

201033052A

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 22 年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 竹林 純

平成 23 (2011) 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. 日本において一般的に食されている果物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)

----- 8

2. 都道府県庁所在市別果物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)

----- 17

3. 日本国内で流通している抗酸化物質を含有するいわゆる健康食品の抗酸化力に関する研究

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)

----- 30

4. 抗酸化物質を含むいわゆる健康食品の安全性評価について

松本 輝樹 (独立行政法人 国立健康・栄養研究所)

----- 37

5. 抗酸化サプリメントの有効性・安全性評価に関する文献研究

卓 興鋼 (独立行政法人 国立健康・栄養研究所)

----- 46

6. 抗酸化物質を含有するいわゆる健康食品に関する消費者意識調査

後藤 一寿 (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)

----- 71

III. 研究成果の刊行に関する一覧表

----- 100

IV. 研究成果の刊行物・別刷

----- 101

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

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) 日本において良く摂取されている 13 種類の果物について ORAC 法を用いて抗酸化能を測定し、果物からの抗酸化物質一日摂取量を推算した。2) 果物からの抗酸化物質摂取量の地域差について検討した。3) 日本国内で流通している 30 種類の抗酸化サプリメントを購入し、その抗酸化能を ORAC 法で測定した。4) 抗酸化サプリメントの安全性について培養細胞等を用いて評価した。5) 抗酸化サプリメントの有効性・安全性に関する文献を調査した。6) 抗酸化サプリメントに対する消費者意識調査を実施した。

【結果及び考察】 1) 200 g/日の一般的な果物を摂取した場合、抗酸化物質標準品であるトロロックスに換算して約 2,500 マイクロモル相当、350 g/日の一般的な野菜と併せて約 4,600 マイクロモル相当の抗酸化物質を摂取可能と推算された (注意:これらの数値の生理学的意味は現時点では不明)。2) 抗酸化力の値が高いりんご、もも、ミカンの産地で果物からの抗酸化物質摂取量が高い傾向にあった。3) 大半の抗酸化サプリメントからの抗酸化物質摂取総量は、摂取目安量を守る限り食経験の範囲内もしくは大きく逸脱していないと考えられたが、抗酸化物質含有量が非常に高いもの (1 種) や低いもの (複数) も認められた。4) 抗酸化力が高い抗酸化サプリメントほど細胞毒性を示す傾向が認められた。5) よく利用されている抗酸化サプリメントの多くでは、有効性・危険性を強く支持する文献情報が乏しかった。一部の抗酸化サプリメントには有効性を示す報告があったが、危険性を示す報告も複数認められた。6) 抗酸化力を有する食品に対する一般消費者の高い関心が伺えたが、科学的根拠に基づかない過度な期待、大量摂取に繋がる考えを持っていることが明らかになった。

【結論】 現在国内流通している抗酸化サプリメントの抗酸化物質含有量は、摂取目安量を守る限り、野菜・果物からの摂取推算値と比較して概ね食経験の範囲内であると予測された。しかし、消費者には抗酸化サプリメントに対する過度な期待や誤った認識があり、大量摂取時の安全性は充分確保されているとは言えない。また、現時点で抗酸化サプリメントの有効性を示す十分な科学的根拠も得られていない。抗酸化物質摂取の有効性・安全性に関するさらなる研究が必要である。

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
- 後藤 一寿 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 異業種連携研究チーム 主任研究員

研究協力者

- 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 主任研究員
- 佐藤 麻紀 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
- 鈴木 萌夏 東京薬科大学 薬学部 漢方資源応用学教室
- 横須賀章人 東京薬科大学 薬学部 漢方資源応用学教室 講師
- 三卷 祥浩 東京薬科大学 薬学部 漢方資源応用学教室 教授

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に加え、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)。

本年度は、一般的な果物及び国内流通している抗酸化サプリメントに関する以下の研究を行い、さらに抗酸化サプリメントの有効性・安全性に関する文献研究及び消費者意識調査を実施した。

B. 研究方法

1) 一般的な果物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果物(13 種、全生鮮果物購入重量の 88.5 % 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。

2) 果物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 世帯当たり果物購入数量」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 1) で測定した果物の抗酸化能から、果物からの抗酸化物質摂取量の地域差について検討した。

3) 抗酸化サプリメントの抗酸化能 (分担:沖)

日本国内で流通している 30 種類の抗酸

化サプリメントを購入し、その抗酸化能を H-ORAC 法で測定した。抗酸化サプリメント 1 g あたりおよび一日摂取目安量あたりの抗酸化能を、野菜・果物と比較検討した。

4) 抗酸化サプリメントの安全性評価 (分担:松本)

抗酸化サプリメントの均質化粉末からメタノール抽出エキスを作成し、UMU 試験による短期変異原性の確認、WI-38、HL-60 及び A549 細胞を用いた細胞増殖抑制試験を、それぞれ行った。

5) 抗酸化サプリメントの有効性・安全性評価に関する文献研究 (分担:卓)

抗酸化サプリメントの有効性・安全性に関する文献等を PubMed にて調査し、エビデンスレベルが一番高いとされている「システムティックレビュー又はメタアナリシス」による解析が行われている文献を研究対象とした。1 つの文献(論文)には複数のエビデンスがあるが、それぞれの有効性・安全性について個別に評価した。また、抗酸化サプリメントに関するエビデンスの有効性・安全性評価に基づき、摂取する上で推奨の強さのグレード付けを試みた。

6) 抗酸化サプリメントに関する意識調査 (分担:後藤)

抗酸化サプリメント及び機能性食品全般の使用状況および効果効能に対する消費者の信頼性等を明らかにするため、日本およびアメリカでの一般消費者を対象に、インターネットを用いた消費者アンケート調査を実施した。

C. 研究結果及び考察

1) 一般的な果物からの抗酸化物質摂取量の

推算 (分担:竹林)

個々の果物では、いちご、もも、オレンジなど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、りんご、みかん、いちごなどからの親水性抗酸化物質摂取が多いと推測された。一般的な果物摂取状況に基づいた「モデル果物」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 $1258.3 \mu\text{mol Trolox equivalent (TE)}/100 \text{ g}$ であり、「食事バランスガイド」における果物の一日摂取目安量である 200 g を摂取すると、 $2517 \mu\text{mol TE}$ の親水性抗酸化物質を摂取可能推算された。また、平成 16~21 年の国民健康・栄養調査の果物一日摂取量の平均値から計算すると、一日 $1385\sim 1603 \mu\text{mol TE}$ の親水性抗酸化物質を摂取していると推算された。平成 21 年度の研究で得られた結果と今年度の結果を併せると、充分量の野菜 ($350 \text{ g}/\text{日}$)・果物 ($200 \text{ g}/\text{日}$) を摂取した場合、合計 $4597 \mu\text{mol TE}/\text{日}$ の親水性抗酸化物質を摂取可能であると推定された。なお、 $4597 \mu\text{mol TE}/\text{日}$ の親水性抗酸化物質の摂取が健康に及ぼす影響については現時点では不明であり、さらなる研究が必要である。

2) 果物からの抗酸化物質摂取量の地域差 (分担:坪田)

抗酸化力の値が高いりんご、ももの産地である東北地方 (青森、岩手、秋田、山形、福島) で抗酸化物質摂取量が高く、次いでミカンの産地である四国地方 (徳島、香川、愛媛、高知)、静岡において抗酸化物質摂取量が高かった。全国的に抗酸化力に寄与している果物は、りんごとみかんであり、次いでいちご、バナナ、グレープフルーツであった。

3) 抗酸化サプリメントの抗酸化能 (分担:沖)

抗酸化サプリメント 1 g あたりの抗酸化力は $4.0\sim 19419.6 \mu\text{mol TE}/\text{g}$ であり、ラベルに記載されている一日摂取目安量あたりの抗酸化力は $6\sim 32718 \mu\text{mol TE}/\text{day}$ であった。一般的な野菜および果物 1 g あたりの抗酸化力は平均 5.9 および $12.6 \mu\text{mol TE}/\text{g}$ であった。従って、多くの抗酸化サプリメントには高い濃度で抗酸化物質が含まれていると考えられた。一方、野菜・果物からの抗酸化物質一日摂取総量は、野菜 350 g および果物 200 g を摂取した場合、 2080 および $2517 \mu\text{mol TE}/\text{day}$ 、合計 $4597 \mu\text{mol TE}/\text{day}$ であると推算された。従って、1 種類のサプリメントが高値を示したものの、大半の抗酸化サプリメントからの抗酸化物質摂取総量は、摂取目安量を守る限り食経験の範囲内もしくは大きく逸脱していないと考えられたが、抗酸化物質含有量が非常に低いサプリメントも幾つか認められた。

4) 抗酸化サプリメントの安全性評価 (分担:松本)

変異原性試験 (UMU 試験) では、これまでに報告例があるように、Quercetin 含有サプリメントにおいて陽性反応が確認された。また、一部のサプリメントでも S9 mix 添加試験で陽性反応が確認されたが、擬陽性の可能性が示唆された。細胞増殖抑制試験では、WI-38、HL-60 及び A549 で活性発現傾向に大きな違いはなく、抗酸化能が高いものほど細胞増殖を抑制する傾向にあることが明らかとなった。本検討において、Ascorbic Acid (AsA) を含有するサプリメントで細胞増殖を強く抑制することが示唆されたが、AsA 自身による影響ではなく、代謝によってもたらされたことが示唆さ

れた。本検討結果から、抗酸化サプリメントでは、広く AsA が存在しており、本評価方法では安全性を担保できない可能性が示唆された。その一方で、抗酸化力の表示は、商品としての機能性を明らかにすると共に、間接的に身体への影響を推測できることが示唆された。

5) 抗酸化サプリメントの有効性・安全性評価に関する文献研究 (分担:卓)

よく利用されている抗酸化サプリメントの多くには有効性・危険性を強く支持する情報がなかった。一部の抗酸化サプリメントには有効性を示す報告があったが、危険性を示す報告も複数認められた。報告により、対象者、介入に使用した抗酸化サプリメントの種類、対照群、結果の測定方法などに大きな違いがあるため、現時点で各抗酸化サプリメントの推奨の強さを評価するのは困難である。

6) 抗酸化サプリメントに関する意識調査 (分担:後藤)

本研究によるアンケート調査の結果、以下の4点が明らかとなった。第1に、抗酸化力に対する認知や食品の持つ抗酸化力に対する知識レベルは、日米とも比較的高い事が明らかとなった。一方で、抗酸化機能性食品の疾病治療効果に過度に期待するなど、誤った知識も混在している事が明らかとなった。第2に、抗酸化機能性食品の摂取形態ではカプセルや錠剤、加工飲料と言った手軽に摂取できるタイプを利用している消費者が多く、特定成分の濃縮が可能な形態で摂取している消費者が多い事が明らかとなった。この事実は、抗酸化物質の過剰摂取の危険性が示唆できる結果である。第3に、今後の希望摂取形態では野菜や果物そのものでの摂取や、野菜ジ

ュースなど、より自然な形での摂取を希望する消費者が増加傾向にあり、食事を中心に適切に摂取する消費者が増加する事が示唆された。第4に、抗酸化機能性食品の過剰摂取や、複数の抗酸化機能性食品の併用による効果向上の期待など、消費者自らの誤った判断で過剰摂取になってしまう危険性が明らかとなった。

D. 結論

日本においてよく摂取されている果物については、一日 200 g 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 2,500 マイクロモル相当、昨年度検討した 350 g/日の一般的な野菜と併せて約 4,600 マイクロモル相当の抗酸化物質を摂取すると推算された (注意:これらの数値の生理学的意味は現時点では不明)。また、果物からの抗酸化物質摂取量の地域差は、抗酸化力の値が高いりんご、もも、ミカンの産地で高い傾向にあった。

国内流通している抗酸化サプリメントについては、摂取目安量を守る限り、含有されている抗酸化物質量は野菜・果物からの食経験の範囲内もしくは大きく逸脱していないと考えられたが、抗酸化物質含有量が非常に高いもの(1種)や低いもの(複数)が認められた。また、抗酸化力が高い抗酸化サプリメントほど細胞毒性を示す傾向が認められた。

文献研究の結果、よく利用されている抗酸化サプリメントの多くには有効性・危険性を強く支持する文献情報がなかった。一部の抗酸化サプリメントには有効性を示す報告があったが、危険性を示す報告も複数認められた。

抗酸化サプリメントに対する消費者調査の結果、抗酸化力を有する食品に対する一般消

費者の高い関心が伺えたが、科学的根拠に基づかない過度な期待、大量摂取に繋がる考えを持っていることが明らかになった。

以上の結果から、現在国内流通している抗酸化サプリメントの抗酸化物質含有量は、摂取目安量を守る限り、野菜・果物からの摂取推算値と比較して概ね食経験の範囲内であると予測された。しかし、消費者には抗酸化サプリメントに対する過度な期待、誤った認識があり、大量摂取時の安全性は充分確保されているとは言えない。また、現時点で抗酸化サプリメントの有効性を示す十分な科学的根拠も得られていない。抗酸化物質摂取の有効性・安全性に関するさらなる研究が必要である。

E. 健康危険情報

なし

F. 研究発表

1. 論文発表

Jun Takebayashi, Tomoyuki Oki, Jianbin Chen, Maki Sato, Teruki Matsumoto, Kyoko Taku, Megumi Tsubota-Utsugi, Jun Watanabe and Yoshiko Ishimi

Estimated average daily intake of antioxidants from typical vegetables consumed in Japan: a preliminary study

Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, **74**, 2137-2140 (2010).

2. 学会発表

(1) 竹林 純、松本輝樹、卓 興鋼、山田和彦、石見佳子

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算

第 57 回日本栄養改善学会学術総会, 2010

年 9 月 11 日(坂戸)

(2) 渡辺 純、沖 智之、竹林 純、山崎光司、石川(高野)祐子

食品の統一的な抗酸化力測定法の確立とその活用(1)親油性・親水性抗酸化物質の抽出効率

日本農芸化学会 2011年度大会, 2011 年 3 月 27 日(京都)

(3) 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力測定法の確立とその活用(2)一般的な野菜と果物の親水性 ORAC

日本農芸化学会 2011 年度大会, 2011 年 3 月 27 日(京都)

(4) 竹林 純、沖 智之、渡辺 純、山崎光司、松本輝樹、陳 健斌、石見佳子

食品の統一的な抗酸化力測定法の確立とその活用(3)野菜・果物からの親水性抗酸化物質摂取量の試算と抗酸化サプリメントとの比較

日本農芸化学会 2011 年度大会, 2011 年 3 月 27 日(京都)

(5) 坪田 恵、竹林 純、松本輝樹、卓 興鋼
野菜からの抗酸化力摂取量の推算と地域差の検討. 日本公衆衛生学会総会, 2010 年 10 月 27-29 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

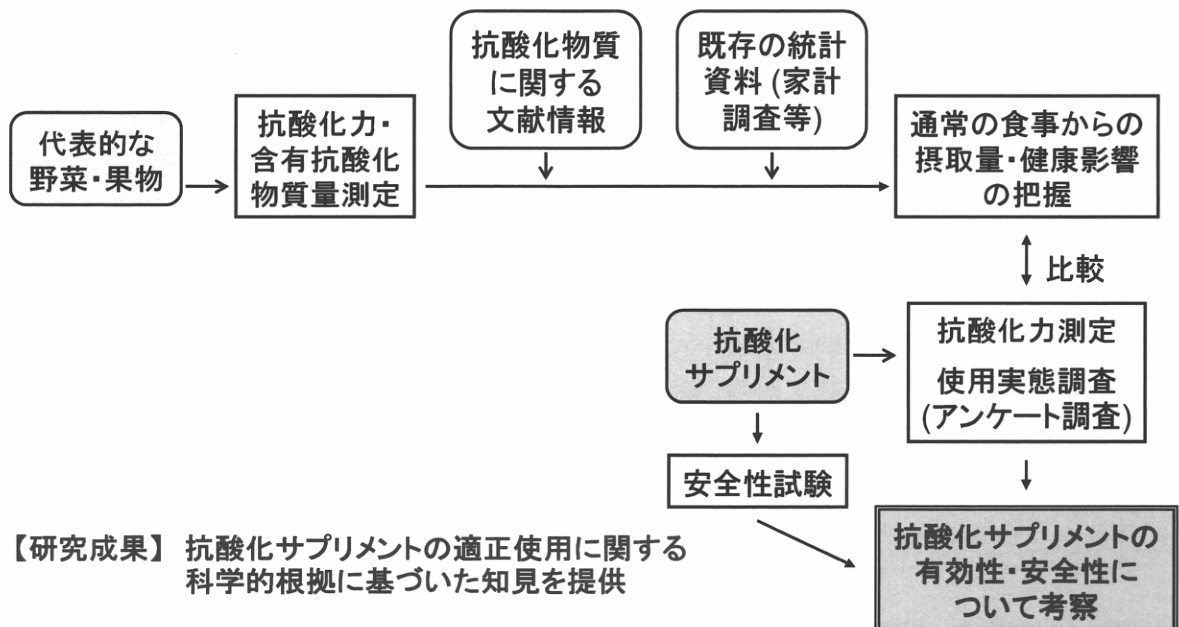


図 1. 研究の概略図

平成 22 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果物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

【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、一般的な果物の抗酸化能を測定し、果物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果物 (13 種、全生鮮果物購入重量の 88.5 % 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】 個々の果物では、いちご、もも、オレンジなど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、りんご、みかん、いちごなどからの親水性抗酸化物質摂取が多いと推測された。一般的な果物摂取状況に基づいた「モデル果物」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 1258.3 $\mu\text{mol Trolox equivalent (TE)}/100\text{ g}$ であり、「食事バランスガイド」における果物の一日摂取目安量である 200 g を摂取すると、2517 $\mu\text{mol TE}$ の親水性抗酸化物質を摂取可能推算された。また、平成 16~21 年の国民健康・栄養調査の果物一日摂取量の平均値から計算すると、一日 1385~1603 $\mu\text{mol TE}$ の親水性抗酸化物質を摂取していると推算された。平成 21 年度の研究で得られた結果と今年度の結果を併せると、充分量の野菜 (350 g/日)・果物 (200 g/日) を摂取した場合、合計 4597 $\mu\text{mol TE}/日$ の親水性抗酸化物質を摂取可能であると推定された。なお、4597 $\mu\text{mol TE}/日$ の親水性抗酸化物質の摂取が健康に及ぼす影響については現時点では不明であり、さらなる研究が必要である。

A. 研究目的

近年、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らす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 [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言いがたい。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量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量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・果物類の TAC を H-ORAC (Hydrophilic-Oxygen Radical Absorbance Capacity) 法を用いて測定し、野菜・果物から

の抗酸化物質の一日摂取量の推算を行うことを目的とした。

平成 21 年度の研究 [3] では、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。

本年度は、日本において一般的に食されている果物に焦点を当て検討した。

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果物 13 種類 (りんご、みかん、グレープフルーツ、オレンジ、なし、ぶどう、かき、もも、すいか、メロン、いちご、バナナ、キウイフルーツ) を検体として用いた。これらの果物の購入重量の合計は、全生鮮果物購入重量の 88.5 % である。熊本県合志市にて 2009 年 8 月から 9 月の間に購入した上述の 13 種類の果物を検体として用いた。日本標準食品成分表の廃棄率を基に 13 種類の果物購入重量から摂取量を推算し、日本人の果物摂取状況を反映した「モデル果物」を設定した。

【凍結乾燥方法】

生鮮果物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。縮分した生鮮果物の可食部 (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°C 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。生鮮果物の凍結乾燥品は粉砕機 (GM-200、レッチェ) で粉末にした後、保存容器に移し、-20 °C 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】

生鮮果物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 [4] に準じた方法で行った。すなわち、凍結乾燥品粉末 (1 g) 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*-ヘキサノジクロロメタン = 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 °C、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、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 °C、圧力: 1500 psi。親水性物質の抽出溶液は 25 mL に定容した後、各種測定に供するまで -20 °C 以下で保管した。

【抗酸化力の測定】

抗酸化力の測定には、ビタミン C、ポリフェノール類等の親水性抗酸化物質の抗酸化力

を反映する H-ORAC 法を用いた。

凍結乾燥した生鮮果物粉末から上述のように作成した MWA 抽出溶液の H-ORAC 活性を、Prior らの方法 [5] 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 μmol/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 °C で 10 分間保温した。37 °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 °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 抽出希釈溶液の 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 MWA 抽出希釈溶液の 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 抽出希釈溶液の AUC、 $\text{AUC}_{\text{blank}}$: ブランクの AUC]

各トロロックス標準溶液の濃度 (μmol/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 抽出希釈溶液の 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、各果物の可食部新鮮重量 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 ($\mu\text{mol TE/g}$ 可食部新鮮重量)。

【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 $\mu\text{g/mL}$ 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 1 mL ずつ試験管に分注した。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 5 mL 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 4 mL 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 ($\mu\text{g/mL}$) を X 軸に、ブランクの吸光度値を差し引いた没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、各果物の可食

部新鮮重量 1 g に含まれる総ポリフェノール含量を没食子酸に換算して表した ($\mu\text{g GAE/g}$ 可食部新鮮重量)。

C. 結果

日本において一般的に食されている 13 種類の果物の抗酸化能を H-ORAC 法にて測定した (表 1)。個々の果物の抗酸化能を比較すると、強い抗酸化能を有する果物の上位 5 種は、1. いちご、2. もも、3. オレンジ、4. グレープフルーツ、5. りんごであった (表 2)。しかし、これらのデータは各果物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果物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果物摂取状況に基づいた「モデル果物」を設定した。表 1 の「モデル果物」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果物の上位 5 種は、1. バナナ、2. りんご、3. みかん、4. なし、5. いちごであった (表 2)。「モデル果物」100 g 中の個々の果物の組成量に、個々の果物 1 g あたりの抗酸化能を乗じて、「モデル果物」100 g 中の各果物に由来する抗酸化能を計算した (表 1)。その結果、「モデル果物」の抗酸化能に寄与している果物の上位 5 種は 1. りんご、2. みかん、3. いちご、4. バナナ、5. ももであった (表 2)。また、「モデル果物」の抗酸化能は 1258.3 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ であると推算された (表 1)。

一般的に摂取されている 13 種類の果物について、H-ORAC 値と総ポリフェノール含量を測定し、両者の相関を調べた (図 1)。その結果、これらの二つの数値は非常に高い正の相関を示した ($r = 0.899$, $P < 0.01$)。

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 [7]。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 [7]。先行研究において果物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 [4]、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果物摂取状況に基づいた「モデル果物」の抗酸化能は 1258.3 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ であると推算された (表 1)。従って、「食事バランスガイド」で示された果物一日摂取目安量である 200 g の果物を摂取すると、一日 2517 $\mu\text{mol TE}$ 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 600 mg である。また、平成 16~21 年 (2004~2009 年) の国民健康・栄養調査における果物一日摂取量の平均値から計算すると、一日 1385~1603 $\mu\text{mol TE}$ の抗酸化物質を摂取していると推算された (図 2)。先行研究において、米国における果物 (果実飲料含む) からの一日 H-ORAC 摂取量の試算値は 3174 $\mu\text{mol TE}$ であることが報告されている [4]。今回の研究での試算値は、それより低いものの大きくは違わなかった。

今回の研究では、一地域、一季節に購入した果物を検体として使用している。そのため、今回で示したデータは、各果物の抗酸化能の代表値とは言えないが、日本における果物類

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。平成 21 年度の研究 [3] において、一般的な果物摂取状況に基づいた「モデル野菜」を想定すると、その H-ORAC 値は 594 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ 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 $\mu\text{mol TE}$ の親水性抗酸化物質を摂取可能だと推算された。今年度の結果と併せると、充分量の野菜 (350 g/日)・果物 (200 g/日) を摂取した場合、一日合計 4597 $\mu\text{mol TE}$ の親水性抗酸化物質を摂取可能であると推算された。なお、この 4597 $\mu\text{mol TE}$ の親水性抗酸化物質が、健康を維持するために十分な量であるのか、あるいはさらなる摂取が求められる量であるかは現時点では不明であり、さらなる研究が求められる。

果物の H-ORAC 値と総ポリフェノール含量は (図 1) 非常に高い正の相関を示したことから、果物の示す抗酸化能には、含有ポリフェノールが大きく寄与していることが示唆された。

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果物類の抗酸化能を H-ORAC 法で測定した。また、家計調査の生鮮果物購入重量を日本食品標準成分表記載の廃棄率で補正し、各果物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果物摂取状況に基づいた「モデル果物」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 1258.3 $\mu\text{mol Trolox equivalent (TE)}/100\text{ g}$ となった。従って、「食事バランスガイド」における果物の一日摂取目安量である 200 g を摂

取すると、2517 $\mu\text{mol TE}$ の親水性抗酸化物質を摂取可能であると推算され、平成 16～21 年の国民健康・栄養調査の果物一日摂取量の平均値から計算すると、一日 1385～1603 $\mu\text{mol TE}$ の抗酸化物質を摂取していると推算された。平成 21 年度の研究で得られた結果と今年度の結果を併せると、充分量の野菜 (350 g/日)・果物 (200 g/日) を摂取した場合、一日合計 4597 $\mu\text{mol TE}$ の親水性抗酸化物質を摂取可能であると推定された。

F. 研究発表

1. 論文発表

Jun Takebayashi, Tomoyuki Oki, Jianbin Chen, Maki Sato, Teruki Matsumoto, Kyoko Taku, Megumi Tsubota-Utsugi, Jun Watanabe and Yoshiko Ishimi

Estimated average daily intake of antioxidants from typical vegetables consumed in Japan: a preliminary study

Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, **74**, 2137-2140 (2010).

2. 学会発表

竹林 純、松本輝樹、卓 興鋼、山田和彦、石見佳子

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算
第 57 回日本栄養改善学会学術総会, 2010 年 9 月 11 日(坂戸)

渡辺 純、沖 智之、竹林 純、山崎光司、石川(高野)祐子

食品の統一的な抗酸化力測定法の確立とその活用(1)親油性・親水性抗酸化物質の抽出効率

日本農芸化学会 2011 年度大会, 2011 年 3 月 27 日(京都)

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力測定法の確立とその活用(2)一般的な野菜と果物の親水性 ORAC

日本農芸化学会 2011 年度大会, 2011 年 3 月 27 日(京都)

竹林 純、沖 智之、渡辺 純、山崎光司、松本輝樹、陳 健斌、石見佳子

食品の統一的な抗酸化力測定法の確立とその活用(3)野菜・果物からの親水性抗酸化物質摂取量の試算と抗酸化サプリメントとの比較

日本農芸化学会 2011 年度大会, 2011 年 3 月 27 日(京都)

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] 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).

[2] 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).
- [3] 竹林 純, 沖 智之, 陳 健斌, 日本において一般的に食されている果物類からの抗酸化物質一日摂取量の推定, 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」総括・分担研究報告書, 15-21 (2010).
- [4] 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).
- [5] 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).
- [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).
- [7] Prior R. L., Wu X., Schaich K., Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *J. Agric. Food Chem.*, **53**, 4290-4302 (2005).

表 1. 日本において一般的に食される果物類の抗酸化能

名称	個々の果物の 抗酸化能	「モデル果物」		
		100 g あたりの組成	100 g あたりの 抗酸化能	寄与率
バナナ	8.69	21.1	183.0	14.5%
みかん	13.28	19.7	261.0	20.7%
りんご	16.89	20.4	344.1	27.3%
なし	1.89	7.5	14.2	1.1%
すいか	1.84	4.3	7.9	0.6%
いちご	34.32	5.7	196.6	15.6%
かき	7.54	4.9	36.8	2.9%
メロン	2.80	2.6	7.2	0.6%
グレープフルーツ	17.23	3.1	53.7	4.3%
ぶどう	3.23	3.8	12.1	1.0%
もも	28.59	3.4	97.9	7.8%
オレンジ	18.91	1.6	31.1	2.5%
キウイフルーツ	6.45	1.9	12.6	1.0%
計	-----	100.0	1258.3	100.0%
	($\mu\text{mol TE/g}^{\text{a}}$)	(g/100 g)	($\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$)	

^a 可食部生鮮重量あたり

表 2. 各果物の、個々の抗酸化能、摂食量及び「モデル野菜」の抗酸化能への寄与率の序列

順位	個々の 抗酸化能	摂食量	「モデル果物」中 抗酸化寄与率
1	いちご	バナナ	りんご
2	もも	りんご	みかん
3	オレンジ	みかん	いちご
4	グレープフルーツ	なし	バナナ
5	りんご	いちご	もも
6	みかん	かき	グレープフルーツ
7	バナナ	すいか	かき
8	かき	ぶどう	オレンジ
9	キウイフルーツ	もも	なし
10	ぶどう	グレープフルーツ	キウイフルーツ
11	メロン	メロン	ぶどう
12	なし	キウイフルーツ	すいか
13	すいか	オレンジ	メロン

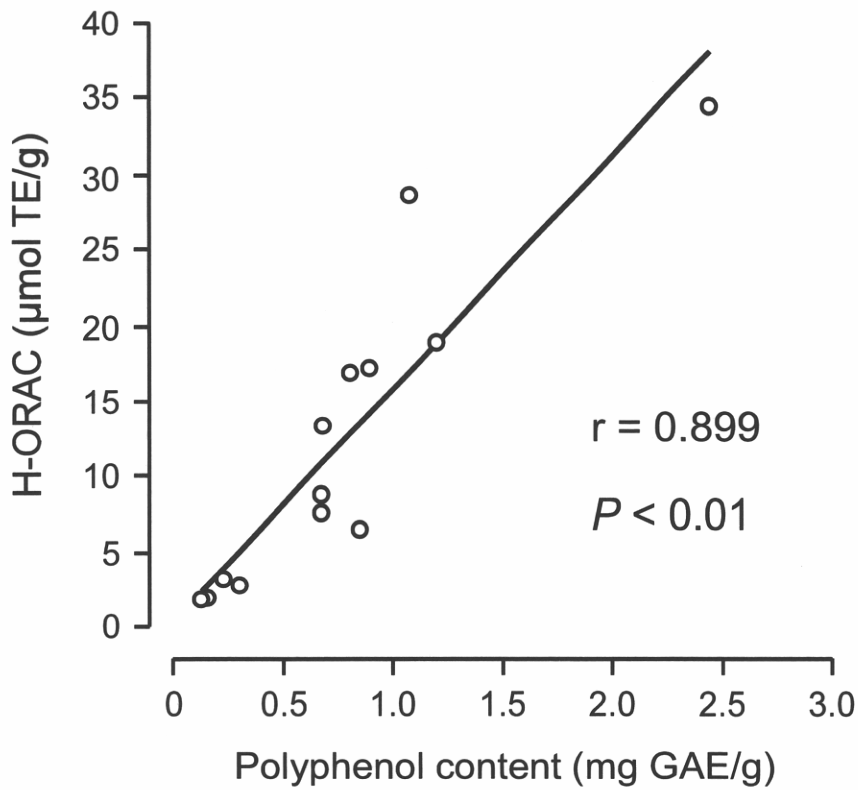


図 1. 日本において一般的に食されている果物類の抗酸化活性とポリフェノール含量の関係

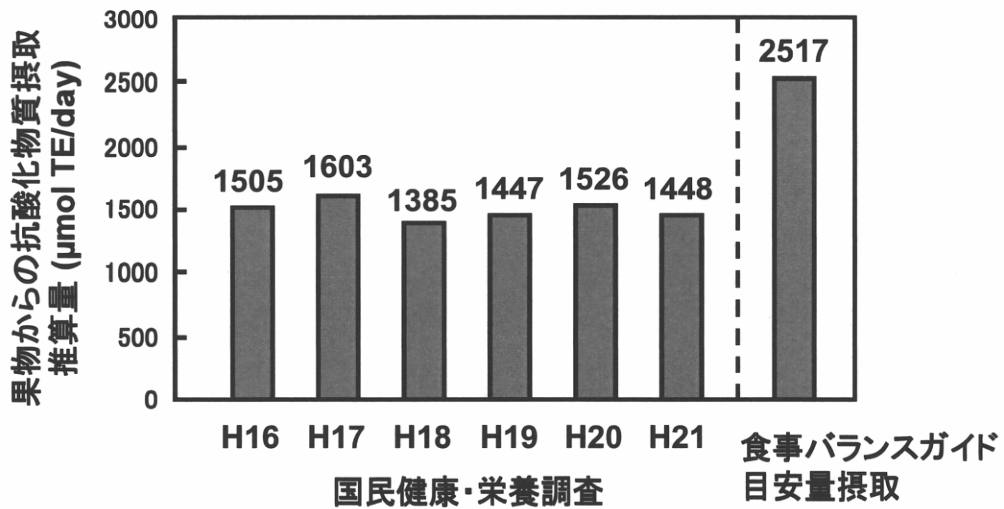


図 2. 「食事バランスガイド」目安量及び国民健康・栄養調査結果から推算した、果物類からの抗酸化物質一日摂取量の推定

都道府県庁所在市別果物からの抗酸化力摂取量の推算

分担研究者 坪田 恵 独立行政法人国立健康・栄養研究所 栄養疫学研究部 研究員

研究要旨

現在、抗酸化物質を含有するいわゆる健康食品（以下 抗酸化サプリメント）が多数流通している。単一あるいは少数の抗酸化物質を含有する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く、それと同様の有用性が得られるかは定かではない。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推測されるが、その安全性は食経験から確保されているとはいえないのが現状である。

通常、我々は日常的に食事から複数の抗酸化物質を摂取しているが、通常の食事に含まれる抗酸化物質をどの程度摂取しているか明らかとした報告は本邦においては見られない。

本研究では、通常の食事に含まれる抗酸化物質の健康影響を明らかとすることを最終目的に家計調査における代表的な野菜・果物摂取における抗酸化力（Total Antioxidant Capacity、TAC）の結果から、都道府県庁所在市別酸化力摂取量の推算、ならびに地域差を検討した。本年度は、昨年度の「代表的な野菜 23 種（いも、きのこ類を含む）」に引き続き、「代表的な果物 13 種」の抗酸化力摂取量の推算を行ったので報告する。

A. はじめに

現在、抗酸化物質を含有するいわゆる健康食品（以下 抗酸化サプリメント）が多数流通している。単一あるいは少数の抗酸化物質を含有する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。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推測されるが、その安全性は食経験から確保されているとはいえないのが現状である。

通常、我々は日常的に食事から複数の抗酸化物質を摂取している。野菜・果物中に豊富に含まれている抗酸化物質は生活習慣病をはじめ種々の疾病の予防因子として注目されており、野菜・果物の摂取が健康に良好な影

響を及ぼすことが複数の疫学研究から明らかとされている。Bjelakovic らが検討した種々の抗酸化物質と疾患との関連を報告した疫学研究論文のメタ分析によれば、ビタミン C 及びセレンウム摂取は総死亡と関連がないという報告の一方、ベータカロテン、ビタミン A、ビタミン E 摂取は、総死亡率を増加させる可能性があることを示唆している [1, 2]。

しかしながら、体内において抗酸化物質は単一でその有効性を示すわけではなく、複数の抗酸化物質がネットワークを形成し酸化ストレスを消去している。従って、各食品の総合的な抗酸化力(Total Antioxidant Capacity、TAC)の総和(食事全体の TAC)が重要であり、単一あるいは少数の抗酸化物質の大量摂取では、

それと同等の有用性が得られないだけでなく、場合によっては安全性に問題が生じる可能性がある。

本研究は、H-ORAC (Hydrophilic-Oxygen Radical Absorbance Capacity) 法の測定結果から通常の食事、特に抗酸化物質が多く含まれる果物摂取における抗酸化物質摂取量を推定、都道府県間の地域差を明らかにすることを目的に検討を行う。

B. 研究方法

1. 家計調査

家計調査は、国民生活における家計収支の実態を把握し、国の経済政策・社会政策の立案のための基礎資料を提供することを目的として総務省統計局が実施している。対象は、全国の世帯(除外基準:①学生の単身世帯、②料理飲食店、旅館又は寄宿舎を含む下宿屋を営む併用住宅の世帯、③ 賄い付きの同居人がいる世帯、④ 住み込みの営業上の使用人が4人以上いる世帯、⑤世帯主が長期間(3 か月以上)不在の世帯、⑥外国人世帯)であり、家計の収入・支出、貯蓄・負債について毎月調査を行っている。結果は、二人以上の調査世帯、単身調査世帯に大別され、それぞれ全国、都道府県庁所在市及び大都市、人口5万以上の市(前記市は除く)、人口5万未満の市および町村の地域に分けて報告されている [3]。

本研究では、「平成 20 年度家計調査年報」のうち、都道府県庁所在市に在住の二人以上の調査世帯における「1 世帯当たり果物購入数量」から、「一人あたり一日の果物購入数量」を算出、「一人あたり一日の抗酸化物質摂取量」の推定を行った。果物購入数量に関する報告は、生鮮果物の大分類含め 16 種について報

告されており、それぞれの購入数量(g/世帯・年)が記載されている。しかしながら、他の柑橘類、他の果物については具体的な種類が明らかとされていないことから、本研究では、代表的な野菜 13 種(りんご、みかん、グレープフルーツ、オレンジ、なし、ぶどう、かき、もも、すいか、メロン、いちご、バナナ、キウイフルーツ) に絞り、1日あたりの果物購入数量の値から抗酸化物質摂取量を推定、地域差の検討を行った。

2. ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) 法

TAC 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 [4] に準じた方法で行った。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ン/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。次に MWA 抽出溶液の H-ORAC 活性を、Prior らの方法 [5] に準じた方法で測定した。分析値を基に、各野菜の新鮮重量 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(単位: $\mu\text{mol Trolox equivalent (TE)}/\text{g}$)。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)」を、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)」を参照されたい。

まず、家計調査における都道府県庁所在市別「1 世帯当たり果物購入数量」から、世帯数