キャベツ	1.38	2.59	1.67
はくさい	1.41	1.94	1.58
レタス	1.76	1.43	1.61
ねぎ	0.93	1.46	1.09
ほうれんそう	0.69	0.80	0.57
【果菜類】			
トマト	0.91	1.52	0.79
きゅうり	1.23	1.27	1.18
もやし	1.09	0.81	1.18
なす	1.57	1.71	1.56
かぼちゃ	1.03	1.62	1.04
ピーマン	0.95	1.24	1.27
さやまめ	0.91	1.12	0.86
【根菜類】			
だいこん	1.13	1.42	1.14
にんじん	1.10	0.90	0.98
ごぼう	1.08	1.15	1.06
れんこん	0.72	0.54	0.64
じゃがいも	0.90	1.29	0.93
さつまいも	1.04	1.16	1.03
さといも	0.69	0.34	0.37
【茎菜類】			
たまねぎ	1.09	1.34	1.10
たけのこ	0.81	5.26	1.98
【その他】			
ブロッコリー	1.17	1.09	1.12
しいたけ	1.04	1.70	1.34
平均値	1.07	1.46	1.13
標準偏差	0.26	0.93	0.37
最大値	1.76	5.26	1.98
最小値	0.69	0.34	0.37
中央値	1.04	1.29	1.10

数値は AWA での抽出液の測定値に対する MWA での抽出液の測定値の比 (MWA/AWA) で表示

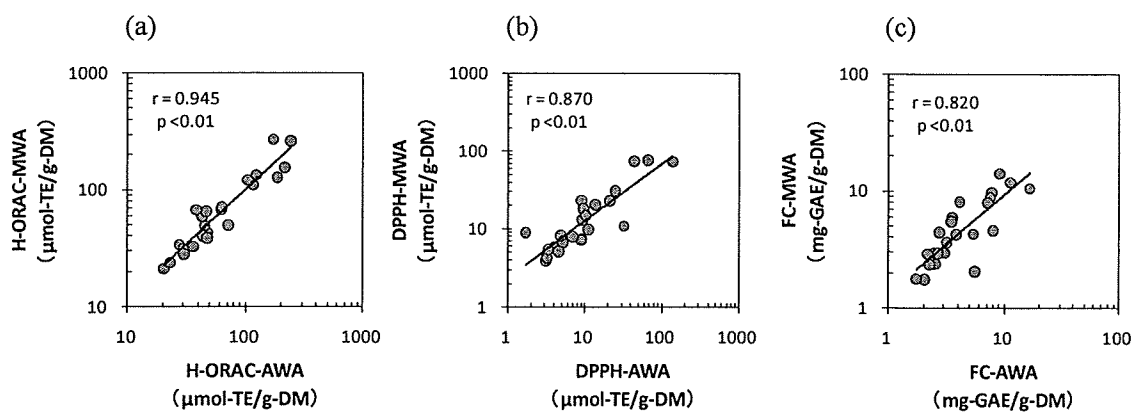


図 1. 一般的な野菜類から異なる抽出溶媒で調製した親水性物質抽出液の H-ORAC 法 (a)、DPPH 法 (b) 及びフォーリン・チオカルト法 (c) による測定値の相関
横軸と縦軸の値は、それぞれ AWA と MWA での抽出液の測定値から可食部乾燥重量あたりに変換して表示

平成 21 年度厚生労働科学研究費補助金(食品の安心・安全確保推進研究事業)
分担研究報告書

日本において一般的に食されている野菜類からの抗酸化物質一日摂取量の推定

分担研究者 竹林 純 独立行政法人国立健康・栄養研究所 食品保健機能プログラム 研究員
研究協力者 沖 智之 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
九州沖縄農業研究センター 機能性利用研究チーム 研究員
陳 健斌 独立行政法人国立健康・栄養研究所 食品保健機能プログラム

【目的】野菜・果実などに豊富に含まれる抗酸化物質は、健康維持及び疾病予防に寄与することが明らかになりつつあるが、これらの抗酸化物質を含む「いわゆる健康食品」(抗酸化サプリメント)については、その有効性・安全性を示す科学的根拠が不足している。本研究では、抗酸化サプリメント中に含まれる抗酸化物質量を、食経験と照らし合わせて評価することを可能とするため、一般的な野菜の抗酸化能を測定し、野菜からの抗酸化物質一日摂取量について推算した。

【方法】平成 20 年家計調査で購入重量が記載されている野菜(23 種、全生鮮野菜購入重量の 85 % をカバー)について、凍結乾燥品を作成、高速溶媒抽出装置を用いて抽出液を調製し、抗酸化能を H-ORAC (Hydrophilic-Oxygen Radical Absorbance Capacity) 法で測定した。

【結果及び考察】個々の野菜では、ごぼう、れんこん、なすに高い活性が認められた。それぞれの摂取量を加味すると、たまねぎ、ごぼう、ばれいしょからの抗酸化物質摂取が多いと推測された。一般的な野菜摂取状況に基づいた「モデル野菜」を想定すると、その抗酸化能は抗酸化物質標準品であるトロロックスに換算して 594 $\mu\text{mol Trolox equivalent (TE)}/100\text{ g}$ であり、「健康日本 21」における野菜の一日摂取目標値である 350 g を摂取すると、2080 $\mu\text{mol TE}$ の抗酸化物質を摂取可能推算された。また、平成 16~20 年の国民健康・栄養調査の野菜一日摂取量の平均値から計算すると、一日 1585~1755 $\mu\text{mol TE}$ の抗酸化物質を摂取していると推算された。

A. 研究目的

がんや生活習慣病の発症原因の一つとして生体内で過剰に発生した活性酸素の関与を示唆する数々の知見が蓄積されており、活性酸素を消去する能力を有する抗酸化物質を含有する食品に注目が集まっている。野菜・果物類の摂取はがんや心疾患等のリスクを減ずることが数々の疫学研究で明らかになっており、

野菜・果物中に含まれる抗酸化物質はその寄与因子の一つと考えられている [1]。そのため、現在、ビタミン C、ビタミン E 及び β -カロテンといった抗酸化ビタミンの他に、カテキン及びケルセチンといったポリフェノール等の天然の抗酸化物質を含有する「いわゆる健康食品」(抗酸化サプリメント)が多数流通している。ところが、食事摂取基準により摂取目安量が明

らかとなっている抗酸化ビタミンを除き、抗酸化サプリメントの摂取目安量を示す科学的根拠は乏しい。また、Bjelakovic らは抗酸化サプリメントの健康影響に関する論文のメタ解析を行った結果、抗酸化サプリメントの有効性は示されず、 β -カロテン、ビタミン A 及びビタミン E の摂取では総死亡率が上昇する危険性を報告しており [2]、抗酸化サプリメントの過剰摂取時の安全性は確保されているとはいえない。このように、野菜や果物の摂取が健康に良い影響を与えることはほぼ間違いないと言えるが、抗酸化サプリメントの有効性・安全性を示す科学的根拠については、まだまだ不足している。現時点で、抗酸化サプリメントの有効性・安全性評価が充分に行われていない一つの原因として、日常的に食事から摂取している抗酸化物質の把握がなされていないため、抗酸化サプリメント中に含まれる抗酸化物質を食経験に照らし合わせて評価することができないことが挙げられる。

食品中には複数の抗酸化物質が含まれており、それらが協力して抗酸化活性を発揮している。従って、食品からの抗酸化物質摂取量を把握するにあたり、個々の抗酸化物質の摂取量を個別に評価するのではなく、食品中に含まれる抗酸化物質の総合的な抗酸化能 (Total Antioxidant Capacity, TAC) を評価する必要があると考えた。そこで、本研究では、日本において一般的に摂取されている野菜類の TAC を H-ORAC (Hydrophilic-Oxygen Radical Absorbance Capacity) 法を用いて測定し、野菜からの抗酸化物質の一日摂取量の推算を行った。

B. 研究方法

【サンプル】

本研究では、総務省統計局による 2008 年家計調査に 1 世帯あたりの購入重量が記載されている野菜 23 種類 (キャベツ、ほうれんそう、はくさい、ねぎ、レタス、ブロッコリー、もやし、かんしょ、ばれいしょ、さといも、だいこん、にんじん、ごぼう、たまねぎ、れんこん、たけのこ、さやまめ、かぼちゃ、きゅうり、なす、トマト、ピーマン、生しいたけ) を検体として用いた。これらの野菜の購入重量の合計は、全生鮮野菜購入重量の 84.5 % である。日本標準食品成分表の廃棄率を基に 23 種類の野菜購入重量から摂取量を推算し、日本人の野菜摂取状況を反映した「モデル野菜」を設定した。

【抗酸化能の測定】

抗酸化能の測定には、ビタミン C、ポリフェノール類等の水溶性抗酸化物質の抗酸化力を反映する H-ORAC 法を用いた。

生鮮野菜からの抗酸化物質抽出は、Wu らの方法 [3] に準じた方法で行った。熊本県合志市にて 2009 年 6 月から 7 月の間に購入した先述の 23 種類の野菜を、非可食部を除いて凍結乾燥した。凍結乾燥した生鮮野菜粉末から、高速溶媒抽出装置 (ASE-200、日本ダイオネクス) を用い、まず親油性物質をヘキサノジクロロメタン=1/1 で抽出した後、親水性物質をメタノール/水/酢酸=90/9.5/0.5 (MWA) で抽出した。抽出操作の詳細については「一般的な野菜に含まれる抗酸化物質抽出法の検討 (分担: 沖)」参照。

MWA 抽出溶液の H-ORAC 活性を、Prior らの方法 [4] に準じた方法で測定した。75 mM リン酸緩衝液 (pH 7.4) で調製した 0 (ブランク)、6.25、12.5、25、50 $\mu\text{mol/L}$ の

トロロックス (Trolox、抗酸化物質標準品) 溶液またはリン酸緩衝液で適宜希釈した MWA 抽出溶液を各 20 μL ずつ 96 穴マイクロプレートに分注した。蛍光色素 Fluorescein のリン酸緩衝液溶液 (94.4 nM) を 200 μL 分注し、37 $^{\circ}\text{C}$ で 10 分間保温した。37 $^{\circ}\text{C}$ に予め保温した蛍光プレートリーダー (Powerscan HT、DS ファーマバイオメディカル株式会社) で励起波長 485 nm、検出波長 528 nm の蛍光強度を測定した ($f_0 \text{ min}$)。ラジカル発生剤 AAPH (2,2'-azobis(2-aminopropane)dihydrochloride) のリン酸緩衝液溶液 (31.7 mM) を 75 μL 分注し、37 $^{\circ}\text{C}$ に予め保温した蛍光プレートリーダーで励起波長 485 nm、検出波長 528 nm の蛍光強度を経時的に測定した (2 分間隔で 90 分間 $f_2 \text{ min} \sim f_{90} \text{ min}$)。下記の式に従い、ブランク、Trolox 標準溶液ならびに MWA 希釈溶液の AUC を算出した。

$$\text{AUC} = (0.5 \times f_{8 \text{ min}} + f_{10 \text{ min}} + f_{12 \text{ min}} + \dots + f_{88 \text{ min}} + 0.5 \times f_{90 \text{ min}}) / f_0 \text{ min} \times 2$$

下記の式に従い、Trolox 標準溶液ならびにサンプル希釈溶液の net AUC を算出した。

$$\text{net AUC} = \text{AUC} - \text{AUC}_{\text{blank}}$$

[AUC: Trolox 標準溶液及び MWA 希釈溶液の AUC、AUC_{blank}: ブランクの AUC]

各トロロックス標準溶液の、濃度 ($\mu\text{mol/L}$) を Y 軸に、net AUC を X 軸にとったグラフより、二次回帰式 ($y = ax^2 + bx + c$) を算出した。この式に、各 MWA 希釈液の net AUC を代入し、その抗酸化能をトロロックスの濃度に換算した ($\mu\text{mol Trolox equivalent (TE)/L}$)。この数値を基に、各野菜の可食部新鮮重量 1 g に含まれる抗酸化物質の活性をトロロックスのモル数に換算して表した ($\mu\text{mol TE}$

equivalent (TE)/g 可食部生鮮重量)。

C. 結果

日本において一般的に食されている 23 種類の野菜の抗酸化能を H-ORAC 法にて測定した (表 1)。個々の野菜の抗酸化能を比較すると、強い抗酸化能を有する野菜の上位 5 種は、1. ごぼう、2. れんこん、3. なす、4. さやまめ、5. ブロッコリーであった (表 2)。しかし、これらのデータは各野菜の摂取量を反映していない。そこで、2008 年家計調査における各野菜の購入重量を日本標準食品成分表に記載されている廃棄率を用い摂取量に補正し、それに基づいて、日本における一般的な野菜摂取状況に基づいた「モデル野菜」を設定した。表 1 の「モデル野菜」100 g あたりの組成の欄にその内訳を記した。日本において食される機会が多い野菜の上位 5 種は、1. キャベツ、2. たまねぎ、3. だいこん、4. じゃがいも、5. トマトであった (表 2)。「モデル野菜」100 g 中の個々の野菜の個々の野菜の組成量に、個々の野菜 1 g あたりの抗酸化能を乗じて、「モデル野菜」100 g 中の各野菜に由来する抗酸化能を計算した (表 1)。その結果、「モデル野菜」の抗酸化能に寄与している野菜の上位 5 種は 1. たまねぎ、2. ごぼう、3. じゃがいも、4. なす、5. キャベツであった (表 2)。また、「モデル野菜」の抗酸化能は 594.3 $\mu\text{mol TE}/100 \text{ g}$ であると推算された (表 1)。

D. 考察

ORAC 法は食品の抗酸化能の評価に近年最も良く用いられている評価法の一つである [5]。ORAC 法には食品中に含まれる親油性抗酸化物質の活性を反映する L-ORAC

(Lipophilic-Oxygen Radical Absorbance Capacity) 法と、水溶性抗酸化物質の活性を反映する H-ORAC 法があり、L-ORAC 法で得られた値と H-ORAC 法で得られた値を加算して食品全体の抗酸化能とする [5]。先行研究において野菜類の抗酸化能においては H-ORAC の寄与が L-ORAC より非常に大きいことが明らかになっているため [3]、今回の研究では H-ORAC の測定のみを行った。

日本における一般的な野菜摂取状況に基づいた「モデル野菜」の抗酸化能は 594.3 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ であると推算された (表 1)。従って、「健康日本 21」で示された野菜一日摂取目標量である 350 g の野菜を摂取すると、一日 2080 $\mu\text{mol TE}$ の抗酸化物質を摂取可能であると考えられる。これは、トロロックスの代わりにビタミン C で換算すると約 500 mg である。また、平成 16~20 年 (2004~2008 年) の国民健康・栄養調査の野菜一日摂取量の平均値から計算すると、一日 1585~1755 $\mu\text{mol TE}$ の抗酸化物質を摂取していると推算される (図 1)。先行研究において、米国における野菜からの一日 H-ORAC 摂取量は 2385 $\mu\text{mol TE}$ であることが報告されており [3]、今回の研究ではそれと類似した数値が得られた。

今回の研究では、一地域、一季節に購入した野菜を検体として使用している。そのため、ここで示したデータは、各野菜の抗酸化能の代表値とは言えないが、日本における野菜類からの抗酸化物質摂取量の概算の把握は可能だと考える。次年度は、先行研究 [3, 6] において、野菜類と同等もしくはそれ以上の抗酸化物質の供給源であると示唆されている果物類をサンプルとして、本年度と同様の検討を行い、本年度の結果と併せ、現在国内外で流通

している抗酸化サプリメントの抗酸化能と比較するための基礎データとする。

E. 結論

抗酸化サプリメントの有効性・安全性を食経験と照らし合わせて評価するために、日本において一般的に食べられている野菜類の抗酸化能を H-ORAC 法で測定した。また、家計調査の生鮮野菜購入重量を日本食品標準成分表記載の廃棄率で補正し、各野菜の摂取量を推算した。この結果に基づき、日本における一般的な野菜摂取状況に基づいた「モデル野菜」を想定すると、その抗酸化能は抗酸化物質標準品であるトロロックスに換算して 594 $\mu\text{mol Trolox equivalent (TE)}/100\text{ g}$ となった。従って、「健康日本 21」における野菜の一日摂取目標値である 350 g を摂取すると、2080 $\mu\text{mol TE}$ の抗酸化物質を摂取可能であると推算され、平成 16~20 年の国民健康・栄養調査の野菜一日摂取量の平均値から計算すると、一日 1585~1755 $\mu\text{mol TE}$ の抗酸化物質を摂取していると推算された。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

竹林 純、沖 智之、渡辺 純、山崎光司、陳 健斌、石見佳子

「食品の統一的な抗酸化能測定法の確立 (4) 一般的な野菜からの抗酸化物質摂取量の推定」

日本農芸化学会 2010 年度大会

2010 年 3 月 30 日 (東京)