

2段階熱処理による熊本県産ヤーコン葉の抗酸化活性とフェノール成分に及ぼす影響

Effect of Two-step Heat Processing on the Antioxidant Activity and Phenolic Constituents of Leaves from Yacon Cultivated in Kumamoto, Japan

上田裕人¹⁾、菅原進太郎¹⁾、松田靖^{2,4)}、村田達郎^{1,2)}、黒田泰弘³⁾、星良和^{1,2,4)}、

椛田聖孝²⁾、井越敬司²⁾、小野政輝^{1,2,4)}、安田伸^{1,2,4)*}

1) 東海大学大学院生物科学研究科、2) 東海大学農学部、3) 東海大学工学部、

4) 東海大学先進生命科学研究所 高機能食品開発部門

Yuto Ueda¹⁾, Shintaro Sugahara¹⁾, Yasushi Matsuda^{2,4)}, Tatsuro Murata^{1,2)}, Yasuhiro Kuroda³⁾, Yoshikazu Hoshi^{1,2,4)},

Kiyotaka Kabata²⁾, Keiji Igoshi²⁾, Masateru Ono^{1,2,4)}, and Shin Yasuda^{1,2,4)*}

1) Graduate School of Bioscience, Tokai University, 2) School of Agriculture, Tokai University, 3) School of Engineering, Tokai

University, 4) Division of Functional Food Science, Institute of Advanced Biosciences, Tokai University

*連絡先：安田伸（東海大学先進生命科学研究所 高機能食品開発部門）

*Corresponding author: Shin Yasuda (Division of Functional Food Science, Institute of Advanced Biosciences, Tokai University)

[要旨]

ヤーコンは一部地域で民間伝承薬としても使用される農作物である。熊本県産のヤーコン加工食品の機能性研究の一環で、凍結乾燥葉を乾熱器により 160° C、20 分間、さらに 100° C、60 分間の 2 段階熱処理を行った。その結果、総ポリフェノール含量と 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl ラジカルに対する抗酸化活性の上昇、高速液体クロマトグラフィーによる定性分析でカフェ酸ピークの増大を認めた。以上より、ヤーコン葉が熱に安定な抗酸化成分に富み、熱処理後にフェノール成分の変動を伴って抗酸化活性が高まる可能性を認めた。

[Abstract]

Yacon is a crop and also regionally used as a folk medicine. This study aimed to examine effect of food processing on the functional usefulness of this herbal plant, cultivated in Kumamoto, Japan. Two-step heat processing of lyophilized yacon leaves at 160°C for 20 min followed by 100°C for 60 min resulted in increasing of total polyphenol content, antioxidant capacity against 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical, and analytical peak of caffeic acid by the peak profiling of high-performance liquid chromatography. Collectively, yacon leaves may be rich in heat-stable antioxidants and the heating process of the leaves can enhance the antioxidant capacity in concomitant with the change of certain phenolic constituents.

[Key Words]

Yacon, heat processing, polyphenol, caffeic acid, antioxidant capacity

1. はじめに

ヤーコン (*Smallanthus sonchifolius*) はキク科スマランサス属の一種であり、南米アンデス山脈地方原産の多年生草本である。過去数十年に渡りヤーコンは、アジア（日本、韓国、台湾、海南およびフィリピン）、オセアニア（ニュージーランド）、そしてヨーロッパ（チェコ共和国）などの様々な場所に導入されてきた[1]。こ

の植物の塊根はサツマイモのような形状をしており、歴史的に果物または野菜として摂取されており、現在では南米にてシロップ、ジュース、マーマレードなどの加工食品として利用されている[1, 2]。冷涼な生育環境を好み、国内では特産農産物または薬用作物として茨城、長野、新潟、石川、愛知、島根、福岡、熊本、鹿児島の一部の地域で栽培されている[3]。そのうち統

計のある愛知、島根、福岡、熊本、鹿児島だけでも年間 79,274 kg の生産量が 2012 年に報告されている。ヤーコン塊根部を主な食用部位とするために、葉部の大部分が収穫残渣となり得る。しかしながらその一部は生産地域限定ながらもハーブティーとして加工され市場に流通しており、健康志向食品として消費されている。原産地の南米では、ヤーコンは地域によっては食事療法を必要とする患者のための代替食としても受け入れられているほか、糖尿病や消化腎障害を患う人々のための民間薬としても使用されている[2]。これは豊富な難消化性フラクトオリゴ糖と有益なポリフェノールに起因するものである[4]。ヤーコン塊根部には、抗酸化作用[5]、ラットにおける抗糖尿病作用[6]、ヒトにおける抗肥満[7]および糖尿病ラットに対する脂質低下作用[8]などの報告例がある。一方、葉部もまた抗真菌作用[9]、抗酸化作用[10]、正常および糖尿病ラットモデルにおける血糖降下作用[11]などの生理機能を有することが報告されている。

近年、我々はヤーコン茶葉の機能性研究を推進しており、複数のフリーラジカル種に対する抗酸化作用に着目して、特に活性酸素種の 1 つであるスーパーオキシドアニオン (O_2^-) ラジカルに対する市販のヤーコン茶葉による抑制作用を認め、酸化酵素やヒト顆粒球様好中球細胞モデルを用いて実証している[12]。さらに抗糖尿病作用に着目して糖類分解酵素である α -アミラーゼおよび α -グルコシダーゼに及ぼす同サンプルの阻害効果を認め[13]、抗炎症作用に着目して RAW264.7 マウス由来マクロファージ様細胞を用いた NO 産生抑制ならびに起炎酵素であるリポキシゲナーゼに対する阻害能を報告している[14]。しかしながら、葉部を用いたヤーコン茶葉などの加工食品の機能性を精査するにあたり、食品加工により葉部に含まれるポリフェノールなどの有用成分と機能特性の発現がどの程度影響をうけるかについては不明な部分も多く残る。

反応性に富むフリーラジカルの生体への影響が提唱されて以来[15]、天然由来の抗酸化成分が酸化ストレスおよび酸化反応をどの程度制御できるかについての研究に関心が寄せられている。例えば、 O_2^- ラジカル、ヒドロキシルラジカル、ペルヒドロキシルラジカル、過酸化水素、および一重項酸素などの活性酸素種や過剰の酸化ストレスが、アテローム性動脈硬化症[16]、癌[17]、糖尿病[18]、神経変性症[19,20]、肝硬変[21]などの疾患[22]や老化[23]の進行と関連づけられている。ヤーコン茶の製造においては、60°C 以上の恒温乾燥後に

ポリフェノール含量の減少を伴って抗酸化力が低下するという報告がある[24]。我々もまたヤーコン茶の抗酸化能に着目した研究を行っており[12]、葉部に含まれる有用成分と抗酸化活性などの機能性が熱処理後にどの程度安定あるいは変動するかについて精査する研究は興味深い。

本研究はヤーコン葉部の機能性研究の一環として、先に調製したヤーコンハーブティーの凍結乾燥葉をさらに熱処理し、総ポリフェノール含量および抗酸化活性に及ぼす影響を調べることにした。抗酸化活性には、食材や天然由来の抗酸化活性の探索に有益な 1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl (DPPH) ラジカルモデル[25]を使用した。次に、高速液体クロマトグラフィーによる定性分析を行い、ピーク強度を指標に熱処理後の成分ピークの増減を検証することとした。

2. 結果の概要

1) 試料の調製

材料には、2010 年に東海大学農学部圃場（熊本県阿蘇郡南阿蘇村）で栽培されたヤーコン（アンデスの雪旧系統名 SY206）のうち、第二展開葉を中心に同年 11 月に採葉したものを凍結乾燥させて、以降の実験に用いた。次に、緑茶の製茶製法時の熱処理条件をモデルに、ここでは凍結乾燥葉 (2.50 g) を乾熱器により 160°C、20 分間、さらに 100°C、60 分間の 2 段階熱処理をして十分に乾燥させ、これを熱処理葉（加熱葉）とした。

非加熱の凍結乾燥葉 (6.25 g) または熱葉 (2.50 g) にメタノール（それぞれ 80 ml または 32 ml）を加え、4°C で一晩浸漬した。等量の MilliQ 水を加えてさらに一晩浸漬後、減圧濾過した濾液を濃縮ならびに凍結乾燥させた。これにより、非加熱葉より 0.893 g、加熱葉より 0.587 g の 50% メタノール抽出物を得た。本抽出法により、加熱前の凍結乾燥葉より 14.3%、加熱葉より 23.5% の収率とともに抽出物を得ることができた。我々は以前の報告で、製茶加工された市販のヤーコン茶葉を異なる溶媒を用いて抽出し、熱水抽出物で 27.8%、メタノールで 6.60%、エタノールで 4.74%、酢酸エチルで 3.91% の順で異なる収率を得ている[12]。本研究では 50% メタノール抽出物を調製したものの、とくに熱処理を施した葉部のほうが、水または水-メタノール系の溶媒により高い収率で抽出物を得ることができる可能性がある。

2) 成分分析

ヤーコン葉由来の抽出物中の総ポリフェノール含量は Folin-Ciocalteu 法に基づき[26]、著者らの既報に従ってクロロゲン酸相当量として分光学的に定量した[12]。その結果、抽出物 1 mg 当たりの総ポリフェノール含量は、非加熱葉の 93.5 µg に対して加熱葉では 242 µg と、有意差とともに加熱葉のほうが 2.59 倍もの高値を示した。次に収率を加味して乾燥物重量 1 g 当たりの含量を算出したところ、非加熱葉の 13.4 mg に対して加熱葉で 56.9 mg と、有意差とともに加熱葉のほうが 4.25 倍もの高値を示した (Table 1)。これらの差異は加熱後の収率増加に起因する可能性が高いものの、ポリフェノールの組成や特定フェノール成分の変動について調べる必要がある。我々は以前、製茶加工された市販のヤーコン茶葉の熱水抽出物を調製し、抽出物 1 mg 当たり 279 µg のポリフェノールが含まれていること、収率を加味して乾燥茶葉 1 g 当たり 77.6 mg のポリフェノールが含まれていることを報告している[12]。本研究で 50%メタノールにより調製した加熱葉中の総ポリフェノール含量は、市販茶葉で得られた値よりもやや低値ながら、既報を支持するものであった。一方で、ヤーコン葉部を 60°C 以上で恒温乾燥させると総ポリフェノール含量が低下することが報告されており、熱処理時のポリフェノールオキシダーゼによる影響についても考察されている[24]。先に凍結乾燥葉を 2 段熱処理した本研究では、ポリフェノール含量や収率が減少することはなかった。

Table 1. Yield and total polyphenol content in unheated or heated yacon leaves

	Yield (%)	Total Polyphenol Content	
		(µg CAE/mg of extract)	(mg CAE/g of D.W.)
Unheated Leaves	14.3	93.5±8.6 (1.00)	13.4±1.2 (1.00)
Heated Leaves	23.5	242±12* (2.59)	56.9±2.8* (4.25)

Data shown in total polyphenol content represent mean ± S.D. from four experiments. Data shown in parentheses indicate relative total polyphenol content between unheated and heated leaves. Statistical differences were considered significant from 'Unheated Leaves' at $P < 0.001$ using Student's *t*-test. CAE; chlorogenic acid equivalent, D.W.; dry weight.

3) 抗酸化力の測定

DPPH ラジカルは安定な化成品ラジカル的一种で、試料中にプロトン供与性の抗酸化物質が存在すると還元されて紫色が脱色されることを原理に[23]、農産物や工業製品の抗酸化物質 (酸化防止剤) のスクリーニング研究に広く用いられる。著者らの既報に従って[11]、DPPH ラジカルに対するヤーコン葉由来の抽出物の消

去活性を求めた。その結果、非加熱葉および加熱葉抽出物では濃度依存的な抗酸化活性の上昇が認められ、それぞれ 53.8 µg/ml および 29.2 µg/ml の半数効果濃度 (EC₅₀) 値が得られた。ポジティブコントロールとして用いたトロロックスの EC₅₀ 値は 6.88 µg/ml であった。本植物の非加熱葉および加熱葉の抽出物を用いて得られた EC₅₀ 値を Table 2 にまとめた。

Table 2. EC₅₀ values and TEAC values of unheated and heated yacon leaves in DPPH radical scavenging assay

	DPPH Radical Scavenging Activity		
	EC ₅₀ (µg/ml)	TEAC	
		(g TE/g of extract)	(µmol TE/g of D.W.)
Unheated Leaves	53.8±0.5	0.128±0.009 (1.00)	73.1±0.7 (1.00)
Heated Leaves	29.2±0.5*	0.236±0.019* (1.84)	221±3* (3.02)
Trolox	6.88±0.49	-	-

Data shown represent mean ± S.D. from four experiments. Data shown in parentheses indicate relative TEAC value of between unheated and heated leaves. Trolox was used as a control standard. Statistical differences were considered significant from 'Unheated Leaves' at $P < 0.001$ using Student's *t*-test. TE; trolox equivalent, TEAC; trolox equivalent antioxidant capacity, D.W.; dry weight.

近年、試験対象物の効能を評価する際には、基準物質を用いた相当量あるいは換算値として算出することがある。例えば、食材やエキスそのものの抗酸化効力には、代表的な抗酸化物質であるトロロックス相当 (TE, trolox equivalent) 量として表すことが可能である。これまでに我々は、トロロックスより得られた EC₅₀ 値をもとに、市販のヤーコン茶葉の抗酸化力についてトロロックス換算の消去能を TEAC (trolox equivalent antioxidant capacity) 値として評価してきた[12]。TEAC 値の算出は、トロロックスの EC₅₀ 値 (分子) と試験サンプルの EC₅₀ 値 (分母) との比に基づいて求めることができる。即ち、抽出物の消去効果がトロロックスと同等もしくはそれ以上である場合、分母と分子に位置する EC₅₀ 値の単位 (例えば µg/ml や µM) が同じ場合に限定して、トロロックス換算のラジカル消去能は 1.00 またはそれ以上の値を示し、消去効果が低い場合には 0 に近似することとなる。本研究で得られた結果より、ヤーコン由来の非加熱葉および加熱葉由来の抽出物で認められた DPPH に対する消去作用は、それぞれ 0.128 g TE/g of extract および 0.236 g TE/g of extract であったことより、それぞれトロロックスの 0.128 倍 (12.8%) および 0.236 倍 (23.6%) 程度であった (Table 2)。興味深いことに、抽出物レベルで得られた TEAC 値は非加熱葉よりも加熱葉のほうが 1.84 倍もの有意な高値を示し

た。収率を加味して算出されたヤーコン葉の乾燥重量 1 g 当たりの TEAC 値は、非加熱葉および加熱葉でそれぞれ 73.1 $\mu\text{mol TE}$ および 221 $\mu\text{mol TE}$ であった。乾燥重量あたりの TEAC 値は非加熱葉よりも加熱葉のほうで 3.02 倍もの有意な高値を示すことを明らかにした。これは本研究で得られたヤーコンの加熱葉が DPPH ラジカルに対して非加熱葉よりも明らかに高い抗酸化活性を有した状態で効率よく抽出されていることを意味している。我々は市販のヤーコン茶葉の熱水抽出後の抽出物が 1 mg 当たり 272 $\mu\text{g TE}$ 、乾燥茶葉 1 g 当たり 75.6 $\mu\text{g TE}$ の TEAC 値を有することを報告しており [12]、本研究でもまたこれらに近似する TEAC 値が得られた。ヤーコン葉部を恒温乾燥させるとポリフェノール含量の低下とともに抗酸化活性の低減が認められることが報告されている [24]。本研究では事前に凍結乾燥させた葉をさらに 2 段階熱処理したことで、むしろ抗酸化活性が向上するという結果を得ている。

4) HPLC プロファイリング

ヤーコン葉部の主要なポリフェノールにはクロロゲン酸、カフェ酸およびフェルラ酸が挙げられ [10,27]、更に特有のカフェオイル誘導体の存在が報告されている [24,28]。引き続き非加熱葉および加熱葉中のフェノール成分の特定ならびに成分変化について調べるため、既報をもとに逆相 ODS カラムを用いた HPLC により分離溶出させ、定性分析を試みた [29]。即ち、ガードカラムを連結させた YMC 社製 ODS カラム (YMC Pack ODS-A, 内径 4.6 mm x 150 mm, 粒子径 5 μm , 細孔径 12 nm) を用いた逆相クロマトグラフィーによるグラジエント法により、移動相 A (0.25% 酢酸) および B (メタノール) の濃度勾配とともに、温度 30°C、注入量 20 μl 、流速 1.0 ml/min、波長 350 nm における UV 検出において HPLC プロファイリングを行なった。移動相 B の割合は注入後 0 分から 15 分までに 15%→35%、15 分から 20 分までの 5 分間を一定にした。次に、20 分から 50 分までに 35%→100%、50 分から 60 分までの 10 分間を一定にした。直後に 100%→15% に設定し、60.1 分から 70 分までの 10 分間を濃度勾配初期濃度 15% で平衡化させた。カフェ酸の標準物質 (ナカライ社製) は初期移動相 (移動相 A : 移動相 B, 85 : 15) を用いて調製ならびに段階希釈し、そのうち濃度が 3.13 $\mu\text{g/ml}$ または 0.781 $\mu\text{g/ml}$ を注入時の試料とした。ヤーコンの非加熱葉および加熱葉の抽出物もまた、初期移動相で 2 mg/ml に調製した。分析試料は、ミリポア社の 0.45 μm

シリンジフィルターで濾過し、これを HPLC に供した。

ヤーコンの非加熱葉の抽出物を HPLC に供した結果、複数の溶出ピークが確認され (Figure 1A)、熱処理後の加熱葉ではピーク強度の変化を伴わないものと、大きく増減を伴う溶出ピークが複数認められた (Figure 1B)。大きく増減が認められたメインピークを、それぞれ上向きまたは下向きの矢印とともに図内に記した。興味深いことに、溶出時間 8.4 分付近 (Peak 1) の溶出ピークは熱処理後に最もピーク強度が増加することを認めた。

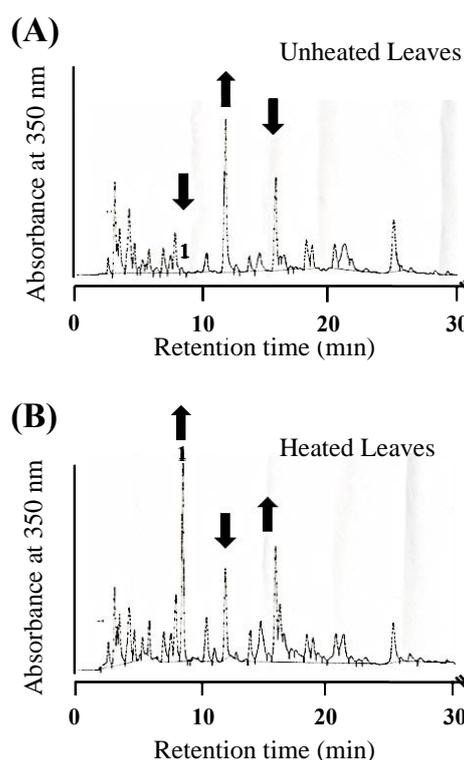


Figure 1. HPLC chromatograms of the extracts from unheated (A) and heated yacon leaves (B). Injection volume; 20 μl , concentration; 2 mg/mL, flow rate; 1.0 ml/min; attenuation setting; 64 mV. Upward and downward arrows in figures indicate main peaks changed after the heat processing. Peak 1 indicates caffeic acid-like peak (ref: Figure 2)

ヤーコン葉中にはクロロゲン酸やカフェ酸が含まれている [10,27]。本研究に用いた HPLC による分析条件において、Liu らは薬用植物よりクロロゲン酸、カフェ酸、ガルテオリン、ハイペリン、ルチン、バイカリン、ルテオリン、バイカレイン、ならびにオウゴンの一斉同時分析を行なっている [29]。そこで、熱処理後に強度の増減を認めた溶出ピークに該当するものが何であるかを調べるため、本研究では先行的にカフェ酸の検出と増減ピークの特定制を試みることにした。カ

フェ酸標準物質を HPLC に供したところ、先に示した Peak 1 と同様、溶出時間 8.4 分付近にピークを認めた (figure not shown)。次に、非加熱葉抽出物 2 mg/ml とともに等量のカフェ酸標準物質を混合し、コクロマトグラフィーを行なった。このときのサンプル終濃度は 1 mg/ml である。その結果、抽出物中に認められた溶出時間 8.4 分付近の溶出ピーク 1 は (Figure 2A)、カフェ酸標準物質の溶出ピークが一致した (Figure 2B)。異なる濃度のカフェ酸とともに複数回コクロマトグラフィーを行なった際にも同様であった (figure not shown)。

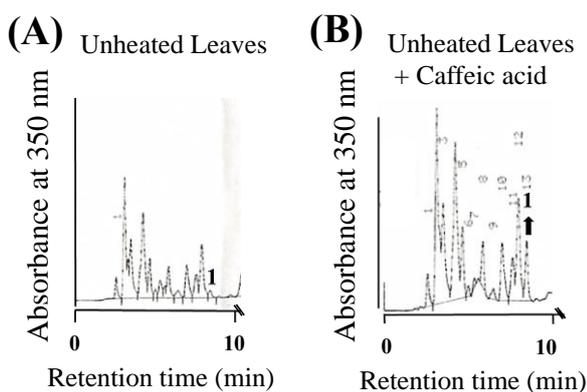


Figure 2. HPLC chromatograms of the extract from unheated yacon leaves (A) and unheated leaves plus caffeic acid standard (B). Injection volume; 20 μ l, concentration; 1 mg/mL, flow rate; 1.0 ml/min; attenuation setting; 64 mV. Peak 1 indicates caffeic acid-like peak. Upward arrow in figure 2B indicates Peak 1 increased after co-chromatography with caffeic acid standard.

熱処理後にとくに顕著なピーク強度の増大を認めた溶出 Peak 1 は、水溶性ポリフェノールのカフェ酸であることが強く示唆された。コーヒー豆中に含有するクロロゲン酸類は、焙煎条件の強度により減少すること [30]、さらには酸味などの味覚にも影響すること [31] が報告されている。先行実験では、カフェ酸が DPPH ラジカルに対して 19.2 μ M の EC₅₀ 値とともに抗酸化活性を有すること、カフェオイル基を有するクロロゲン酸もまた 21.4 μ M の EC₅₀ 値とともに同等の強い抗酸化活性を有していることを認めている (figure not shown)。ヤーコン葉部にはクロロゲン酸のみならずカフェオイル基を複数保有するような様々なカフェオイルキナ酸が豊富に存在することより [10,24,27,28]、恐らく熱処理によりカフェ酸のような低分子の抗酸化物質が分解物として生じている可能性が考えられる。今後これらの増減ピークの特定とともに、加熱葉のポリフェノール含量または抽出効率の上昇および抗酸化活性の上昇を

もたらす有効成分について明らかにする必要がある。

3. 展望

本研究ではヤーコンの凍結乾燥葉をさらに熱処理することにより、総ポリフェノール含量の上昇、DPPH ラジカルに対する抗酸化活性の上昇、高速液体クロマトグラフィーによる定性分析によるカフェ酸ピークの増大が生じることを明らかにした。これらの結果は、ヤーコン葉中のポリフェノール成分が熱により変化を受けるものの、熱に安定な抗酸化成分に富むこと、むしろ熱処理後に構成フェノール成分の変動を伴って抗酸化活性が高まることを意味している。HPLC 定性分析では変動する成分の 1 つにカフェ酸を検出できたため、他の主成分についても定性ならびに定量分析を行う必要がある。今後は凍結乾燥葉と新鮮葉を乾熱乾燥し同様の結果が得られるのか、または熱処理温度や熱時間、方法等の各種条件によって機能性と抗酸化成分に変動が認められるかを詳細に検証する必要がある。本研究がヤーコンハーブティーなどへの食品加工時の機能性変動に関する科学的エビデンスの提供とともに、健康増進効果を目的とした食品開発を行う上でも大きく貢献できるものと期待する。

4. 引用文献

- [1] I. Ojansivu, *et al.*, *Trends Food Sci. Tech.*, **22**, 40-46 (2011)
- [2] G.T. Delgado, *et al.*, *Plant Foods Hum. Nutr.*, **68**, 222-228 (2013)
- [3] 公益財団法人日本農産特産物協会ウェブサイト、特産農産物に関する生産情報調査結果(平成 24 年)、http://www.jsapa.or.jp/pdf/Acrop_Jpaper/nousakumotuchousah22.pdf (2018.2.16 アクセス)
- [4] D. Campos, *et al.*, *Food Chem.*, **135**, 1592-1599 (2012)
- [5] X. Yan, *et al.*, *J. Agric. Food Chem.*, **47**, 4711-47113 (1999)
- [6] G.O. Oliveira, *et al.*, *Food Chem. Toxicol.*, **59**, 256-260 (2013)
- [7] S. Genta, *et al.*, *Clin. Nutr.*, **28**, 182-187 (2009)
- [8] N.C. Habib, *et al.*, *Chem. Biol. Interact.*, **194**, 31-39 (2011)
- [9] F. Lin, *et al.*, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **67**, 2154-2159 (2003)
- [10] K. Valentova, *et al.*, *J. Agric. Food Chem.*, **53**, 5577-5582 (2005)

- [11] M.J. Aybar, *et al.*, *J. Ethnopharmacol.*, **74**, 125 (2001)
- [12] S. Sugahara, *et al.*, *J. Food Sci.*, **80**, C2420-C2429 (2015)
- [13] 上田裕人ら、*東海大学紀要農学部* **36**, 37-43 (2017)
- [14] 上田裕人ら、*東海大学先進生命科学研究紀要*, **1**, 33-37 (2017)
- [15] D. Harman, *J. Gerontol.*, **11**, 298-300 (1956)
- [16] W. Droge, *Physiol. Rev.*, **82**, 47-1124 (2002)
- [17] N. Hail, *et al.*, *Free Radic. Biol. Med.*, **45**, 97-110 (2008)
- [18] M.C. Sabu, and R. Kuttan, *J. Ethnopharmacol.*, **81**, 155-160 (2002)
- [19] T. Obata, *Toxicol. Lett.*, **132**, 83-93 (2002)
- [20] S. Przedborski and H. Ischiropoulos, *Antioxid. Redox. Signal.*, **7**, 685-693 (2005)
- [21] R. Bruck, *et al.*, *J. Hepatol.*, **35**, 457-464 (2001)
- [22] M. Gutowski and S. Kowalczyk, *Acta. Biochim. Pol.*, **60**, 1-16 (2013)
- [23] J.H. Weisburger, *J. Cancer Prev. Suppl.*, **2**, S1-S7 (2002)
- [24] 竹中真紀子ら、*日本食品科学工学会誌*, **53**, 603-611 (2006)
- [25] M. Blois, *Nature*, **26**, 1199-1200 (1958)
- [26] V.L. Singleton and J.A. Rossi Jr., *Am. J. Enol. Vitic.* **16**, 144-158 (1965)
- [27] K. Valentova, *et al.*, *J. Agric. Food Chem.*, **54**, 1347-1352 (2006)
- [28] B. Simonovska, *et al.*, *J Chromatogr A.*, **1016**, 89-98. (2003)
- [29] L. Liu, *et al.*, *J. Sep. Sci.* **34**, 1834-1844 (2011)
- [30] 高屋むつ子ら、*日本食生活学会誌*, **16**, 224-229 (2005)
- [31] 和泉眞喜子と高屋むつ子、*日本調理科学会誌*, **41**, 257-261 (2008)

5. 業績

【論文発表】

1. Sugahara, S., Ueda, Y., Fukuhara, K., Kamamuta, Y., Matsuda, Y., Murata, T., Kuroda, Y., Kabata, K., Ono, M., Igoshi, K. and Yasuda, S., Antioxidant Effects of Herbal Tea Leaves from Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) on Multiple Free Radical and Reducing Power Assays, Especially on Different Superoxide Anion Radical Generation Systems, *J. Food Sci.* **80**, C2420-C2429 (2015).
2. 上田裕人, 菅原進太郎, 松田靖, 村田達郎, 黒田泰弘, 星良和, 栂田聖孝, 小野政輝, 井越敬司, 安田伸. ヤーコン茶葉熱水抽出物のリポキシゲナーゼに対する阻害作用および RAW264.7 マウス由来マクロファージ様細胞を用いた NO 産生抑制作用. *東海大学紀要農学部* **36**, 37-43 (2017)

ヤーコン茶葉熱水抽出物のリポキシゲナーゼに対する阻害作用および RAW264.7 マウス由来マクロファージ様細胞を用いた NO 産生抑制作用. *東海大学紀要農学部* **36**, 37-43 (2017)

3. 上田裕人, 菅原進太郎, 松田靖, 村田達郎, 黒田泰弘, 星良和, 栂田聖孝, 小野政輝, 井越敬司, 安田伸. ヤーコン茶葉熱水抽出物の *in vitro* での α -グルコシダーゼおよび α -アミラーゼ阻害作用. *東海大学先進生命科学研究紀要*, **1**, 33-37 (2017)

【学会等発表】

1. 上田裕人, 菅原進太郎, 徳永祐希, 堤秀平, 松田靖, 村田達郎, 星良和, 栂田聖孝, 小野政輝, 井越敬司, 安田伸. ヤーコン(*Smallanthus sonchifolius*)葉部からの加熱茶葉の調製と製茶加工前後におけるフェノール性成分の変化. 平成 29 年度日本食品科学工学会西日本支部および日本栄養・食糧学会九州・沖縄支部合同大会. Bpm4, 講演要旨集 p53. (長崎県立大学シーボルト校、長崎県西彼杵郡長与町). 2017 年 10 月 29 日.
2. 上田裕人, 菅原進太郎, 松田靖, 村田達郎, 黒田泰弘, 星良和, 木下英樹, 栂田聖孝, 小野政輝, 井越敬司, 安田伸. ヤーコン茶葉熱水抽出物のリポキシゲナーゼに対する阻害作用および RAW264.7 マウス由来マクロファージ様細胞を用いた NO 産生抑制作用. 第 23 回フードサイエンスフォーラム学術集会. P-6、講演要旨集 p39. (ヒムカルーム/コテージヒムカ、宮崎県宮崎市). 2017 年 9 月 9 日~10 日.
3. 上田裕人, 菅原進太郎, 松田靖, 村田達郎, 黒田泰弘, 星良和, 栂田聖孝, 小野政輝, 井越敬司, 安田伸. ヤーコン茶葉熱水抽出物の *in vitro* での α -グルコシダーゼおよび α -アミラーゼ阻害作用. 2P-A34. 第 71 回日本栄養・食糧学会 (沖縄コンベンションセンター、沖縄県宜野湾市). 一般ポスター発表. 講演要旨集 p257. 2017 年 5 月 20 日.

6. 謝辞

本研究の一部は、東海大学総合研究機構プロジェクト研究、総合農学研究所プロジェクト研究、および先進生命科学研究プロジェクトの資金援助により実施されたものです。