沖縄伝統野菜のカロテノイド, ビタミンC およびポリフェノールの定量

前田剛希[§], 伊波 聡*, 津志田藤二郎**

沖縄県工業技術センター (現沖縄県農業研究センター宮古島支所)

* 沖縄県農業研究センター

** 宮城大学食産業学部フードビジネス学科

Estimation of Carotenoids, Vitamin C, and Polyphenols
in Traditional Okinawan VegetablesGoki Maeda[§], Satoru Iha* and Tojiro Tsushida**

Okinawa Industrial Technology Center, 12-2 Suzaki, Uruma-shi, Okinawa 904-2234

(Present address : Okinawa Prefectural Agricultural Research Center Miyakojima

Branch, 2071-40 Nishizato, Hirara, Miyakojima-shi, Okinawa 906-0012)

* Okinawa Prefectural Agricultural Research Center, 820 Makabe, Itoman-shi, Okinawa 901-0336

** Department of Food Management, School of Food, Agricultural and Environmental Sciences,
Miyagi University, 2-2-1 Hatatate, Taihaku-ku, Sendai-shi, Miyagi 982-2015

Detailed investigations of the contents of antioxidant substances, such as carotenoids and polyphenols, in traditional Okinawan vegetables have not been conducted. In this study, we determined α - and β -carotene, lutein, chlorophyll, and polyphenol contents in traditional Okinawan vegetables. We compared several simultaneous extraction methods for carotenoids, chlorophylls, and polyphenols from vegetables, and concluded that the accelerated solvent extraction (ASE) system using 80% ethanol solution is the best method for the extraction of such compounds. The extract obtained by ASE was analyzed for carotenoids and chlorophylls using HPLC and for polyphenols using the Folin-Ciocalteu method. Among the vegetables that we analyzed, Nishiyomogi, Botanbouhuhu, Hosobawadan, and Suizenjina revealed high β -carotene content. Moreover, Botanbouhuhu was not only rich in β -carotene ($5029 \pm 629 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ fresh weight), but also lutein ($8.2 \pm 1.3 \text{ mg}/100 \text{ g}$ fresh weight), total polyphenols ($251.3 \pm 23.4 \text{ mg}/100 \text{ g}$ fresh weight), and vitamin C ($45.8 \pm 15.4 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ fresh weight). Thus, the present study revealed that Botanbouhuhu is richer in various antioxidant substances than the other analyzed vegetables.

(Received Sep. 27, 2010 ; Accepted Dec. 1, 2010)

Keywords : carotene, polyphenol, ASE, Okinawa**キーワード** : カロテン, ポリフェノール, ASE, 沖縄

沖縄県は日本で唯一亜熱帯気候に属し、中国や東南アジアに近いことから、日本の中では独特な食文化、食材を有する地域である。伝統野菜については、沖縄県が伝統野菜の“島野菜”と定義しているものだけで28種類¹⁾あり、その他にも数多くの伝統野菜が県内各地で消費されている。沖縄県の夏季は最低気温25℃以上という酷暑で野菜生産には必ずしも適さないが、沖縄伝統野菜には自生している多年草のボタンボウフウやホソバワダンのように、一年を通して入手できるものが多い。周年入手可能な伝統野菜は、流通技術が未発達時代には夏場の野菜不足を補う重要な

食材だった事も予想される。沖縄伝統野菜は、沖縄が長寿地域であった要因の一つとしても見直され、抗酸化能やポリフェノールを中心とした機能性に関する様々な研究が行われている²⁾³⁾。最近では、沖縄伝統野菜の中からニシヨモギやホソバワダンのようにポリフェノールが豊富で抗酸化性の高い野菜が幾つか見出されている⁴⁾。また、サツマイモの茎葉はポリフェノール⁵⁾だけでなく、ルテイン⁶⁾や葉酸⁷⁾等の機能性成分も豊富な事が明らかになっている。このように、沖縄伝統野菜は機能性素材としても注目されているが、ニガウリ等一部の経済品目を除いた多くは国内でマイナーな野菜であり、国が公表している五訂増補日本食品標準成分表にも記載されていない。沖縄伝統野菜のビタミンCやカロテン等の栄養成分に関する情報は、少なく断片的である^{8)~10)}。野菜としての基本的な情報が少ない事

[†]904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12-2(現 [†]906-0012 沖縄県宮古島市平良字西里 2071-40)* [†]901-0336 沖縄県糸満市真壁 820** [†]982-2015 宮城県仙台市太白区旗立 2-2-1[§] 連絡先 (Corresponding author), maedagok@pref.okinawa.lg.jp

は、病院や学校等の集団給食等に利用する際の妨げとなり、沖縄伝統野菜の消費拡大を図る上で大きな課題となっている。また、沖縄伝統野菜の多くが栽培法も栽培品種も確立されていない。市場に流通している沖縄伝統野菜の栄養成分含量の変動範囲は不明である。

そこで、本研究では、流通している沖縄伝統野菜の栄養学的な基本情報を得るために、野菜中の代表的な抗酸化成分であるカロテノイドとクロロフィル、ポリフェノール、ビタミン C の含量分布を明らかにした。カロテノイドとクロロフィル、ビタミン C は HPLC で分析し、ポリフェノールは総量を Folin-Ciocalteu 法で分析した。また、本研究では、分析作業の簡易化を図るために、環境分析や残留農薬分析で広く用いられている^{11)~13)} 高速溶媒抽出 (ASE : Accelerated Solvent Extraction) 装置を用いて、種類が異なる抗酸化成分の同時抽出法を検討し、一定の成果を得たので報告する。

実 験 方 法

1. 試 薬

α -および β -カロテン、クロロフィル a および b は和光純薬工業(株) から購入した。ルテインは Funakoshi Co. Inc. から購入した。その他の試薬は市販の特級試薬を使用した。

2. 試 料

2007 年 7~8 月に、沖縄県内の小売店や農産物直売所、JA 等から周年流通している沖縄伝統野菜 12 品目 (ニガウリ、トウガン、パパイア、ヘチマ、カラシナ、ニシヨモギ、ホソバワダン、スイゼンジナ、エンサイ、カズラ、ボタンボウフウ、ツルムラサキ) を入手した。比較対照として代表的な緑黄色野菜の一つであるコマツナを同時に分析した。

3. 試料の調製と水分含量の測定

試料の葉菜類は葉と茎に分け、果菜類は可食部 (果肉) 以外の果皮や種子等を取り除き、直ちにブラストフリーザー MDF-U460BR (サンヨー電機バイオメディカ(株)、東京) で急速冷凍後、凍結乾燥した。試料の乾燥前重量と乾燥後重量から、水分含量 (%) を算出した。乾燥試料は粉碎して密封包装後、分析に用いるまで -30°C で保存した。

4. 試料溶液の調製と安定性の確認

ポリフェノールとカロテノイドの分析用試料溶液の抽出は、抽出溶媒に 80% エタノールを用いて ASE 装置で行った。まず、抽出セル (11 mL 容) に野菜凍結乾燥粉末 0.1 g を入れ、ガラスビーズ (粒径 2.5~3.5 mm) を充填した。試料を入れた抽出セルを高速溶媒抽出装置 ASE-200 (日本ダイオネクス、大阪) にセットし、抽出温度 ; 80°C 、圧力 ; 1500 psi、静置時間 ; 10 分間、抽出回数 ; 4 回 (フラッシュ 100%) の条件で抽出した。回収した抽出液は、80% エタノールで 25 mL に定容した。

ニシヨモギとホソバワダン、ハウレンソウについては、

80% エタノール加温抽出法⁴⁾と、ヘキサン、アセトニトリルを用いた直接 AOAC 法¹⁴⁾ による試料溶液を準備し、クロロフィルとカロテノイド、ポリフェノールの回収率を ASE 法と比較した (図 1)。又、ASE 法で抽出したホソバワダンの試料溶液は、室温および 4°C 、 -20°C で 2 週間保存し、 β -カロテンとルテイン、クロロフィル a, b の安定性を調べた。

5. クロロフィル、カロテノイドの定量

カロテノイド含量は、試料溶液を $0.45\mu\text{m}$ のメンブレンフィルター濾過後、満田ら¹⁵⁾ の条件に準じて HPLC で分析した。HPLC は装置に島津 LC-10AVP システム (島津製作所、京都) を用いて、次の条件で分析した。カラム ; Wakosil 5C18 AR ($4.6\text{ mm i.d.} \times 250\text{ mm}$)、カラム温度 ; 30°C 、流速 ; 1.0 mL/分 、移動相 ; A 液 アセトニトリル : 水 = 9 : 1, B 液 酢酸エチル, A 液と B 液の濃度勾配溶出 (B 液 0% $\rightarrow$ 50% / 0~20 分, B 液 50% / 20~30 分) で溶出した。検出波長 ; 450 nm。検量線はクロロフィル a および b, α - および β -カロテン, ルテインで作成し、生鮮物 100 g あたりの含量を算出した。

6. 総ポリフェノールの定量

総ポリフェノール含量は Folin-Ciocalteu 法²⁾ で測定した。すなわち適宜希釈した試料溶液に 10 倍希釈したフェノール試薬, 10% 炭酸ナトリウムを同量加え, 1 時間室温放置後, マイクロプレートリーダー (Model 550 Microplate reader, バイオ・ラッド ラボラトリーズ株式会社、東京) で 660 nm の吸光度を測定した。検量線は没食子酸を用いて作成し、総ポリフェノール含量を生鮮物 100 g あたりの没食子酸相当量として算出した。

7. ビタミン C の定量

総ビタミン C 含量は Masuda ら¹⁶⁾ の方法に準じて測定した。野菜粉末 (生鮮物 0.1 g 相当) に 5% メタリン酸 (1 mL)、蒸留水 (4 mL) を加え、試験管ミキサーで攪拌後、3000 rpm, 10 分間の遠心分離により上清を得た。上清 100 μL に 1% dithiothreitol 100 μL , 0.5 mol/L KH_2PO_4 緩衝液 (pH 7.4) 1 mL を加え、 30°C 、20 分間反応させた。反応液を $0.45\mu\text{m}$ のメンブレンフィルター濾過後、HPLC で分析した。HPLC は装置に島津 LC-10AVP システム (島津製作所、京都) を用いて、次の条件で分析した。カラム ; COSMOSIL 5C₁₈-PAQ ($4.6\text{ mm i.d.} \times 250\text{ mm}$)、カラム温度 ; 30°C 、流速 ; 1 mL/分 、移動相 ; 20 mmol/L リン酸、検出波長 ; 254 nm。検量線はアスコルビン酸を用いて作成し、総ビタミン C 含量は、生鮮物 100 g あたりのアスコルビン酸相当量として算出した。

実験結果および考察

1. 抽出法と成分の回収率

まず、ASE 法における目的成分の回収に必要な抽出回数を調べた。試料はポリフェノールを高含量含む⁴⁾ ニシヨ

(80%エタノールASE法)

(直接AOAC法)

(80%エタノール加温抽出法)

図 1 3種類の抽出法

モギを用い，抽出溶媒と抽出温度は，80%エタノール加温抽出法と同様に80%エタノール，80℃とした．抽出回数を調べた結果，ポリフェノールについては3回以上の抽出で確実に回収できたが， β -カロテンとルテインに関しては回収量が平衡に達するまで4回以上抽出を繰り返す必要があった（図2）．抽出回数4回以上であれば，残渣も色が完全に抜けて白色に近い色を示したことから，ASE法による抽出回数は4回とした（図1）．

ASE法によるカロテノイド（ β -カロテン，ルテイン），クロロフィル（クロロフィルa, b）および総ポリフェノールの回収率を80%エタノール加温抽出法および直接AOAC法と比較した結果を表1に示した．ニシヨモギとホソバワダン，ホウレンソウで調べた結果，80%エタノール加温抽出法は，どの成分も抽出できたが，ASE法の76～100%の

回収率であった．直接AOAC法では， β -カロテンは抽出できたが，ルテインは検出されず，ポリフェノールもほとんど抽出できなかった．また，クロロフィルについては，ヘキサンによる洗浄工程が入るためASE法の39～75%しか抽出できなかった．

以上の結果から，80%エタノールを抽出溶媒としたASE法は，ポリフェノールだけでなく，カロテノイドとクロロフィルも同時に効率よく抽出できる事が確認された．なお，ビタミンCについては，いずれの抽出法でも検出されなかった．

2. ASE法で抽出したカロテノイド，クロロフィルの安定性

カロテノイドやクロロフィルの分析では光や熱による成分の分解が問題になることから，ASE法で抽出したホソバ

図 2 ASE 法における抽出回数と、ポリフェノール、カロテノイドの回収量

(a) ポリフェノール含量, (b) β -カロテン含量, (c) ルテイン含量.

注) グラフの数値は平均値 $\pm$ 標準偏差 ($n=3$) で示した. 総ポリフェノール含量は没食子酸相当量として算出した. 試料はニシヨモギを用いて, 次の条件で抽出した. 装置; 高速溶媒抽出装置 ASE-200 (日本ダイオネクス, 大阪), 試料; 野菜凍結乾燥粉末 0.1 g, 抽出溶媒; 80% エタノール, セル容量; 11 mL, 抽出温度; 80°C, 圧力; 1500 psi, 静置時間; 10 分間, 抽出回数; 4 回 (フラッシュ 100%).

表 1 ポリフェノールとカロテノイド, クロロフィルの抽出効率

抽出法	総ポリフェノール (mg/100 g f. wt.)	カロテノイド		クロロフィル	
		β -カロテン (μg/100 g f. wt.)	ルテイン (mg/100 g f. wt.)	a (mg/100 g f. wt.)	b (mg/100 g f. wt.)
	(mg/100 g f. wt.)	(μg/100 g f. wt.)	(mg/100 g f. wt.)	(mg/100 g f. wt.)	(mg/100 g f. wt.)
ASE	44.9 $\pm$ 1.4 (100)	2952 $\pm$ 54 (100)	6.4 $\pm$ 0.2 (100)	40.7 $\pm$ 1.4 (100)	14.8 $\pm$ 0.5 (100)
ホウレンソウ 80% EtOH 加温抽出	43.9 $\pm$ 0.6 (98)	2599 $\pm$ 20 (88)	5.5 $\pm$ 0.04 (86)	32.7 $\pm$ 0.6 (80)	11.8 $\pm$ 0.1 (80)
直接 AOAC	1.8 $\pm$ 1.6 (4)	2712 $\pm$ 105 (92)	n.d (0)	28.3 $\pm$ 1.6 (70)	8.3 $\pm$ 0.5 (56)
ASE	267.7 $\pm$ 5.8 (100)	4018 $\pm$ 105 (100)	7.3 $\pm$ 0.04 (100)	62.2 $\pm$ 0.3 (100)	20.1 $\pm$ 0.1 (100)
ホソバワダン 80% EtOH 加温抽出	257.4 $\pm$ 5.4 (96)	3045 $\pm$ 43 (76)	6.7 $\pm$ 0.1 (92)	62.1 $\pm$ 0.5 (100)	17.8 $\pm$ 0.1 (89)
直接 AOAC	3.3 $\pm$ 0.2 (1)	4140 $\pm$ 85 (103)	n.d (0)	46.9 $\pm$ 2.4 (75)	11.9 $\pm$ 0.8 (59)
ASE	344.0 $\pm$ 2.7 (100)	7610 $\pm$ 97 (100)	13.4 $\pm$ 0.1 (100)	103.5 $\pm$ 0.9 (100)	31.9 $\pm$ 0.3 (100)
ニシヨモギ 80% EtOH 加温抽出	308.0 $\pm$ 6.3 (90)	7580 $\pm$ 39 (100)	13.8 $\pm$ 0.1 (103)	93.1 $\pm$ 1.2 (90)	25.7 $\pm$ 0.3 (81)
直接 AOAC	6.9 $\pm$ 0.9 (2)	6704 $\pm$ 268 (88)	n.d (0)	58.5 $\pm$ 8.5 (57)	12.5 $\pm$ 2.5 (39)

() 内の数値は ASE 法を 100% とした時の比率 (%). 総ポリフェノール含量は没食子酸相当量として算出した. 含量は平均値 $\pm$ 標準偏差 ($n=3$) で示した.

ワダン試料溶液中の β -カロテン, ルテインとクロロフィル a, b の安定性を調べた. 図 3 に示すように, どの成分も室温と 4°C 保存下では減少したが, -20°C では 2 週間経過しても減少しなかった. ルテインは他の成分と比較して安定性が高く, 室温下 2 週間保存後の減少率は約 10% であったが, クロロフィル a は 50% 以上減少した.

満田ら¹⁵⁾ はアセトンによるカロテノイドの簡易抽出法を検討し, -20°C 暗所で 2 週間保存可能という結論を導いている. アセトニトリルやメタノールの混合液ではアセトニトリルやメタノール単独で抽出する場合よりカロテノイドの退色が早くなるという報告¹⁷⁾ もあるが, 今回 ASE 装置で抽出した 80% エタノール試料溶液は -20°C で 2 週間経過しても満田らの報告と同様にカロテノイド, クロロ

フィル含量は減少しなかった (図 3).

アルコール溶液を用いた従来の加温抽出法では, ニシヨモギやホソバワダンのようなポリフェノールを高含量含む野菜については抽出を多回数繰り返すか, 溶媒量を増やす等の工夫が必要である. また, 植物に含まれるカロテノイドについては光や熱による分解が懸念されるため, 抽出や分析作業の際には, 溶媒を冷却する, 試料をできるだけ光に暴露しないようにする等の注意が必要である. ASE 装置による抽出は高温高圧下で行われるが, セル内を溶媒で満たし, 窒素ガスによるパージを繰り返して抽出する事から, 熱や空気中の酸素による酸化の影響は小さい. 本研究によって, ASE 装置を用いた抽出法で野菜中のカロテノイドやルテイン, クロロフィル, ポリフェノール等の極性

図 3 ASE 法による抽出液（ホソバワダン）の保存中のカロテノイド、クロロフィルの含量変化。

(a) クロロフィル a 含量, (b) クロロフィル b 含量, (c) β -カロテン含量, (d) ルテイン含量, ●, 室温; △, 4°C; □, -20°C.

が異なる抗酸化成分を同時に効率良く、且つ再現性良く抽出できる事が確認できた。

3. 沖縄伝統野菜のカロテノイドとクロロフィル含量

沖縄伝統野菜 12 品目とコマツナについて、ASE 装置で抽出した試料溶液を用いて α -、 β -カロテンとルテインの含量を分析した。コマツナの β -カロテン含量は約 2.0 mg/100 g 生鮮物であり、ニシヨモギやボタンボウフウ、ツルムラサキ、ホソバワダン等葉菜類の葉部はいずれもコマツナよりも高値であった（表 2）。一方、果菜類ではニガウリ（約 0.6 mg/100 g 生鮮物）以外は数 μ g/100 g 生鮮物程度しか含まれていなかった。 α -カロテンについては、ニガウリとツルムラサキの葉に 0.1 mg 程度含まれる他は、ほとんどの伝統野菜で数 μ g/100 g 生鮮物しか含まれていなかった。

ルテインは、カロテン類と異なりプロビタミン A 活性は無いが加齢黄斑変性症や白内障等の眼病予防に有効な成分として重要なカロテノイドであり、カズラ⁶⁾やエンサイ¹⁸⁾に多く含まれている。本研究では、ニシヨモギやボタンボウフウ、ホソバワダン、ツルムラサキ等もエンサイやカズラと同様にルテイン豊富な野菜である事が確認された。

今回の研究によって、沖縄伝統野菜の葉菜類がプロビタミン A やルテインの供給源として、優れた素材である事が確認された。特にボタンボウフウは、カロテンがコマツナの 2 倍以上、ルテインもエンサイ、カズラの約 2 倍含んでおり、カロテノイド豊富な緑黄色野菜である事が明らかになった。

4. 沖縄伝統野菜のポリフェノール含量

ポリフェノールについて、ニシヨモギやホソバワダン、ボタンボウフウ、スイゼンジナ、カズラ、エンサイは豊富

なグループに属する事が明らかにされている⁴⁾。今回の分析結果も同様の結果を示した（表 3）。しかしながら、カズラやエンサイ、スイゼンジナは最小値と最大値に 2~8 倍差があり、品目によっては成分含量の変動が大きい傾向を示した。

5. 沖縄伝統野菜のビタミン C 含量

ビタミン C については、ニガウリやカラシナ、ボタンボウフウ（葉）、ツルムラサキ（葉）が高値を示した（表 3）。ビタミン C が豊富な野菜の中でも代表的なニガウリは、五訂増補日本食品標準成分表の記載値¹⁹⁾（76 mg/100 g 生鮮物）と同程度の分析値（72.9 $\pm$ 6.3 mg/100 g 生鮮物）を示し、変動係数も 8.7% と安定した値を示したが、他の沖縄伝統野菜、特に葉菜類は変動係数が 20~40% 近くあり、ポリフェノールと同様に大きなバラツキを示した。

機能性成分含量の変動については、カズラのポリフェノール含量が系統や栽培土壌、収穫時期によって大きく変動する事が明らかにされている⁷⁾。ホソバワダンについては、栽培種が野生種の半分程度しかポリフェノールを含んでいない事が報告されている²⁰⁾。ニガウリ、トウガン、ヘチマ、パパイヤ等一部の野菜を除いて沖縄伝統野菜の多くは栽培品種が確立されていない。苗の履歴が農家による自家採種や株分け等様々である事も、系統間の成分含量を変動させている原因の一つになっていると予想される。また、沖縄伝統野菜の多くで基本的な栽培法が確立されていない事から、生産者の栽培技術の差が生産物の品質の差に繋がっている事も十分予想される。栽培用品種が確立されず系統が固定されていない事、栽培条件が確立されていない事は、市場流通している沖縄伝統野菜の同一品目間における成分

表 2 沖縄伝統野菜のカロテノイドと

	試料数 (n)	水分 (%)		β -カロテン ($\mu\text{g}/100\text{g}$ 生鮮物)				α -カロテン ($\mu\text{g}/100\text{g}$ 生鮮物)			
		Mean	SE	Mean	SE	Min.	Max.	Mean	SE	Min.	Max.
ニシヨモギ (葉)	7	83.4 $\pm$ 1.6		5113 $\pm$ 531		4305	5810	9.5 $\pm$ 2.3		6.8	12.4
ニシヨモギ (茎)	7	84.2 $\pm$ 4.3		1550 $\pm$ 276		1219	2164	12.2 $\pm$ 4.8		7.0	19.4
カラシナ	6	94.0 $\pm$ 0.8		2307 $\pm$ 356		1586	2752	3.3 $\pm$ 0.7		2.6	4.3
ホソバワダン	7	88.7 $\pm$ 1.1		3201 $\pm$ 223		2917	3638	9.5 $\pm$ 2.6		4.5	13.1
カズラ (葉)	6	90.2 $\pm$ 1.8		2568 $\pm$ 389		1967	3201	29.3 $\pm$ 6.3		19.3	36.5
カズラ (茎)	6	89.7 $\pm$ 2.5		847 $\pm$ 200		521	1108	6.6 $\pm$ 1.5		5.0	8.7
エンサイ (葉)	7	91.4 $\pm$ 0.8		2110 $\pm$ 412		1494	2640	7.4 $\pm$ 2.2		3.4	10.5
エンサイ (茎)	7	93.0 $\pm$ 1.1		768 $\pm$ 127		547	940	4.1 $\pm$ 0.8		3.1	5.1
ボタンボウフウ (葉)	6	77.6 $\pm$ 2.7		5029 $\pm$ 629		4266	5854	n.d.			
ボタンボウフウ (茎)	6	78.9 $\pm$ 3.1		1044 $\pm$ 144		805	1276	n.d.			
スイゼンジナ (葉)	8	92.3 $\pm$ 1.2		2414 $\pm$ 341		1951	2915	5.5 $\pm$ 1.3		3.8	7.9
スイゼンジナ (茎)	8	92.0 $\pm$ 1.9		721 $\pm$ 133		590	1036	n.d.			
ツルムラサキ (葉)	6	92.4 $\pm$ 1.3		2664 $\pm$ 694		1476	3497	95.9 $\pm$ 41.2		32.1	153.0
ツルムラサキ (茎)	6	94.5 $\pm$ 0.4		567 $\pm$ 54		496	662	6.5 $\pm$ 1.4		4.5	8.4
コマツナ	3	94.8 $\pm$ 0.2		1958 $\pm$ 7		1949	1967	n.d.			
ヘチマ	3	94.6 $\pm$ 0.1		33 $\pm$ 8		22	40	n.d.			
トウガン	4	86.7 $\pm$ 2.1		11 $\pm$ 4		6	16	n.d.			
パパイヤ	5	92.2 $\pm$ 0.5		9 $\pm$ 2		6	12	n.d.			
ニガウリ	5	94.3 $\pm$ 0.3		662 $\pm$ 71		585	785	118.9 $\pm$ 18.1		87.2	140.8

表 3 沖縄伝統野菜のポリフェノールとビタミン C の含量

	試料数 (n)	総ポリフェノール (mg/100 g 生鮮物)				ビタミン C (mg/100 g 生鮮物)			
		Mean	SE	Min.	Max.	Mean	SE	Min.	Max.
ニシヨモギ (葉)	7	555.3 $\pm$ 122.3		333.8	725.6	18.4 $\pm$ 5.1		11.9	24.6
ニシヨモギ (茎)	7	278.5 $\pm$ 75.0		167.3	427.4	8.4 $\pm$ 1.7		5.7	10.9
カラシナ	6	60.7 $\pm$ 8.6		49.9	70.5	52.0 $\pm$ 14.9		27.9	74.3
ホソバワダン	7	246.7 $\pm$ 60.9		174.8	338.3	18.5 $\pm$ 1.5		15.6	20.4
カズラ (葉)	6	207.3 $\pm$ 129.5		50.7	400.3	17.6 $\pm$ 5.7		13.6	29.9
カズラ (茎)	6	71.4 $\pm$ 34.9		17.5	124.4	8.5 $\pm$ 2.6		6.2	14.0
エンサイ (葉)	7	158.3 $\pm$ 45.0		109.2	247.6	14.1 $\pm$ 5.5		8.4	23.6
エンサイ (茎)	7	83.7 $\pm$ 31.9		44.4	151.0	5.0 $\pm$ 1.3		3.5	6.9
ボタンボウフウ (葉)	6	251.3 $\pm$ 23.4		222.4	292.7	45.8 $\pm$ 15.4		21.7	65.3
ボタンボウフウ (茎)	6	66.4 $\pm$ 3.5		60.4	71.5	18.5 $\pm$ 4.0		13.2	25.4
スイゼンジナ (葉)	8	111.4 $\pm$ 35.5		41.7	151.0	10.5 $\pm$ 3.9		6.5	18.6
スイゼンジナ (茎)	8	69.4 $\pm$ 17.8		38.6	92.4	4.7 $\pm$ 1.0		3.5	6.5
ツルムラサキ (葉)	6	84.0 $\pm$ 18.5		60.1	113.4	50.3 $\pm$ 17.4		30.5	84.0
ツルムラサキ (茎)	6	25.6 $\pm$ 6.6		17.4	34.2	8.1 $\pm$ 2.5		5.1	12.4
コマツナ	3	48.0 $\pm$ 3.2		45.6	52.6	39.2 $\pm$ 1.4		37.3	40.8
ヘチマ	3	9.3 $\pm$ 0.7		8.5	10.2	6.3 $\pm$ 0.1		6.2	6.5
トウガン	4	37.0 $\pm$ 5.1		31.0	42.7	42.8 $\pm$ 9.6		29.0	53.6
パパイヤ	5	14.8 $\pm$ 1.1		13.6	16.5	18.7 $\pm$ 1.4		16.9	20.0
ニガウリ	5	28.4 $\pm$ 2.1		24.4	30.5	72.9 $\pm$ 6.3		63.3	82.4

総ポリフェノール含量は没食子酸相当量として算出した。

クロロフィルの含量

ルテイン (mg/100 g 生鮮物)				クロロフィル a (mg/100 g 生鮮物)				クロロフィル b (mg/100 g 生鮮物)			
Mean	SE	Min.	Max.	Mean	SE	Min.	Max.	Mean	SE	Min.	Max.
8.1 ±0.9		6.8 ~ 9.6		70.3± 7.0		63.3 ~85.3		21.4 ±2.5		18.3 ~27.1	
1.2 ±0.3		0.9 ~ 1.7		9.3± 2.0		6.2 ~13.0		3.0 ±0.7		2.1 ~ 4.4	
4.0 ±0.6		2.7 ~ 4.5		37.4± 4.5		28.8 ~41.8		9.5 ±1.3		6.8 ~10.6	
5.7 ±0.4		5.1 ~ 6.6		53.4± 5.4		44.7 ~63.0		14.4 ±1.2		12.5 ~16.9	
4.6 ±0.7		4.0 ~ 5.9		40.1± 5.4		34.1 ~49.3		12.5 ±1.4		11.1 ~14.9	
0.4 ±0.1		0.4 ~ 0.6		3.8± 0.6		3.1 ~ 5.0		1.3 ±0.2		1.1 ~ 1.7	
3.7 ±0.8		2.6 ~ 5.1		43.2± 7.7		29.4 ~52.8		12.2 ±2.1		9.2 ~15.6	
0.8 ±0.1		0.5 ~ 0.9		5.4± 0.8		4.2 ~ 6.7		1.7 ±0.3		1.3 ~ 2.1	
8.2 ±1.3		6.5 ~10.6		63.2±10.9		49.0 ~83.6		20.9 ±3.1		15.9 ~26.5	
0.9 ±0.2		0.6 ~ 1.2		5.7± 1.2		4.1 ~ 7.8		2.0 ±0.4		1.5 ~ 2.7	
4.5 ±1.0		3.2 ~ 6.6		38.1± 8.4		25.3 ~53.8		13.2 ±3.0		9.4 ~19.4	
0.4 ±0.1		0.3 ~ 0.5		2.5± 0.9		0.5 ~ 3.8		1.2 ±0.3		0.8 ~ 1.5	
5.7 ±1.6		2.9 ~ 8.0		35.7± 8.4		18.7 ~43.6		12.1 ±3.9		5.2 ~17.3	
0.6 ±0.1		0.5 ~ 0.7		2.5± 0.4		1.8 ~ 2.9		1.1 ±0.1		0.8 ~ 1.3	
4.0 ±0.2		3.7 ~ 4.3		38.9± 3.0		34.7 ~41.4		10.2 ±0.8		9.4 ~11.3	
0.2 ±0.0		0.2 ~ 0.2		0.4± 0.2		0.3 ~ 0.6		0.2 ±0.03		0.2 ~ 0.2	
0.03±0.01		0.02~ 0.04		0.1± 0.04		0.03~ 0.1		0.04±0.01		0.02~ 0.05	
0.04±0.01		0.03~ 0.05		0.2± 0.04		0.12~ 0.2		0.05±0.01		0.04~ 0.07	
1.5 ±0.2		1.2 ~ 2.0		9.5± 2.1		6.8 ~12.9		3.5 ±0.6		2.7 ~ 4.4	

含量の差異を生じる要因の一つになっていると考えられた。

要 約

(1) 80% エタノールを溶媒に用いた ASE 抽出法でカロテノイドとポリフェノールを同時に効率的に抽出する事が可能であり、分析作業を簡素化できた。

(2) ニシヨモギ、ボタンボウフウ、ホソバワダン、スイゼンジナはβ-カロテンを主としたカロテノイドが豊富な野菜であった。特にボタンボウフウはβ-カロテンだけでなくルテインやビタミンC、ポリフェノールも供試品目中で高い値を示しており、多様な抗酸化成分を豊富に含む野菜である事が明らかになった。

本研究は平成19年沖縄県経常研究により実施したものである。試料収集に御協力いただいた沖縄県南部農業改良普及センター、JA おきなわ、(株)りゅうとう、沖縄在来野菜掘り起こし会に感謝致します。

文 献

- 1) 伝統的農産物振興戦略策定調査事業報告書、(株式会社トロピカルテクノセンター、沖縄)、pp.1-7、(2006)。
- 2) 須田郁夫、沖 智之、西場洋一、増田真美、小林美緒、永井沙樹、比屋根理恵、宮重俊一、沖縄県産果実類・野菜類のポリフェノール含量とラジカル消去活性、食科工、52、462-471 (2005)。
- 3) Murakami, A., Ishida, H., Kubo, K., Furukawa, I., Ikeda, Y., Yonaha, M., Aniya, Y. and Ohigashi, H., Suppressive effects of okinawan food items on free radical genera-

tion from stimulated leukocytes and identification of some active constituents: Implications for the prevention of inflammation-associated carcinogenesis. *Asian Pacific J. Cancer Prev.*, 6, 437-448 (2005).

- 4) Maeda, G., Takara, K., Wada, K., Oki, T., Masuda, M., Ichiba, T., Chuda, Y., Ono, H. and Suda, I., Evaluation of antioxidant activity of vegetables from Okinawa prefecture and determination of some antioxidative compounds. *Food Sci. Technol. Res.*, 12, 8-14 (2006).
- 5) Islam, M.S., Yoshimoto, M., Yahara, S., Okuno, S., Ishiguro, K. and Yamakawa, O., Identification and characterization of foliar polyphenolic composition in sweet potato (*Ipomea batatas* L.) genotype. *J. Agric. Food Chem.*, 50, 3718-3722 (2002).
- 6) Ishiguro, K. and Yoshimoto, M., Content of an eye-protective nutrient lutein in sweetpotato leaves. *Acta Horticulturae*, 703, 253-256 (2006).
- 7) 平良淳誠、大見のり子、土地邦彦、沖縄産カンショ茎葉部の葉酸とポリフェノール含量、食科工、54、215-221 (2007)。
- 8) 外間ゆき、長寿を支えた沖縄の食生活、「沖縄の長寿」、尚弘子、山本 茂編、(学会センター関西、大阪)、pp.31-48 (1999)。
- 9) 前田剛希、沖縄産紅イモ「沖夢紫」の成分特性および色調について、沖縄県工業技術センター研究報告書、8、71-77 (2006)。
- 10) 外間ゆき、大城紀子、沖縄産野菜類の遊離糖類について、琉球大学教育学部紀要、22、131-136 (1978)。
- 11) Obana, H., Kikuchi, K., Okimashi, M. and Hori, S., Determination of organophosphorus pesticides in foods using an accelerated solvent extraction system. *Analyt.*, 122, 217-220 (1997)。
- 12) 柿本幸子、尾花裕孝、起橋雅浩、堀伸二郎、高速溶媒抽出装置を用いた農産物及び加工食品中の防かび・殺菌剤の迅速分析、食衛誌、38、358-362 (1997)。

- 13) 山口之彦, 農産物中農薬一斉分析法の最近の動向, 生活衛生, **48**, 71-76 (2004).
 - 14) 第 3 章 脂溶性ビタミン, 「新・食品分析法」, 日本食品化学工学会, 新・食品分析法編集委員会編, (光琳, 東京), pp. 319-320 (1988).
 - 15) 満田幸恵, 新本洋土, 小堀真珠子, 津志田藤二郎, 高速液体クロマトグラフィーによる野菜のカロテノイドおよびクロロフィルの同時分析, 食科工, **49**, 500-506 (2002).
 - 16) Masuda, R., Hayakawa, A., Kakiuchi, N. and Iwamoto, M., HPLC determination of total ascorbic acid in fruits and vegetables., *Rep. Natl. Food Res. Inst.*, **52**, 30-35 (1988).
 - 17) 毛利作太郎, 二宮順一郎, 児玉雅信, 県産かんきつ類利用技術研究 (第 4 報) 色素の抽出技術, 愛媛県工業技術センター研究報告, **33**, 17-21 (1995).
 - 18) 石黒浩治, 吉元 誠, エンサイに含まれるポリフェノールとカロテノイド, 九州農業研究, **67**, p. 40 (2005).
 - 19) 「五訂増補日本食品標準成分表」, 文部科学省 科学技術・学術審議会 資源調査分科会編, (国立印刷局, 東京) pp. 90-91 (2005).
 - 20) 前田剛希, 広瀬直人, 与那覇恵, 藤野哲也, 高江洲賢文, 沖縄本島の海岸に自生するホソバワダン (*Crepidiastrum lanceolatum*) と市販されているホソバワダンのポリフェノール含量の比較, 沖縄県農業研究センター研究報告, **4**, 47-51 (2010).
- (平成 22 年 9 月 27 日受付, 平成 22 年 12 月 1 日受理)
-