

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

山 本 久 美¹⁾ 武曾(矢羽田)歩²⁾ 折 田 綾 音³⁾
船 越 淳 子⁴⁾ 太 田 英 明⁵⁾

Multivariate Analyses and Characterization of Chemical Components and Sensory Evaluation in Bitter Melon (*Momordica charantia* L.)

Kumi Yamamoto¹⁾ Ayumi Musou-Yahada²⁾ Ayane Orita³⁾
Atsuko Funakoshi⁴⁾ Hideaki Ohta⁵⁾

(2015年11月27日受理)

緒 言

夏野菜として知られるニガウリはインド原産ウリ科のつる性植物で、広くアジア、インド、南アメリカ、アフリカ等の熱帯地域に生育している。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、古くから中国医学やインドのアーユルヴェーダなどの伝統医学においては食用のみならず薬用として主に糖尿病予防に用いられてきた。よって、ニガウリの血糖低下作用に関する研究が広く行われ¹⁻⁷⁾、ニガウリのメタノール抽出物はラットにおいて α -グルコシダーゼ活性抑制により食後高血糖を抑制することが報告されている⁸⁾。また、Senanayakeらは、ニガウリ抽出物がラット肝臓トリグリセリドの合成を減少させることを明らかにしており⁹⁾、ニガウリの生理作用として、血糖低下作用に加えて脂質代謝調節作用^{4, 10-12)}にも感心が高まっている。これらの他に、抗酸化能¹³⁾、抗がん作用^{14, 15)}、抗炎症作用¹⁶⁾など様々な生理機能を有すると報告されていることから、わが国においても近年の健康志向の高まりに伴い、ニガウリの消費は急速に拡大してきた。平成24年では全国で22,361tが収穫され、主要なニガウリの産地である沖縄県ではその約32%の7,151tが収穫されている。沖縄県に次いで熊本県、鹿児島県、宮崎県の収穫量が多く、上位4県で全国の約72%を占めている¹⁷⁾。これまでの研究ではニガウリの栽培や生理機能に関する報告がほとんどであり、ニガウリの食味特性についての研究は見当たらない。そこで本研究では、九州・沖縄を中心とするニガウリの産地による品質・食味特性を明らかにすることを目的とした。

実験材料および方法

1. 実験材料

2012年9月に各県農業研究センターおよび福岡大同青果(株)より入手した9種類のニガウリ(品種名)、福岡(アバシ)、佐賀(チャンピオン)、長崎(エラブ)、大分(エラブ)、熊本(エラブ)、宮崎(A:パワフルレイシ、B:ゴーヤ節成)、鹿児島(チャンピオン)、沖縄(汐風)を試料として使用した。収穫時期の異なるニガウリの品質比較を容易にするため、各試料は低速回転圧搾式ツインギアジュース(プレマ社)を用いて搾汁後、篩別(250 μ m mesh)した。液温が70℃に達するまで沸騰湯浴中で攪拌しながら加熱し、袋に充填・密閉後、冷却したものをニガウリ搾汁液とした。実験に供するまで-30℃で冷凍保存した。

2. アスコルビン酸含量の測定

Sawamura¹⁸⁾らの方法に準じて行った。すなわち、ニガウリ搾汁液2mLを遠心分離(10000rpm×5min)後、上清300 μ Lにエタノール600 μ L、8%メタリン酸300 μ Lを加え、遠心分離(4000rpm×15min)を行い、さらに上清を500 μ Lずつ分注した。総アスコルビン酸含量は、上清500 μ Lに0.3Mリン酸三ナトリウム100 μ L、1.2%一硫化水素ナトリウム100 μ Lを混合し、35℃で20分間の加熱後、8%メタリン酸液300 μ Lを添加し、HPLC分析に供した。還元型アスコルビン酸含量は、上清500 μ Lに2%メタリン酸500 μ Lを添加してHPLC分析に供した。アスコルビン酸標準液はアスコルビン酸の標準品を2%メタリン酸にて溶解し、0.1mg/mLに調整した。HPLC分析は、カラムにLichrospher

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大学院生 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栄養科学科教授

100 RP-18 (φ4.0×250mm, 5μm) を使用し、カラム温度40℃、移動相は0.2%メタリン酸水溶液を用い、流速0.76mL/min、検出波長243nm、注入量20μL の条件で行った。

3. 総クロロフィル含量の測定

ニガウリ搾汁液2mL にエタノール8mL を加えホモジナイズ後、超音波槽にて10分間抽出を行い、遠心分離 (3500rpm ×15min) により得た上清液を用いて、665nm と649nm の吸光度を分光光度計で測定した。総クロロフィル濃度 (クロロフィル a とクロロフィル b の合計値) は、下記の計算式¹⁹⁾ を用いて求めた。

計算式：総クロロフィル濃度 (μg/mL) = (6.10 × A₆₆₅) + (20.04 × A₆₄₉)

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²⁰⁾ を用いた。ニガウリ搾汁液2mL にエタノール8mL を加えホモジナイズ後、超音波槽にて10分間抽出を行い、遠心分離 (3500rpm ×15min) により得た上清液を試料溶液とした。試料溶液500μL に蒸留水500μL を分注し50%フェノール試薬1mL を添加後、3分間室温で放置した。さらに10%炭酸ナトリウム溶液1mL を添加し、60分間室温放置後、750nm の吸光度を分光光度計で測定した。分析後、没食子酸相当量 (mg-GAE/100mL) として算出した。

5. DPPH ラジカル消去活性の測定

DPPH ラジカル消去活性は沖らの方法に準じて分析を行った^{21, 22)}。ニガウリ搾汁液2mL にエタノール8mL を添加しホモジナイズ後、超音波槽にて10分間抽出を行った。遠心分離 (3500rpm ×15min) 後、上清液に等量の20%エタノールを添加し、試験溶液を調製した。試験溶液を50%エタノールで希釈し、200mM MES 緩衝液500μL、400mM DPPH 溶液500μL を添加後20分

室温放置し、520nm の吸光度を分光光度計で測定した。分析後、Trolox 相当量 (μmol-TE/100mL) として算出した。

6. 可溶性固形分 (°Brix) の測定

可溶性固形分 (°Brix) は、デジタル糖度計 (アタゴ社製 PR-201 α) にて測定した。

7. 官能評価 (7段階評点法)

本学学生23名 (平均年齢23.1歳) の協力を得て、官能評価を実施した。パネリストにはニガウリ搾汁液に慣れるため、本試験を行う前の1ヶ月間、週に2回ニガウリ搾汁液を用いた訓練を行った。普通を0とする±3点の7段階評点法を実施し、緑色、香り、苦味、後味、総合評価の5項目について評価してもらった。1サンプルの量を5mL とし、5～6サンプルを1バッチとした。

8. 統計解析

官能評価の結果は Excel 統計2012を用いて二元配置分散分析法で解析を行い、有意水準5%で有意差ありとした。また品質成分の分析値を含むすべての結果は、SPSS ver.22.0を用いて主成分分析によって解析を行った。

実験結果および考察

1. 品質成分分析結果

品質成分分析の結果を表1に示す。ニガウリ搾汁液100mL 当たりの総アスコルビン酸含量は、大分で68.82mg と最も高値を示し、熊本では36.85mg となり最も低い値が検出された。また、還元型アスコルビン酸含量は長崎で34.06mg と多く、福岡においては4.97mg となり最も低い結果となった。ニガウリ搾汁液の総アスコルビン酸含量は、五訂増補日本食品成分表の記載値²³⁾ (76mg/100g 生鮮物) より全体的に低い分

表1 品質成分分析結果

	総アスコルビン酸含量 (mg/100mL)	還元型 アスコルビン酸含量 (mg/100mL)	総クロロフィル含量 (mg/100mL)	総ポリフェノール含量 (mg-GAE/100mL)	DPPHラジカル 消去活性 (μmol-TE/100mL)	可溶性固形分 (°Brix)
福岡	37.75	4.97	4.11	32.76	71.65	2.2
佐賀	51.91	21.73	3.28	40.09	136.57	2.7
長崎	39.74	34.06	1.74	31.04	84.99	2.3
大分	68.82	26.06	7.49	35.47	93.70	2.6
熊本	36.85	11.29	1.22	28.10	47.89	2.3
宮崎A	63.47	14.60	10.29	24.97	46.78	2.7
宮崎B	55.69	18.48	9.70	28.57	73.26	3.0
鹿児島	62.84	11.42	4.24	27.65	28.05	2.4
沖縄	54.39	28.89	3.16	36.99	100.80	3.2

平均値 (n=3)

析値となった。ニガウリ搾汁液100mL当たりの総クロロフィル含量（クロロフィルaとクロロフィルbの合計値）において、高値を示したのは宮崎Aで10.29mg、宮崎Bにおいては9.70mgであり、低いものは熊本の1.22mgであった。ニガウリ搾汁液100mL当たりの総ポリフェノール含量は、佐賀の40.09mg-GAEが最も高く、熊本の28.10mg-GAEが最も低い値となった。ニガウリ搾汁液100mL当たりのDPPHラジカル消去活性が最も高いのは佐賀で136.57 μ mol-TEとなり、鹿児島は28.05 μ mol-TEと低い結果となった。DPPHラジカル消去活性と総ポリフェノール含量は相関することが報告されている^{24, 25)}。本研究の結果においても、DPPHラジカル消去活性が高い試料は総ポリフェノール含量も高い傾向を示した。両者の相関を調べたところ、相関係数 $r=0.913$ ($p < 0.01$) で高い正の相関が確認され、ニガウリの抗酸化能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。ニガウリ搾汁液の可溶性固形分（°Brix）は、2.2~3.0°Brixであり大差はなかった。

2. 官能評価結果

官能評価で得られた評点をグラフにしたものを図1に示す。沖縄を基準として評価したところ、緑色の項目では、大分との間に5%の危険率で有意差があり、福岡、宮崎A、B、鹿児島との間に1%の危険率で有意差が認められた。香りの項目では、沖縄が最も高い評価となり、沖縄と福岡、佐賀、長崎、熊本との間に1%の危険率で有意差がみられた。苦味の項目では、沖縄と大分、熊本の間に5%の危険率で有意差があり、沖縄と佐賀、

長崎との間に1%の危険率で有意差が確認された。後味の項目は沖縄と佐賀、長崎との間に1%の危険率で有意差が認められ、苦味と同様の評価となり、苦味と後味の関連性が示唆された。総合評価の項目では、沖縄と熊本との間に5%の危険率で有意差があり、沖縄と佐賀、長崎との間に1%の危険率で有意差が観察された。今回の試験に供した試料において、香りや苦味、後味の項目では、宮崎A、B、沖縄の評価が高いのに対し、佐賀と長崎は評価が低いことが明らかとなった。以上のことから、ニガウリ試料間において食味特性に差異のあることが示され、産地別の特性比較が可能であることが示唆された。

3. 主成分分析結果

品質成分の分析値と官能評価の評点を合わせて主成分分析を行い、第1および第2主成分から作成した散布図を図2に示す。第1主成分の寄与率は48.2%、第2主成分では27.4%であった。第1主成分において因子負荷量が高いものは、苦味、後味、総合評価などの官能評価の項目であり、第2主成分において因子負荷量が高いものは順に、DPPHラジカル消去活性や還元型アスコルビン酸含量、総ポリフェノール含量などの品質成分の項目となった（図3）。散布図と因子付加量の成分プロットにより、散布図の右側に位置しているものは他の試料よりも苦味、後味が強く、図の上部に存在するものはDPPHラジカル消去活性などの抗酸化活性の値が高い特徴があると示唆された。因子付加量の成分プロットにおいて、苦味、後味、総合評価が近い位置を示した。

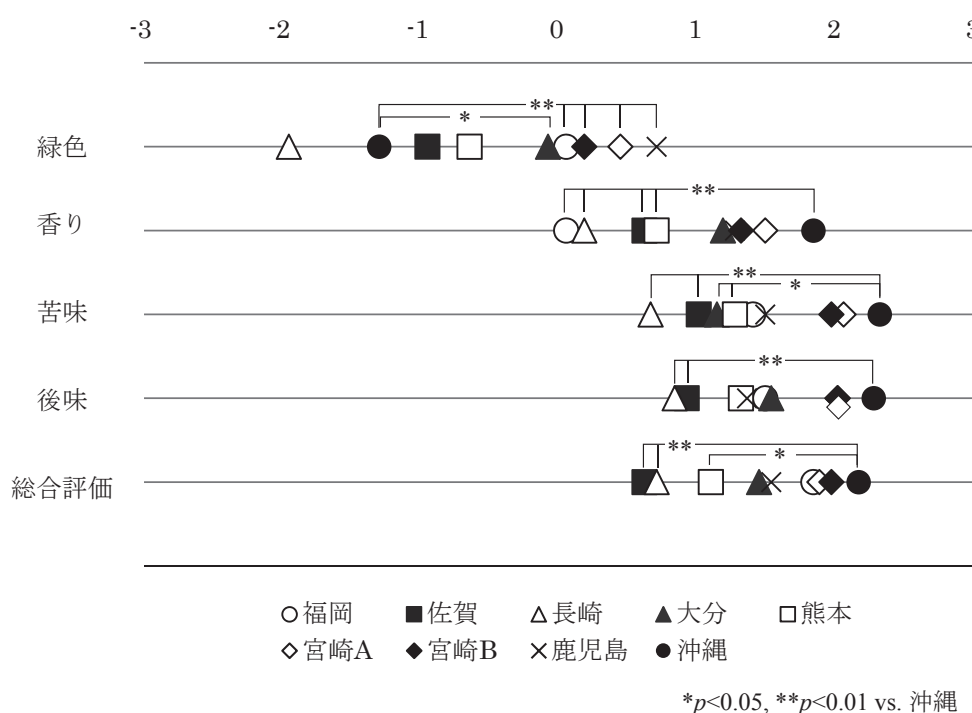
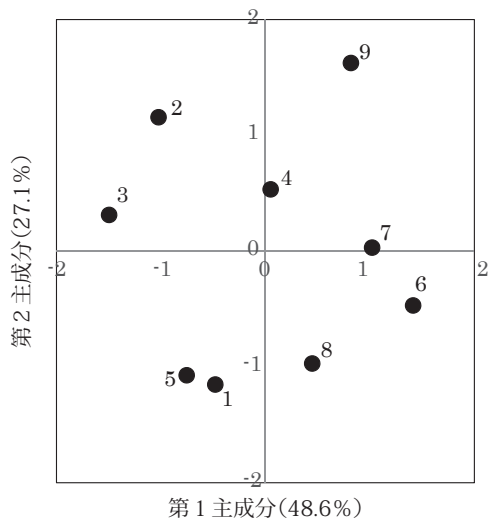


図1 官能評価結果



1：福岡、2：佐賀、3：長崎、4：大分、5：熊本、6：宮崎A、7：宮崎B、8：鹿児島、9：沖縄

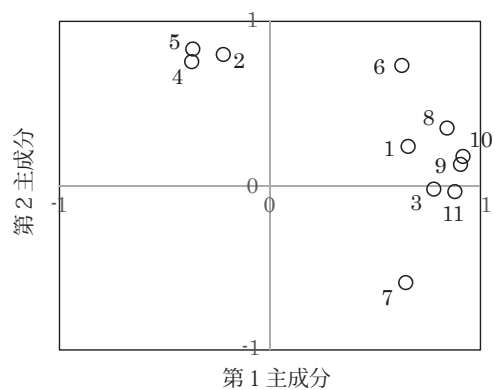
図2 主成分分析結果（散布図）

その相関係数を求めたところ、苦味は後味と総合評価との間に高い正の相関が認められ、それぞれ $r=0.956$ ($p < 0.01$), $r=0.892$ ($p < 0.01$) を示した。さらに、後味と総合評価との間にも $r=0.935$ ($p < 0.01$) の高い正の相関が認められた。よって、苦味と後味はニガウリの食味特性を総合的に判断する要因になると考えられた。散布図のシンボルが近くに存在したものは、品質成分の構成や食味特性が似ていると推察され、その中でもシンボルが近くに位置した宮崎Aと宮崎Bは、他の試料よりも苦味と後味が強く、総クロロフィル含量および総アスコルビン酸含量が他の試料と比較して高いことが示された。福岡と熊本も類似した特徴を持つと推定され、他の試料よりも苦味や後味が弱く、品質成分も他の試料と比較して低い傾向にあることが推察された。また、佐賀、大分、沖縄のシンボルは第1および第4象限に位置したことから、他の試料よりも抗酸化活性が高いことが示された。さらに、佐賀と鹿児島はチャンピオン、長崎、大分、熊本はエラブという同品種のものであったが、今回試験に供したニガウリにおいては同品種による品質成分や食味特性の関連性はみられず、同じ品種でも産地によって差異のあることが示唆された。

要 約

九州・沖縄県産の9種類のニガウリを用いて、品質成分分析および官能評価を実施し主成分分析にて解析を行い、以下の考察を得た。

- 1) DPPH ラジカル消去活性と総ポリフェノール含量は相関係数 $r=0.912$ ($p < 0.01$) で高い正の相関が確認され、ニガウリの抗酸化能にはポリフェノール類が大



1：総アスコルビン酸含量、2：還元型アスコルビン酸含量、3：総クロロフィル含量、4：総ポリフェノール含量、5：DPPH ラジカル消去活性、6：可溶性固形分、7：緑色、8：香り、9：苦味、10：後味、11：総合評価

図3 主成分分析結果（因子付加量の成分プロット）

きく寄与していることが示唆された。

- 2) 官能評価の項目において、苦味、後味、総合評価はそれぞれ正の高い相関が認められ、苦味と後味はニガウリの食味特性を総合的に判断する要因になると考えられた。
- 3) 主成分分析結果において、宮崎Aと宮崎Bは他の試料よりも苦味と後味が強く、総クロロフィル含量および総アスコルビン酸含量においても他の試料と比較して高いことが示された。一方、福岡と熊本も類似した特徴を持つと推定され、他の試料よりも苦味や後味が弱く、品質成分も他の試料と比較して低い傾向にあることが示された。また、佐賀、大分、沖縄は、他の試料よりも抗酸化活性が高いことが示された。
- 4) 今試験に供したニガウリにおいて、同品種による品質成分や食味特性の関連性はみられず、同じ品種でも産地によって差異のあることが示唆された。

以上の結果より、品質成分分析および官能評価によってニガウリの産地別の特性比較が可能であることが考えられた。

文 献

- 1) Shibib, B. A., Khan, L. A. and Rahman, R., 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 (1993).
- 2) Virdi, J., Sivakami, S., Shahan, S., Suthar, A. C., Banavalikar, M.M. and Biyani, M.K., Antihyperglycemic effects of three

- extracts from *Momordica charantia*. *J. ethnopharmacol.*, **88**, 107-111 (2003).
- 3) Chen, Q., Chan, L. L., and Li, E. T., 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 (2003).
- 4) Ahmed, I., Adeghate, E., Cummings, E., Sharma, A. K. and Singh, J., 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 (2004).
- 5) Basch, E., Gabardi, S. and Ulbricht, C., Bitter melon (*Momordica charantia*): a review of efficacy and safety. *Am. J. Health Syst. Pharm.*, **60**, 356-359 (2003).
- 6) Shetty, A., Suresh, G. and Salimath, P., Bitter gourd (*Momordica charantia*) modulates activities of intestinal and renal disaccharidases in streptozotocin-induced diabetic rats. *Mol. Nutr. Food Res.*, **49**, 791-796 (2005).
- 7) Fuangchan, A., Sonthisombat, P., Seubnukarn, T., Chanouan, R., Chotchaisuwat, P., Sirigulsatien, V., and Haines, S. T., Hypoglycemic effect of bitter melon compared with metformin in newly diagnosed type 2 diabetes patients. *J. Ethnopharmacology*, **134**, 422-428 (2011).
- 8) Uebanso, T., Arai, H., Taketani, Y., Fukaya, M., Yamamoto, H., Mizuno, A., Uryu, K., Hada, T. and Takeda, E., Extracts of *Momordica charantia* suppress postprandial hyperglycemia in rats. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **53**, 482-488 (2007).
- 9) Senanayake, G. V. K., Fukuda, N., Nshizono, S., Wang, Y., Nagao, K., Yanagita, T., Iwamoto, M. and Ohta, H., Mechanisms underlying decreased hepatic triacylglycerol and cholesterol by dietary bitter melon extract in the rat. *Lipids*, **47**, 495-503 (2012).
- 10) Jayasooriya A., Sakono, M., Yukizaki, C., Kawano, M., Yamamoto, K. and Fukuda, N., 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 (2000).
- 11) Ahmed, I., Lakhani, M.S., Gillett, M., John, A. and Raza, H., 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 (2001).
- 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, 宮崎県産ニガウリのラット脂質代謝に及ぼす影響, 食科工, **55**, 323-329 (2008).
- 13) Lu, Y. L., Liu, Y. H., Chyuan, J. H., Cheng, K. T., Liang, W. L. and How, W. C., Antioxidant activities of different wild bitter gourd (*Momordica charantia* L. var. abbreviata Seringe) cultivars. *Bot. Stud.*, **53**, 207-214 (2012).
- 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, ニガウリのがん細胞アポトーシス誘導効果, 食科工, **49**, 250-256 (2002).
- 15) Somasagara, R. R., Deep, G., Shrotriya, S., Patel, M., Agarwal, C., & Agarwal, R., Bitter melon juice targets molecular mechanisms underlying gemcitabine resistance in pancreatic cancer cells. *International journal of oncology*, **46**, 1849-1857 (2015).
- 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, 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, 食科工, **53**, 408-415 (2006).
- 17) 農林水産省地域特産野菜生産状況調査, 平成24年.
- 18) Sawamura, M., Ooishi, S. and Li, Z.-F., Reduction of dehydroascorbic acid by sodium hydrosulphide and liquid chromatographic determination of vitamin C in citrus juices. *J. Sci. Food Agric*, **53**, 279-281 (1990).
- 19) Wintermans, J. F. G. M., De Mots, A., Spectrophotometric characteristics of chlorophylls *a* and *b* and their phenophytins in ethanol, *Biochim. Biophys. Acta.*, **109**, 448-453 (1965).
- 20) 沖智之, 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 (2009).
- 21) 沖智之, 食品機能性評価マニュアル集第Ⅱ集, 「DPPH ラジカル消去活性評価法」, 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. 71-78 (2008).
- 22) Yoshida, A., Sonoda, K., Nogata, Y., Nagamine, T., Sato, M., Oki, T., and Ohta, H. 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 (2010).
- 23) 「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).
- 24) 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, 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).
- 25) 前田剛希, 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 (2009).