ガマズミ 果実搾汁残渣からの果肉皮分離法の開発と そのラジカル消去活性

岩井邦久^{1,2*}, 小野寺昭夫³, 岩井佳代², 松江 一^{1,2}

¹ 青森県立保健大学健康科学部栄養学科

² 青森県立保健大学大学院健康科学研究科

³ 株式会社小野寺醸造元

Separation of Flesh and Peel from Pomace of *Viburnum dilatatum* and Its Radical Scavenging Properties

Kunihisa Iwai^{1,2*}, Akio Onodera³, Kayo Iwai² and Hajime Matsue^{1,2}

¹ Department of Nutrition, Faculty of Health Sciences, Aomori University of Health and Welfare, 58-1 Mase, Hamadate, Aomori 030-8505

² Graduate School of Health Sciences, Aomori University of Health and Welfare, 58-1 Mase, Hamadate, Aomori 030-8505

³ Onodera Brewhouse, Co., 46 Zaifukojimachi, Sannohe-machi, Aomori 039-0132

The radical scavenging activity found in the pomace of *Viburnum dilatatum* fruit and the development of its useful portions, including active compounds, were investigated. Grinding and extracting treatments of pomace (VPW) showed radical scavenging activity localized in the flesh and peel, and a new technique for the separation of flesh and peel (VPFP) from pomace by grinding with a machine similar to a rice-cleaning machine was developed. The VPFP contained 60% dietary fiber. The radical scavenging activities of VPFP were found to be 3.3 times higher than those of VPW, and its powder (VPFPP) showed even higher activity than VPFP. The concentrations of chlorogenic acid and cyanidin 3-sambubioside in VPFP and VPFPP were 10 to 21 times higher than those in VPW. These results established that polyphenols, which contribute to radical scavenging activities, localized in the flesh and peel, and that powdering enhanced its extraction. Thus, a new dietary fiber- and polyphenol-rich material may have been developed using a new technique that can physically separate the flesh and peel, which has radical scavenging activity, from wasted pomace of *V. dilatatum* fruit.

(Received Mar. 25, 2011 ; Accepted Jun. 20, 2011)

Keywords : *Viburnum dilatatum* fruit, pomace, flesh and peel, radical scavenging activity, polyphenol

キーワード : ガマズミ, 残渣, 果肉皮, ラジカル消去活性, ポリフェノール

活性酸素による酸化傷害が多く我的生活習慣病発症の引き金になっていることが明らかになっており、その予防に有益な食資源が求められている。特に、植物性食品への注目度は高く、果実や野菜等の生理機能やそれらの生理機能性成分の探索が盛んに行われている^{1)~5)}。我々は、ガマズミ果実 (*Viburnum dilatatum* Thunb, 図 1-A) に強い抗酸化活性を見出した。ガマズミは秋に紅く結実するスイカズラ科の落葉低木で、全国の山野に自生している野生の果樹である。我々は、この果実の抗酸化活性や生理作用の研究を

続けてきた結果、ストレス誘発酸化傷害の抑制作用⁶⁾、糖尿病性酸化亢進の抑制および血糖上昇抑制作用を見出し⁷⁾、これらの作用機序の解明を行い⁸⁾⁹⁾、作用成分としてシアニジン 3-サンブビオシド (C3S) やクロロゲン酸 (5-CQA) 等を同定した¹⁰⁾¹¹⁾。

地域産物としてガマズミの生産量は年々増加しているが、一方で果汁飲料製造時に発生する搾汁残渣 (図 1-B) は全て廃棄されていた。残渣は果実 1 kg から約 400 g 生じるため、毎年約 5~6 t の残渣が廃棄されている。そこで我々はこの搾汁残渣の有効利用を目標とし、以下の検討を行った。一つには有益な生理活性の有無を明らかにするため、その指標として残渣のラジカル消去活性を検討した。二つ目には、生理活性成分を含む有用部分を明らかにし、その

¹ 〒030-8505 青森県青森市浜館字間瀬 58-1

² 〒030-8505 青森県青森市浜館字間瀬 58-1

³ 〒039-0132 青森県三戸郡三戸町在府小路町 46

* 連絡先 (Corresponding author), k_iwai@auhw.ac.jp

図 1 ガマズミ果実，搾汁残渣および残渣から分離した果肉皮
A, 生果実；B, 搾汁残渣；C, 果肉皮 (VPFP)；D, 果肉皮粉末 (VPFPP)。

部分を残渣から効率的に分離するための方法を検討した。三つ目には，分離した部分の有用性を明らかにするため，その指標としてラジカル消去活性を測定するとともに，果実中に含まれる活性成分である C3S や 5-CQA 等の存在を検討した。

実験方法

1. 試薬

シアニジン 3-グルコシド (C3G) はフナコシから，5-CQA は和光純薬工業から，ケルセチン (Qrt) はシグマから，没食子酸 (GA) はナカライテスクからそれぞれ購入し，標準試料として使用した。C3S はガマズミ果実粗抽出物から固相抽出法で分画し，高速液体クロマトグラフィー (HPLC) で分取したものを使用した¹²⁾。これら以外の試薬および溶媒は特級品または HPLC 用を使用した。

2. ガマズミ果実搾汁残渣

搾汁残渣は，ガマズミ果実を圧搾し，ろ布を用いたろ過工程によって果汁を搾り取った時に発生する残り粕である。果実 10 kg から約 6 L の果汁および約 5 kg の搾汁残渣が得られ，70～80℃ の温風乾燥にて 8～9 時間乾燥させ，約 4.1 kg の乾燥残渣 (収量約 41.5%) を得た。残渣は，種子に果肉皮が薄く密着した状態になっている。本研究では，株式会社小野寺醸造元において搾汁時に発生し上述の条件で乾燥させた残渣 (無処理，VPW) を使用し，またそれに粉碎処理 (VPM) を施した。残渣の粉碎処理にはワンダーブレンダー (WB-1 大阪ケミカル) を使用した。

3. 果肉皮の分離

図 2 に示す精米機様の装置を考案し¹³⁾，ガマズミ果実搾

図 2 ガマズミ果肉皮分離装置

汁残渣から果肉皮の分離収集を行った。即ち，無処理の乾燥残渣 (VPW) を投入し，モーターによってロータを回転させるとロータの刃の上を残渣が移動し，その時の研磨作用で残渣表面に圧着する果肉皮を削いだ。削がれた果肉皮と種子を落下させ，そこに網を置くことで果肉皮のみを通過させ，両者を分離した。分離した果肉皮 (VPFP, 図 1-C) を，振動式粉碎ボールミル (イトウ製作所) によって粉碎し，粉末 (VPFPP, 図 1-D) に調製した。

4. 抽出

VPW, VPM, VPFP および VPFPP から以下の方法で抽出物を調製した。試料 10 g に 1% ギ酸を含有するメタノール 50 mL を加え，スターラーを使用し遮光下 4℃ で 2 時間攪拌して抽出した。これを 8 000 rpm で 30 分間遠心分離し，上清を収集した。遠心分離後の沈殿に同様の操作を再度行った。集めた上清をロータリーエバポレーターによって減圧濃縮し，蒸留水に懸濁後，凍結乾燥して抽出物を得た。各抽出物を 3 回調製し，それぞれを試験に供した。

5. ラジカル消去活性の測定

ヒドロキシルラジカル ($\cdot\text{OH}$) およびスーパーオキシドアニオンラジカル ($\text{O}_2^{\cdot-}$) に対する各抽出物の消去活性を電子スピン共鳴装置 (ESR) を用いて測定した。 $\cdot\text{OH}$ は Fenton 反応で、 $\text{O}_2^{\cdot-}$ はヒポキサンチン-キサンチンオキシダーゼ反応でそれぞれ生成させ、既報¹⁴⁾ の 5,5-ジメチル-1-ピロリン *N*-オキシド (東京化成工業) を用いたスピントラップ法に従い測定した。 $\cdot\text{OH}$ の ESR の測定条件は、出力 4 mW, 中心磁場 335.5 mT, 掃引時間 1 分, 掃引幅 ± 5 mT, 変調周波数 9.4 GHz, 変調幅 0.32 mT, 時定数 0.1 秒, 増幅 20 とした。 $\text{O}_2^{\cdot-}$ の ESR 測定は、出力 4 mW, 中心磁場 336.5 mT, 掃引時間 1 分, 掃引幅 ± 5 mT, 変調周波数 9.4 GHz, 変調幅 0.079 mT, 時定数 0.1 秒, 増幅 250 の条件で行った。

6. ガマズミのポリフェノールの分析

各抽出物を 1% ギ酸溶液/メタノール (4:6, v/v) に溶解し、クロマトディスク (0.45 μm , GL サイエンス) でろ過したろ液を分析に供した。高速液体クロマトグラフィー-フォトダイオードアレイ検出 (HPLC-PDA) には、Waters 社製 1525 Pump, 2996 PDA 検出器, 717 オートサンプラーおよび Empower オペレーションソフトウェアのシステムを使用した。カラムには Atlantis dC₁₈ (3 μm , 4.6 $\times$ 150 mm, Waters), 移動相には 1% ギ酸およびメタノールを使用し、既報¹²⁾ に基づいて定量した。

7. 栄養成分の分析

水分は減圧加熱乾燥法により、タンパク質はケルダール分解法により、脂質は酸分解法により、灰分は直接灰化法により、食物繊維は酵素重量法により測定した¹⁵⁾。糖質は、試料 100 g 中から上述の各成分を減じた残りとして算出した。

実験結果および考察

1. ラジカル消去活性

各試料抽出物の収率およびラジカル消去活性を表 1 に示す。VPM からの抽出物収率は VPW の 2.03 倍に高まったが、そのラジカル消去活性の増加は $\cdot\text{OH}$ で 6%, $\text{O}_2^{\cdot-}$ で 20% に留まった。両者の違いは、VPW からの抽出物が残

渣の主に外側、即ち果皮からなる部分に由来しているのに対し、VPM からの抽出物では残渣内部の果肉や種子からなる部分からも抽出されていることである。即ち、残渣を粉砕することによって内部からの抽出効率は高まったが、種子も粉砕されるため脂質も抽出される等、増加した抽出物は必ずしもラジカル消去に関与する成分だけではないことが推察される。このことから、活性には残渣内部の主に種子からなる部分の成分の寄与は少なく、残渣外側の成分が主に関与していることが明らかになった。一方、我々は果実の抗酸化成分を探索する過程で果汁中固形分のラジカル消去活性を測定しており¹⁰⁾、それと比較すると VPW のラジカル消去活性は $\cdot\text{OH}$ で約 5 倍、 $\text{O}_2^{\cdot-}$ で約 2 倍高く、残渣には利用に値する十分なラジカル消去活性があることも明らかになった。

VPW は、生のガマズミ果実を油圧式圧搾機で圧搾して果汁を搾り取った後の残渣を 70~80°C で温風乾燥させたものである。VPW は圧搾によって扁平となり、乾燥によって皺を生じているが、単純な圧搾のため、果皮が裂けるなどの損傷はほとんどなく、生果実が直径 5 mm 前後の小ささであることから、残渣の一粒一粒は種子に果肉と果皮が薄く密着した状態になっている。従って、表 1 に示した結果は、ラジカル消去活性を示す成分が残渣内部の種子ではなく、外側を覆っている果肉と果皮に局在していることを示唆している。そのため、この部分のみを物理的に分離することができれば、果汁よりも高いラジカル消去活性を有する新たな素材を簡易に得ることができると考えられた。

我々は残渣の形状が玄米に似た形態 (図 1-B) であることに着目し、精米機の原理である研磨作用を利用した分離を試みた (図 2)。その結果、残渣を果肉皮 (図 1-C) と種子に分離することが可能となり、残渣に対する重量比 45% で果肉皮 (VPFP) が得られた。また、この方法では残渣外側から果肉皮を削いでいるため種子を殆ど損傷せず、種子の主要な成分である脂質の混入を防ぐことも可能となった。

この分離操作によって得た VPFP およびそれをボールミルで粉砕した果肉皮の粉末 VPFP (図 1-D) について抽

表 1 残渣処理物および果肉皮からの抽出物の収率およびラジカル消去活性

抽出物	収率 (%)	ラジカル消去活性 IC ₅₀ (mg/mL)	
		$\cdot\text{OH}$	$\text{O}_2^{\cdot-}$
VPW	3.67 $\pm$ 0.34	3.976 $\pm$ 0.375	1.008 $\pm$ 0.129
VPM	7.46 $\pm$ 0.59 ^a (2.03)	3.761 $\pm$ 0.458 (1.06)	0.844 $\pm$ 0.067 (1.20)
VPFP	2.43 $\pm$ 0.34 ^b (0.66)	1.201 $\pm$ 0.115 ^{ab} (3.31)	0.187 $\pm$ 0.021 ^{ab} (5.40)
VPFP	4.05 $\pm$ 0.43 ^{bc} (1.10)	0.971 $\pm$ 0.098 ^{ab} (4.09)	0.103 $\pm$ 0.010 ^{ab} (9.81)

VPW, 無処理残渣; VPM, 粉砕残渣; VPFP, 果肉皮; VPFP, 果肉皮粉末。データは 3 回測定の平均値 $\pm$ 標準偏差を示し, () 内数値は VPW との比を示した。

a は VPW に対する, b は VPM に対する, c は VPFP に対する有意差を表す ($P < 0.05$)。

表 2 ガマズミ残渣処理物および果肉皮中のポリフェノール濃度

抽出物	濃度 (μg/g)			
	5-CQA	Qrt	C3S	C3G
VPW	153.4±17.9	10.4±1.8	19.1±3.6	1.8±0.2
VPM	227.2±29.4 (1.48)	19.6±2.2 ^a (1.89)	28.2±2.8 (1.48)	2.9±0.4 (1.62)
VPFP	1534.1±232.1 ^{ab} (10.00)	19.8±1.9 ^a (1.91)	214.9±22.5 ^{ab} (11.27)	10.0±0.9 ^{ab} (5.68)
VPFPP	2944.4±139.2 ^{abc} (19.19)	30.0±2.8 ^{abc} (2.89)	401.5±44.2 ^{abc} (21.06)	22.1±2.6 ^{abc} (12.53)

VPW, 無処理残渣; VPM, 粉碎残渣; VPFP, 果肉皮; VPFPP, 果肉皮粉末.
5-CQA, クロロゲン酸; Qrt, ケルセチン; C3S, シアニジン 3-サンプビオシド;
C3G, シアニジン 3-グルコシド. データは 3 回測定 of 平均値 ± 標準偏差を示し,
() 内数値は VPW との比を示した.
a は VPW に対する, b は VPM に対する, c は VPFP に対する有意差を表す
($P < 0.05$).

出物を調製し, ラジカル消去活性を測定した. その結果, VPFP 抽出物のラジカル消去活性は VPW の $\cdot\text{OH}$ で 3.3 倍, $\text{O}_2^{\cdot-}$ で 5.4 倍に高まり, VPFPP 抽出物のラジカル消去活性は $\cdot\text{OH}$ で 4.1 倍, $\text{O}_2^{\cdot-}$ で 9.8 倍に高まった (表 1). VPFPP の活性は, VPFP の $\cdot\text{OH}$ で 1.2 倍, $\text{O}_2^{\cdot-}$ で 1.8 倍であった. VPFP のラジカル消去活性が VPW の活性より数倍に高まったことは, 残渣のラジカル消去活性は残渣の内部ではなく外側の果肉皮部分に局在していることを立証するものであり, 研磨作用による分離方法はラジカル消去活性に優れた部分のみを物理的かつ簡便に分離収集できる有用な方法であることが示された.

なお, 抽出の諸条件を考慮する必要はあるが, VPFP よりも VPFPP の抽出物の収率およびラジカル消去活性が増加したのは, VPFPP に残存している活性に関与する成分が単純な溶媒抽出だけでは抽出しきれない状態にあり, ボールミル粉碎で 50 μm 程度の粉末にして粒径を小さくしたことで抽出効率が上昇し, ラジカル消去活性に寄与する成分の抽出量が増えたためと考えられる.

2. ガマズミのポリフェノール濃度

ガマズミ果実には, 抗酸化作用に関わる主要なポリフェノールとして 5-CQA, Qrt, C3S および C3G が同定されている¹⁰⁾¹¹⁾. そこで, 果肉皮中にラジカル消去活性に関わる抗酸化成分が存在すること, ならびに果肉皮の分離と粉末化による活性の増大が抗酸化成分量に依存することを検討するため, 各試料中のガマズミのポリフェノールを分析し定量した. 各試料中のこれらの濃度を表 2 に示す. データは示していないが, これらは HPLC-PDA 分析におけるリテンションタイムおよび吸収極大波長が標準試料と一致することを確認するとともに, 高速液体クロマトグラフィー質量分析における親イオンおよびフラグメントイオンが標準試料と一致することを確認した.

表 3 果肉皮粉末および種子の一般栄養成分組成 (g/100 g)

成分	果肉皮粉末 (VPFPP)	種子
水分	4.5	10.3
粗タンパク質	5.3	15.3
粗脂肪	3.8	26.0
灰分	1.8	2.9
食物繊維	59.8	36.9
その他炭水化物	24.8	8.6

炭水化物量は差し引きで算出.

4 種類のガマズミのポリフェノールは, いずれも各試料から検出された. VPM の各成分濃度は VPW より多い傾向を示したが, Qrt 以外は有意な差ではなかった. しかし, VPFP では VPW の 1.9 ~ 11.3 倍に, VPFPP では 2.9 ~ 21.1 倍に各成分濃度が有意に増大した. また, VPFP の 5-CQA, C3S および C3G 濃度は VPM よりも有意に増大し, VPFPP の全成分濃度は VPM および VPFP に対して有意に増大した. VPFP の各成分濃度が VPW および VPM より増大したのは, これらが残渣全体に均一に含まれているのではなく, 果肉皮に局在していることを示唆している. ガマズミ生果実中の濃度¹⁰⁾と比較しても VPW 中の 4 成分の濃度は 0.14 ~ 0.40 倍であったのに対し, VPFPP 中の濃度は 0.68 ~ 2.51 倍, VPFPP 中の濃度は 1.03 ~ 4.91 倍に増大した. これらの結果もポリフェノールが果肉皮部分に多く存在していることを示している. また, VPFP と VPFPP は同じ素材であり, 粉末化しているだけの違いであるが, 1.5 ~ 2.2 倍に濃度が高まった. これは, 搾汁後の果肉皮からは容易に抽出されない成分が, 粉末化によって抽出されやすくなったことに起因するものと思われる.

以上のことから, ガマズミ残渣をポリフェノール素材として利用する上で果肉皮を分離することは有益であること

が示された。さらに、VPFP を粉末化して VPFPF とすることによりポリフェノール成分が抽出されやすくなったことは、これらが生体内において吸収されやすくなることも予想される。生体内への吸収性の違いは今後の課題であるが、ガマズミ果肉皮の C3S や 5-CQA を摂取するのであれば、VPFP で摂取するよりも VPFPF で摂取した方が吸収量は高まることが期待される。

3. 栄養成分

VPFPF の一般栄養成分を分析した (表 3)。VPFPF は水分 4.5%, 粗タンパク質 5.3%, 粗脂肪 3.8%, 灰分 1.8%, 食物繊維 59.8% およびその他の炭水化物 24.8% で構成され、食物繊維が約 6 割と多いことが分った。種子に比べると水分、タンパク質および灰分は約半分に、脂肪は 15% に減少し、食物繊維は 1.6 倍、炭水化物は 2.9 倍に増加した。このように、栄養成分組成が明確に異なることから、残渣が分離装置によって果肉皮と種子に分離されていることがうかがえる。特に VPFPF の脂肪が種子の 15% 程度であることは、この分離方法が残渣外側から果肉皮を削いでいるため種子を殆ど損傷せず、種子の主要な成分である脂質の混入を防いでいることを明示している。

VPFPF の半分以上を占める食物繊維は、果皮に由来するセルロース類が主体であると思われる。一方、HPLC 法によってビタミン C は検出されなかったが、これは搾汁によってビタミン C の殆どが既に果汁へ移行し果肉皮には残存していないためであると推察される。そこで、トコフェロール類など脂溶性ビタミン類の関与を検討する必要があるが、VPFPF のラジカル消去活性は、前述したように主に 5-CQA および C3S などのガマズミのポリフェノールによるものであることが示されており、その可能性は低い。

VPFPF に検出されたポリフェノールは、既にガマズミ果実の生理作用に関わる主要な成分として同定されており¹⁰⁾¹¹⁾、VPFPF にはガマズミ果実と同様な高い抗酸化作用が期待できる。また、ガマズミのポリフェノールの α -グルコシダーゼ阻害活性⁹⁾とともに、VPFPF には食物繊維が多いことから糖質の吸収抑制による血糖上昇抑制効果も期待できる。さらに、ガマズミ果実は食経験があることから VPFPF の安全性には大きな問題はなく、実用化も難しくない。具体的な生理作用については、動物試験にて検討中であり、その有用性の証明が待たれる。

果実や野菜の残渣は、加工の際に排出される避けることのできない副産物であり、環境への負荷や資源の有効利用の観点からそれらの再利用が進められているが、多くは肥料や飼料への利用である。食品関連では、リンゴ残渣からペクチンの抽出・調製¹⁶⁾やブドウ種子や残渣から抗酸化性抽出物等が調製されており¹⁷⁾¹⁸⁾、生理作用を備えた有益な素材が作り出されている。最近では、マイクロ波照射を利用した柑橘類果皮からフラボノイドの抽出¹⁹⁾も行われ

ているが、利用はまだ限定的である。しかも、これらの利用にあたっては、抽出や溶解等の化学的処理が必要であり、手間を要する。その点で、本研究で示した研磨作用を利用した分離技術は物理的処理によって果実残渣から有用部分を簡便に分離する初めての技術であり、溶媒を使用しない等の利点も有している。

一方、ガマズミ果実はポリフェノールやビタミン C を多く含み、生理機能性を備えた食資源であるが、含有する糖質や有機酸のために果汁や果実を工業的に乾燥・粉末化することは困難であった。そのため、これまでは果汁を加工食品として利用できる範囲は飲料などに限定されていた。しかし、開発した分離方法によって搾汁残渣から果肉皮が簡便に得られるようになったことは、ガマズミ果実が飲料用原料としてだけでなく、粉末状素材としての利用も可能にするものである。また、得られる果肉皮は種子の主成分である脂肪の混入が非常に少ないため、脂肪の酸化に起因する劣化も抑えられることから、様々な用途にも安定して使用できる。

さらに、ガマズミ果実の主要なポリフェノールである C3S や 5-CQA は吸収性が低いことが知られているが²⁰⁾²¹⁾、これらの多くはジュースやコーヒーなどを摂取した時の検討であり、固形物を摂取した時の検討は行われていないことから、食物繊維も豊富に含んだ固形物である果肉皮を摂取した場合の C3S や 5-CQA の体内動態は興味ある課題であり、その形態や他の食物因子によりこれらポリフェノールの生体利用性が高まるのであれば、果肉皮の機能性素材としての有用性も一段と高まるといえる。

要 約

ガマズミ果実の搾汁残渣には高いラジカル消去活性を示すポリフェノールが残存しているが、それらは残渣全体に存在するのではなく、果肉皮に局在していることが明らかとなった。そこで、残渣から果肉皮を物理的かつ簡便に分離する技術を新たに開発し、果肉皮および果肉皮粉末を得ることに成功した。ラジカル消去活性は残渣<果肉皮<果肉皮粉末の順に高まり、この技術が抗酸化成分を含む部位を簡便に分離収集する方法として有益であることを実証した。また、果肉皮には抗酸化成分として C3S や 5-CQA 等が検出され、果肉皮粉末中の濃度は残渣の 2.9~21.1 倍に増大することを明らかにした。即ち、ガマズミ残渣のラジカル消去活性へのポリフェノールの関与を明らかにするとともに、これらが豊富に含まれる果肉皮の分離収集技術の有用性と、廃棄されていた残渣の抗酸化性素材としての有用性を明らかにした。

文 献

- 1) 柚木崎千鶴子, 青木宏太, 本多可奈, 高司清香, 井野寿俊, 赤木 功, 窄野昌信, 福田亘博, 宮崎県産ニガウリのラット

- 脂質代謝に及ぼす影響, 日本食品科学工学会誌, **55**, 323-329 (2008).
- 2) 内田あゆみ, 陶 慧, 荻原 淳, 松藤 寛, 太田恵教, 櫻井英敏, ジャンボリーキが病態モデルラットへの血糖値および肝機能に及ぼす影響について, 日本食品科学工学会誌, **55**, 549-558 (2008).
- 3) Oe, H. and Ozaki, S., Hypoglycemic effect of 13-membered ring thiocyclitol, a novel α -glucosidase inhibitor from kothala-himbutu (*Salacia reticulata*). *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **72**, 1962-1964 (2008).
- 4) 小堀真珠子, 農産物成分の炎症, がんおよび糖尿病予防に関わる機能の解析, 日本食品科学工学会誌, **56**, 614-619 (2009).
- 5) 木村俊之, α グルコシダーゼ阻害作用を有する桑葉の糖尿病予防食素材への可能性, 日本食品科学工学会誌, **57**, 57-62 (2010).
- 6) Iwai, K., Onodera, A. and Matsue, H., Antioxidant activity and inhibitory effect of Gamazumi (*Viburnum dilatatum* THUNB.) on oxidative damage induced by water immersion restraint stress in rats. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, **52**, 443-451 (2001).
- 7) Iwai, K., Onodera, A. and Matsue, H., Inhibitory effects of *Viburnum dilatatum* Thunb. (gamazumi) on oxidation and hyperglycemia in rats with streptozotocin-induced diabetes. *J. Agric. Food Chem.*, **52**, 1002-1007 (2004).
- 8) Iwai, K., Onodera, A. and Matsue, H., Mechanism of preventive action of *Viburnum dilatatum* Thunb (gamazumi) crude extract on oxidative damage in rats subjected to stress. *J. Sci. Food Agric.*, **83**, 1593-1599 (2003).
- 9) Iwai, K., Kim, M.Y., Onodera, A. and Matsue, H., α -Glucosidase inhibitory and antihyperglycemic effects of polyphenols in the fruit of *Viburnum dilatatum* Thunb. *J. Agric. Food Chem.*, **54**, 4588-4592 (2006).
- 10) Kim, M.Y., Iwai, K., Onodera, A. and Matsue, H., Identification and antiradical properties of anthocyanins in fruits of *Viburnum dilatatum* Thunb. *J. Agric. Food Chem.*, **51**, 6173-6177 (2003).
- 11) Kim, M.Y., Iwai, K. and Matsue, H., Phenolic compositions of *Viburnum dilatatum* Thunb. fruits and their antiradical properties. *J. Food Comp. Anal.*, **18**, 789-802 (2005).
- 12) 岩井邦久, 岩井佳代, 松江 一, 小野寺昭夫, ガマズミ果実のポリフェノールおよびラジカル消去活性の季節変動, 日本食品科学工学会誌, **58**, 21-25 (2011).
- 13) 岩井邦久, 松江 一, 小野寺昭夫, ガマズミ果肉皮の製造方法, ガマズミ果肉皮製造装置, ガマズミ果肉皮抽出物, ガマズミ果肉皮由来抗酸化剤, ガマズミ果肉皮由来粉末状素材およびガマズミ果肉皮使用加工品. 特許第 4324674 号 (2009.6.19).
- 14) Kohno, M., Yamada, M., Mitsuta, K., Mizuta, Y. and Yoshikawa, T., Spin-trapping studies on the reaction of iron complexes with peroxides and the effects of water-soluble antioxidants. *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **64**, 1447-1453 (1991).
- 15) 五訂増補日本食品標準成分表分析マニュアル, 安本教傳, 竹内昌昭, 安井明美, 渡邊智子編集, 建帛社, pp. 9-55 (2006).
- 16) 市田淳治, 機能性素材調製原料としてのリング, 果樹試験研究推進協議会会報, **17**, 25-29 (2010).
- 17) Koga, T., Moro, K., Nakamori, K., Yamakoshi, J., Hosoyama, H., Kataoka, S. and Ariga, T., Increase of antioxidative potential of rat plasma by oral administration of proanthocyanidin-rich extract from grape seeds. *J. Agric. Food Chem.*, **47**, 1892-1897 (1999).
- 18) Murthy, K.N.C., Singh, R.P. and Jayaprakash, G.K., Antioxidant activities of grape (*Vitis vinifera*) pomace extracts. *J. Agric. Food Chem.*, **50**, 5909-5914 (2002).
- 19) 津嘉山正夫, 市川亮一, 山本幹二, 佐々木貴啓, 河村保彦, マイクロ波照射による柑橘ユコウ乾燥果皮からのポリメトキシフラボンの迅速・効率的抽出, 日本食品科学工学会誌, **56**, 359-362 (2009).
- 20) Galvano, F., La Fauci, L., Vitaglione, P., Fogliano, V., Vanella, L. and Felgines, C., Bioavailability, antioxidant and biological properties of the natural free-radical scavengers cyanidin and related glycosides. *Ann. Ist. Super. Sanita.*, **43**, 382-393 (2007).
- 21) Monteiro, M., Farah, A., Perrone, D., Trugo, L.C. and Donangelo, C., Chlorogenic acid compounds from coffee are differentially absorbed and metabolized in humans. *J. Nutr.*, **137**, 2196-2201 (2007).

(平成 23 年 3 月 25 日受付, 平成 23 年 6 月 20 日受理)