香酸カンキツ ‘新姫’ の全果実および部位別フラボノイド成分量

市ノ木山浩道^{1*}・前川哲男^{2a}・後藤正和³¹ 三重県農業研究所紀南果樹研究室 519-5202 南牟婁郡御浜町² 三重県農業研究所 515-2316 松阪市嬉野川北町³ 三重大学大学院生物資源学研究所 514-8507 津市栗真町屋町

Flavonoid Contents of Whole Fruit and Various Tissues of a New Acid Citrus, ‘Niihime’

Hiromichi Ichinokiyama^{1*}, Tetsuo Maegawa^{2a} and Masakazu Goto³¹ Kinan Fruits Tree Laboratory, Mie Prefecture Agricultural Research Institute, Mihama-cho, Minamimuro-gun, Mie 519-5202² Mie Prefecture Agricultural Research Institute, Matusaka, Mie 515-2316³ Graduate School of Bioresources, Mie University, Tsu, Mie 514-8507

Abstract

A new acid citrus, ‘Niihime’, Tachibana (*Citrus tachibana* Tanaka), and Shiikuwasha (*C. depressa* Hayata) were examined for flavonoid contents of the whole fruit and tissues (flavedo, albedo, vascular tissue, segment membrane, juice vesicle, and seed) at the maturing stage. Seven flavonoid substances, eriocitrin (ECR), narirutin (NRT), hesperidin (HSP), neoponcirin (NPNC), nobiletin (NBL), sinensetin (SNT) and tangeretin (TNG), were determined using HPLC analysis. The three acid citrus contained all flavonoid substances determined in the present study, except for no detection of ECR in Shiikuwasha. ‘Niihime’ contained more ECR, NRT, NPNC, and SNT than Tachibana and Shiikuwasha. Total contents of the seven flavonoids in the fruit of ‘Niihime’ were higher than in Tachibana. On the contrary, ‘Niihime’ contained significantly less NBL (65%) than Shiikuwasha, while it was similar to Tachibana. ‘Niihime’ contained significantly less TNG (30 and 24%, respectively) than Tachibana and Shiikuwasha. Flavonoid contents in individual fruit parts of ‘Niihime’ were as follows: ECR, SNT, NBL, and TNG were highest in the flavedo, NRT and NPNC were highest in vascular tissue, and HSP was highest in vascular tissue and the albedo.

Key Words : flavanone, fruit tissues, matured fruit, polymethoxylated flavone**キーワード :** フラバノン, 果実部位, ポリメトキシフラボン, 成熟果実

緒 言

我が国においては、食習慣の乱れによる生活習慣病の増加が問題となってきた。例えば、糖尿病は様々な合併症を引き起こす原因で、年齢とともに有病率が増加する疾病とされ、食生活などによる予防の重要性が指摘されている(間苧谷・田中, 2003)。また、高齢化社会の到来により生活習慣病に対しては、日常の食生活の中で発病を予防する動きが活発化してきている(荒井, 1999)。

カンキツ類は、フラボノイド、カロチノイド、クマリン、テルペン、リモノイドなどの機能性成分を多く含有している(野方, 2005)。フラボノイド類のヘスペリジンやナリンギンには、癌細胞のアポトーシス誘導作用(Kanno ら, 2003)や脂質代謝の改善作用(Kim ら, 2003)、タンゲレチンやノ

ビレチンには癌細胞の浸潤・転移抑制作用(Bracke ら, 1994; Minagawa ら, 2001)、血漿 VLDL (very low density lipoprotein) 濃度の低下作用(Manthey, 2000)、および関節リウマチや関節破壊症に関与するマトリックスメタロプロテアーゼ産生阻害作用(Ishiwa ら, 2000)のあることが報告されている。これら機能性成分をカンキツ生産の活性化につなげようという動きもある(久保ら, 1989; 松田ら, 1991; 隅田ら, 1999; Tanaka ら, 1998; 矢野, 1999)。例えば、沖縄県特産のシクワサー (*C. depressa* Hayata) には、ポリメトキシフラボンであるノビレチン含量が高く抗腫瘍形成や抗腫瘍作用が認められること(Murakami ら, 2000; Sato ら, 2002)により、栽培農家の活性化に結びついている(太田, 2004)。また、和歌山県特産の‘じゃばら’ (*C. Jabara* Tanaka) も、花粉症の症状を緩和する効果のあるナリルチン含量が高いことから、生産地の振興に大きく貢献している(木村ら, 2003; 中地, 2003)。

三重県では、1997年に品種登録された香酸カンキツ‘新姫’や三重県鳥羽市で「市の木」に指定されているタチバ

2011年6月13日 受付。2012年2月14日 受理。

* Corresponding author. E-mail: ichinh00@pref.mie.jp

^a 現在: NPO 法人東海地域生物系先端技術研究会

ナ (*C. tachibana* Tanaka) が嗜好性に優れ生食用や果汁飲料用として栽培面積も年々増加しており、地域特産カンキツとして期待が高まっている。これまで、タチバナ果実のフラボノイド含量については、野方 (2005) が 45 種類のカンキツを比較調査し、タチバナはエリオシトリン、ナリルチン、ヘスペリジン、ネオボンシリン、ディオスミン、ネオディオスミン、シネセチン、ノビレチンおよびタンゲレチンを豊富に含むことを報告している。従って、タチバナの類縁と考えられている‘新姫’ (財団法人 農産業振興奨励会, 1992) についても、タチバナと同様に機能性成分であるフラボノイドを多く含有することが期待される。Miyake (2006) は、‘新姫’果実の果皮と果汁中のフラボノイド成分を分析した結果、果皮にエリオシトリン、ナリルチン、ヘスペリジン、ナリンギン、ノビレチンおよびタンゲレチンを多く含有すると報告している。果汁商品としての利用が考えられる‘新姫’には果皮の有効利用も必要となるため、果皮の部位別フラボノイド含量や、搾汁後の残渣となる果肉部分の部位別含量など、詳細な検討が求められている。そこで本研究では、三重県で特産化されてきている香酸カンキツ‘新姫’の機能性成分であるフラボノイド含量をフラベド、アルベド、維管束、じょうのう膜、砂じょうおよび種子別に明らかにし、類似カンキツ類であるシクワーサー、タチバナと比較検討した。

材料および方法

1. 供試材料

三重県科学技術振興センター農業研究部 (紀南果樹研究室) の実験圃場内で栽培されている‘新姫’、シクワーサーおよび当地域の“花の窟神社” (三重県熊野市) に自生するタチバナの成熟果実を供試した。‘新姫’およびタチバナは 2005 年 1 月 5 日、シクワーサーは 2005 年 1 月 11 日に採取した。‘新姫’とシクワーサーは 3 樹から 1 樹当たり 5 果を採取し、タチバナは 2 樹から 15 果を採取し、それぞれ 5 果を一群として 3 反復で分析に供試した。

採取した果実サンプルは水洗後、果皮部と果肉部に分離し、さらにフラベド、アルベド、維管束、じょうのう膜、砂じょうおよび種子に分離し、直ちにナイロンバックに密封して分析に供試するまで -70°C で凍結保存した。

2. サンプル調製

分析用サンプルは、分析直前に凍結乾燥 (東京理化, EYELAFD-1000) した後、コーヒーマル (IWATANI-1000) で粉碎して供試した。粉碎サンプルからの抽出は、Kawai (1999) の方法に従って行った。まず、粉碎サンプル 100 mg を蓋付き試験管に秤量し、抽出溶媒 1 mL [メタノール: ジメチルスルホキシド (1:1, v/v)] を加え、超音波 (Yamato, BRANSON 3200) 処理しながら室温で 10 分間抽出した。その後、遠心分離 (12,000 rpm, 15 min) して上清を回収した。沈殿に抽出溶媒 1 mL を加え、上清を回収する操作を 3 回繰り返して、5 mL 容メスフラスコに定容した後、メンブランフ

ルター (孔径 $0.2\ \mu\text{m}$) で濾過して分析に供した。

3. 供試試薬および HPLC 分析条件

エリオシトリン (ECR), ナリルチン (NRT), ヘスペリジン (HSP), ネオボンシリン (NPNC) およびシネセチン (SNT) の標品として市販されている純品 (フナコシ) を用い、ノビレチン (NBL) とタンゲレチン (TNG) の標品は、(独) 農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所カンキツ研究興津拠点から提供されたものを供試した。

各フラボノイド成分は、高速液体クロマトグラフ法に従って分離同定し、フラバノン は $285\ \text{nm}$, ポリメトキシフラボンは $360\ \text{nm}$ の吸収スペクトルを記録して定量した (Vandercook・Tisserat, 1989)。すなわち、TSK-GEL SUPER ODS カラム ($\phi 4.6\ \text{mm} \times 50\ \text{mm}$) を装着した高速液体クロマトグラフ (島津製作所, LC-10 システム, フォトダイオードアレイ検出器) を用い、カラムオーブン温度 40°C , 移動相の流速 $1\ \text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$ とし、2 ステップもしくは 3 ステップによる 2 液グラジエント法 (A 液: $10\ \text{mM}$ リン酸, B 液: メタノール) によって分離した。エリオシトリン、ナリルチンおよびヘスペリジンのサンプル注入量は $4\ \mu\text{L}$ とし、分離条件は (1) 0–50 分: 20–80% A 液, (2) 50–60 分: 100–0% A 液とした。シネセチン、ノビレチン、タンゲレチンおよびネオボンシリンのサンプル注入量は $10\ \mu\text{L}$ とし、分離条件は (1) 0–20 分: 30–70% A 液, (2) 20–30 分: 60–40% A 液, (3) 30–40 分: 100–0% A 液とした。得られたデータは分散分析を行い、必要に応じて Tukey 法により多重検定を行った。

結 果

‘新姫’、タチバナおよびシクワーサーの新鮮重と乾物重の部位別構成割合を第 1 表に示した。新鮮重は、どの種・品種でも砂じょうの割合が最も高かった。‘新姫’では、砂じょうの次にフラベドの割合が高くアルベド、維管束の重量割合は低かった。乾物重は新鮮重と比較して、どの種・品種でも砂じょうの割合が低くなり、種子の割合が高くなった。

‘新姫’、タチバナおよびシクワーサーのフラボノイド含量を第 2 表に示した。7 種類のフラボノイド成分は、シクワーサーのエリオシトリンを除き、供試したすべてのカンキツで検出され、各フラボノイド成分含量の種・品種間に有意差が認められた。すなわち、‘新姫’はタチバナよりもエリオシトリン、ナリルチン、ヘスペリジン、ネオボンシリン、シネセチンおよび総フラボノイド含量が高く、ノビレチン含量に有意差は認められず、タンゲレチン含量は低かった。また、‘新姫’はシクワーサーよりもエリオシトリン、ナリルチン、ネオボンシリンおよびシネセチン含量が高く、ヘスペリジン含量に有意差は認められず、ノビレチンとタンゲレチン含量は低かった。フラボノイド成分別では、ヘスペリジン含量がエリオシトリン、ナリルチン、ネオボンシリン、シネセチン、ノビレチンおよびタンゲレチンの各含量よりも高いことが、供試したすべてのカンキ

第1表 3種の香酸カンキツにおける成熟果実の部位別重量

調査部位	部位別重量 (生果)						部位別重量 (乾物)					
	新姫 (g)		タチバナ (g)		シクワサー (g)		新姫 (g)		タチバナ (g)		シクワサー (g)	
フラベド	2.9 b ^z	(14.2) ^x	1.9 b ^z	(12.1)	1.8 b ^z	(15.0)	0.7 bc ^y	(17.8)	0.5 d ^y	(12.3)	0.6 bc ^y	(17.3)
アルベド	0.6 d	(2.9)	0.3 c	(1.9)	0.2 b	(2.0)	0.2 de	(4.8)	0.1 e	(2.2)	0.1 c	(2.6)
維管束	0.4 d	(2.1)	0.3 c	(1.7)	0.4 b	(3.2)	0.1 e	(3.6)	0.1 e	(2.3)	0.1 c	(4.3)
じょうのう膜	1.9 c	(9.4)	2.6 b	(16.4)	1.4 b	(10.9)	0.5 cd	(13.5)	0.8 cd	(19.3)	0.5 c	(13.2)
砂じょう	12.6 a	(62.7)	7.9 a	(50.1)	7.2 a	(57.4)	1.4 a	(36.3)	1.0 b	(24.0)	1.2 a	(34.4)
種子	1.8 c	(8.7)	2.8 b	(17.8)	1.4 b	(11.5)	0.9 b	(24.0)	1.7 a	(39.9)	1.0 ab	(28.2)
全体重量	20.2	(100)	15.7	(100)	12.5	(100)	3.9	(100)	4.2	(100)	3.5	(100)

^{z,y} 同一列の異なる符号間に有意差有り (Tukey, ^z 1%水準, ^y 5%水準)^x 括弧内の数値は果実重に対する構成割合 (%) を示す

第2表 3種の香酸カンキツにおける成熟期の乾燥果実に含まれるフラボノイド含量

種・品種	フラボノイド含量 ^z (μg・100 mg ⁻¹ dry weight)							
	ECR ^y	NRT ^y	HSP ^y	NPNC ^y	SNT ^y	NBL ^y	TNG ^y	総量
新姫	124.7 a ^w	99.3 a ^w	1273.8 a ^w	63.9 a ^w	42.3 a ^w	86.8 b ^x	30.4 b ^w	1721.2 a ^x
タチバナ	23.1 b	49.9 b	671.0 b	34.3 b	11.2 b	95.7 ab	90.1 a	975.2 b
シクワサー	0.0	17.7 c	1188.6 a	11.5 c	15.5 b	133.1 a	125.5 a	1491.8 a

^z 果実の部位別フラボノイド濃度に部位別乾燥重量割合を乗じて算出した^y ECR ; エリオシトリン, NRT ; ナリルチン, HSP ; ヘスペリジン, NPNC ; ネオポンシリン, SNT ; シネセチン, NBL ; ノビレチン, TNG ; タンゲレチン^{w,x} 同一列の異なる符号間に有意差有り (Tukey, ^w 1%水準, ^x 5%水準)

第3表 3種の香酸カンキツにおける成熟果実の部位別フラボノイド含量

種・品種	調査部位	フラボノイド含量 (μg・100 mg ⁻¹ dry weight)													
		ERC ^z		NRT ^z		HSP ^z		NPNC ^z		SNT ^z		NBL ^z		TNG ^z	
新姫	フラベド	422 a ^y	(61.3) ^w	5 d ^x	(0.9)	1895 c ^x	(26.8)	29 c ^y	(8.3)	223 a ^x	(93.7)	455 a ^x	(93.4)	157 a ^x	(92.5)
	アルベド	383 a	(15.0)	223 c	(10.5)	6562 a	(24.6)	293 b	(20.6)	55 b	(6.3)	108 b	(6.1)	42 b	(6.8)
	維管束	57 c	(1.6)	919 a	(33.2)	5709 b	(16.1)	577 a	(32.4)	0	(0)	0	(0)	2 c	(0.3)
	じょうのう膜	160 b	(17.5)	406 b	(55.4)	2042 c	(21.8)	183 b	(38.7)	0	(0)	3 c	(0.5)	1 c	(0.4)
	砂じょう	16 c	(4.6)	0	(0)	375 d	(10.7)	0	(0)	0	(0)	0	(0)	0	(0)
	種子	0	(0)	0	(0)	0	(0)	0	(0)	0	(0)	0	(0)	0	(0)
タチバナ	フラベド	180 a ^x	(95.8)	0	(0)	998 c ^y	(18.2)	20 c ^x	(7.2)	88 a ^x	(96.5)	748 a ^y	(96.0)	700 a ^y	(95.3)
	アルベド	45 b	(4.2)	85 c ^y	(3.7)	4158 b	(13.5)	73 bc	(4.6)	18 b	(3.5)	165 b	(3.8)	184 b	(4.5)
	維管束	0	(0)	456 a	(21.6)	5418 a	(19.0)	365 a	(25.2)	0	(0)	8 c	(0.2)	8 c	(0.2)
	じょうのう膜	0	(0)	193 b	(74.7)	1249 c	(35.9)	112 b	(63.0)	0	(0)	0	(0)	0	(0)
	砂じょう	0	(0)	0	(0)	386 d	(13.4)	0	(0)	0	(0)	0	(0)	0	(0)
	種子	0	(0)	0	(0)	0	(0)	0	(0)	0	(0)	0	(0)	0	(0)
シクワサー	フラベド	0	(0)	0	(0)	1772 c ^x	(25.7)	0	(0)	29 a ^x	(97.1)	387 a ^x	(96.8)	242 a ^x	(96.2)
	アルベド	0	(0)	18 c ^x	(2.7)	5153 b	(11.5)	0	(0)	18 b	(2.9)	240 b	(3.2)	162 b	(3.8)
	維管束	0	(0)	200 a	(48.5)	7828 a	(28.2)	116 a ^x	(41.9)	0	(0)	0	(0)	0	(0)
	じょうのう膜	0	(0)	65 b	(48.8)	2107 c	(23.3)	52 b	(58.1)	0	(0)	0	(0)	0	(0)
	砂じょう	0	(0)	0	(0)	391 d	(11.3)	0	(0)	0	(0)	0	(0)	0	(0)
	種子	0	(0)	0	(0)	0	(0)	0	(0)	0	(0)	0	(0)	0	(0)

^z ECR ; エリオシトリン, NRT ; ナリルチン, HSP ; ヘスペリジン, NPNC ; ネオポンシリン, SNT ; シネセチン, NBL ; ノビレチン, TNG ; タンゲレチン^{x,y} 同一列の異なる符号間に同一品種の部位間で有意差有り (Tukey, ^x 1%水準, ^y 5%水準)^w 括弧内の数値は各フラボノイド成分の部位別割合 (%)

ツにおいて認められた。

‘新姫’、タチバナおよびシクワサーの部位別フラボノイド含量を第3表に示した。各フラボノイド成分含量には、部位間で有意差が認められた。‘新姫’では、エリオシトリン含量はフラベドとアルベドで最も高く、次いでじょうのう膜で高く、維管束と砂じょうにも認められた。タチバナではフラベドで高く、アルベドでも検出された。なお、フラベドでの含量は‘新姫’のおよそ43%であった。一方、シクワサーでは全く検出されなかった。‘新姫’のナリルチン含量は維管束、じょうのう膜、アルベドの順に高く、

うのう膜で高く、維管束と砂じょうにも認められた。タチバナではフラベドで高く、アルベドでも検出された。なお、フラベドでの含量は‘新姫’のおよそ43%であった。一方、シクワサーでは全く検出されなかった。‘新姫’のナリルチン含量は維管束、じょうのう膜、アルベドの順に高く、

フラベドでも検出された。タチバナとシクワーサーでも維管束、じょうのう膜、アルベドの順に高く、その他の部位では検出されなかった。ヘスペリジンは、供試したすべてのカンキツで最も多く含まれるフラボノイド成分で、種子以外の部位で検出された。‘新姫’はアルベド、維管束、じょうのう膜の順に含有量が強く、砂じょうでも検出された。また、タチバナとシクワーサーでも維管束、アルベド、じょうのう膜、砂じょうの順に含有量が高かった。ネオポンシリンは、‘新姫’では維管束、アルベド、じょうのう膜、フラベドの順に高かった。なお、シクワーサーでは、フラベドおよびアルベドで検出されなかった。シネセチン、ノビレチンおよびタンゲレチンは、供試したすべてのカンキツのフラベドとアルベドで検出され、いずれもフラベドに多く含有されていた。

考 察

野方(2005)は、成熟果実をフラベド、アルベド、じょうのう膜、果肉に分画して調査し、本研究で調査対象としたフラボノイド成分についてタチバナでは、エリオシトリン、ナリルチン、ヘスペリジン、シネセチン、ノビレチン、タンゲレチンがフラベドに多く、アルベドでも検出されること、ヘスペリジンとシネセチンはアルベドで最も高かったことを報告している。また、シクワーサーでも、各フラボノイドの部位別分布パターンは、タチバナと同様の傾向であることを報告している。本研究では‘新姫’、タチバナおよびシクワーサーとも、各フラボノイド成分が分布する主要な組織・器官はほぼ同様の傾向を示し、エリオシトリン、シネセチン、ノビレチン、タンゲレチン含量はフラベドで最も高く、ナリルチンとネオポンシリン含量は維管束で最も高く、ヘスペリジンは維管束とアルベドで最も高かった。これは、野方(2005)が維管束とアルベドを同一分画として分析したことを考慮すれば、ほぼ一致する。また、Miyake(2006)は、‘新姫’の抗酸化活性はシクワーサーより有意に高く、その理由としてエリオシトリン含有量が高いことと関係していると報告している。本研究においても、‘新姫’にはエリオシトリンが多く含まれることが認められた。

一方、野方(2005)によれば、タチバナ生果実100g当たりのエリオシトリン、ナリルチン、ヘスペリジン、ネオポンシリン、シネセチン、ノビレチン、タンゲレチン含量はそれぞれ9.1, 6.1, 328, 2.6, 6.5, 54.3, 42 mg, シクワーサーではそれぞれ2, 6, 411, 3.2, 1.8, 30.3, 18 mgであった。例えば、ヘスペリジンを例とした場合、本研究で得られたタチバナとシクワーサー果実の乾物部位別フラボノイド濃度から部位別の新鮮部分に含まれるフラボノイド含量を算出し、さらに部位別新鮮重量割合を乗じて算出した生果実100g当たりのヘスペリジン含量は、それぞれ166.8 mgと274.8 mgであり、野方(2005)の分析値328 mgと411 mgよりも顕著に低かった。また、本研究に供したタ

チバナのエリオシトリン、シネセチン、ノビレチン、タンゲレチン含量は、野方(2005)の分析値のそれぞれ63%, 43%, 44%, 53%であった。一方、シクワーサーのナリルチン、シネセチン、タンゲレチンは、野方(2005)の分析値のそれぞれ76%, 200%, 160%であり、ノビレチンはほぼ同じ含量であった。含有成分が様々な要因によって変動することは、一般に見られる現象である。例えば、シクワーサーについては多くの系統が報告されており、果皮に含まれるフラボノイド含量にも差が見られる(寺本(稲福)ら, 2010)。このように、本研究結果と野方(2005)のフラボノイド成分含量の違いについても、系統間差異(Kawaiiら, 1999)、成熟に伴う変化(土田ら, 1996)、産地間差異、地形・日当たり条件などに起因する個体間差などが影響した結果と推察された。また、Miyake(2006)は、‘新姫’のフラボノイド成分の抽出条件を吟味した結果、5分間抽出では60分間抽出の収率の50%に止まると報告している。すなわち、野方(2005)の分析と本研究での分析における抽出溶媒は、いずれもメタノール:ジメチルスルホキシド(1:1, v/v)で同一であったが、抽出時間は、本研究で採用した室温10分×3回に対して、野方(2005)は室温12時間であった。このような抽出時間の違いもフラボノイド成分の分析値に影響したと考えられる。

これらフラボノイドに焦点を当てた機能性食品の開発においては、料理用生食の他、果汁製造法も重要な課題と思われる。‘新姫’は、本来じょうのう膜や果肉を摂取する生食用よりも、果汁製造用としての用途の可能性が高い。アルベドやフラベドに多く含まれるノビレチンやタンゲレチンは、果実に十分圧力をかけないと抽出できない。‘新姫’のフラボノイド成分の抽出には熱水抽出が有効であるとの報告もあり(Miyake, 2006)、これら加圧方法や抽出方法の違いとフラボノイド成分の果汁への移行率については、今後検討される必要がある。

以上のように、‘新姫’はタチバナやシクワーサーよりもエリオシトリン、ナリルチン、ネオポンシリン、シネセチンを多く含有し、これらフラボノイド成分はフラベド、じょうのう膜、維管束に多く分布することが認められた。

摘 要

香酸カンキツ‘新姫’、タチバナ(*C. tachibana* Tanaka)、シクワーサー(*C. depressa* Hayata)成熟果実のフラボノイド含量をフラベド、アルベド、維管束、じょうのう膜、砂じょうおよび種子に分別して比較検討した。フラボノイドは高速液体クロマトグラフ法に従って分離同定し、エリオシトリン、ナリルチン、ヘスペリジン、ネオポンシリン、シネセチン、ノビレチン、タンゲレチンを分析定量した。その結果、7種類のフラボノイド成分の含量は、種・品種間および部位間で有意差が認められた。‘新姫’は、シクワーサーとタチバナよりもエリオシトリン、ナリルチン、ネオポンシリン、シネセチンの各含量が高かった。また、7

種類のフラボノイド含量の総和は、タチバナより高かった。一方、ノビレチン含量はシクワサーの 65%と有意に低く、タチバナと同程度であった。タンゲレチン含量は、タチバナとシクワサーのそれぞれ 30%, 24%と有意に低かった。‘新姫’果実の部位別のフラボノイド含有量は、エリオシトリン、シネセチン、ノビレチンおよびタンゲレチンがフラベドで最も高く、ナリルチンとネオポンシリンが維管束で最も高く、ヘスペリジンが維管束とアルベドで最も高かった。

謝 辞 本研究の遂行に当たり、特に統計処理法をご指導賜りました三重県農業大学校坂本 登教授に深く感謝申し上げます。また、本研究は‘アグリビジネス化支援研究開発事業’ (2004～2006 年) として実施したことを記して、感謝いたします。

引用文献

- 荒井綜一. 1999. 食品の機能の研究と実践 現状および未来像. 農及園. 74: 221–225.
- Bracke, M. E., E. A. Bruyneel, S. J. Vermeulen, K. Vennekens, V. Marck and M. M. Mareel. 1994. Citrus flavonoid effect on tumor invasion and metastasis. Food Technol. 48: 121–124.
- Ishiwa, J., T. Sato, Y. Mimaki, Y. Sashida, M. Yano and A. Ito. 2000. A citrus flavonoid, nobiletin, suppresses production and gene expression of matrix metalloproteinase 9/gelatinase B in rabbit synovial fibroblasts. J. Rheumatol. 27: 20–25.
- Kanno, S., A. Shouji, K. Asou and M. Ishikawa. 2003. Effects of naringin on hydrogen peroxide-induced cytotoxicity and apoptosis in P388 cells. J. Pharmacol. Sci. 92: 166–170.
- Kawaii, S., Y. Tomono, E. Katase, K. Ogawa and M. Yano. 1999. Quantitation of flavonoid constituents in citrus fruits. J. Agric. Food Chem. 47: 3565–3571.
- Kim, H. K., T. S. Jeong, M. K. Lee, Y. B. Park and M. S. Choi. 2003. Lipid-lowering efficacy of hesperetin metabolites in high-cholesterol fed rats. Clin. Chim. Acta 327: 129–137.
- 木村美和子・山西妃早子・尾崎嘉彦・実宝智子. 2003. カンキツ果実の脱顆粒抑制作用の探索. 和歌山県工業技術センター研究報告. 2003: 1–2.
- 久保道徳・矢野眞紀・松田秀秋. 1989. 柑橘類果実の薬理学的研究. (第1報) ウンシュウミカン果実の抗アレルギー作用 その1. 薬学雑誌. 109: 835–842.
- Manthey, J. A. 2000. Biological properties of flavonoids pertaining to inflammation. Microcirculation 7: S29–S34.
- 間亭谷 徹・田中敬一. 2003. くだものはたらき. p. 40–92. 日本園芸農業共同組合連合会. 東京.
- 松田秀秋・矢野眞紀・久保道徳・飯沼昭和・大山雅義・水野瑞夫. 1991. 柑橘類果実の薬理学的研究 (第2報) ウンシュウミカン果実の抗アレルギー作用 その2 フラボノイド成分について. 薬学雑誌. 111: 193–198.
- Minagawa, A., Y. Otani, T. Kubota, N. Wada, T. Furukawa, K. Kumai, K. Kameyama, Y. Okada, M. Fujii, M. Yano, T. Sato, A. Ito and M. Kitajima. 2001. The citrus flavonoid, nobiletin, inhibits peritoneal dissemination of human gastric carcinoma in SCID mice. Jpn J Cancer Res. 92: 1322–1328.
- Miyake, Y. 2006. Characteristics of flavonoids in Niihime fruit—a new sour citrus fruit. Food Sci. Technol. Res. 12: 186–193.
- Murakami, A., Y. Nakamura, K. Torikai, T. Tanaka, T. Koshiba, K. Koshimizu, S. Kuwahara, Y. Takahashi, K. Ogawa, M. Yano, H. Tokuda, H. Nishino, Y. Mimaki, Y. Sashida, S. Kitanaka and H. Ohigashi. 2000. Inhibitory effect of citrus nobiletin on phorbol ester-induced skin inflammation, oxidative stress, and tumor promotion in mice. Cancer Res. 60: 5059–5066.
- 中地克之. 2003. 香酸カンキツの最新情報を探る 筏下りと共に北山村の活性化を支える柑橘「ジャバラ」. 果実日本. 58: 22–25.
- 野方洋一. 2005. カンキツ果実の機能性成分の検索とその有効利用に関する研究. 近畿中国四国農研報. 5: 19–84.
- 太田英明. 2004. 地域特産物の生理機能性・活用便覧. p. 490–495. サイエンスフォーラム. 東京.
- Sato, T., L. Koike, Y. Miyata, M. Hirata, Y. Mimaki, Y. Sashida, M. Yano and A. Ito. 2002. Inhibition of activator polymethoxy flavonoid, results in augmentation of tissue inhibitor of metalloproteinases-1 production and suppression of production of matrix metalloproteinases-1 and -9 in human fibrosarcoma HT-1080 cells. Cancer Res. 62: 1025–1029.
- 隅田孝司・東 誠広・小川浩史・田中卓二. 1999. 温州ミカン果汁のβ-クリプトキサンチン高含有粉末によるアゾキシメタン誘発ラットの大腸ガン前駆病変抑制. 食料工誌. 46: 473–479.
- Tanaka, T., K. Kawabata, M. Kakumoto, K. Matsunaga, H. Mori, A. Murakami, W. Kuki, Y. Takahashi, H. Yonei, K. Satoh, A. Hara, M. Maeda, T. Ota, S. Odashima, K. Koshimizu and H. Ohigashi. 1998. Chemoprevention of 4-nitroquinoline 1-oxide-induced oral carcinogenesis by citrus auraptene in rats. Carcinogenesis 19: 425–431.
- 寺本 (稲福) さゆり・山本雅史・金城秀安・北島 宣・和田浩二・川満芳信. 2010. 沖縄本島北部のカンキツ遺伝資源およびそのポリメトキシフラボン含量. 園学研. 9: 263–271.
- 土田貴志・山本知枝・山本恵一・人見信之・小坂 昇・鹿野英士・岡野正道・小松かつ子・難波恒雄. 1996. 柑橘類生薬の基源と品質に関する研究 (第1報) Citrus属 5 種の果皮の成分及び組織形態の成熟に伴う変化. 生薬学雑誌. 50: 114–127.
- Vandercook, C. E. and B. Tisserat. 1989. Flavonoid changes in developing lemons grown in vivo and in vitro. Phytochemistry 28: 799–803.
- 矢野昌充. 1999. 果実類の生理機能. 農及園. 74: 113–118.
- 財団法人 農産業振興奨励会. 1992. 平成2・3年度新果樹探索調査委託事業報告書. 189–200.