

平成22年 6月 8日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2007～2009

課題番号：19300247

研究課題名（和文） 大阪に産する野菜の機能成分の構造と調理特性の解明

研究課題名（英文） Structures of functional constituents in vegetables cultivated in Osaka, Japan and their properties on cooking

研究代表者

菊崎 泰枝（KIKUZAKI HIROE）

大阪市立大学・大学院生活科学研究科・准教授

研究者番号：60291598

研究成果の概要（和文）：大阪産野菜の食品機能成分の構造と調理特性の解明を目的に、フキからヒアルロニダーゼ阻害および抗酸化性を有するフキノール酸、3,4,5-トリ-O-カフェオイルキナ酸など14種、葉ゴボウから抗酸化性を有するクロロゲン酸とルチンをはじめ9種の化合物を単離、構造決定した。葉ゴボウの抗酸化成分の季節変動は出荷最盛期が最も抗酸化成分に富んでいた。また、フキ、葉ゴボウともにビタミンに富む食材であることがわかった。加熱調理による抗酸化成分の損失について検討した結果、ゆで加熱による抗酸化成分のゆで汁への溶出はほぼ50%であった。

研究成果の概要（英文）：In the course of our elucidation of structures of functional constituents in vegetables cultivated in Osaka and their properties on cooking, 14 compounds including hyaluronidase inhibitory and antioxidative fukinolic acid and 3,4,5-tri-O-caffeoylquinic acid from leaves of *Petasites japonicus* and nine compounds including antioxidative chlorogenic acid and rutin from leaves of *Arctium lappa* were isolated and their structures were determined. The seasonal variation of antioxidants in *A. lappa* indicated that the content of antioxidants reached the maximum at the best season. Furthermore, both *P. japonicus* and *A. lappa* were rich in vitamins. Boiling of leaves of *A. lappa* resulted in 50% elution of antioxidants into boiling water.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	5,700,000	1,710,000	7,410,000
2008年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2009年度	1,600,000	480,000	2,080,000
年度			
年度			
総計	9,000,000	2,700,000	11,700,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：生活科学・食生活学

キーワード：大阪産野菜・フキ・葉ゴボウ・ビタミン含量・抗酸化成分・加熱調理・熱安定性

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 野菜はビタミン、ミネラル、食物繊維の重要な供給源であるとともに、最近では生活習慣病予防への有用性が注目されている。

(2) フードマイレージ抑制によるエネルギー消費の低減や食育の面から地産地消が謳われ、地域特産の食品への注目度が高くなっている。

(3) 大阪は数種の野菜が全国の生産高が10位以内に入っており、「なにわの伝統野菜」といわれる独自の野菜を産する土地柄でもある。

(4) 以上のことから、大阪に産する野菜の食品機能性やその成分を解明することは、大阪産野菜の利用度を高め、地域の活性化にもつながると考えられる。

## 2. 研究の目的

(1) 大阪に産する遺伝的背景のあきらかな野菜類を対象に、抗酸化性をはじめ各種酵素阻害などのスクリーニングを行い、有望種を選抜する。

(2) 有望種を大量抽出し、活性を指標として成分の精製を行い、単離化合物の構造を機器分析等により明らかにする。

(3) 単離化合物の活性を測定し、活性寄与成分を特定する。

(4) 有望種の機能成分およびビタミン類などの栄養成分の季節による変動を追跡する。

(5) 機能成分の調理過程における消長を追跡する。

## 3. 研究の方法

### (1) スクリーニング試料の調製

水ナス、葉ゴボウ、毛馬キュウリ、勝間南瓜、イチジク、フキの葉の乾燥サンプル10gを塩化メチレンで抽出し、残渣を70%アセトン水溶液で抽出した。アセトン除去後、残った水層に同量の酢酸エチルを加え、酢酸エチル可溶部と水可溶部に分画した。

### (2) 各種活性測定

#### ① DPPH ラジカル捕捉活性

96穴マイクロプレートに試験試料のエタノール溶液100 $\mu$ Lを入れた後、200 $\mu$ M DPPHエタノール溶液100 $\mu$ Lを添加し、マイクロプレートリーダーで520nmにおける吸光度を経時的に測定した。

#### ② リパーゼ阻害活性

BALB-DTNB法を用いて測定した。

#### ③ ヒアルロニダーゼ阻害活性

基質に hyaluronic acid potassium salt を用い、ヒアルロニダーゼを Compound 48/80 で活性化させ、生じた *N*-アセチルグルコサミン末端を Morgan-Elson 法で定量した。試料無添加時と添加時の定量値の差から阻害活性を算出した。

#### ④ チロシナーゼ阻害活性

基質に L-3-(3,4-dihydroxyphenyl)alanin を用い、チロシナーゼを作用させ、生じた dopachrome を比色定量した。試料無添加時と添加時の定量値の差から阻害活性を算出した。

### (3) 試料の大量抽出と精製

#### ① 試料

フキ (*Petasites japonicus*): 葉身が柔らかくてみずみずしく、えぐみが少なくて日持ちのよい特性を有する大阪府育成品種「大阪農技育成1号」をハウス抑制栽培作型の慣行法で栽培したものを試料とした。

葉ゴボウ (*Arctium lappa*): 大阪府で広く栽培されている「越前白茎」八尾在来系統の種子を9月に播種し、12月に地上部をいったん刈り取り、その後、新たに伸長したものを試料とした。

#### ② 大量抽出と精製

収穫した各試料の凍結乾燥物1kgをそれぞれスクリーニング時と同様に抽出を行った。抽出物を ODS (溶出溶媒: アセトニトリル-水系)、セファデックス LH-20 (溶出溶媒: アセトン-水系) などのゲルを用いて繰り返しカラムクロマトグラフィーを行った。化合物の精製度を薄層クロマトグラフィーおよび高速液体クロマトグラフィー (以下 HPLC と略す) でモニターしながら化合物の単離を行った。

#### (4) 単離化合物の構造解析

NMR、MS 等の機器分析を行い、化合物の構造決定を行った。

#### (5) ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity)

蛍光物質 fluorecein がペルオキシラジカルによって分解される速度を経時的に蛍光強度を測定して求めた。試料無添加時と添加時の蛍光強度減少の速度と時間の差から ORAC を算出した。

#### (6) 葉ゴボウ成分の HPLC による定量

乾燥試料を80%メタノールで抽出し、一定量に定容後、HPLCにてクロロゲン酸およびルチンの定量を行った。

#### HPLC 条件

カラム: Mightysil RP-18GP (5  $\mu$ m, 250  $\times$  4.6mm)

移動相: アセトニトリル-0.1%ギ酸水溶液  
検出波長: 327nm (クロロゲン酸)  
354nm (ルチン)

#### (7)フキ葉身の栄養成分分析

5月9日に収穫したフキを葉身と葉柄に分けて分析サンプルとした。測定項目は、五訂日本食品標準成分表に準じて、エネルギー、一般成分(水分、たんぱく質、脂質、炭水化物、灰分)、無機質(Na、K、Ca、Mg、P、Fe、Zn、Cu、Mn)、食物繊維(水溶性食物繊維、不溶性食物繊維、食物繊維総量)、ビタミン(カロテン、トコフェロール、アスコルビン酸、フィロキノン、ナイアシン、葉酸)の24項目とし、ハウレンソウを対照として比較した。また、12月14日、2月14日、6月27日に収穫したフキ葉身の成分含量も分析し、収穫時期別の変動も検討した。

#### (8)葉ゴボウのビタミン分析

2月19日、3月19日、4月10日に収穫した葉ゴボウを葉身、葉柄、根に分けて分析サンプルとし、五訂日本食品標準成分表の公定法に従い、カロテン、トコフェロール、アスコルビン酸を定量分析した。

#### (9)加熱調理

葉ゴボウの1枚の葉身を縦半分に分し、一方を未加熱試料、一方を加熱試料とした。加熱はラップに包み電子レンジで20秒加熱および沸騰水中で2分茹でる2種の方法で行った。未加熱葉身は切断後直ちに液体窒素で凍結し、すぐに凍結乾燥した。加熱後の葉身、ゆで汁も凍結乾燥を行い分析試料とした。クロロゲン酸およびルチンをHPLCで定量した。

### 4. 研究成果

#### (1)各種大阪産野菜のスクリーニング

##### ①DPPHラジカル捕捉活性

葉ゴボウの葉、水ナスの皮、フキの葉に活性が認められた。

##### ②リパーゼ阻害活性

水ナスの実と皮、葉ゴボウの葉、毛馬キュウリと勝間南瓜の種、イチジクの果皮に活性が認められた。

##### ③ヒアルロニダーゼ阻害活性

水ナスの皮、葉ゴボウの葉、フキの葉、勝間南瓜の実、イチジクの果皮と果実に活性が認められた。

##### ④チロシナーゼ阻害活性

イチジクの果皮と果実に活性が認められた。

以上のスクリーニング結果および試料の大量収集の可能性を考慮して、以後、フキお

よび葉ゴボウを機能性成分研究の対象とすることに決定した。

#### (2)フキの葉身成分の同定

強いヒアルロニダーゼ阻害活性およびDPPHラジカル捕捉活性を示したフキの葉身の酢酸エチル可溶部から14種の化合物を単離し、機器分析を行った。その結果、プロトカテキ酸、7種のカフェ酸関連化合物(カフェ酸、*O*-カフェオイルグリコール酸、3,5-ジ-*O*-カフェオイルキナ酸、3,5-ジ-*O*-カフェオイルキナ酸メチル、4,5-ジ-*O*-カフェオイルキナ酸メチル、3,4,5-トリ-*O*-カフェオイルキナ酸、フキノール酸)、6種のフラボノイド配糖体(ケルセチン 3-*O*-グルコシド、ケルセチン 3-*O*-(6-*O*-アセチル)-グルコシド、ケルセチン 3-*O*-(6-*O*-カフェオイル)-グルコシド、ケンフェロール 3-*O*-グルコシド、ケンフェロール 3-*O*-(6-*O*-アセチル)-グルコシド、ケンフェロール 3-*O*-(6-*O*-カフェオイル)-グルコシド)と同定した。

#### (3)葉ゴボウの成分の同定

強いDPPHラジカル捕捉活性を示した葉ゴボウの葉身の酢酸エチル可溶部およびブタノール可溶部から9種の化合物を単離し、機器分析を行った。その結果、4種のカフェ酸関連化合物(クロロゲン酸、5-*O*-カフェオイルキナ酸メチル、3,5-ジ-*O*-カフェオイルキナ酸、3,5-ジ-*O*-カフェオイルキナ酸メチル)と2種のフラボノイド配糖体(ルチン、ケンフェロール 3-*O*-ルチノシド)およびシリジン、ウリジン、チミジンと同定した。

#### (4)フキの葉身成分のヒアルロニダーゼ阻害活性

フキから単離した化合物のヒアルロニダーゼ阻害活性を測定したところ、3,4,5-トリ-*O*-カフェオイルキナ酸およびフキノール酸が0.4  $\mu$ mol/mLの濃度においても80%以上の強い阻害を示した。カフェオイルキナ酸では、分子内に3分子のカフェオイル基を有する3,4,5-トリ-*O*-カフェオイルキナ酸が0.4  $\mu$ mol/mLの濃度で95%の阻害を示すのに対し、3,5-ジ-*O*-カフェオイルキナ酸が同濃度で約20%、5-*O*-カフェオイルキナ酸(クロロゲン酸)で10%であったことから、カフェオイル基の数が阻害活性に関与していることが示唆された。

#### (5)フキおよび葉ゴボウの葉身から単離したフラボノイド配糖体およびカフェ酸関連化合物の抗酸化性

フキおよび葉ゴボウの葉身から単離した6種のフラボノイド配糖体およびそのアグリコンであるケンフェロール、ケルセチンと8種のカフェ酸関連化合物の抗酸化性をDPPH

ラジカル捕捉活性 (50%捕捉濃度 IC<sub>50</sub>) と ORAC で評価した。結果を表 1 に示す。

表 1 フラボノイドとカフェ酸関連化合物のラジカル捕捉活性

	DPPH ラジカル捕捉活性 [IC <sub>50</sub> μM]	ORAC [μM]
ケンフェロール(K)	34.1 ± 0.4	0.58 ± 0.1
K 3-O-グルコシド (Glc)	100<	0.54 ± 0.2
K 3-O-(6-アセチル)Glc	22.1 ± 0.7	0.39 ± 0.1
K 3-O-ルチノシド	100<	0.62 ± 0.2
ケルセチン(Q)	10.5 ± 0.0	0.65 ± 0.2
Q 3-O-グルコシド (Glc)	13.5 ± 0.4	0.55 ± 0.2
Q 3-O-(6-アセチル)Glc	8.6 ± 0.1	0.32 ± 0.1
Q 3-O-ルチノシド (ルチン)	13.6 ± 0.1	0.62 ± 0.2
カフェ酸	30.9 ± 0.6	1.14 ± 0.4
O-カフェオイルグリコール酸	63.0 ± 1.8	2.07 ± 0.3
クロロゲン酸	27.9 ± 0.5	0.61 ± 0.1
クロロゲン酸メチル	33.2 ± 0.2	0.73 ± 0.2
3,5-ジ-O-カフェオイルキナ酸 (CaQ)	21.3 ± 0.2	0.43 ± 0.1
3,4,5-トリ-O-CaQ	10.8 ± 0.3	0.38 ± 0.2
3,5-ジ-O-CaQ メチル	14.7 ± 0.2	0.37 ± 0.1
4,5-ジ-O-CaQ メチル	33.2 ± 0.5	0.98 ± 0.4
L-アスコルビン酸	25.5 ± 1.2	
Trolox	27.3 ± 1.2	1.72 ± 0.3

①フラボノイド配糖体では、ケンフェロールとその配糖体の活性を比較するとアグリコンのケンフェロールには DPPH ラジカル捕捉活性が認められたが 3 位の水酸基がグリコシド結合すると活性が消失したことから、3 位の水酸基が活性に関与していることが示唆された。

②ケルセチンおよびその配糖体の DPPH ラジカル捕捉活性はケンフェロールより活性が高く、その強さは同程度であった。したがってフラボノイド骨格の B 環のオルトジフェノール構造が活性に大きく寄与していることがわかり、ケルセチンの場合は 3 位の水酸基がフリーでもグリコシド結合していても大きな差は出なかった。

③ORAC 法では、ケンフェロールとその配糖体もケルセチンと同程度の ORAC を示した。

④カフェ酸関連化合物では、DPPH ラジカル捕捉活性、ORAC とともに分子内に存在するカフェ酸の数が活性に寄与していた。

⑤DPPH ラジカル捕捉活性と ORAC の相関性を検討したところ、ケンフェロール関連化合物では、相関性が認められなかったが、ケルセチン関連化合物では相関係数 0.926、カフェ酸関連化合物では相関係数 0.903 と比較的高い相関性を示した。これらの結果から 3,4-ジヒドロキシフェニル基を有する化合物では、DPPH ラジカル捕捉活性と ORAC のいずれ

か一方の測定で、他方の活性の強弱が予測できるものと考えられる。

## (6) 葉ゴボウに含まれる抗酸化成分の季節変動

### ①葉ゴボウの抗酸化性に寄与する成分

予備実験により、葉ゴボウ葉身の抗酸化性にクロロゲン酸とルチンが大きく寄与していたため、以後の実験ではこれらの 2 種の化合物を対象に定量を行うことにした。

### ②葉ゴボウ中のクロロゲン酸およびルチンの季節変動

図 1 に葉ゴボウの葉身、葉柄、根に含まれる乾燥重量あたりのクロロゲン酸量を示した。葉柄、根のクロロゲン酸量は少なく、季節変動もなかった。一方、葉身のクロロゲン酸が最も多く含まれており、葉柄と根の含量の 2 倍以上であった。食用とされていない一番刈の葉身には露地栽培と同程度の、採種用の葉身にはハウス栽培と同程度のクロロゲン酸が含まれていた。特に、3 月から 4 月にかけての含量が高かった。

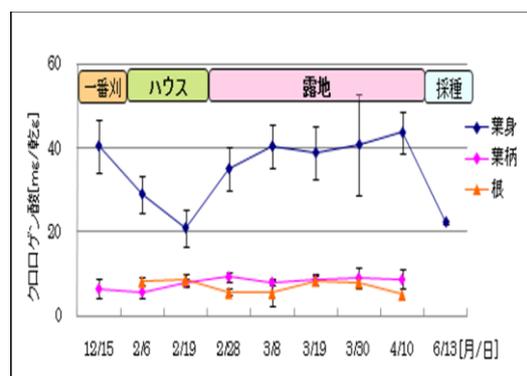


図 1 栽培作型、収穫時期の異なる葉ゴボウのクロロゲン酸量の比較

また、同じ日 (2/28) に収穫した異なる栽培作型で比較すると、露地栽培のほうがトンネル栽培の約 1.9 倍のクロロゲン酸が含まれていた。さらに、異なる系統間で比較すると、同じ日 (3/30、4/10) に収穫した葉身で比較すると、3 月 30 日、4 月 10 日収穫分ともに、「越前」系統よりも「八尾在来」系統の方がクロロゲン酸が多く含まれていた。

図 2 には葉身のルチン含量の季節変動を示した。葉柄、根にはほとんど検出されなかった。葉身中のルチン含量の変動はクロロゲン酸と同様の傾向を示した。

また、作型、系統間の違いもクロロゲン酸の場合と同様の傾向を示した。

### ③葉ゴボウ葉身の ORAC に対するクロロゲン酸およびルチン由来の ORAC の寄与率の季節変動

葉ゴボウ葉身が示す抗酸化力のひとつの指標である ORAC の季節変動、およびクロロゲン酸とルチン由来の ORAC の全体の ORAC に

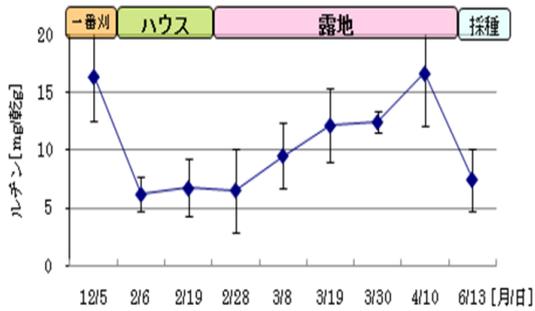


図2 栽培作型、収穫時期の異なる葉ゴボウ葉身のルチン量の比較

対する寄与率を図3に示した。

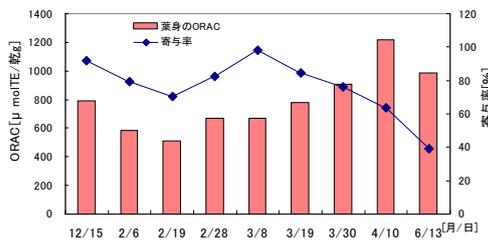


図3 葉ゴボウ葉身のORACに対するクロロゲン酸とルチンの寄与率の季節変動

葉身のORAC値に対するクロロゲン酸とルチンの寄与率と葉身のORAC値は、12月15日～2月19日にかけて共に低下した。そして、2月19日から3月8日にかけて、共に上昇した。しかし、葉身のORAC値は、3月8日から4月10にかけて増加しているのに対し、葉身のORAC値に対するクロロゲン酸とルチンの寄与率は低下し、6月13日の寄与率は最も低く、31.6%であった。

#### ④葉ゴボウ葉身の抗酸化力に寄与するクロロゲン酸とルチン以外の化合物の分析

ORAC値に対するクロロゲン酸とルチンの寄与率が一定でなかったことより、葉身の抽出物の定性分析をHPLCで行ったところ、3,5-ジ-*o*-カフェオイルキナ酸とケンフェロール3-*o*-ルチノシドのピークが3月以降の試料に増加しており、とくに6月13日の葉身では、ケンフェロール3-*o*-ルチノシドの含量が高くなっていたことから、これらの化合物が葉身のORACに寄与していることが示唆された。

#### (7)フキ葉身の栄養成分分析

5月9日に収穫したフキ葉柄100g当たりの栄養成分は、五訂日本食品標準成分表と同様な結果となった。一方、フキ葉身100g当たりのエネルギーは46kcal、水分85.2g、たんぱく質3.0g、脂質1.0g、炭水化物8.6g、灰分2.2g、Na150.0mg、K533.0mg、Ca201.0mg、Mg75.8mg、P53.9mg、Fe1.2mg、Zn0.29mg、Cu0.11mg、Mn0.32mg、水溶性食物繊維2.3mg、

不溶性食物繊維5.7mg、食物繊維総量8.0mg、β-カロテン8939μg、α-トコフェロール9.2mg、アスコルビン酸42.5mg、フィロキノ453μg、ナイアシン0.76mg、葉酸120μgで、水分を除いた23項目いずれにおいても、葉身の含量が葉柄より有意に高い結果となった。また、水分、K、Fe、Zn、葉酸はホウレンソウのそれぞれ0.92、0.77、0.60、0.41、0.57倍であったが、残りの19項目はいずれもホウレンソウの含量以上で、特に、Naはホウレンソウの9.4倍、Ca4.1倍、食物繊維総量2.9倍、β-カロテン2.1倍、α-トコフェロール4.4倍、フィロキノ2.0倍と極めて高い含量であった。収穫時期により成分含量に差は認められたが、いずれも高い含量で推移しており、フキ葉身は、ビタミン、無機質、食物繊維に富む食材としての利用が期待できることが明らかになった。

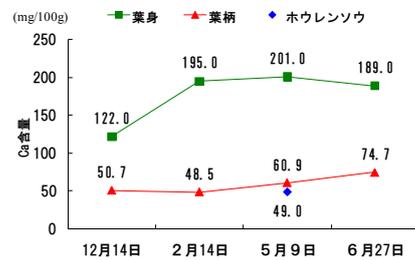


図4 フキ(葉身・葉柄)のCa含量の変動

#### (8)葉ゴボウのビタミン分析

3月19日に収穫した葉ゴボウの葉柄と根の100g当たりのビタミン含量は、それぞれβ-カロテンが144.4μg、0.0μg、α-トコフェロールが0.27mg、0.59mg、アスコルビン酸が7.7mg、5.4mgであった。一方、葉身100g当たりの含量は、β-カロテンが7141.1μg、α-トコフェロールが4.38mg、アスコルビン酸が141.9mgであり、いずれも極めて高濃度に含まれていた。また、季節的な変動は認められるが出荷全期間においてβ-カロテン7141.1~8126.8μg、α-トコフェロール3.91~5.02mg、アスコルビン酸82.9~141.9mgと高い濃度を維持しており、ビタミン豊富な食材であることが明らかになった。

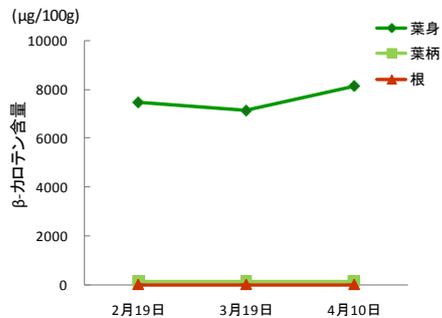


図5 葉ゴボウ(葉身・葉柄・根)のβ-カロテン含量の変動

(9)葉ゴボウ抗酸化成分の調理特性

葉ゴボウ葉身に含まれるクロロゲン酸とルチンの加熱調理前後の変化をHPLCにより分析した。電子レンジ加熱では、未加熱葉身に対する加熱葉身中のクロロゲン酸量は0.52~2.90倍、ルチンは0.64~0.90倍であり、有意差は認められなかった。また、ゆで加熱の場合、未加熱葉身に対する加熱葉身とゆで汁のクロロゲン酸量の和は、1.4~7.3倍、ルチンでは1.5~2.0倍となり、いずれも加熱後の含量が大きくなるという結果を得た。また、クロロゲン酸、ルチンの加熱後の分布は、およそ加熱後葉身：ゆで汁=1:1であった。

一方、クロロゲン酸水溶液を2分間加熱しても、加熱前後のクロロゲン酸量に変化はなかった。

本実験方法では、酸化酵素の影響、未加熱・加熱試料からの成分の抽出効率の影響を受けないように配慮したことから、葉ゴボウ葉身に含まれる抗酸化成分は、本実験条件下では安定であり、加熱後に抗酸化成分量が増加したという現象は、未加熱の状態では結合型であったクロロゲン酸やルチンが加熱によって遊離型に変化したことが原因である可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① Yuzuri Iwamoto, Breeding of Japanese butterbur (*Petasites japonicus*) by using flowerhead culture, Plant Biotechnology, 査読有、Vol. 26、2009、189-196
- ② Satoru Watanabe, Yuzuri Iwamoto (4 番目) 他 6 名, Radical scavenging activity and inhibition of macrophage NO production by fukinolic acid, a main constituent in Japanese butterbur (*Petasites japonicus*), Food Science and Technology Research, 査読有、Vol. 13、2007、366-371

[学会発表] (計5件)

- ① Hiroe Kikuzaki, Radical scavenging and hyaluronidase inhibitory activities of constituents in Japanese vegetables, *Arctium lappa* and *Petasites japonicus*, Italian-Japanese Joint Symposium, Natural products and functional foods - a satellite symposium of FITOMED 2008, 2008年6月28日、Salerno, Italy

- ② 岩本嗣、菊崎泰枝ら、葉ゴボウ (*Arctium lappa*) のルチンとクロロゲン酸含量、日本栄養食糧学会、2008年5月3日、女子栄養大学
- ③ 鈴木千代実、岩本嗣、菊崎泰枝、大阪産野菜「葉ごぼう」のラジカル捕捉活性について、日本家政学会関西支部、2007年10月13日、大阪市立大学
- ④ 岩本嗣、水耕栽培を用いたフキ培養シュートの簡易で効果的な発現法、日本育種学会、2007年9月22日、山形大学
- ⑤ 岩本嗣、フキ葉身の栄養成分分析、日本栄養食糧学会、2007年5月20日、国立京都国際会館

[その他]

ホームページ：大阪府報道発表資料

<http://www.pref.osaka.jp/fumin/html/18009.html> (2008年3月26日当時)

「春の訪れを伝える「八尾若ごぼう」に機能成分「ルチン」を発見!

報道関連情報

- ①産経新聞 2008年2月1日 朝刊  
「八尾若ごぼう」で健康に
- ②朝日新聞 2008年2月16日 大阪市内版  
「若ごぼう春来た」
- ③読売新聞 2008年2月29日 朝刊  
「八尾若ごぼう旬の味」

6. 研究組織

(1) 研究代表者

菊崎 泰枝 (KIKUZAKI HIROE)  
大阪市立大学・大学院生活科学研究科・准教授  
研究者番号：60291598

(2) 研究分担者

中谷 延二 (NAKATANI NOBUJI)  
放送大学・教養学部・教授  
研究者番号：10011941  
(H19→H20：連携研究者)  
岩本 嗣 (IWAMOTO YUZURI)  
新潟大学・農学部・准教授  
研究者番号：10333428  
(H19→H20：連携研究者)

(3) 連携研究者 なし