◇◇◇◇ 原著論文 ◇◇◇◇

茶飲料が示す抗酸化性のレーダーチャートを用いた総合的評価

寺嶋正明[†], 松村知穂, 村井俊子, 外山篤美, 椎葉昌美

神戸女学院大学 人間科学部 環境・バイオサイエンス学科

Comprehensive Evaluation of Antioxidant Activity for Various Teas Using Radar Charts

Masaaki TERASHIMA, Chiho MATSUMURA, Toshiko MURAI, Atsumi TOYAMA,
and Masami SHIIBA

Department of Biosphere Sciences, Kobe College, 4-1, Okadayama, Nishinomiya, Hyogo 662-8505, Japan

Antioxidant activities of three polyphenol compounds, teas (green tea, oolong tea, and black tea), and five commercially available bottled teas have been evaluated, because comprehensive methods to evaluate antioxidant properties have not been established yet in spite of consumers' strong concern for the antioxidant activities of teas. The antioxidant activities against hypochlorite radical and hydroxyl radical were successfully measured by a previously reported method based on myoglobin structure change. The activities expressed by myoglobin protective ratio increased with the sample concentration under a constant radical concentration. The antioxidant activities of the samples were also measured by the widely used DPPH method. In order to characterize the properties of the samples comprehensively, the antioxidant activities against three different radicals were compared in a radar chart. All polyphenol compounds showed relatively high activities against all three radicals. All teas showed similar patterns as the polyphenol compounds in the radar charts. The strength of the activities, however, strongly depends on the samples. Thus, the antioxidant activities of various teas have been successfully evaluated in a comprehensive way using the radar charts.

Keywords: tea, antioxidant, radar chart, hydroxyl radical, hypochlorite radical

1. 緒 言

食品成分のもつ健康維持効果に対する消費者の関心は近年非常に高くなっており、高血圧や糖尿病などの生活習慣病と食べ物に関する情報はインターネット上にあふれ、食品関連企業は特定保健用食品の開発に力を入れている。体内の酸化ストレスが老化、がん、生活習慣病に関連していることが実験的に示され、研究者の抗酸化性物質に対する関心も高まっている [1,2]。生体内ではヒドロキシラジカルに代表させる活性酸素がミトコンドリアでのエネルギー産出過程で、必然的に生じる。摂取された酸素の 1% がこのような活性酸素

に変換される。このような活性酸素種は生体内での殺菌作用などにも利用されるが、過剰な活性酸素は SOD やカタラーゼなどの酵素や食品から摂取したビタミン C やビタミン E などの抗酸化性物質によって処理されている。加齢に伴って生体内の酵素による活性酸素処理能力が弱まることから、過剰な活性酸素が生じ、それらが生体内の酸化ストレスとなると考えられている。したがって、食品中に含まれる抗酸化性成分を効率よく摂取することが健康維持に有用であり、いろいろな食品の示す抗酸化性に関する研究が数多く報告されている [3-17]。食品中の成分が示す抗酸化活性を評価する方法として、米国食品医薬局 (FDA) が推奨している活性酸素吸収能力 ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) がある。これは米国老化研究所 (NIA) で考案されたものであるが、2004 年に米国農務省 (USDA) の Wu が米国で消費される 100 種類以上の

(受付 2007 年 9 月 10 日, 受理 2007 年 10 月 10 日)

〒662-8505 兵庫県西宮市岡田山 4-1

Fax: +81-798-51-8639, E-mail: terasima@mail.kobe-c.ac.jp

食品に対して、ORAC 値を決めたこと [18] から、広く使われるようになった。この指標により、摂取する野菜や果物の種類と量からどの程度の活性酸素吸収能力を摂取したかを目安として計算することができる。ORAC 値は消費者にとっては抗酸化性を定量的に把握するのに便利な方法であるが、原理的には蛍光プローブが活性酸素種によって消光する現象をどの程度抑制することができるかを基に算出した値で、従来から使われている抗酸化活性測定法と変わるところはない。

抗酸化活性の測定方法には脂質の過酸化を抑える活性を測定する方法、ラジカル捕捉能力を測定する方法など数多くの方法が開発されている [19,20] が、ある物質が示す抗酸化性を総合的に評価する確立された手法はない。著者らはミオグロビンが次亜塩素酸イオン、ヒドロキシラジカルによって構造変化する際の吸光度の減少に着目し、親水性の物質を対象に、ミオグロビン保護率を用いて抗酸化活性を迅速に定量する方法を開発した。さらに次亜塩素酸イオン、ヒドロキシラジカルに対するミオグロビン保護率、DPPH 法によって測定したビタミン C 相当濃度をレーダーチャートに表すことで、抗酸化活性の特徴を総合的に評価する方法を提案している [21]。本研究ではこの手法をポリフェノール化合物、市販のお茶飲料、ペットボトル飲料に適用し、お茶の示す抗酸化性を総合的に評価することを試みた。

2. 実 験

2.1 次亜塩素酸イオンに対するミオグロビン保護率の測定

前報 [21] に従い、以下のように次亜塩素酸イオンに対するミオグロビン保護率を測定した。PBS 緩衝液 (8.1 mM Na_2HPO_4 , 1.5 mM KH_2PO_4 , 274 mM NaCl , 27.2 mM KCl , pH 7.2) にミオグロビン (equine skeletal muscle myoglobin, Sigma) を 0.25 mg/ml の濃度で溶かし、ミオグロビン溶液とした。ミオグロビン溶液 3.0 ml に測定試料 0.10 ml, 所定濃度の次亜塩素酸溶液 0.50 ml を加えて混合した後に、分光光度計 (Shimadzu UV-1700) を用いて 409 nm の吸光度を測定した。コントロールとして、測定試料の代わりに PBS 緩衝液を加えたもの、次亜塩素酸溶液の代わりに PBS 緩衝液を加えたものを同時に測定した。抗酸化性は (1) 式で定義されるミオグロビン保護率 myoglobin protective ratio (%) として評価した。

ミオグロビン保護率 =

$$\left\{ 1 - \frac{\text{ABS(コントロール)} - \text{ABS(+測定試料)}}{\text{ABS(コントロール)} - \text{ABS(-測定試料)}} \right\} \times 100 \quad (1)$$

ここで、ABS (コントロール) は次亜塩素酸溶液およ

び測定試料の代わりに PBS 緩衝液を加えた場合の吸光度、ABS (+測定試料) は測定試料を加えた場合の吸光度、ABS (-測定試料) は測定試料の代わりに PBS 緩衝液を加えた場合の吸光度を表している。次亜塩素酸溶液は次亜塩素酸ナトリウム溶液 (和光純薬) をミリ Q 水 (超純水) で希釈して調製し、次亜塩素酸イオン濃度は希釈率から計算した相対濃度で表した。次亜塩素酸ナトリウム溶液は製品のロット、開封してからの期間により、有効次亜塩素酸イオン濃度が変化する。その変化は次のように補正した。前報 [21] で次亜塩素酸イオン相対濃度 4.0×10^{-3} (250 倍希釈) の条件下で、ミオグロビン保護率と標準抗酸化性物質カルノシン濃度の関係を求めた。本研究ではその結果が再現できるように次亜塩素酸ナトリウム溶液の希釈率を実験的に決定した。すなわち、前報では、次亜塩素酸イオン相対濃度 4.0×10^{-3} の条件下で測定したが、本研究では次亜塩素酸イオン相対濃度 3.33×10^{-3} (300 倍希釈) で測定した。

2.2 ヒドロキシラジカルに対するミオグロビン保護率の測定

2.1 と同様に、以下のようにヒドロキシラジカルに対するミオグロビン保護率を測定した。ミオグロビン 0.25 mg/ml を含む PBS 緩衝液 3.0 ml に測定試料 0.49 ml を加えて混合した。別の試験管に 1 mM FeSO_4 溶液 10 μl , 1.3 mM H_2O_2 溶液 100 μl を加え、ヒドロキシラジカルを発生させ、直ちにミオグロビンと測定試料を含む液を加えた。直ちに、分光光度計 (Shimadzu UV-1700) で 409 nm の吸光度を測定した。コントロールとして、測定試料の代わりに PBS 緩衝液を加えたもの、ヒドロキシラジカル発生液および測定試料の代わりに PBS 緩衝液を加えたものを同時に測定した。次亜塩素酸イオンに対する保護率の測定と同様に、(1) 式で定義されるミオグロビン保護率としてヒドロキシラジカルに対する抗酸化性を評価した。

2.3 DPPH 法による抗酸化性測定

抗酸化性の評価法として広く用いられる DPPH (1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 法により、試料の抗酸化性を測定した [22]。Tris-HCl 緩衝液 (200 mM, pH 7.4) 2.5 ml, エタノール 1.0 ml, 1.0 ml の DPPH 溶液 (0.2 mg DPPH/ml エタノール) を混合し、測定試料 0.5 ml を加えてよく攪拌した。反応液を暗所で 20 分間反応させた後に、分光光度計を用いて 520 nm の吸光度を測定した。同時に 0~1.0 mM のビタミン C 溶液を標準物質として反応させた。ビタミン C 濃度と吸光度の関係から検量線を作成し、測定試料の抗酸化性をビタミン C 相当濃度 (equivalent vitamin C concentration) として評価した。

Table 1 Preparation of teas.

Sample	Weight of tea leaves (g)	Condition	Preparation method
Green tea (tea bag)	2.0	Hot water (90°C) 80 ml	Tea bag was soaked in hot water for 40 s with shaking (8 times).
Green tea (leaf)	1.0	Hot water (90°C) 40 ml	Extracted 5 min. in tea cup.
Oolong tea (High-Mountain)	1.0	Hot water (90°C) 40 ml	Extracted 5 min. in tea cup.
Oolong tea	1.0	Hot water (90°C) 40 ml	Extracted 5 min. in tea cup.
Lipton's tea bag	5.0	Hot water (90°C) 100 ml	Tea bag was soaked in hot water for 90 s

2.4 測定試料の調製

標準物質としてビタミンC、ポリフェノール (polyphenols, 和光純薬), カテキン (D-(+)-catechin hydrate, nacalai tesque), エピガロカテキンガレート ((-)-epigallocatechin gallate, nacalai tesque) を用いた。茶抽出物は Table 1 のように調製した。緑茶 (green tea (leaf)), 緑茶ティーバッグ (green tea (tea bag)) は市販のものを、高山茶 (oolong tea (High Mountain)), 茗茶 (oolong tea) は台湾産のものを、紅茶 (Lipton's tea bag) はリプトン社イエローラベルティーバッグを使用した。市販の茶飲料はヘルシア緑茶 (healthya, 花王), おーいお茶 (oi ocha, 伊藤園), 黒烏龍茶 (kuro oolong tea, サントリー), 薔麗茶 (bansoreicha, ヤクルト), フラバン茶 (falavan tea, サントリー) を試料として用いた。茶飲料はミリQ水で希釈して実験に用いたが、茶飲料の濃度は希釈率から算出した相対濃度で表した。

3. 結果および考察

3.1 次亜塩素酸イオンに対するミオグロビン保護率

標準物質として用いたポリフェノール、カテキン、エピガロカテキン濃度とのミオグロビン保護率との関係を Fig. 1 に示す。いずれの物質も濃度の増加と共にミオグロビン保護率が増加し、ミオグロビン保護率を用いて、ポリフェノール類の抗酸化性を測定することが可能であることが示された。3つの標準的なポリフェノール化合物には活性の違いはみられなかった。

Fig. 2 には茶抽出物、市販茶飲料の示すミオグロビン保護率と相対濃度の関係を示す。いずれの場合にも相対濃度の増加と共にミオグロビン保護率が高くなり、抗酸化性が増加していることが示されたが、それぞれの試料については以下のような特徴が明らかとなった。日本茶の green tea (tea bag) と green tea (leaf) の示す保護率はほぼ一致し、相対濃度 0.5 で 50%, 相対濃度 1.0 で 70% 程度であった。oolong tea (High-Mountain) と oolong tea は同程度の活性を示したが、green tea (tea bag) や green tea (leaf) よりもミオグ

Fig. 1 Myoglobin protective ration of standard substance against hypochlorite radical.

○ polyphenols, △ catechin, □ epigallocatechin gallate

Fig. 2 Myoglobin protective ration of various teas against hypochlorite radical.

● healthya, ■ oi ocha, ▲ kuro oolong tea, ▼ bansoreicha, ◆ flavan tea, ○ green tea (tea bag), □ green tea (leaf), △ oolong tea (High-Mountain), ▽ oolong tea, ◇ Lipton's tea bag

ロビン保護率は低く、相対濃度 1/2 のときに 4% 程度、相対濃度 1 でも 30% 程度であった。Lipton's tea bag は green tea (tea bag) や green tea (leaf) とほぼ同じ値を示した。市販茶飲料に関しては healthya が非常に高いミオグロビン保護率を示した。oi ocha, kuro oolong tea, flavan tea, bansoreicha は green tea と oolong tea の間の値を示した。市販茶飲料の示す抗酸化性はお茶に含まれるポリフェノール、カテキン類に由来すると考えられ、お茶の種類によって抗酸化性の強さが異なるのは含まれる抗酸化性物質の種類と濃度が異なるためである。healthya ではカテキンが高濃度で含まれることを反映した評価結果が得られた。

3.2 ヒドロキシラジカルに対するミオグロビン保護率

Fig. 3 に標準物質として用いたポリフェノール、カテキン、エピガロカテキン濃度とヒドロキシラジカルに対するミオグロビン保護率との関係を示した。ポリフェノールとエピガロカテキンはほぼ同じ結果を示し、濃度の増加とともにミオグロビン保護率は増加した。一方、カテキンの場合には 0.5 mg/ml 付近で一定値に達し、1.0 mg/ml においても約 30% のミオグロビン保護率しか示さなかった。

茶抽出物および市販茶飲料のヒドロキシラジカルに対するミオグロビン保護率を Fig. 4 に示す。green tea (tea bag) と green tea (leaf) はほぼ同じ値を示し、相対濃度 1 で 75~80% 程度のミオグロビン保護率を示した。oolong tea (High-Mountain) と oolong tea も同じ傾向を示したが、日本茶よりも低い値であった。市販茶飲料では healthya が高い値を示した。kuro oolong tea, bansoreicha は日本茶よりも高い値を示したが、oi ocha, flavan tea は日本茶とほぼ同程度の値を示した。Lipton's tea bag は非常に高い値を示し、healthya とほぼ同等の値を示した。

Fig. 1 から Fig. 4 において、ミオグロビン保護率に対する標準物質濃度、茶飲料の相対濃度の関係は必ずしも直線的ではなく、上に凸あるいは下に凸の依存性を示すものがみられた。これらの傾向はミオグロビンに対する保護効果が抗酸化性物質と次亜塩素酸イオンあるいはヒドロキシラジカルとの直接的反応だけでなく、ミオグロビンと抗酸化性物質との相互作用によるミオグロビンの変化も関与していることを示唆するが、その点を明らかにするには今後詳細な検討が必要である。

3.3 DPPH 法による抗酸化性評価とレーダーチャートを用いた総合的評価

3.1 および 3.2 の結果から、茶飲料の示す次亜塩素酸イオン、ヒドロキシラジカルに対する抗酸化性を定量的に評価でき、標準物質と比較することでその特性についても言及することが可能であることが明らかと

なった。前報で示したように 3 つの異なるラジカルに対する抗酸化性をレーダーチャートに表示することでその特徴を明確にすることが可能である。しかし、ミ

Fig. 3 Myoglobin protective ration of standard substance against hydroxyl radical.

○ polyphenols, △ catechin, □ epigallocatechin gallate

Fig. 4 Myoglobin protective ration of various teas against hydroxyl radical.

● healthya, ■ oi ocha, ▲ kuro oolong tea, ▼ bansoreicha, ◆ flavan tea, ○ green tea (tea bag), □ green tea (leaf), △ oolong tea (High-Mountain), ▽ oolong tea, ◇ Lipton's tea bag

オグロビン保護率の相対濃度に対する依存性には直線関係は見出せず、それぞれの試料の抗酸化性を合理的に比較できるような相対濃度を定める必要がある。本研究ではこの点に関して、以下のような整理を試みた。それぞれの試料の DPPH ラジカルに対する抗酸化性を測定し、ビタミン C 相当濃度が 4.0~7.0 mM を示すような試料濃度 (mg/ml) もしくは相当濃度を定め、そのときの次亜塩素酸イオン、ヒドロキシラジカルに対するミオグロビン保護率を用いた。Table 2 にはこのようにして決定した試料濃度 (相対濃度) と DPPH 法で求めたビタミン C 相当濃度 (mM) を示す。

これらの結果から、DPPH 法で求めたビタミン C 相当濃度 (mM)、ヒドロキシラジカルに対するミオグロビン保護率 (%), 次亜塩素酸イオンに対するミオグロビン保護率 (%) を指標にレーダーチャートを作成した。Fig. 5 に標準物質としたポリフェノール、カテキン、エピガロカテキンに対する抗酸化性を示す。これらポリフェノール化合物はいずれも 3 つの異なるラジカルに対して、比較的バランスよい抗酸化性を示している。Fig. 6 に茶抽出物 (green tea (tea bag), green tea (leaf), oolong tea (High-Mountain), oolong tea, Lipton's tea bag) のレーダーチャートを示した。いずれも標準物質と同じように 3 つのラジカルに対して、バランスのよい抗酸化性を示した。試料の相対濃度を考慮すると (Table 2), oolong tea (High-Mountain), oolong tea は他のお茶と比較して抗酸化性は弱いといえる。

市販茶飲料の抗酸化性を Fig.7 に示す。抗酸化性のバランスはいずれも標準物質としたポリフェノールに類似したパターンを示している。カテキン含有量が多い healthya では相対濃度 1/5 で相対濃度 1 の oi ocha と同等の抗酸化性を示していることがわかる。kuro oolong

Fig. 5 Evaluation of antioxidant activity by radar chart (standard substances) See 3. 3. for determination of sample concentration.

Table 2 Equivalent vitamin C concentration determined by DPPH method.

Sample	Concentration (mg/ml)	Relative concentration	Equivalent vitamin C concentration (mM)
Polyphenols	0.5		7.00
Catechin	0.2		5.40
Epigallocatechin gallate	0.2		6.30
Green tea (leaf)		1/2	6.63
Green tea (tea bag)		1/2	6.00
Oolong tea (High-Mountain)		1	4.25
Oolong tea		1	6.40
Lipton's tea bag		1/2	6.75
Healthya		1/5	6.50
Oi ocha		1	7.00
Kuro oolong tea		1/2	5.25
Bansoreicha		1/2	5.38
Flavan tea		1	10.00

Fig. 6 Evaluation of antioxidant activity by radar chart for extracted teas.
Please see 3. 3. for determination of sample concentration.

Fig. 7 Evaluation of antioxidant activity by radar chart for commercially available bottled tea.
Please see 3. 3. for determination of sample concentration.

tea, bansoreicha の場合は相対濃度 1/2 で oi ocha と同等の抗酸化性を示した。

DPPH は安定なラジカルとして抗酸化性物質の強さを評価するための指標として長く用いられてきた。次亜塩素酸イオンは生体内で、好中球の膜酵素ミエロペルオキシダーゼにより、過酸化水素と塩素イオンから合成され、強い殺菌作用を示す。また、脂質の過酸化にも関与している。ヒドロキシラジカルは生体内で金属イオンによる過酸化水素の還元によって合成され、ほとんどの生体物質と速やかに反応するが、寿命が短く、発生部位近傍ですぐに消失する。このほかにも生体には多数の活性酸素種、ラジカル種が存在しており、従来の DPPH 法で評価するだけでは抗酸化性物質の特徴を明らかにし、生体内での機能性や効果を推定することは不可能である。著者らは抗酸化性物質の特徴をいくらかでも明らかにしたいという観点から、3 種のラジカルに対する抗酸化性を比較するという方法を提案した。この方法に限らず、抗酸化性物質の抗酸化活性を多角的に評価することが重要と考えられる。

本研究では、種々の異なる成分を含んでいる茶葉から抽出した茶抽出物、市販の 5 種類の茶飲料が示す抗酸化性を特徴付けることをこころみた。お茶の主要な抗酸化性成分であるフェノール類を標準物質として参照し、一定の条件下でレーダーチャートとして表示することで、それらの特徴を示すことができた。このような方法で調味料、エキス、醗酵食品など複雑な組成をもつ食品の示す抗酸化性を合理的かつ簡便に特徴付けることが可能であると期待される。

4. 結 論

本研究では 3 つの異なるラジカルに対する種々のお茶飲料が示す抗酸化性を定量的に測定した。その結果をレーダーチャートに表示することで、お茶飲料の持つ抗酸化性の特徴を明らかにすることができた。お茶飲料は抗酸化性を示す主成分と考えられるポリフェノール類と同じ抗酸化性パターンを示し、その強さはお茶の製法やポリフェノール含有量に依存することが示唆された。この方法を応用することで他のいろいろな食品成分の抗酸化性を合理的かつ簡便に評価することが可能であると期待できる。

謝 辞

本研究の一部は科学研究費補助金基盤研究 (C) 18560754 の助成を受けて行った。

引 用 文 献

- [1] D. D. Kitts, K. Weiler; Bioactive proteins and peptides from food sources. Applications of bioprocess used in isolation and recovery. *Curr. Pharm Design*, **9**, 1309-1323 (2003).
- [2] T. Nagasawa, T. Yonekura, N. Nishizawa, D. D. Kitts; *In vitro* and *in vivo* inhibition of muscle lipid and protein oxidation by carnosine. *Mol. Cell Biochem.*, **225**, 29-34 (2001).
- [3] S. J. Bishov, A. S. Henick; Antioxidant effect of protein hydrolysates in freeze-dried model system. Synergistic action with a series of phenolic antioxidants. *J. Food Sci.*, **40**, 345-348. (1975).
- [4] J. J. Yee, W. F. Shipe, J. E. Kinsella; Antioxidant effects of soy protein hydrolysates on copper-catalyzed methyl linoleate oxidation. *J. Food Sci.*, **45**, 1082-1083 (1980).
- [5] H. -M Chen, K. Muramoto, F. Yamauchi, K. Fujimoto, K. Nokihara; Antioxidative properties of histidine-containing peptides designed from peptide fragments found in the digests of a soybean Protein. *J. Agric. Food Chem.*, **46**, 49-53 (1998).
- [6] J. Y. Wang, K. Fujimoto, T. Miyazawa, Y. Endo; Antioxidative mechanism of maize zein in powder model systems against methyl linoleate: Effect of water activity and coexistence of antioxidants. *J. Agric. Food Chem.*, **39**, 351-355 (1991).
- [7] S.-K. Kim, Y.-T. Kim, H.-G. Byun, K.-S. Nam, D.-S. Joo, F. Shahidi; Isolation and characterization of antioxidative peptides from gelatin hydrolysates of Alaska pollack skin. *J. Agric. Food Chem.*, **49**, 1984-1989 (2001).
- [8] K. Sato, D.-H. Jin, T. Ogawa, K. Muramoto, E. Hatakeyama, T. Yasuhara, K. Nokihara; Antioxidative properties of tripeptide libraries prepared by the combinatorial chemistry. *J. Agric. Food Chem.*, **51**, 3668-3674 (2003).
- [9] E. Mendis, N. Rajapakse, S. K. Kim; Antioxidant properties of a radical-scavenging peptide purified from enzymatically prepared fish skin gelatin hydrolysate. *J. Agric. Food Chem.*, **53**, 581-587 (2005).
- [10] M. N. Vasavada, D. P. Cornforth; Evaluation of mineral antioxidant activity in beef meatballs and nitrite-cured sausage. *J. Food Sci.*, **70**, 250-253 (2005).
- [11] K. C. Nam, K. J. Prusa, D. U. Ahn; Addition of antioxidant to improve quality and sensory characteristics of irradiated pork patties. *J. Food Sci.*, **67**, 2625-2630 (2002).
- [12] L. Yu, J. Perret, B. Davy, J. Wilson, C. L. Melby, Antioxidant properties of cereal products. *J. Food Sci.*,

- 67, 2600-2603 (2002).
- [13] G. Cefarelli, B. D'Abrosca, A. Fiorentino, A. Izzo, C. Mastellone, S. Pacifico, V. Piscopo; Free-radical-scavenging and antioxidant activities of secondary metabolites from reddened cv. Annurca apple fruits. *J. Agric. Food Chem.*, **54**, 803-809 (2006).
- [14] R. L. Prior, X. Wu, K. Schaich; Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *J. Agric. Food Chem.*, **53**, 4290-4302 (2005).
- [15] 須田郁夫, 増田真美, 古田收, 西場洋一, 沖智之, 小林美緒; 黒大豆に含まれる代表的な抗酸化性成分の DPPH ラジカル消去活性. *九州農業研究*, **65**, 55 (2003).
- [16] 渡邊治, 阿部茂, 川上誠, 柿本雅史; カバノアナタケ (*Fuscoporia obliqua*) の抗酸化活性に関する研究. *北海道立食品加工研究センター報告*, **6**, 13-16 (2005).
- [17] 柳内延也, 塩谷茂信, 水野雅之, 鍋谷浩志, 中嶋光敏, 動物エキス中のヒスチジン含有ジペプチド (アンセリン, カルノシン) の HPLC による迅速定量法. *日本食品科学工学会誌*, **51**, 87-91 (2004).
- [18] X. Wu, G. R. Beecher, J. M. Holden, D. B. Haytowitz, S. E. Gebhardt, R. L. Prior; Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *J. Agri. Food Chem.*, **52**, 4026-4037 (2004).
- [19] 過酸化脂質・フリーラジカル実験法 (生物化学実験法 34), 五十嵐脩, 島崎弘幸 編著, 学会出版センター, 1995.
- [20] 高下崇, 石川 (高野) 祐子, 小堀真珠子, 八巻幸二; キャピラリー電気泳動法を用いた抗酸化剤の評価. *日本食品科学工学会誌*, **50**, 85-89 (2003).
- [21] M. Terashima, I. Nakatani, A. Harima, S. Nakamura, M. Shiiba; New method to evaluate water-soluble antioxidant activity based on protein structure change. *J. Agri. Food Sci.*, **55**, 165-169 (2007).
- [22] M. S. Blois; Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, **181**, 1199-1200 (1958).

要 旨

食品成分のもつ生理的機能性が多く注目を集めている。例えば、体内の酸化的ストレスは加齢とともに強くなり、老化、がんなどにも関連することが明らかにされており、抗酸化性に富む食品を摂取する推奨されている。にもかかわらず、食品のもつ抗酸化性を総合的に評価できる確立した手法はない。本研究では著者らが開発したミオグロビン保護率によって抗酸化性を表す方法、レーダーチャートを用いて抗酸化性を総合的に評価する方法を茶飲料に適用し、その有効性を検証した。茶葉から抽出したお茶、市販の茶飲料が示す抗酸化性は標準物質として用いたポリフェノール化合物と類似したレーダーチャートのパターンを示した。また、抗酸化性の強さは従来法である DPPH 法を用いて測定したビタミン C 相当濃度が同じ程度の値となるように希釈した場合の希釈率によって評価できた。以上の結果より、種々の茶飲料の示す抗酸化性を特徴づけることができた。