

# 琉球大学学術リポジトリ

## 沖縄本島におけるシークワーサー遺伝資源; クガニー類 (*Citrus depressa* Hayata) の機能性成分

メタデータ	言語: 出版者: 沖縄農業研究会 公開日: 2013-01-24 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 寺本(稲福), さゆり, 住, 秀和, 金城, 秀安, 川満, 芳信, Inafuku-Teramoto, Sayuri, SUMI, Hidekazu, KINJYO, Hideyasu, KAWAMITSU, Yoshinobu メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/0002016310">http://hdl.handle.net/20.500.12000/0002016310</a>

## 沖縄本島におけるシークワサー遺伝資源； クガニー類 (*Citrus depressa* Hayata) の機能性成分

寺本 (稲福) さゆり・住 秀和<sup>1)</sup>・金城 秀安<sup>2)</sup>・川 満 芳 信

(琉球大学農学部, <sup>1)</sup> 大宜味村シークワサー振興室, <sup>2)</sup> 沖縄県北部農林水産振興センター)

Sayuri Inafuku-Teramoto, Hidekazu SUMI, Hideyasu KINJYO and  
Yoshinobu KAWAMITSU: The local Genetic Resource of Shiikuwasha (*C. depressa* Hayata);  
Functional Components of Kuganii cultivated in Okinawa Island.

### 要 約

琉球列島には多くのシークワサー遺伝資源が古くより栽培され、残されている。クガニーとは、これらのうちで果実形質の優良なシークワサー (*C. depressa* Hayata) 系統の総称であり、沖縄県で栽培される主要品種である。これらのうち、特に著名な4種のクガニーの品種 (大宜味クガニー、勝山クガニー、カーアチー、伊豆味クガニー) について、フラボノイド類、フェネチルアミン類、香気成分といった機能性成分を分析し、品種間差の調査を行なった。ポリメトキシフラボノイド類 (PMFs) のノビレチンはすべてのクガニーで高く、タンゲレチン、シネセチンとあわせて3種類のPMFsが未熟果皮に多く含まれていた。フェネチルアミンのシネフリンは、PMFs同様に未熟果皮に多く含まれていた。一方、香気成分とフラバノン類については、伊豆味クガニーにおいて他のクガニーには含まれない1, 8-シネオールやネオヘスペリジンといった成分が多く含まれていた。品種間差異は特に香気成分において大きく現れる傾向があり、最も主要な経済栽培品種となっている大宜味クガニーと勝山クガニーとの差は小さかった。これらの結果をもとに、沖縄独自の貴重な地方資源として、今後クガニー品種毎の特

性を活かした加工品開発の進展が期待される。

### 緒 言

シークワサー (*C. depressa* Hayata) は、代表的な沖縄独自の在来カンキツであり、広く東南アジア地域に分布が知られている (高原, 2000; 田中, 1957)。沖縄はシークワサーの原産地と言われており、在来タチバナを含め、自生の小果マンダリン類が、奄美諸島から本島北部地域 (石畑ら, 1997; 金城, 2000; 金城, 2007; 松本, 1986; 中野ら, 2001; 根角ら, 1996; 山本ら, 2006, 2008a; 寺本ら, 2010a)、さらに先島諸島地域全体 (寺本ら, 2010b) にひろく分布している。また、シークワサーは、健康増進効果のあるノビレチンを代表とする機能性成分のポリメトキシフラボン類やヘスペリジンに代表されるフラバノン類が豊富に含まれていることがわかっており (Nogata et al., 2006; 住ら, 2008; 吉岡ら, 2001; 和田ら, 2006; 山本ら, 2008b)、さまざまな自生種、栽培種のシークワサーが沖縄本島北部地域を中心に栽培され、作付面積、収穫量ともに増大し続けている。産地では、特に果実が大きく、熟した時の食味が良い系統を昔から「クガニー」と称して区分してきており、田中 (1948) によ

る日本柑橘図譜には、既に *C. depressa* Hayata var. *kuganii* の記載が見られる。現在、新規作付けはほとんどがクガニー類となってきている。クガニーは、それぞれ産地により通称となっている大宜味クガニー、勝山クガニー、カーアチー（カーアチーについてはクガニーの名称がつけられていないが、優良系統であることからこれをクガニーに含めている）、伊豆味クガニーの4系統が有名である。これらは外観、果皮厚さ、香気ならびに苦味の違いから区別することができる。また、2009年に実施した調査により（寺本ら、2010b）、八重山地方にもひろくタチバナ（タニブタ）やシークワサーがあり、タチバナは残存個体が少なく、変異を調査できなかったが、シークワサーでは果実の表現形質や香気の違いから本島にあるクガニー品種とは異なる系統がいくつか見出された。

現在シークワサーは、まとまった量が安定的に確保できる状況になったが、ここ数年は消費の鈍化による加工原料価格の下落が見られ、新たな販売戦略の構築や多面的活用についての研究開発が待たれている。本研究では、香り、食味に違いがあると言われるこれら本島北部のクガニー類4品種を中心に、香気成分、ポリメトキシフラボノイド類、フラバノン類、フェネチルアミンであるシネフリンといった機能性成分を分析して比較することにより品種としての

差異ならびに特徴を把握し、特に未熟果実の果皮部分の利用用途拡大に寄与することを目的として解析を行ったのでここに報告する。

## 材料および方法

### 植物材料

シークワサー各品種は、大宜味クガニーは大宜味村より、カーアチー、勝山クガニーは名護市より、ならびに伊豆味クガニー、対照品種として用いたイシクニブ、シキキツは本部町伊豆味より入手した材料を用いた。未熟材料は9月下旬に採取し、完熟期手前の加工用収穫期（平成20年12月）の果実を適熟果実として用いた（表1）。フラボノイド類とシネフリン抽出用の材料果皮は凍結乾燥後、粉碎して密封し、抽出まで-20℃で保存した。精油抽出用果皮は剥皮後それぞれポリエチレン袋に密封し、抽出まで-20℃で保存した。

### 精油成分の抽出

精油成分の抽出には、ヘキサン（HPLCグレード、和光純薬）を用いた。材料の果皮はポリトロンで1倍容の蒸留水とあわせて粉碎したのち、12,000rpm（15,000×g）、10分間遠心し、上層のエマルジョン層に約0.1倍容のヘキサンを加えて1分間攪拌し、10分間静置抽出したのち、さらに12,000rpm（15,000×g）で10分遠心処

表1. クガニー類の表現形質 (2009年).

表現形質	品 種 名 (学名: <i>Citrus depressa</i> Hayata)			
	大宜味クガニー	勝山クガニー	カーアチー	伊豆味クガニー
平均果実重(g)	36.51±4.51	40.76±2.24	26.74±2.24	45.65±7.18
果 型 指 数	133	132	140	131
糖 度	8.66±0.63	8.88±0.69	10.78±0.28	7.98±1.14
酸 度	1.28±0.17	1.59±0.11	2.93±0.62	1.59±0.20
収 穫 日 (2009)	2009.12.21	2009.12.24	2009.12.24	2009.12.21
果 皮 色	鮮黄橙～黄橙	黄橙～濃黄緑	鮮黄橙～濃黄緑	濃黄緑～鮮緑黄
果 肉 色	黄橙	黄橙	橙黄	稷黄
特 徴	デコがしやすい 早生～中生	デコが少ない 早生	果皮が厚い 香り強く早生	果皮が滑らか 苦みあり、晩生

\*平均±標準偏差

理をしてヘキサン層を得た。ヘキサン層は無水硫酸ナトリウムで水分を取り除いた後、0.45  $\mu\text{m}$ のカラムに通し、除粒子したのち、ガスクロマトグラフならびにGC-MSで分析を行った。既報(寺本・川満, 2010)で精油成分の抽出方法の違いによる成分変化を検討したところ、ヘキサン抽出においても精油成分の把握が十分に可能であったことから、簡易的な手法としてヘキサン抽出法を用いた。

#### GCならびにGC-MS(ガスクロマトグラフ質量分析計)分析

FID検出器を備えたGC-2014ならびにEI法によるGCMS-QP2010(島津製作所製)を用い、Stabiwax(Restek社製)ならびにBPX-5(SGE社製、長さ30m、内径0.25mm)を用いて外部標準法、GC-MSライブラリ検索ならびにリテンションインデックス(RI)により香氣成分の同定を行った。GC-MSでの分析は、ヘリウムをキャリアガスとして用い、カラムオープン温度60 $^{\circ}\text{C}$ 、気化室250 $^{\circ}\text{C}$ 、検出器温度200 $^{\circ}\text{C}$ 、線速度34.0cm s $^{-1}$ 、スプリット比20、カラム流量0.87mL min $^{-1}$ 、60 $^{\circ}\text{C}$ から180 $^{\circ}\text{C}$ まで毎分3 $^{\circ}\text{C}$ 、180 $^{\circ}\text{C}$ から250 $^{\circ}\text{C}$ までは毎分10 $^{\circ}\text{C}$ の昇温プログラムとして分析を行った。また、FID-GCでの分析は、GC-MSで使用した同じStabiwax, BPX-5カラムを用い、Heをキャリアガスに用い、線速度39.1cm/秒、カラム流量1.88mL min $^{-1}$ 、40から250 $^{\circ}\text{C}$ までの毎分3 $^{\circ}\text{C}$ の昇温プログラムにより分析を実施した。

#### フラボノイド類とシネフリンの抽出

フラボノイド類は、凍結乾燥後粉碎した果皮25mgを計量し、50%DMSO:50%メタノールを抽出バッファーとして500 $\mu\text{L}$ づつ合計3回抽出し、抽出液をあわせたものを12,000rpm

(15,000 $\times\text{g}$ )で遠心後0.45 $\mu\text{m}$ のフィルターで濾過してサンプルとし、HPLC分析を行なった。

シネフリンは蒸留水を用い、凍結乾燥後粉碎した果皮50mgから700 $\mu\text{L}$ づつ3回抽出し、12,000rpm(15,000 $\times\text{g}$ )で30分遠心後0.45 $\mu\text{m}$ のフィルターで濾過したものをサンプルとして用い、HPLC分析を行なった。

#### HPLC分析

未熟ならびに収穫適期果汁と果皮に含まれる主要フラボノイドのうち、ポリメトキシフラボノイド類(PMFs)、フラバノン類、フェネチルアミン骨格を持つシネフリン含量について島津製作所製の高速液体クロマトグラフィー(HPLC)による分析を実施した。分析条件ならびに分析対象成分については表2に示した。

#### 結果および考察

分析結果全般から、大宜味クガニーと勝山クガニーは極めて良く似ていることがわかった。カーアチーは多少の変異が、また伊豆味クガニーにおいては相当の差異が大宜味クガニー、勝山クガニーとの間に認められた。しかし、PMFs含量においては、4品種ともに未熟果皮において高く、乾燥重量1gあたり20mgから30mg程度含有されていた。このうち、勝山クガニーと大宜味クガニーにおいて含有量が高い傾向にあった(表3)。クガニー類におけるフラボノイド総量は、イシクニブ等他の在来シークワサー類よりも高い傾向がみられることがわかっている(寺本ら, 2010a)。これらのフラボノイド類は疫学的な研究も蓄積されており(Choi et al., 2007; Hirata et al., 2009; Hosseinimehr et al., 2009; Kunimasa et al., 2009; Ohtani et al., 2007; Patil et al., 2009)、これらのクガニー品種に限定して出荷ないしは加工すること

表2. 各分析成分におけるHPLC条件.

	ポリメキシ フラボノイド類	フラボノ類	フェネチル アミン類
ターゲット 成分	シネンセチン タンゲレチン ノビレチン	ヘスペリジン ナリルチン ナリンゲニン ネオヘスペリジン	シネフリン
移動相	75% メタノール 10mM リン酸	10% メタノール 10% アセトニトリル 5%酢酸	2% アセトニトリル 0.5%酢酸
カラム温度	40°C		
カラム種類	Shimadzu VP-ODS 4.6mm × 150mm		
カラム流速	1.0mL/min		
分析モード	アイソラクティック		

表3. クガニー類の果皮における主要フラボノイド類とシネフリン含量.

未熟	成分名	品 種 名				(mg g <sup>-1</sup> DW)	
		大宜味クガニー	勝山クガニー	カーアチー	伊豆味クガニー	(対照品種)	
	<b>フラバノン類</b>						
	ヘスペリジン	36.49 ± 5.07	38.59 ± 2.60	32.67 ± 2.35	2.15 ± 0.18*	16.87	5.33
	ネオヘスペリジン	0.02 ± 0.03	0.17 ± 0.03	0.01 ± 0.00	32.12 ± 5.08	0.15	0.75
	<b>ポリメキシフラボノイド類</b>						
	シネンセチン	2.23 ± 0.51	2.22 ± 0.15	1.46 ± 0.21	2.39 ± 0.36	0.78	0.09
	ノビレチン	18.93 ± 3.27	19.11 ± 1.32	12.77 ± 1.84	16.35 ± 1.83	5.41	1.07
	タンゲレチン	9.36 ± 1.97	10.46 ± 2.17	8.90 ± 1.48	6.02 ± 0.36	2.44	0.40
	<b>フェネチルアミン類</b>						
	シネフリン	20.46 ± 2.61	12.75 ± 1.94	16.26 ± 4.05	19.33 ± 0.92	3.54	1.71
	<b>適熟(収穫期)</b>						
	成分名	品 種 名				(対照品種)	
		大宜味クガニー	勝山クガニー	カーアチー	伊豆味クガニー	イシクニブ シキキツ	
	<b>フラバノン類</b>						
	ヘスペリジン	15.87 ± 0.74	17.95 ± 6.84	14.97 ± 5.48	1.02 ± 0.19	4.69	4.41
	ネオヘスペリジン	0.01 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.17 ± 0.06	24.71 ± 12.89	0.75	1.98
	<b>ポリメキシフラボノイド類</b>						
	シネンセチン	0.91 ± 0.05	0.88 ± 0.06	0.59 ± 0.01	1.29 ± 0.14	0.45	0.09
	ノビレチン	7.75 ± 0.44	7.78 ± 0.27	4.97 ± 0.24	8.18 ± 0.21	8.66	0.77
	タンゲレチン	4.51 ± 0.20	4.69 ± 0.27	3.44 ± 0.80	3.37 ± 0.78	1.67	0.33
	<b>フェネチルアミン類</b>						
	シネフリン	3.05 ± 1.64	4.56 ± 0.49	3.86 ± 0.74	6.15 ± 0.88	1.26	1.59

\*平均値±標準偏差

により、エビデンスに基づいた消費拡大が可能である。

フラバノン類のうち、最も多く含まれていたフラボノイドは、ヘスペリジンであり、伊豆味クガニーを除く3品種において大量に含まれていた。しかし、伊豆味クガニーだけはネオヘスペリジンを多量に含んでおり、表現形質の差異

を含め、クガニー類の中では特に変異が明瞭な品種として区別することができた(表3)。伊豆味クガニーは、葉がやや大型幅広で緑色が濃く、香氣成分中に、カンキツとしては他にみられない1,8-シネオールが多量に含まれる。この1,8-シネオールはユーカリやティーツリー精油の主成分であり、この香りが伊豆味クガニー

表4. シックワサー類, タチバナ, シキキツの未熟果皮における香気成分含有比.

No.	保持指標 (DB-WAX)	保持指標 (DB-SMS)	成分名	C. depressa Hayata					C. madurensis	外部標準
				大宜味クガニー	勝山クガニー	カーアチー	伊豆味クガニー	イシクニブ	シキキツ	
1	1028	936	α-ピネン	} 3.94	4.19	2.81	} 4.80	} 5.82	} 1.31	○
2	1028	931	α-ツジヨン		3.49	4.08				
3	1071	953	カンフェン	0.03	0.04	0.03	t	t	0.01	
4	1081	801	ヘキサナール	0.01	-	-	-	0.02	0.01	○
5	1112	980	β-ピネン	3.09	5.81	4.71	2.44	4.20	1.28	
6	1124	975	サビネン	0.65	1.19	1.61	1.35	0.73	0.92	
7	1165	991	ミルセン	2.73	4.64	5.05	2.16	3.72	6.11	○
8	1182	1019	α-テルピネン	1.00	1.73	3.77	0.68	0.89	0.09	○
9	1207	1038	d-リモネン	30.89	29.86	42.56	38.73	40.66	61.87	○
10	1212	1046	β-フェランドレン	0.69	0.65	t	-	0.49	1.08	
11	1214	1040	1,8-シネオール	-	-	-	7.95	-	-	
12	1248	1065	γ-テルピネン	21.17	22.38	16.35	20.4	23.98	0.26	○
13	1252	1050	(E)-β-オシメン	0.01	1.25	0.86	0.3	0.1	0.07	
14	1269	1032	p-シメン	6.49	8.25	2.38	1.94	9.43	0.05	
15	1282	1065	テルピノレン	2.11	3.01	2.44	1.52	2.63	0.02	
16	1287	1002	オクタナール	0.57	0.14	0.47	0.60	t	4.39	○
17	1371	1371	酢酸ヘプテル	t	-	0.04	0.03	-	0.14	
18	1387	1106	ノナナール	0.05	0.03	0.23	0.08	0.04	1.85	○
19	1470	1154	シクロネロール	-	0.12	0.11	-	-	0.66	○
20	1470	1201	酢酸オクテル	0.09	0.07	0.30	0.76	-	-	
21	1479	1370	α-コバエン	t	0.08	0.19	t	0.01	-	
22	1489	1207	デカナール	0.21	0.19	0.81	0.27	0.36	1.69	○
23	1494	1147	カンファー	0.11	t	t	t	-	0.03	○
24	1517	1345	α-酢酸テルピニル	t	0.71	0.50	0.64	-	t	
25	1542	1092	ε-サビネンハイドレート	1.23	0.15	0.09	-	0.25	0.01	
26	1547	1102	リナロール	11.30	4.22	4.71	7.98	2.05	3.59	○
27	1551	1251	酢酸リナリル	-	-	0.04	0.45	-	-	○
28	1557	1073	1-オクタノール	0.22	0.01	0.19	t	-	0.97	○
29	1574	1428	α-t-ベルガモテン	0.10	-	0.34	-	-	-	
30	1577	1410	カリオフィレン	0.36	0.67	0.27	t	-	-	○
31	1581	1299	チモールメチルエーテル	t	-	-	4.89	t	t	
32	1589	1182	(-)-テルピネン4オール	1.10	0.45	0.26	0.12	0.1	0.02	○
33	1592	1174	ウンデカナール	t	-	0.06	t	-	0.17	
34	1647	1448	α-ヒュムレン	0.08	0.12	0.15	-	t	-	○
35	1659	1174	1-ノナノール	0.02	-	0.05	-	t	0.28	
36	1665	1238	ネラール	-	-	-	-	-	0.07	○
37	1690	1473	γ-カジネン	0.36	0.96	0.22	-	0.05	-	
38	1686	1197	α-テルピネオール	3.91	1.08	0.79	0.38	-	-	○
39	1696	1410	ドデカナール	0.03	0.03	0.17	t	0.02	0.05	○
40	1705	1268	ピペリトン	0.55	0.01	0.02	0.08	-	0.06	
41	1707	1242	カルボン	0.05	-	-	-	-	0.38	
42	1709	1488	バイシクロゲルマクレン	1.21	1.92	0.74	-	-	-	
43	1715	1266	ゲラニアル	t	0.03	0.06	-	t	-	○
44	1716	1359	酢酸ネリル	0.20	0.01	t	0.03	-	0.50	○
45	1739	1510	δ-カジネン	-	0.18	0.32	0.13	2.59	-	
46	1751	1379	酢酸ゲラニル	0.03	0.03	0.20	0.10	0.07	2.95	○
47	1757	1272	ペリラルデヒド	0.07	t	-	-	-	0.29	
48	1763	1274	1-デカノール	-	-	-	-	-	0.21	
49	1768	1237	シクロネロール	-	-	0.12	-	-	0.05	○
50	1797	1224	ネロール	0.12	0.01	0.01	-	0.03	0.02	○
51	1848	1252	ゲラニオール	0.04	-	t	-	-	0.04	○
52	2033	1567	ゲルマクレンD 4オール	0.59	0.87	0.21	0.02	t	0.07	
53	2068	1564	エレモール	0.32	0.03	0.04	-	-	0.15	
54	2180	1290	チモール	0.18	0.02	0.03	0.43	0.01	0.05	○
55	2203	1296	カルバクロール	0.49	0.02	0.04	t	t	-	
合計 (%)				95.91	98.65	98.43	99.26	98.25	91.8	

独特の芳香を決定する成分のひとつであると推定される(表4)。また、伊豆味クガニーは苦み成分がじょうのうに多く、未熟期において特に強く感じられるために生産量は少ないが、完熟すると食味が良いこと、また外観が滑らかで大果であることから、機能性を強調した青果用として今後期待される。伊豆味クガニーはシークワサーであるが、表現形質や内生成分の差異が大きいことから、シークワサーと他種との交雑種である可能性も考えられる。

一方、比較対照に用いたイシクニブはシークワサーの野生系統であるが、クガニー類と比較して高酸で矮性を示し、香りも独特のものがある。これも、香酸カンキツとしてだけでなく、台木用また精油用として発展させることができる。精油成分の分析結果から、シークワサー類は $\gamma$ -テルピネンの割合が多く、特有の効能を持つことが示唆された。一般的に、香酸カンキツ類は特徴ある効能や成分を持つ品種が多いが、ユズ(Phi et al., 2009)、ライム(Yadav et al., 2004)やシトロン(Gariele et al., 2009)また沖縄在来のカーブチー(Inafuku-Teramoto and Kawamitsu, 2010)とやや似通っており、特に代謝促進、リラックス、炎症抑制、抗ウイルス効果等が期待できる(Buckle, 2000)。シキキツ果汁のシークワサー果汁への混入判別については和田らにより、薄層クロマトグラフィー用いたフロレチンの有無による判別方法が提案されている。しかし、シークワサーに大量に含まれるがシキキツにほとんど含まれない $\gamma$ -テルピネン、*p*-シメンといったモノテルペン炭化水素類があることから(第4表)、ガスクロマトグラフ分析によって混入度合いを相対的に推定することも可能であることが示唆された。

また、漢方の薬効成分であるフェネチルアミ

ン類のシネフリンは、シークワサー類にも比較的多く含まれていた。これらは主に、代謝促進(ダイエット)や風邪の諸症状、胃腸の不調に効能が知られていることから(Pellati et al., 2004; Westanmo, 2007)、フラボノイド類や精油の効能(Buckle, 2000; Choi, 2006; Del Toro-Arreola et al., 2005; Mastelic et al., 2008)と併せて、メタボリック症候群の解消に最適なカンキツとしてアピールしていくことができる。

しかし、現状において、シークワサーは大量に、既存の体制や条件のもとで取り組める課題からはじめなくてはならない。例えば、ジュース残渣の利用による高付加価値商品の開発やジュース加工コスト削減のほか、青切り果実利用促進、完熟果実の販売促進、残渣加工・精油製造設備の整備等が具体的な例としてあげられる。また、高機能冷凍庫の導入による美味しさを訴求したタンカン、カーブチーとの完熟ブレンド果汁の製造販売や果皮を利用した菓子・製菓材料の開発と加工販売、青切りシークワサーからカーブチー、タルガヨ、オートー、タンカン、完熟シークワサー、ニューサマーまで長期間にわたり頒布できるような沖縄産カンキツ直販体制の構築、専用シークワサー絞り器の開発や一般から飲食店までひろく青切りシークワサーを流通直販できる体制づくり等が重要な課題としてあげられる。いずれも、現在の生産体制を保持しつつ、通年供給を目標においた本土のマーケットでの消費拡大を目指すことが求められている。今後の販売戦略の構築において、機能性成分の基本的なデータを活用し、シークワサーの香りの良さ、健康果実としての認知度を高めるため、産官学の連携による早急な取り組みが必要とされている。

## 謝 辞

本研究を実施するにあたり、材料の提供のほか探索調査に多大なご協力を頂いた伊豆味みかん生産組合の皆様、特に池宮城秀雄氏と大宜味村シークワサー振興室の皆様方に心より御礼申し上げます。

## Summary

Shiikuwahsa (*C. depressa* Hayata) that has been cultivated for long time and there are many accessions in Ryukyu Islands. Kuganii is the name of the superior cultivars of shiikuwasha that are also major cultivars in present Okinawa. Among of them, we selected 4 famous cultivars of kuganii and analyzed polymethoxyflavones, flavanones, phenethylamine (synephrine) and volatile constitutions to identify the difference between each cultivar. Nobiletin, it was the most abundant polymethoxyflavone in all of kuganii. Three of PMFs (nobiletin, sinensetin and tangeretin) detected in all kuganii, and they were contained high in immature peels. Synephrine, categorized phenylethylamine, was also high in immature peels of all kuganii. However, the difference had shown clearly in the content of flavanones and aromatic constitution. 'Izumikuganii' contained high percentages of 1,8-cineole in volatile components and flavanone neohesperidin, they were not contained in other kuganii peels. 'Ogimikuganii', the main cultivars in Okinawa was closely similar to 'Katsuyamakuganii' in all phytochemicals that analyzed in this study.

These phytochemicals data will be contribute to develop various applications in each cultivar that is the important local resources for further utilization.

## 引用文献

- Buckle, J. 2000. Clinical aromatherapy (In Japanese). Fragrance Journal Ltd., Tokyo. p.64-278.
- Choi, S-Y., H-C. Ko, S-Y. Ko, J-H. Hwang, J. G. Park, S-H. Kang, S-H. Han, S-H. Yun and S-J. Kim 2007. Correlation between flavonoid content and the NO production inhibitory activity of peel extracts from various citrus fruits. *Biol. Pharm. Bull.* 30: 772-778.
- Del Toro-Arreola, S., E. Flores-Torales, C. Torres-Lozano, A. Del Toro-Arreola, K. Tostado-Pelayo, M. G. Ramirez-Duenas and A. Daneri-Navarro 2005. Effect of D-Limonene on immune response in BALB/c mice with lymphoma. *International Immunopharmacology* 5: 829-838.
- Gariele, B., A. Fazio, P. Dugo, R. Costa and L. Mondello 2009. Essential oil composition of *Citrus medica* L. cv. Diamante (Diamante citron) determined after using different extraction methods. *J. Sep. Sci.* 32: 99-108.
- Hirata, T., M. Fujii, K. Akita, N. Yanaka, K. Ogawa, M. Kuroyanagi and D. Hongo 2009. Identification and physiological evaluation of the components from *Citrus* fruits as potential drugs for anti-corpulence and anticancer. *Bioorgan. Med. Chem.* 17: 25-28.



- Hosseinimehr, S. J., A. Mahmoudzadeh, A. Ahmadi, S. Mohamadifar and S. Akhlaghpour 2009. Radioprotective effects of hesperidin against genotoxicity induced by  $\gamma$ -irradiation in human lymphocytes. *Mutagenesis*. 24: 233-235.
- Inafuku-Teramoto, S. and Y. Kawamitsu 2010. Effects of Different Extraction Methods on Aromatic Composition of Essential oils of Citrus keraji hort. ex Tanaka 'Kabuchii'. *Trop. Agric. Dev.* 54: 25-32.
- 石畑清武・塩田晴康・遠城道雄 1997. 奄美諸島における熱帯・亜熱帯果樹の種類および在来カンキツ類の果実形質. 鹿児島大学農場研報. 22: 1-13.
- 十一元晴. 2005. カンキツ類の化学成分とがん予防物に関する研究. 薬学雑誌. 125: 231-254.
- 金城秀安. 2000. 特産のくだもの シークワサー. p. 21-41. 日本果樹種苗協会. 東京.
- 金城秀安. 2007. 南西諸島の香酸カンキツ「シークワサー」について. 柑橘研究. 17: 137-148.
- Kunimasa, K., S. Kuranuki, N. Matuura, N. Iwasaki, M. Ikeda, A. Ito, Y. Sashida, Y. Mimaki, M. Yano, M. Sato, Y. Igarashi and T. Oikawa 2009. Identification of nobiletin, a polymethoxyflavonoid, as an enhancer of adiponectin secretion. *Bioorgan. Med. Chem. Letters* 19: 2062-2064.
- Mastelic, J., I. Jerkovic, I. Blazevic, M. Poljak-Brazi, S. Borvic, I. Ivancic-Bace, V. Smerecki, N. Zarkovic, K. Brcic-Kostic, D. Vikić-Topic and N. Muller 2008. Comparative study on the antioxidant and biological activities of carvacrol, thymol, and eugenol derivatives. *J. Agric. Food Chem.* 56: 3989-3996.
- 松本亮司 1986. 沖縄本島における遺伝資源収集報告. 植探報. 2: 1-2.
- 中野睦子・根角博久・吉田俊雄 2001. 南西諸島におけるカンキツ類遺伝資源の探索収集. 植探報. 17: 39-48.
- 根角博久・吉田俊雄・吉岡照高 1996. 南九州地域におけるカンキツ類遺伝資源の収集. 植探報. 12: 45-54.
- Nogata, Y., K. Sakamoto, H. Shiratsuchi, T. Ishii, M. Yano, H. Ohta 2006. Flavonoid composition of fruit tissues of citrus species. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 70: 178-192.
- Ohtani, H., T. Ikegawa, Y. Honda, N. Kohyama, S. Morimoto, Y. Shoyama, M. Juichi, M. Naito, T. Tsuruo and Y. Sawada 2007. Effects of Various Methoxyflavones on Vincristine Uptake and Multidrug Resistance to Vincristine in *P-gp*-Overexpressing K562/ADM Cells. *Pharm. Res.* 24: 1936-1943.
- Patil, J. R., G. K. Jayaprakasha, K. N. C. Murthy, S. E'Tichy, M. B. Chetti and B. S. Patil 2009. Apoptosis-mediated proliferation inhibition of human colon cancer cells by volatile principles of *Citrus aurantifolia*. *Food Chemistry* 114: 1351-1358.
- Pellati, F., S. Benvenuti and M. Melegari 2004. High-performance liquid chromatography methods for the analysis of adrenergic amines and flavonones in *Citrus aurantium* L. var. *amara*. *Phytochem. Anal.* 15: 220-225.
- Phi, N. T. L., T. Shimamura, H. Ukeda and

- M. Sawamura 2009. Chemical and aroma profiles of Yuzu (*Citrus junos*) peel oils of different cultivars. *Food. Chem.* 115: 1042-1047.
- 住 秀和・比嘉 淳・金城秀安 2008. シークワサーの果実特性と機能性成分の系統間比較. 沖縄農業研究会第47回大会講演要旨. p. 19-20.
- 高原利雄 2000. 特産のくだもの シークワサー. p. 1-20. 日本果樹種苗協会. 東京.
- 田中長三郎 1957. 琉球の柑橘 (琉球柑橘豫察報文). p. 1-61. 琉球政府経済局. 沖縄.
- 田中諭一郎 1948. 日本柑橘図譜 (下). P. 481-488. 養賢堂. 東京.
- 寺本(稲福) さゆり・山本雅史・北島 宣・金城秀安・和田浩二・川満芳信 2010a. 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. 園芸学研究 (印刷中)
- 寺本(稲福) さゆり・諏訪竜一・川満芳信 2010b. 沖縄本島北部ならびに先島諸島における在来カンキツ遺伝資源調査. 園芸学研究 第9巻別冊1. P. 48.
- Westanmo, A. 2007. *Citrus aurantium*. p. 233-244. In: T. S. Tracy and R. L. Kingston (eds). *Herbal Products, second edition Toxicology and Clinical Pharmacology*. Humana Press, Clifton, NJ.
- Wu, Y-Q., C-H. Zhou, J. Tao and S-N. Li 2006. Antagonistic effects of nobiletin, apolymethoxyflavonoid, on eosinophilic airway inflammation of asthmatic rats and relevant mechanisms. *Life Sci.* 78: 2689-2696.
- Yadav, A. R., A. S. Chauhan, M. N. Rekha, L. J. M. Rao and R. S. Ramteke 2004. Flavour quality of dehydrated lime [*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle]. *Food Chem.* 85: 59-62.
- 山本雅史・久保達也・富永茂人 2008a. 沖縄永良部島における在来シークリブ (*Citrus depressa* Hayata) 遺伝資源の調査. 鹿児島大学農場研報. 30: 15-17.
- 山本雅史・松本亮司・上地義隆・伊地智告・久保達也・富永茂人 2008b. 喜界島における在来カンキツのポリメトキシフラボノイド含量. 鹿大農学術報告. 58: 1-7.
- 山本雅史・松島健一・伊地智 告・上地義隆・川口昭二・中野八伯・野村哲也・谷村音樹・久保達也・富永茂人 2006. 奄美諸島における在来カンキツ遺伝資源の調査とその保存. 鹿児島大農学報. 29: 5-11.
- 吉岡照高・比嘉 淳・新崎正雄・松本亮司. 2001. シークワサー系統の果皮および果汁中のポリメトキシフラボン含量. 園学九研集. 9: 5.
- 和田浩二・上原真希子・高良健作・當銘由博・矢野昌充・石井利直・太田英明 2006. シークワサー果汁中のノビレチンの定量的分析. 日本食品保蔵科学会誌32: 29-33.