

## ニガウリの抗酸化活性と寄与成分についての考察

山本久美<sup>1)</sup> 武曾歩<sup>2)</sup> 折田綾音<sup>3)</sup>  
 船越淳子<sup>4)</sup> 太田英明<sup>5)</sup>

### Antioxidant Activity, Polyphenolics and Catechin Contents of Bitter Melon Produced in Kyushu and Okinawa.

Kumi Yamamoto<sup>1)</sup> Ayumi Musou<sup>2)</sup> Ayane Orita<sup>3)</sup>  
 Atsuko Funakoshi<sup>4)</sup> Hideaki Ohta<sup>5)</sup>

(2017年11月22日受理)

#### 緒言

ニガウリ (*Momordica charantia*) は、東インド、熱帯アジア原産のウリ科ツルレイシ目に属する。独特の苦みが特徴であるニガウリは、ゴーヤチャンプル、天ぷらおよびサラダなどの料理で食されている沖縄の伝統的な野菜の一つである。ニガウリの果実や種子はビタミンCなどの抗酸化物質や各種生理活性物質を含有することから、古くから薬用として主に糖尿病予防に用いられてきた。ニガウリの生理活性の研究は、特に血糖低下作用に関する研究が広く行われてきた<sup>1-8)</sup>。その他の生理活性としては、脂質代謝調節作用<sup>4,9-12)</sup>、抗酸化作用<sup>13)</sup>、抗がん作用<sup>14,15)</sup>、抗炎症作用<sup>16)</sup> など様々な生理機能を有することが報告されている。

これまでの研究において筆者らは、九州・沖縄県産ニガウリの産地による品質・食味特性を明らかにし、高い抗酸化活性を持つことを示した<sup>17)</sup>。ニガウリはポリフェノール類を多く含む野菜であり抗酸化活性値に関する研究が国内外で多数報告されている<sup>18,19)</sup>。Horax らは、中国およびインドで栽培されたニガウリのメタノール抽出物を分析し、ニガウリに含まれる主なフェノール酸は没食子酸、ゲンチシン酸、カテキン、クロロゲン酸およびエピカテキンであることを記述している<sup>20)</sup>。また、Nerurkar らは中国で栽培されたニガウリのメタノール抽出物を分析し、ニガウリの主要なポリフェノール類がカテキン、ケルセチン、トランス-カルコンおよびカフェインであることを示している<sup>21)</sup>。しかしながら、このようなニガウリの抗酸化活性に寄与する成分を詳細に調べた研究は少なく、特に、日本で栽培されたニ

ガウリについての報告例はまだない。そこで本研究では、日本産ニガウリのポリフェノール成分の一部であるカテキンおよびエピカテキンに着目し、抗酸化活性との関連について品種や部位別に評価した。

#### 実験材料および方法

##### 1. 実験材料

2015年8~10月に佐賀県農業試験研究センター、宮崎県総合農業試験場および沖縄県農業研究センターより、品種および栽培地域の明らかなニガウリを入手した。佐賀県産のさつまレイシ、チャンピオン、宮崎県産のゴーヤ節成、つやみどり、沖縄県産の汐風、群星の計6種類のニガウリを試料として用いた。各品種10本ずつを果肉部、胎座部、種子部の3部位に分割した(図1)。それらを凍結乾燥後、ファイバーミキサー(松下電器産業株式会社製)を用いて粉碎し、-80℃で保存した。試料抽出は粉末試料0.3gを遠沈管に秤量し、80%エタノールを8mL加え、15分間超音波処理後、20分間振とうを行った。3500rpmで5分間遠心分離後、上清液を回収する操作を2回行い、25mLメスフラスコへ定容し、試料溶液を調製した。

##### 2. 試薬

フェノール試薬は和光純薬工業株式会社製の特級試薬を使用した。Trolox((±)-6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) および Fluorescein Sodium salt はシグマアルドリッチジャパン製の特級試薬を、AAPH(2,2'-azobis

別刷請求先：山本久美，中村学園大学短期大学部食物栄養学科，〒814-0198 福岡市城南区別府5-7-1

E-mail：kumi6116@nakamura-u.ac.jp

- 1) 中村学園大学短期大学部食物栄養学科助手 2) 中村学園大学栄養科学部栄養科学科助手  
 3) 中村学園大学大学院栄養科学研究科 4) 中村学園大学短期大学部食物栄養学科助教  
 5) 中村学園大学栄養科学部フード・マネジメント学科教授

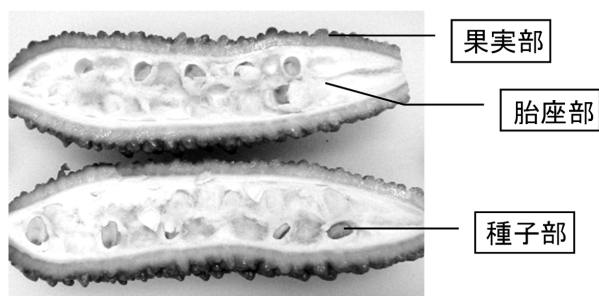


図1 ニガウリの断面図

(2-amidinopropane) dihydrochloride) は和光純薬工業株式会社製の一級試薬を使用した。カテキンおよびエピカテキンの標準試薬はシグマアルドリッチジャパン製を用い、アセトニトリルは和光純薬工業株式会社製のHPLC用の試薬を用いた。ならびに、その他の試薬は全て和光純薬工業株式会社製の特級試薬を用い、分析に利用した水は蒸留水をメルクミリポア製 Milli-Q Jr. で処理した超純水を使用した。

### 3. 装置

分光光度計は島津製 UVmini1240を、遠心分離機は久保田商事製のテーブルトップ遠心機4000を使用した。カテキンおよびエピカテキンの分析に用いた高速液体クロマトグラフ (HPLC) 装置は、島津製のポンプ LC-20AD, デガッサー DGU-20A<sub>3</sub>, システムコントローラー CBM-20A, オートサンプラー SIL-10AF, フォトダイオードアレイ検出器 SPD-M20A, カラムオープン CTO-20A を利用した。

### 4. 総ポリフェノール含量の測定

総ポリフェノール含量測定にはフォーリンチオカルト法<sup>22)</sup>を用いた。超純水で希釈した試料溶液1.0 mLに10%フェノール試薬 (v/v) 5.0 mLを添加後、3分間室温で放置した。さらに7.5%炭酸ナトリウム溶液 (w/v) 4.0 mLを添加し、60分間室温放置後、765 nmの吸光度を分光光度計で測定した。測定結果は、新鮮重量100 g当たりの没食子酸相当量 (mg-GAE/100 g) として算出した。

### 5. 活性酸素吸収能 (Oxygen Radical Absorbance Capacity: ORAC) の測定

ORAC 値の測定は、試料溶液を75 mM リン酸緩衝液 (75  $\mu$ mol/L Phosphate buffer) (pH 7.4) (以下この緩衝液を Assay buffer と略す) にて20, 40, 80, 160倍希釈し、それぞれを96-well マイクロプレート (ファルコン製) に35  $\mu$ L分注した。次に、Assay bufferに溶解した110.7 nM Fluorescein 溶液115  $\mu$ Lを添加後、

37°Cに保持したインキュベーターシェイカー MIS-2000 (Ecan 製) にて攪拌混合し20分間加温後、マイクロプレートリーダー SH-9000 (コロナ電気株式会社製) を用いて、Fluorescein の蛍光強度 (Ex: 490 nm, Em: 535 nm) を測定した。その後、Assay bufferに溶解した31.7mM AAPH (2,2'-Azobis (2-amidinopropane) dihydrochloride) 溶液50  $\mu$ Lを分注し、攪拌混合後、添加2分後から2分間隔で90分間蛍光強度の経時的変化を測定した。得られた各 well での蛍光強度測定結果より、各試料の net AUC を算出し、その値から試料の ORAC 予測値および ORAC 値実測用希釈倍率を算出した。次いで、試料を Assay buffer を用いて上述の方法で算出した ORAC 値実測用希釈倍率に希釈し、96-well マイクロプレート (ファルコン製) を用いて ORAC 予測値測定と同様の方法で測定を行った。測定結果は、新鮮重量100 g当たりの Trolox 当量 ( $\mu$ mol-TE/g) に換算した<sup>23)</sup>。

### 6. カテキンおよびエピカテキン含量の測定

カテキンおよびエピカテキン含量測定は、試料溶液をマイクロシリンジフィルター (孔径0.45  $\mu$ m; セルロースアセテート, アドバンテック製) で濾過したものを HPLC 分析に供した。HPLC 分析は、カラムに InertSustain Phenyl ( $\phi$  4.6 $\times$ 250 mm, 5  $\mu$ m) を使用し、カラム温度37°C, 移動相は A: 0.1%トリフルオロ酢酸/超純水, B: 0.1%トリフルオロ酢酸/アセトニトリルを用い、流速1.0 mL/min, 検出波長280 nm, 注入量20  $\mu$ L, 分析時間40分, グラジエント0-7分間 (B液 0%-10%), 7-10分間 (B液 10%), 10-30分間 (B液 10%-40%), 30-32分間 (B液 40%), 32-38分間 (B液 40%-100%) の条件で行った<sup>20)</sup>。試料溶液中のカテキンおよびエピカテキンの同定には標準溶液を0.1 mg/mLに調製したものをを用い、保持時間 (カテキン 19.0分; エピカテキン 21.5分) との照合で行った。含量は標準溶液で作成した検量線から求めた。

### 7. 統計解析

統計解析には IBM 社製 SPSS Statistics Ver.22.0を用いた。各測定値は一元配置分散分析を行い、差がみられたものについては Tukey の多重比較検定を行った。有意水準5%で有意差ありとした。相関性の確認には Pearson の単相関分析を用いた。

## 実験結果および考察

### 1. ニガウリの部位別重量と割合

ニガウリを果肉部、胎座部および種子部に分けて、重

表1 ニガウリの部位別重量と割合

	mean ± S.D.					
	さつまレイシ	チャンピオン	ゴーヤ節成	つやみどり	汐風	群星
果肉部 (g)	270.55 ± 18.51 (85%)	253.87 ± 26.14 (83%)	208.46 ± 10.76 (82%)	222.49 ± 21.07 (83%)	219.99 ± 28.07 (87%)	167.73 ± 31.46 (87%)
胎座部 (g)	37.62 ± 8.55 (12%)	43.60 ± 9.37 (14%)	36.21 ± 5.08 (14%)	36.15 ± 4.64 (14%)	22.37 ± 2.46 (9%)	16.38 ± 2.39 (8%)
種子部 (g)	9.69 ± 4.18 (3%)	9.41 ± 1.65 (3%)	10.42 ± 3.83 (4%)	7.69 ± 1.58 (3%)	9.00 ± 1.41 (4%)	9.58 ± 1.60 (5%)

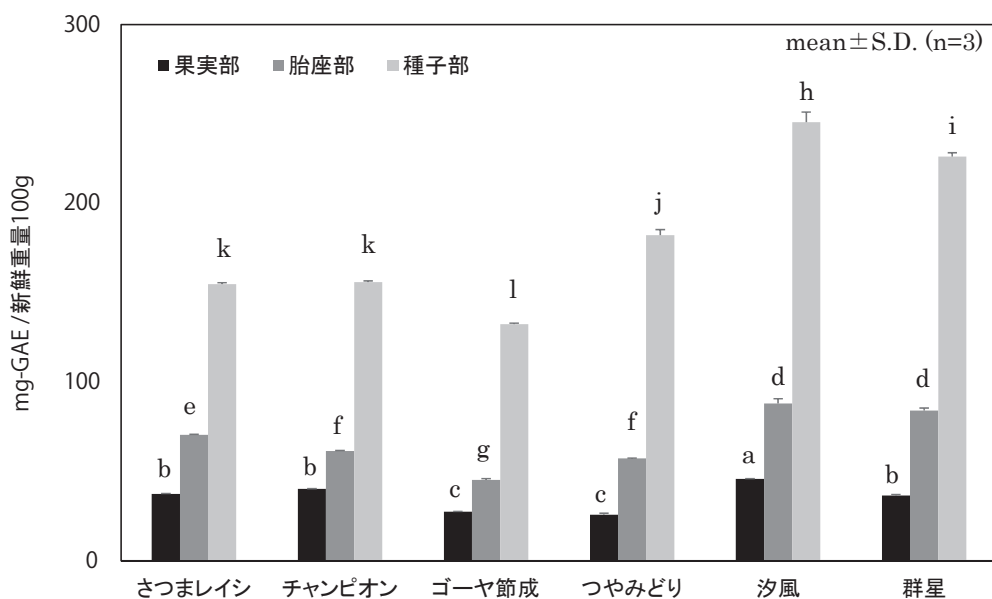
( ) 内は全体に占める割合

量を測定した結果を表1に示した。ニガウリ1本当たりの果肉部の重量は、小さいものでは約160 g、大きいものでは約270 gであり、果肉部が全体に占める割合は78~87%であった。胎座部においては約16~40 g、胎座部が全体に占める割合は8~14%であり、沖縄県産の汐風と群星が他のニガウリよりもやや少なかった。種子部においては約9~10 g、種子部が全体に占める割合は3~4%となり、品種間に差はみられなかった。

## 2. ニガウリの総ポリフェノール含量

図2にニガウリ新鮮重量100 g当たりの総ポリフェノール含量の測定結果を示した。部位別にみると、すべての品種において種子部が果実部と胎座部よりも有意に高い結果となった ( $p < 0.01$ )。品種別にみると、果

実部においては汐風が45.78 mg-GAEと最も高く、その他の品種と比較して1%の危険率で有意に高値を示した。次いでチャンピオンは40.08 mg-GAE、群星は36.53 mg-GAEとなった。他の品種と比較して低い値を示したのは、つやみどり25.73 mg-GAE、ゴーヤ節成27.43 mg-GAEであり、1%の危険率で有意差が認められた。胎座部においても汐風が87.96 mg-GAEと高く、群星を除く他の品種と比較して1%の危険率で有意に高い結果となった。次いで群星84.03 mg-GAE、さつまレイシ70.43 mg-GAEであった。ゴーヤ節成は45.24 mg-GAEと最も低く、その他の品種と比べて1%の危険率で有意に低い結果となった。種子部においても汐風が245.34 mg-GAEで最も高値を示し、その他の品種と比べると1%の危険率で有意差が認められた。次いで群



果実部：a, b, c 間の異なる文字間に有意差あり ( $p < 0.01$ )

胎座部：d, e, f, g 間の異なる文字間に有意差あり ( $p < 0.01$ )

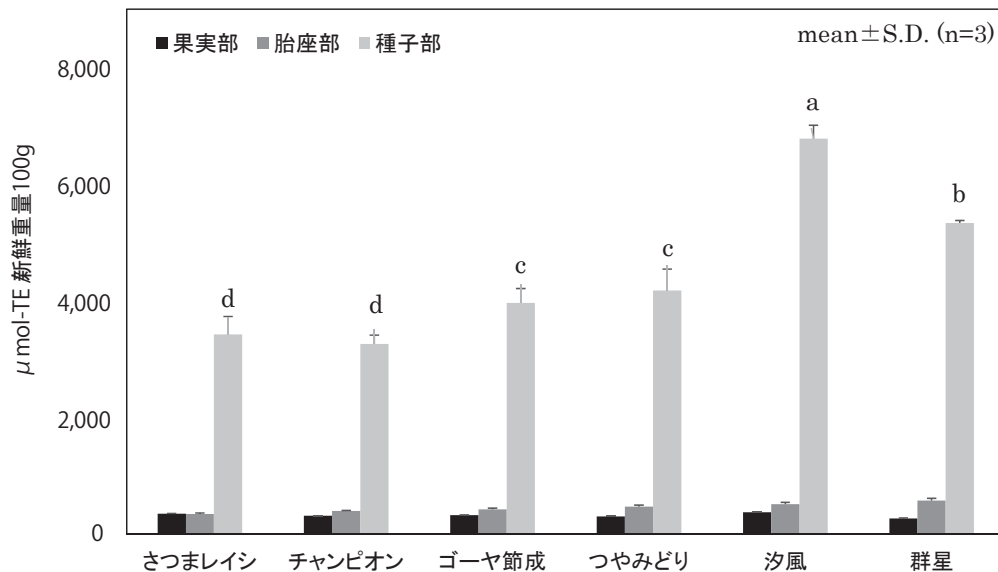
種子部：h, i, j, k 間の異なる文字間に有意差あり ( $p < 0.01$ )

図2 総ポリフェノール含量

星は226.15 mg-GAE, つやみどりは182.19 mg-GAEであった。ゴーヤ節成は132.38 mg-GAEとなり他の品種と比較すると1%の危険率で有意に低い値となった。全ての部位において沖縄県産の汐風と群星の総ポリフェノール含量は、他の品種のニガウリよりも高い結果となった。また、宮崎県産のゴーヤ節成の総ポリフェノール含量は、他の品種のニガウリよりも低い値を示した。

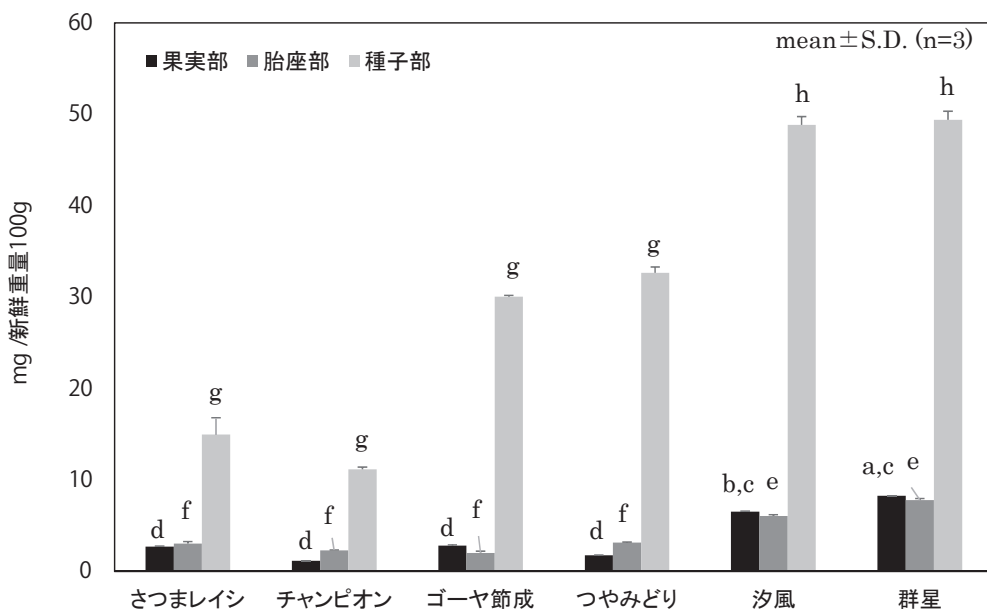
### 3. ニガウリのORAC値

ニガウリ新鮮重量100g当たりのORAC値を図3に示した。部位別にみると、すべての品種において種子部が果実部と胎座部よりも有意に高い結果となった ( $p < 0.01$ )。品種別にみると、果実部においては品種間に有意差は認められなかった。胎座部においても同様に、品種間の有意差は認められなかった。種子部においては汐風が6781.94  $\mu\text{mol-TE}$ と最も高く、その他の品種と比



種子部：異なる文字間に有意差あり ( $p < 0.01$ )

図3 ORAC値



果実部：a, b間に有意差あり ( $p < 0.05$ )、c, d間に有意差あり ( $p < 0.01$ )

胎座部：e, f間に有意差あり ( $p < 0.01$ )

種子部：g, h間に有意差あり ( $p < 0.01$ )

図4 カテキン含量

較して1%の危険率で有意に高値を示した。次いで群星が5334.75  $\mu\text{mol-TE}$ であり、最も低い値を示したチャンピオン3259.24  $\mu\text{mol-TE}$ 、さつまレイシ3425.02  $\mu\text{mol-TE}$ はその他の品種と比較すると1%の危険率で有意差が認められた。ニガウリのORAC値において、果実部と胎座部では品種間に差はみられなかったが、種子部においては総ポリフェノール含量の結果と同様に、沖縄県産の汐風と群星が他の品種のニガウリよりも高値を示した。

#### 4. ニガウリのカテキン含量

ニガウリ新鮮重量100g当たりのカテキン含量を図4に示した。部位別にみると、すべての品種において種子部は果実部と胎座部よりも有意に高い結果となった ( $p < 0.01$ )。品種別にみると、果実部においては群星が8.27 mgと最も高く、次いで汐風が6.53 mgとなった。群星は汐風との間に5%の危険率で有意差があり、その他の品種との間にも1%の危険率で有意差が認められた。胎座部においても群星が7.79 mgと最も高く、次いで汐風は6.06 mgとなった。群星と汐風はその他の品種と比較すると1%の危険率で有意に高い値となった。種子部においても群星、汐風がそれぞれ49.39 mg、48.83 mgで、その他全ての品種よりも1%の危険率で有意に高かった。最も低い値となったのはチャンピオンで11.15 mgであった。ニガウリのカテキン含量において、沖縄県産の群星と汐風は他の品種と比較して有意に

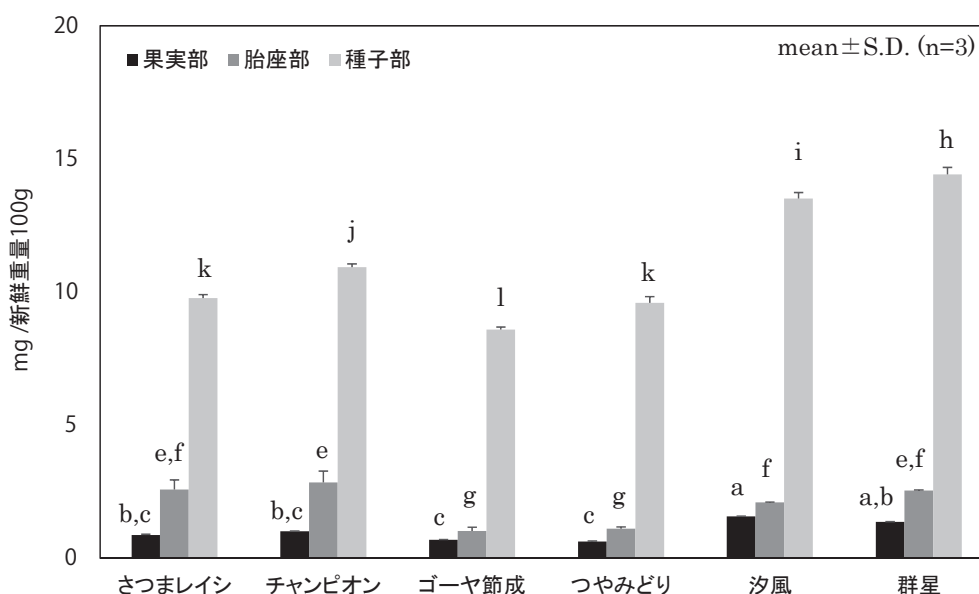
高い結果となった。

#### 5. ニガウリのエピカテキン含量

ニガウリ新鮮重量100g当たりのエピカテキン含量を図5に示した。部位別にみると、すべての品種において種子部は果実部と胎座部よりも有意に高い結果となった ( $p < 0.01$ )。品種別にみると、果実部においては汐風が1.57 mg、群星が1.36 mgであった。汐風は群星以外のその他の品種と比較すると1%の危険率で有意に高い結果となった。胎座部において高い値を示したのはチャンピオン2.84 mg、次いでさつまレイシが2.59 mg、群星が2.54 mgとなった。ゴーヤ節成は1.03 mg、つやみどりは1.10 mgとなり他の品種と比較すると1%の危険率で有意に低い結果となった。種子部においては群星が14.42 mgと最も高く、すべての品種と比較して1%の危険率で有意差が認められた。次いで汐風は13.51 mgであり、最も値が低かったのはゴーヤ節成の8.59 mgであり、他の品種と比較すると1%の危険率で有意に低値となった。ニガウリのエピカテキン含量において、沖縄県産の群星と汐風は他の品種と比較して高い結果となった。

#### 6. 各測定値の相関関係

先行研究では、総ポリフェノール含量とORAC値は相関することが報告されている<sup>24)</sup>。前述のとおり本研究においても、総ポリフェノール含量が高い試料は



果実部：a, b, c, d間の異なる文字間に有意差あり ( $p < 0.01$ )

胎座部：e, f, g間の異なる文字間に有意差あり ( $p < 0.01$ )

種子部：h, i, j, k, l間の異なる文字間に有意差あり ( $p < 0.01$ )

図5 エピカテキン含量



表2 各測定値の相関関係

	総ポリフェノール含量	ORAC値	カテキン含量	エピカテキン含量
総ポリフェノール含量	1	0.965**	0.917**	0.974**
ORAC値	-	1	0.946**	0.892**
カテキン含量	-	-	1	0.966**
エピカテキン含量	-	-	-	1

\*\*  $p < 0.01$

ORAC 値も高い傾向を示した。そこで、本研究の結果をもとに、ニガウリ3部位合計の総ポリフェノール含量、ORAC 値、カテキン含量、エピカテキン含量の相関を求めた。その結果、総ポリフェノール含量と ORAC 値で相関係数  $r = 0.965$  ( $p < 0.01$ ) の高い相関が確認され、ニガウリの抗酸化活性にはポリフェノール類が大きく寄与していることが示唆された。総ポリフェノール含量とカテキンおよびエピカテキン含量との間にはそれぞれ  $r = 0.917$  ( $p < 0.01$ )、 $r = 0.974$  ( $p < 0.01$ ) の正の相関が認められた。また、ORAC 値とカテキンおよびエピカテキン含量との間にもそれぞれ  $r = 0.946$  ( $p < 0.01$ )、 $r = 0.892$  ( $p < 0.01$ ) の正の相関が認められ、カテキンおよびエピカテキン含量の高いニガウリは抗酸化活性も高いことが示された。よって、カテキンおよびエピカテキンがニガウリの抗酸化活性に寄与していることが示唆された。

### 7. カテキンおよびエピカテキン含量が総ポリフェノール含量に占める割合

日本産のニガウリの抗酸化活性に関して、総ポリフェノール含量や ORAC 値等の分析例はあるが、抗酸化活性に寄与する成分を詳しく記載した報告はない。そこで、本研究ではニガウリ中のカテキンおよびエピカテキン含量が総ポリフェノール含量に占める割合を算出するために、カテキンおよびエピカテキンの標準品を前述した「実験材料および方法4. 総ポリフェノール含量の測定」に従い測定を行った。なお、カテキンならびにエピカテキンの標準品は0.1 mg/mL に調製し、測定に用いた。その結果、カテキン標準品 1 mg 当たりの総ポリフェノール含量は、1.28 mg-GAE、エピカテキン標準品 1 mg 当たりの総ポリフェノール含量は、2.37 mg-GAE であった。この値を用いて、ニガウリの部位別のカテキンおよびエピカテキン含量の総ポリフェノール含量に占める割合を求めた (図6)。果実部においては約10%~38%、胎座部においては約15%~29%であった。種子部は約23%~90%となり試料によって大きく差がみられたが、種子部においては果実部と胎座部よりもカテキン

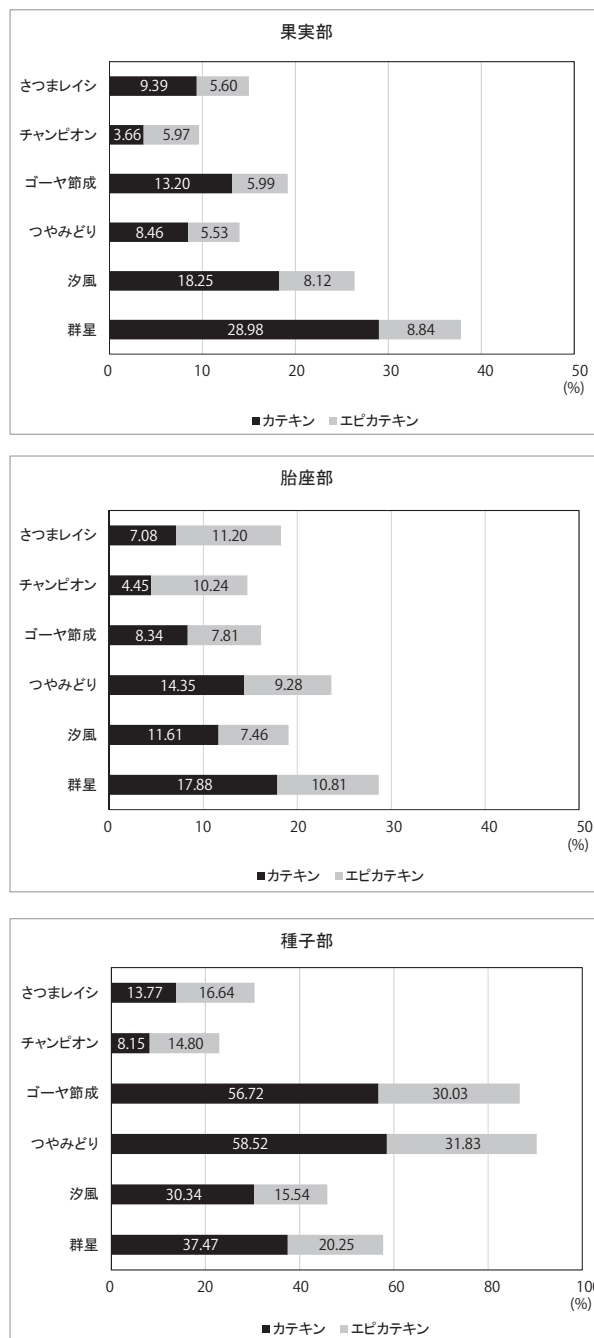


図6 部位別のカテキンおよびエピカテキン含量が総ポリフェノール含量に占める割合

ンおよびエピカテキン含量が総ポリフェノール含量に占める割合が有意に高かった ( $p < 0.01$ )。その他のポリフェノール成分として、Horax<sup>ら</sup><sup>20)</sup>が報告している没食子酸、ゲンチシン酸およびクロロゲン酸が考えられる。

## 要 約

佐賀、宮崎および沖縄県産の6種類のニガウリを用いて、総ポリフェノール含量、ORAC値、カテキンおよびエピカテキン含量の分析を行い、以下の考察を得た。

- 1) 総ポリフェノール含量ではすべての品種において最も高い値を示したのは種子部であり、次いで胎座部、果肉部となった。沖縄県産の汐風と群星の総ポリフェノール含量は、全ての部位において他の品種のニガウリよりも高い結果となった。
- 2) 種子部のORAC値では、総ポリフェノール含量の結果と同様に、沖縄県産の汐風と群星が他の品種のニガウリよりも値を示した。一方、果実部と胎座部では品種間に差はみられなかった。
- 3) 部位別のカテキン含量では、すべての品種において種子部が最も高い結果となった。品種別にみると、沖縄県産の群星と汐風はすべての部位で他の品種と比較して有意に高い結果となった。
- 4) エピカテキン含量を部位別にみると、すべての品種において種子部は果実部と胎座部よりも有意に高い結果となった。品種別にみると、沖縄県産の群星と汐風は全ての部位で他の品種と比較して高い結果となった。全ての部位においてエピカテキンよりもカテキンの割合が高い傾向がみられた。
- 5) ORAC値とカテキンおよびエピカテキン含量との間にはそれぞれ  $r = 0.946$  ( $p < 0.01$ )、 $r = 0.892$  ( $p < 0.01$ ) の正の相関が認められ、カテキンおよびエピカテキン含量の高いニガウリは抗酸化活性も高いことが示された。よって、カテキンおよびエピカテキンがニガウリの抗酸化活性に寄与していることが示唆された。
- 6) ニガウリの部位別にかテキンおよびエピカテキン含量の総ポリフェノール含量に占める割合を求めたところ、果実部および胎座部よりも、カテキンとエピカテキン含量の高い種子部は割合が高かった。

以上の結果より、日本産ニガウリの総ポリフェノール含量およびORAC値は、品種や部位によって異なること、抗酸化に関連する成分の一部がカテキンおよびエピカテキンであることを示した。

## 文 献

- 1) Shibib, B. A., Khan, L. A. and Rahman, R. (1993). Hypoglycaemic activity of *Coccinia indica* and *Momordica charantia* in diabetic rats: depression of the hepatic gluconeogenic enzymes glucose-6-phosphatase and fructose-1, 6-bisphosphatase and elevation of both liver and red-cell shunt enzyme glucose-6-phosphate dehydrogenase. *Biochem.J.*, **292**, 267-270.
- 2) Virdi, J., Sivakami, S., Shahani, S., Suthar, A. C., Banavalikar, M.M. and Biyani, M.K. (2003). Antihyperglycemic effects of three extracts from *Momordica charantia*. *J. ethnopharmacol.*, **88**, 107-111.
- 3) Chen, Q., Chan, L. L., and Li, E. T. (2003). Bitter melon (*Momordica charantia*) reduces adiposity, lowers serum insulin and normalizes glucose tolerance in rats fed a high fat diet. *J. Nutr.*, **133**, 1088-1093.
- 4) Ahmed, I., Adeghate, E., Cummings, E., Sharma, A. K. and Singh, J. (2004). Beneficial effects and mechanism of action of *Momordica charantia* juice in the treatment of streptozotocin-induced diabetes mellitus in rat. *Mol. Cell. Biochem.*, **261**, 63-70.
- 5) Basch, E., Gabardi, S. and Ulbricht, C. (2003). Bitter melon (*Momordica charantia*): a review of efficacy and safety. *Am. J. Health Syst. Pharm.*, **60**, 356-359.
- 6) Shetty, A., Suresh, G. and Salimath, P. (2005). Bitter gourd (*Momordica charantia*) modulates activities of intestinal and renal disaccharidases in streptozotocin-induced diabetic rats. *Mol. Nutr. Food Res.*, **49**, 791-796.
- 7) Fuangchan, A., Sonthisombat, P., Seubnukarn, T., Chanouan, R., Chotchaisuwat, P., Sirigulsatien, V., and Haines, S. T. (2011). Hypoglycemic effect of bitter melon compared with metformin in newly diagnosed type 2 diabetes patients. *J. Ethnopharmacology*, **134**, 422-428.
- 8) Uebanso, T., Arai, H., Taketani, Y., Fukaya, M., Yamamoto, H., Mizuno, A., Uryu, K., Hada, T. and Takeda, E. (2007). Extracts of *Momordica charantia* suppress postprandial hyperglycemia in rats. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **53**, 482-488.
- 9) Senanayake, G. V. K., Fukuda, N., Nshizono, S., Wang, Y., Nagao, K., Yanagita, T., Iwamoto, M. and Ohta, H. (2012). Mechanisms underlying decreased hepatic triacylglycerol and cholesterol by dietary bitter melon extract in the rat. *Lipids*, **47**, 495-503.
- 10) Jayasooriya A., Sakono, M., Yukizaki, C., Kawano, M., Yamamoto, K. and Fukuda, N. (2000). Effects of *Momordica charantia* powder on serum glucose levels and various lipid parameters in rats fed with cholesterol-free and cholesterol-

- enriched diets. *J. Ethnopharmacology*, **72**, 331-336.
- 11) Ahmed, I., Lakhani, M.S., Gillett, M., John, A. and Raza, H. (2001). Hypotriglyceridemic and hypocholesterolemic effects of anti-diabetic *Momordica charantia* (karela) fruit extract in streptozotocin-induced diabetic rats. *Diabetes Research and Clinical Practice*, **51**, 155-161.
- 12) 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, 福田亘博. (2008). 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.
- 13) Lu, Y. L., Liu, Y. H., Chyuan, J. H., Cheng, K. T., Liang, W. L and How, W. C. (2012). Antioxidant activities of different wild bitter gourd (*Momordica charantia* L. var. *abbreviata* Seringe) cultivars. *Bot. Stud.*, **53**, 207-214.
- 14) 江藤公美, 岩下恵子, 武井利之, 八巻幸二, 篠原和毅, 小堀真珠子. (2002). ニガウリのがん細胞アポトーシス誘導効果. 日本食品科学工学会誌, **49**, 250-256.
- 15) Somasagara, R. R., Deep, G., Shrotriya, S., Patel, M., Agarwal, C., and Agarwal, R. (2015). Bitter melon juice targets molecular mechanisms underlying gemcitabine resistance in pancreatic cancer cells. *International journal of oncology*, **46**, 1849-1857.
- 16) 小堀真珠子, 雨宮潤子, 酒井美穂, 白木己歳, 杉下弘之, 坂上直子, 星良和, 柚木崎千鶴子. (2006). ニガウリのがん細胞アポトーシス誘導効果および炎症性サイトカイン産生抑制効果, 日本食品科学工学会誌, **53**, 408-415.
- 17) 山本久美, 武曾(矢羽田)歩, 折田綾音, 船越淳子, 太田英明. (2017). ニガウリの品質成分と官能評価による多変量解析と特性評価, 中村学園大学・中村学園大学短期大学部紀要第48号, 199-203.
- 18) 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, (2005). 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, 日本食品科学工学会誌, **52**, 462-471.
- 19) 前田剛希 (2009). 沖縄県産野菜の抗酸化能及び抗酸化成分に関する研究, 沖縄県農業研究センター研究報告2, 1-29.
- 20) Horax R., Hettiarachchy N., and Chen P. (2010). Extraction, Quantification, and Antioxidant Activities of Phenolics from Pericarp and Seeds of Bitter Melons (*Momordica charantia*) Harvested at Three Maturity Stages (Immature, Mature, and Ripe), *J. Agric. Food Chem.*, **58**, 4428-4433.
- 21) Nerurkar, P. V., Johns, L. M., Buesa, L. M., Kipyakwai, G., Volper, E., Sato, R., and Nerurkar, V. R. (2011). *Momordica charantia* (bitter melon) attenuates high-fat diet-associated oxidative stress and neuroinflammation. *Journal of neuroinflammation*, **8**, 64
- 22) 沖智之. (2009). 食品機能性評価マニュアル集第Ⅲ集. 「総ポリフェノールの定量法」, 食品機能性評価支援センター技術普及資料等検討委員会編, (日本食品科学工学会, つくば), pp.1-7.
- 23) Watanabe, J., Oki, T., Takebayashi, J., Yamasaki, K., Takano-Ishikawa, Y., Hino, A., and Yasui, A. (2012). Method validation by interlaboratory studies of improved hydrophilic oxygen radical absorbance capacity methods for the determination of antioxidant capacities of antioxidant solutions and food extracts. *Analytical Sciences.*, **28**, 159-165.
- 24) Yoshida, A., Sonoda, K., Nogata, Y., Nagamine, T., Sato, M., Oki, T., and Ohta, H. (2010). Determination of free and bound phenolic acids, and evaluation of antioxidant activities and total polyphenolic contents in selected pearled barley, *Food Sci. Technol. Res.*, **16**, 215-224.