

# ゴールドエンベリーの機能性成分含量および抗酸化活性

堀川実加・小嶋道之

(受付 : 2013 年 4 月 30 日, 受理 : 2013 年 7 月 10 日)

The functional component and antioxidant capacity of golden berry

Mika Horikawa and Michiyuki Kojima

## 摘 要

ゴールドエンベリーに含まれるイノシトールおよびビタミンEの含量は黄色や赤色ミニトマトのそれらよりも高かった。また、ゴールドエンベリーのビタミンC含量は、赤色ミニトマトのそれよりも高く、還元力も高かった。ゴールドエンベリー果実の登熟に従い、総クロロフィル量は減少したが、総カロテン、イノシトール、ビタミンEなど他の成分含量はすべて増加し、還元力や抗酸化活性も増大した。ゴールドエンベリーの特徴的成分であるイノシトール量およびビタミンE量と果実のa\*値(赤味度)との間には、高い正の相関が認められた。これらの結果は、ゴールドエンベリー果実のa\*値は、登熟過程におけるこれらの成分量を推測する指標になることを示唆している。

キーワード : *Physalis peruviana* L.、ゴールドエンベリー、登熟、イノシトール、ビタミンE

ホオズキはナス科植物で、世界の熱帯～温帯にかけて約90種類が分布しており、日本では袋状の萼(がく)が赤くなる *Physalis alkekengi* (丹波ホオズキなど) や萼が緑色の *Physalis angulata* (千成ホオズキなど) がよく栽培されているが、これらは観賞用のホオズキである。ゴールドエンベリーは食用ホオズキの一品种であり、萼が黄色の *Physalis peruviana* L. で、別名がチェリートマトともいわれている。日本における食用ホオズキの栽培は歴史が浅く、北海道では1995年頃から始まった。しかし、平安時代から栽培されてきた観賞用や薬用品種のホ

オズキが食用に適さなかったことから、ホオズキの食品としての評価はほとんど定着していない。一般に果実は、登熟に従って含有成分や機能性が増加するが、適期を過ぎて過熟になると含有成分の分解が始まり、減少することから、適期に採集されることが望ましい (Oki et al. 2011)。ホオズキはトマトと同様に、収穫後に追熟することから、採取時期の判断が難しい果実である。これまでに、緑黄色野菜として有名なトマトの熟度段階を推測する指標として、カロテノイドやクロロフィル含量を用いることが報告されている (Nagata and Yamashita

---

帯広畜産大学畜産科学科食品科学研究部門

Department of Food Production Science, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine. 080-8555, 11, nishi-2-sen, inada-cho, Obihiro, Hokkaido, Japan.

1992、栗林ら 2007)。しかし、食用ホオズキについては未解明である。

ホオズキに関しては、ホオズキ特有のステロイド化合物であるフィサリスの抗腫瘍活性、抗炎症、駆虫効果、免疫調整効果などの生理作用に関する報告がある(Shingu et al. 1993, Damu et al. 2007)。しかし、食用品種のホオズキは、ビタミンB群の一種であるイノシトール量の報告(Ahamad et al. 1999)があるのみで、色素や栄養成分に関する詳細な報告は全くみられない。

本研究では食用ホオズキの有用性を探るため、トマトと成分含量および抗酸化活性の比較を行いその特徴を明らかにすること、および登熟に伴う成分変動を明らかにして、食用ホオズキの未熟果から完熟果までの間におきる果皮色、成分組成および抗酸化活性の変化について明らかにしたので報告する。

## 実験材料および方法

### 1. 実験試料

実験試料は、日本で一般的に栽培されている *Physalis peruviana* L. の一品種であるゴールデンベリーを用いた。また、比較用のトマトには小玉の2種類、ミニトマト(ミニトマトとアイコ)と中玉であるミディトマトを用いた。ミニトマトにも様々な果皮色変異体が存在し(Vogel et al. 2010)、似た果皮色のものは一般的な赤いミニトマトよりもホオズキに性質が近いと予想されたので、黄色のミニトマトも比較用に試料として用いた。食用ホオズキ、アイコ、ミディトマトは大学の実験圃場で栽培し、赤色と黄色のミニトマトは市販品のものを用いた。

また、食用ホオズキは果皮の着色程度から登熟ステージを区別して、緑色果実(Green)、黄緑色果実(Yellowish green)および黄色果実(Yellow)として登熟の段階の異なる果実の成分および機能性の分析に用いた。

### 2. 一般成分の分析

平均重量はGR-300 Analytical Balance(株式会社エー・アンド・デイ)を用い、水分含量はAOAC法に従っ

て測定した。pHはTwin pH Waterproof Meter(堀場製作所)を、BrixはPAL-Patissier Refractometer(株式会社アタゴ)を用いて測定した。色彩色差はCR-300 Chroma Meter Difference with Colorimeter(コニカミノルタ株式会社)を使用し、ハンターL\*a\*b\*表色系を用いて表した。

### 3. ポリフェノールの抽出と定量

摩砕試料は50ml チューブに入れ、20mlの80%エタノールを加えて30分間超音波抽出を行った。遠心分離後の抽出液を回収し、さらに2回繰り返し抽出した。また、抽出残渣に同量の70%アセトンを加えて3回繰り返し抽出して、最終的に得られた全抽出液をポリフェノール抽出液とした。

ポリフェノールの定量はFolin-Ciocalteu法に従った。すなわち、エッペンチューブに必要量の試料を取り、蒸留水で400  $\mu$  lに定容し、同量のFolin試薬を加えて3分間静置した。そこに400  $\mu$  lの10%炭酸ナトリウム水溶液を加えて攪拌後、30°Cの温浴で30分間反応させ、760nmの吸光度を測定した。標準液としてカテキンを用い定量した。

### 4. 機能性の評価

1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)消去活性は、マイクロタイタープレートにポリフェノール抽出液を必要量取り、エタノールで150  $\mu$  lに定容後、等量のDPPH溶液を加えて暗所、15分反応させた。520nmの吸光度を測定し、標準液にTrolox(6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid)を用いて定量しDPPH消去活性を測定した。

還元力の測定は、Oyaizu法(Oyaizu 1986)に従った。すなわち、1.5mlチューブにポリフェノール抽出液を必要量取り、リン酸バッファー(pH7.5)で500  $\mu$  lに定容し、そこに250  $\mu$  lの1%フェリシアン化カリウムを加えて混合して50°C、20分間反応させた。250  $\mu$  lの10%トリクロロ酢酸を加えて反応停止させ、新しい1.5mlチューブに遠心上清500  $\mu$  lと等容量の蒸留水、100  $\mu$  lの0.1%

塩化第二鉄を加えて混合した。暗所、15 分間静置して 700nm の吸光度を測定して、ビタミン C 相当量として求めた。

2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)(ABTS) 消去活性は、沖らの方法に従った (Oki et al. 2005)。すなわち、試料 5g に 20ml のアセトン：ヘキサン = 1 : 1 混合液を加えて摩砕抽出を繰り返し、得られた抽出液の遠心上清は減圧乾固した。乾固物に一定量のアセトン：エタノール (1 : 1) 混合液を加えて再溶解した。その適量を 1.5ml チューブに取り、エタノールを加えて 1180  $\mu$  l にした後、20  $\mu$  l の ABTS ラジカル原液を加え混合 3 分後に 734nm の吸光度を測定した。ABTS 消去活性は Trolox 相当量として求めた。

#### 4. 色素類の定量

カロテノイドの定量は、 $\alpha$ -カロテンと  $\beta$ -カロテンの簡易分別定量法に従った (Nagata et al. 2003)。試料 3 g はアセトン中で摩砕抽出して 100ml に定容した。遠心上清は 443nm、475nm、492nm の吸光度を測定して、次式より色素類を定量した。

$$\begin{aligned} \text{総カロテノイドの濃度 (mg/L)} &= 4.143 \cdot A_{475} - 0.561 \\ \beta \text{カロテンの濃度 (mg/L)} &= \\ &- 1.292 \cdot A_{443} + 3.698 \cdot A_{492} + 0.131 \\ \alpha \text{カロテンの濃度 (mg/L)} &= \end{aligned}$$

$$0.984 \cdot A_{443} + 3.091 \cdot A_{475} - 2.758 \cdot A_{492} - 0.299$$

(A443、A475、A492 はそれぞれ 443 nm、475 nm、492nm の吸光度)

また、クロロフィル・リコペンの定量は、クロロフィルおよびカロテノイドの同時簡便定量法に従った (Nagata and Yamashita 1992)。試料 1g はアセトン-ヘキサン (4 : 6) 中で摩砕抽出し、得られた抽出液は減圧乾固後に 10ml に定容した。遠心上清をとり、453nm、505nm、645nm、663nm で吸光度を測定して次式で定量した。

$$\begin{aligned} \text{クロロフィル a の濃度 (mg/100ml)} &= \\ &0.999 \cdot A_{663} - 0.0989 \cdot A_{645} \\ \text{クロロフィル b の濃度 (mg/100ml)} &= \\ &- 0.328 \cdot A_{663} + 1.77 \cdot A_{645} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{リコペンの濃度 (mg/100ml)} &= \\ &- 0.0458 \cdot A_{663} + 0.204 \cdot A_{645} + 0.372 \cdot A_{505} \\ &- 0.0806 \cdot A_{453} \end{aligned}$$

(A453、A505、A645、A663 はそれぞれ 453nm、505nm、645nm、663nm の吸光度)

#### 5. ビタミン C 及びビタミン E の定量

ビタミン C の定量は、インドフェノールキシレン法で行った。すなわち、試料 10g を 5% メタリン酸水溶液で抽出して濾過後、50ml にメスアップした。溶液 8ml を 15ml チューブに取り、微紅色になるまで 0.5% DCIP (2,6-dichloroindophenol) を滴下後、4ml の 3% チオ尿素 - 5% メタリン酸溶液を加えて 10 分間静置した。遠心上清 2ml はガラス共栓遠心管にとり (A 管・B 管)、B 管は室温に放置、A 管には 0.1mol/L DNPH を 0.5ml 加えて混合後、50°C、30 分反応後、氷上で反応停止した。A 管および B 管に 90% 硫酸を 2.5ml 混ぜ、B 管には 0.1mol/L DNPH (2,4-Dinitrophenylhydrazine) を 0.5ml 加えて混合した。室温、10 分間放置後、530nm で吸光度測定して定量値を求めた。

ビタミン E の定量は、Emmerie-Engel 法に従った。すなわち、試料 3g は 10ml 蒸留水中で摩砕し、共栓ケン化フラスコに移し、10ml のピロガロール溶液、試料の 1/2 等量の 50% 水酸化カリウム溶液を加えて還流冷却器を付けて 25 分間加熱した。冷却後、分液漏斗に移し、10ml のヘキサンで 3 回振とう抽出してヘキサン層を集め、アルカリ性が消失するまで蒸留水で洗浄した。無水硫酸ナトリウムで脱水後、50ml に定容し、アルミナカラムに 10ml を注入して吸着後、ベンゼン：ヘキサン (1 : 4) で溶出させ、窒素気流下で減圧乾固した。無水アルコール 3ml に溶解し、0.2ml の 0.2% 塩化第二鉄アルコール溶液と 0.2ml の 0.5%  $\alpha, \alpha'$ -ジピリジルアルコール溶液を加えて 10 分間静置後、520nm の吸光度を測定してビタミン E を定量した。

#### 6. 還元糖およびイノシトールの定量

還元糖の定量は、以下のように行った。試料 5g を摩

砕し、50ml プラスチックチューブに移し、92% (v/v) 熱エタノール 25ml を加えて攪拌し、80°Cの湯浴で2時間抽出した。濾過後、残渣に30mlの80% (v/v) エタノールを加えて攪拌、濾過操作を3回繰り返して、集めたる液を減圧乾固して蒸留水で20mlに定容し調製試料とした。試料0.5mlと銅試薬0.5mlを混合し、沸騰湯浴中で10分間反応させ、急速冷却してNelson試薬0.5mlを加えて発色させた。11mlの蒸留水を加えて15分間静置し、660nmの吸光度を測定し還元糖を定量した。

イノシトールの定量は、微生物定量で行った (Kotaki et al. 1964)。すなわち、試料1gを精秤し、25mlの18%塩酸を加えて20時間還流加熱した。冷却後のろ液は減圧乾固して蒸留水に溶解し、水酸化ナトリウム (10mol/L) でpH5.0～6.0に調整し、蒸留水で100mlに定容した (試験溶液)。試験管2本ずつに試験溶液0.5ml、1ml、2mlをそれぞれ加え、2.5mlイノシトール測定用培地と蒸留水で全量5mlとし、121°Cで5分間、高圧蒸気滅菌処理 (オートクレーブ) した。各試験管に30μlずつ *Saccharomyces cerevisiae* 菌液を無菌的に接種し、30°Cで20時間程度振とう培養後、600nmの濁度から増殖度を測定してイノシトールの定量値を求めた。

## 7. 統計処理

試験結果は平均値±標準偏差で表した。データ間の有意差はスチューデント t 検定を用いて、 $p < 0.05$  を有意とした。また、ピアソンの相関関係検定により危険率5%未満 ( $p < 0.05$ ) の場合を有意と判定した。

## 実験結果および考察

### 1. 食用ホオズキの成分と機能性

食用ホオズキの成分と機能性の特性は、ミニトマト (黄色と赤色) のそれらとともに Table 1 に示した。黄色ミニトマトの重量は  $10.4 \pm 0.5$ g、赤色ミニトマトのそれは  $16.2 \pm 6.2$ g、食用ホオズキのそれは  $4.6 \pm 0.7$ g であり、ミニトマトの1/2～1/3程度の重量であった。また、黄色および赤色ミニトマトの水分含量は約73%であったが、食用ホオズキのそれは最も高く  $86.3 \pm 0.4\%$  で、そのBrixは  $13.6 \pm 0.2\%$  と高い値を示した。食用ホオズキの色彩色差は、黄色ミニトマトのそれと類似傾向を示したが、 $a^*$  値 (赤味度) のみ2.5倍の差があった。しかし、赤色ミニトマトの  $L^*$  値 (明度) は  $38.7 \pm 8.2$ 、 $a^*$  値は  $24.9 \pm 1.7$ 、 $b^*$  値 (黄味度) は  $30.5 \pm 3.1$  で、

Table 1 The characteristic, antioxidant activity and ingredient content of *Physalis peruviana* and two colors tomatoes: yellow and red. (Mean±S.D.)

	<i>Physalis peruviana</i>	Yellow cherry tomato	Red cherry tomato
Mean weight (g)	$4.6 \pm 0.7$	$10.4 \pm 0.5$	$16.2 \pm 6.2$
Water content (%)	$89.9 \pm 0.4$	$73.1 \pm 2.8$	$72.5 \pm 3.8$
pH	$3.6 \pm 0.2$	$4.0 \pm 0.2$	$4.0 \pm 0.1$
Brix (%)	$13.6 \pm 0.2$	$6.3 \pm 0.1$	$6.5 \pm 0.1$
$L^*$ (brightness)	$60.9 \pm 1.1$	$56.9 \pm 2.1$	$38.7 \pm 8.2$
$a^*$ (redness)	$8.6 \pm 1.1$	$3.4 \pm 1.8$	$24.9 \pm 1.7$
$b^*$ (yellowness)	$50.8 \pm 2.7$	$53.9 \pm 3.9$	$30.5 \pm 3.1$
DPPH radical scavenging activity ( $\mu$ mol/100g)	$58.0 \pm 14.9$	$132.6 \pm 13.8$	$166.7 \pm 13.5$
ABTS radical scavenging activity (mmol/100g)	$1.1 \pm 0.1$	$2.6 \pm 0.0$	$2.7 \pm 0.1$
Reduction activity (mg/100g)	$78.6 \pm 0.3$	$62.2 \pm 1.1$	$62.3 \pm 0.9$
Total carotenoid (mg/100g)	$4.0 \pm 0.0$	$0.7 \pm 0.0$	$6.0 \pm 0.0$
└ $\alpha$ -carotenoid (mg/100g)	$0.1 \pm 0.0$	$0.1 \pm 0.0$	$2.6 \pm 0.0$
└ $\beta$ -carotenoid (mg/100g)	$3.5 \pm 0.0$	$0.3 \pm 0.0$	$3.0 \pm 0.0$
└ Lycopene (mg/100g)	$0.0 \pm 0.0$	$0.1 \pm 0.0$	$3.3 \pm 0.0$
Polyphenol (mg/100g)	$9.6 \pm 0.4$	$18.8 \pm 0.0$	$23.5 \pm 0.0$
Total chlorophyll (mg/100g)	$0.2 \pm 0.0$	$0.2 \pm 0.0$	$0.2 \pm 0.1$
Vitamin C (mg/100g)	$37.6 \pm 1.0$	$42.4 \pm 0.4$	$30.9 \pm 0.3$
Vitamin E (mg/100g)	$11.2 \pm 0.1$	$2.3 \pm 0.0$	$1.3 \pm 0.0$
Inositol (mg/100g)	$50.9 \pm 0.2$	$33.5 \pm 0.2$	$34.0 \pm 0.2$
Reducing sugar (mg/g)	$190.0 \pm 4.9$	$191.7 \pm 3.1$	$198.6 \pm 2.8$

各値ともに 1.5 倍以上の違いが認められた。

食用ホオズキの還元糖量は  $190.0 \pm 4.9 \text{ mg}/100\text{g}$  で、黄色および赤色ミニトマトのそれよりもやや少なかったが、イノシトール量は  $50.9 \pm 0.2 \text{ mg}/100\text{g}$  と多く、黄色および赤色ミニトマトの 1.5 倍だった。イノシトールは糖アルコールで熱に安定であることから、加熱しても着色を起しにくい性質を持っている。食用ホオズキの利用として、生食やシャーベットにする利用が主流であるが、還元糖量が若干少なく、イノシトール含量が高いことから、加工品への利用に優れていると考えられる。また、黄色及び赤色ミニトマトの pH は 4.0 であったが、食用ホオズキのそれは 3.6 と若干酸性が強かった。

食用ホオズキのビタミン E 量は  $11.2 \pm 0.1 \text{ mg}/100\text{g}$  であり、黄色ミニトマトの 4.8 倍、赤色ミニトマトの 8.6 倍であった。また、食用ホオズキのビタミン C 量は  $37.6 \pm 1.0 \text{ mg}$  で、黄色ミニトマトの 0.9 倍、赤色ミニトマトの 1.2 倍であった。ビタミン C は酸化したビタミン E の再生に作用することから、ホオズキにビタミン C とビタ

ミン E 含量が高いことは機能性作用としての効果が高く、良いビタミンの供給源として注目できる。

食用ホオズキのポリフェノール量は  $9.6 \pm 0.4 \text{ mg}/100\text{g}$  であり、両者のミニトマトの半量以下であった。またカロテノイド量も少なく、食用ホオズキの総カロテノイド量は  $4.0 \pm 0.0 \text{ mg}/100\text{g}$  で、赤色ミニトマトの 0.7 倍だった。食用ホオズキのカロテノイドは  $\beta$ カロテンで占められており  $3.5 \pm 0.0 \text{ mg}/100\text{g}$  で、全カロテノイドの 88.9% であった。

抗酸化活性の評価として、還元力、DPPH 消去活性と ABTS 消去活性を測定した。食用ホオズキの還元力は  $78.6 \pm 0.3 \text{ mg}/100\text{g}$  で黄色および赤色ミニトマトの 1.3 倍だった。しかし、食用ホオズキの DPPH 消去活性は  $58.0 \pm 14.9 \mu\text{mol}/100\text{g}$  で、黄色ミニトマトの 0.4 倍、赤色ミニトマトの 0.3 倍であった。また、食用ホオズキの ABTS 消去活性は  $1.1 \pm 0.1 \text{ mmol}$  で、黄色および赤色ミニトマトの 0.4 倍であった。

成分量と機能性評価との相関を調べる目的で、食用ホ

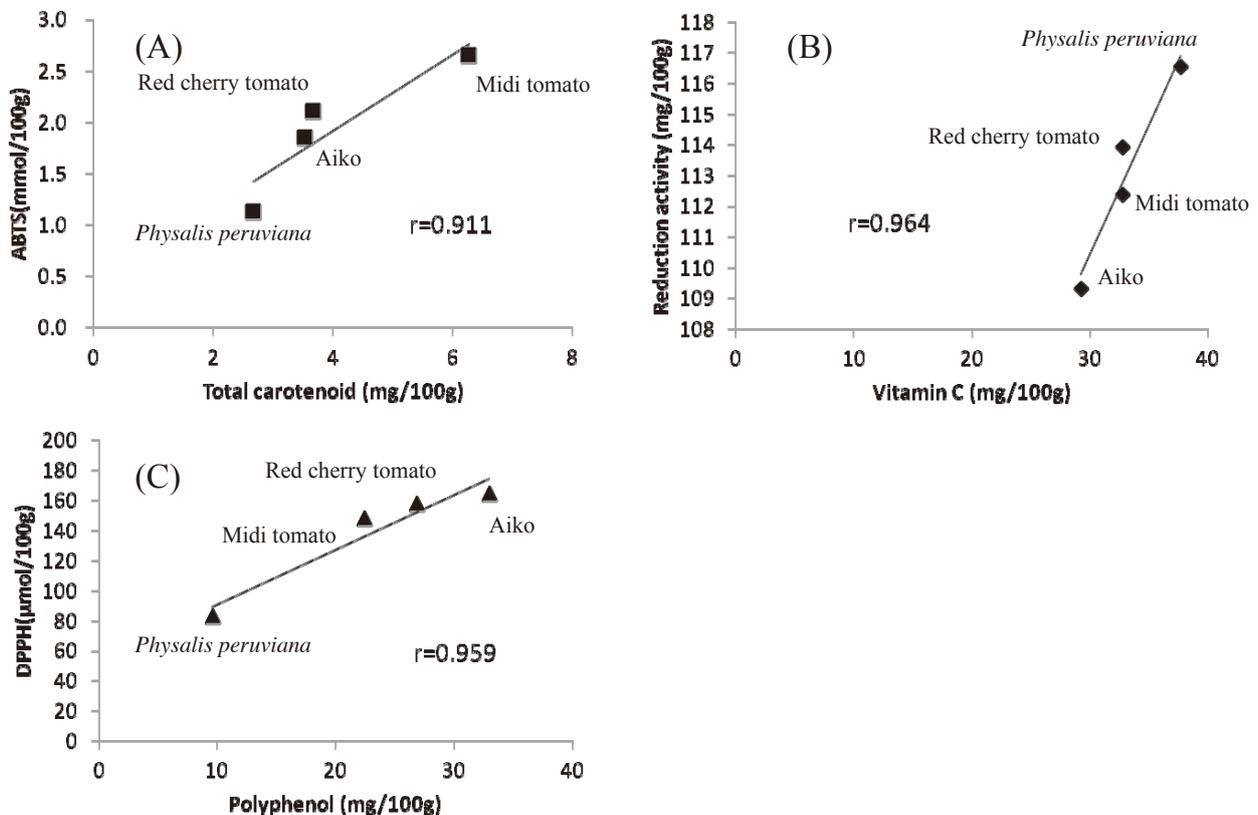


Fig. 1 Multiple correlation (A) between ABTS radical scavenging activity and Total carotenoid (■), (B) Reduction activity and Vitamin C (◆), and (C) between DPPH radical scavenging activity and Polyphenol (▲) included in *Physalis peruviana* and three species tomatoes.

オズキ、黄色ミニトマト、赤色ミニトマトの他に2種類のトマト；アイコとミディトマトの成分を測定した。その結果、100g当たりの各々の含量は、ビタミンC量は29.2 ± 0.2mg (アイコ)、32.7 ± 0.2mg (ミディトマト、以下同順に示す)、ポリフェノール量は33.0 ± 0.7mg、22.4 ± 3.6mg、総カロテノイド量は3.7 ± 0.0mg、3.5 ± 0.0mg、DPPH 消去活性は164.2 ± 19.5 μmol、148.2 ± 14.4 μmol、ABTS 消去活性は2.1 ± 0.2mmol、1.8 ± 0.2mmol、還元力は109.3 ± 1.1mg、112.4 ± 2.7mgであった。黄色ミニトマトを除き、食用ホオズキ、赤色ミニトマト、アイコ、ミディトマトの測定値を用いて相関係数を求めたところ、カロテノイドとABTS 消去活性 (r=0.911)、ビタミンCと還元力 (r=0.964)、ポリフェノールとDPPH 消去活性 (r=0.959) との間に高い正の相関が認められた (Fig. 1)。ポリフェノールは優れた抗酸化活性を示す代表的な成分だが、その種類によって抗酸化能が違い、総量が多いことと抗酸化活性が高いことは必ずしも同意であるとは限らないこと (Morishita et al. 2007) が知られており、カロテノイドについても同様である (Hongfei et al. 2011)。またDPPH 消去活性がビタミンCの影響を受けるという報告があるが (Yamamoto et al. 2009)、この試料群では相関は認められなかった (r=-0.87)。そこでポリフェノール量とビタミンC量を合算してDPPH 消去活性と相関を調べたところ r=0.959

の高い正の相関が認められた。従って、この試料群の抗酸化活性は色素成分に由来することが明らかである。

## 2. 熟度の異なる食用ホオズキの成分と機能性

登熟段階の異なる食用ホオズキ果実は、緑色果実、黄緑色果実、黄色果実の3区分として、それぞれの成分特性および機能性を Table 2 に示した。登熟に従い緑色から黄色に変色したが、果実の a\* 値が上昇傾向を示し、黄緑色果実の a\* 値は、緑色果実のその8.1倍、黄色果実のそれは25.6倍と顕著に増大した。また、緑色果実の平均重量は2.0 ± 0.7g、黄緑色果実のそれは3.8 ± 0.7g で1.9倍、黄色果実のそれは4.6 ± 0.7g で2.3倍を示した。緑色果実のBrix 値は5.7 ± 0.1%、黄緑色果実のそれは10.4 ± 0.1%で1.8倍、黄色果実のそれは13.6 ± 0.2%で2.4倍の増加が認められた。一方で、果実の熟度に対するpH変化はほとんどなく、緑色果実で3.5 ± 0.1、黄緑色果実で3.5 ± 0.2、黄色果実で3.6 ± 0.2であった。

食用ホオズキ果実中の成分のビタミンE、イノシトール、ビタミンC、ポリフェノール、カロテノイドの含量を検討したところ、それぞれ登熟に従って増大しており、緑色果実のその1.2倍以上を示した (Fig. 2)。また、機能性の指標である還元力、ABTS ラジカル消去活性、DPPH ラジカル消去活性も、成分含量の変動と同様に、登

Table 2 The characteristic, antioxidant activity and ingredient content of *Physalis peruviana* in different ripening stage. (Mean ± S.D.)

	Green	Yellowish green	Yellow
Mean weight (g)	2.0 ± 0.7	3.8 ± 0.7	4.6 ± 0.7
Water content (%)	86.3 ± 0.4	87.6 ± 0.8	89.9 ± 0.4
pH	3.5 ± 0.1	3.5 ± 0.2	3.6 ± 0.2
Brix (%)	5.7 ± 0.1	10.4 ± 0.1	13.6 ± 0.2
L* (brightness)	46.4 ± 1.7	51.2 ± 3.2	60.9 ± 1.1
a* (redness)	-13.1 ± 1.3	-6.8 ± 1.6	8.6 ± 1.1
b* (yellowness)	32.8 ± 2.8	28.0 ± 3.9	50.8 ± 2.7
DPPH radical scavenging activity (μmol/100g)	3.1 ± 6.6	8.1 ± 7.9	58.0 ± 14.9
ABTS radical scavenging activity (mmol/100g)	30.9 ± 1.7	130.7 ± 1.9	163.7 ± 1.7
Reduction activity (mg/100g)	63.2 ± 1.2	73.0 ± 0.4	78.6 ± 0.3
Total carotenoid (mg/100g)	0.8 ± 0.0	3.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0
Polyphenol (mg/100g)	3.8 ± 0.3	4.5 ± 0.5	9.6 ± 0.4
Total chlorophyll (mg/100g)	2.7 ± 0.0	1.2 ± 0.0	0.2 ± 0.0
Vitamin C (mg/100g)	27.7 ± 0.2	33.5 ± 2.2	37.6 ± 1.0
Vitamin E (mg/100g)	7.1 ± 0.1	9.2 ± 0.1	11.2 ± 0.1
Inositol (mg/100g)	4.3 ± 0.0	22.7 ± 0.2	50.9 ± 0.2

熟に従ってほとんどの値が増大していた。しかし、食用ホオズキ果実中の総クロロフィル量は、登熟に伴い顕著な減少を示した。すなわち、緑色果実 100g 当たりの総クロロフィル量は  $2.7 \pm 0.0\text{mg}$  であったが、黄緑色果実のそれは  $1.2 \pm 0.0\text{mg}$ 、黄色果実のそれは  $0.2 \pm 0.0\text{mg}$  で約 1/10 まで減少した。これらの結果から、食用ホオズキ果実は、熟度に従い、成分および機能性が高くなることから、熟した黄色の果実が食料的に好ましいと判断することができる。

食用ホオズキ果実中の特徴的な各種成分、 $L^* a^* b^*$  値、抗酸化活性について重相関係数を求めたところ、クロロフィル含量のみ他の値と高い負の相関が見られた。しかし、それ以外の測定値の間には高い正の相関関係が認められた。種皮色の色彩色差では、特に  $a^*$  値と抗酸化活

性に  $r=0.866$  以上の高い正の相関が認められた。トマトとの成分比較で食用ホオズキの特徴的な成分であることが判明した甘味成分のイノシトールと  $a^*$  値、機能性成分のビタミン E と  $a^*$  値との間の相関を Fig. 3 に示したが、それらの相関係数は順に  $r=0.989$  および  $r=0.964$  を示し、高い正の相関関係 ( $p<0.05$ ) のあることを明らかにした。これらのことは、食用ホオズキ果実の  $a^*$  値を指標にすることにより、含まれる代表的な成分含量が推測できることを示唆している。

果実の熟度適期の判定は、生産者の推測に任される場合が多い。しかし、今回の研究成果により、食用ホオズキ果実の非破壊測定値を利用することにより、品質保証をすることが可能となり、ブランド化や特産品としての商品化に繋がることを期待したい。

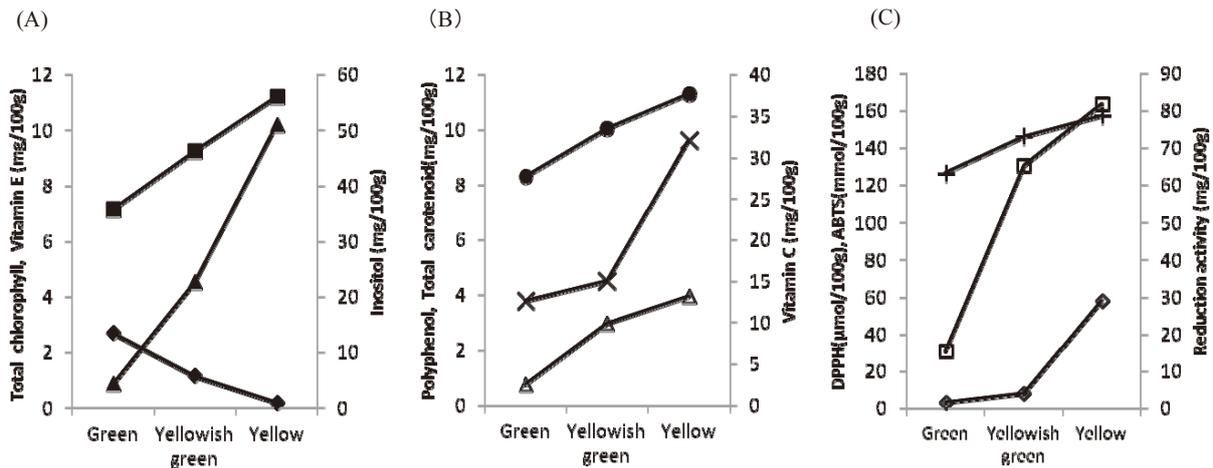


Fig. 2 Changes of ingredient contents and antioxidant activity of *Physalis peruviana* in different ripening stage. (A): ◆ Total chlorophyll (mg/100g), ■ Vitamin E (mg/100g), ▲ Inositol (mg/100g). (B): ● Vitamin C (mg/100g), × Polyphenol (mg/100g), △ Total carotenoid (mg/100g). (C): + Reduction activity (mg/100g), □ ABTS radical scavenging activity (mmol/100g), ◇ DPPH radical scavenging activity ( $\mu\text{mol}/100\text{g}$ ).

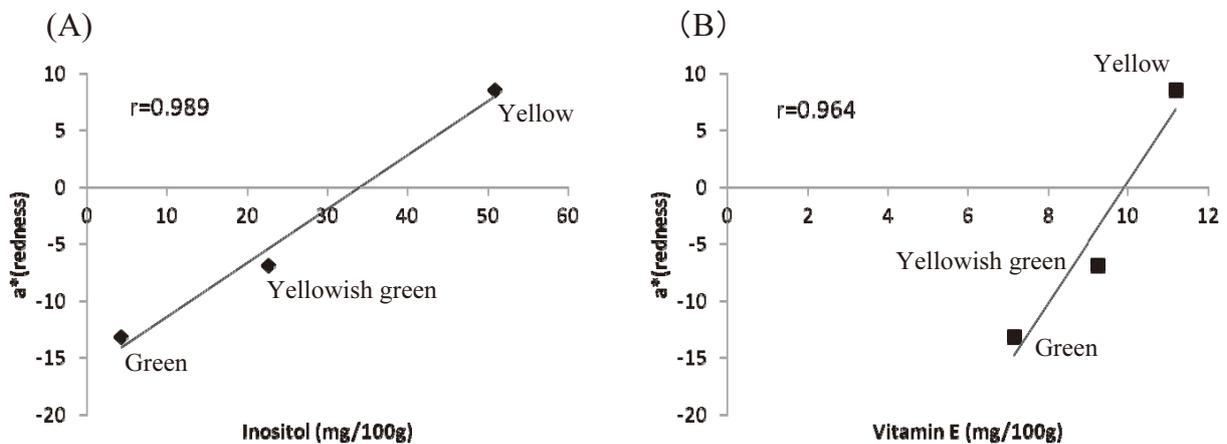


Fig. 3 Multiple correlation (A) between  $a^*$  (redness) and Inositol (◆), (B) between  $a^*$  and Vitamin E (■) included in *Physalis peruviana* in different ripening stage.

## 謝 辞

本研究を進めるにあたり、サンプルを提供して頂いた(有)ジュリエ・ファームの神崎敏夫氏に深謝します。また帯広畜産大学の実験圃場においてサンプル育成に協力して頂いた有富幸治氏をはじめ研究室の学生に感謝いたします。

## 参考文献

- Ahamad S., Yasmin R., Malik A. 1999. New Withanolide Glycosides from *Physalis peruviana* L. *Chemical & pharmaceutical bulletin* 47(4):477-480
- Damu AG, Kuo PC, Su CR, Kuo TH, Chen TH, Bastow KF, Lee KH, Wu TS. 2007. Isolation, structures, and structure - cytotoxic activity relationships of withanolides and physalins from *Physalis angulata*. *J Nat Prod.*, 70(7):1146-1152
- Hongfei F., Bijun X., Shaojun M., Xinrong Z., Gang F. 2011. Evaluation of antioxidant activities of principal carotenoids available in water spinach (*Ipomoea aquatica*). *Journal of Food Composition and Analysis* 24:288-297
- 栗林 剛, 大澤 克己, 金子 昌二. 2007. Antioxidative activities of some vegetable food (Part 2) antioxidative activities on tomato. 長野県工業技術総合センター研究報告 2:164-167
- Kotaki A., Yagi K. 1964. Analysis of myo-inositol. ビタミン 30(5):391-398
- Nagata M., Noguchi Y., Imanishi S., Ito T., Sugiyama K. 2003. ニンジンに含まれる $\alpha$ -カロテンと $\beta$ -カロテンの簡易分別定量法. NARO 代表的研究成果〈技術〉2009:23
- Nagata M., Yamashita I. 1992. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. *National Research of Vegetables, Ornamental Plants and Tea, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries*, 360:514-523
- Morishita T., Yamaguchi H., Degi K. 2007. The contribution of Polyphenols to Antioxidative Activity in Common buckwheat and tetary Buckwheat Grain. *Plant Prod. Sci.*, 10(1):99-104
- Oki T., Matsumura M., Ujihara K., Sumi H. 2011. Changes in contents of characteristic components in starfruit (*Averrhoa carambola*) harvested at different ripening stages. 日本作物学会九州支部会報 77: 68-72
- Oyaizu M. 1986. Studies on products of browning reaction prepared from glucose amine. *Jpn. J.Nutr.*, 44:307-315
- Shingu K., Miyagawa M., Yahara S., Nohara T. 1993. Physapruins A and B, Two new withanolides from *Physalis pruinosa* Bailey. *Chemical & pharmaceutical bulletin* 41(10):1873-1875
- Oki T., Nagai S., Ohta H., Suda I. 2005. Radical-scavenging activity of juice from *Citrus depressa* Hayata. 九州農業研究・第67号:43
- Vogel J.T., Tieman D.M., Sims C.A., Odabasi A.Z. 2010. Carotenoid content impacts flavor acceptability in tomato (*Solanum lycopersicum*). *J Sci Food Agric JST*, 90(13):2233-2240
- Yamamoto M., Koga T., Fukuda M., Kubo T., Tominaga S. 2009. Ascorbic acid content and antioxidant activity of juice in various citrus accessions. 園芸学研究 8(3):273-279

## Abstract

The content of inositol and vitamin E included in Golden berry was higher than them of yellow and red mini-tomato. Also, vitamin C content and reduction activity of Golden berry were higher than that of red mini tomato. Quantity of total chlorophyll decreased Golden berry as ripening up, however other ingredient contents such as total carotene,

inositol, vitamin E, reduction activity and antioxidant activity increased. Multiple correlation between inositol and a\* values (redness), also vitamin E and a\* values show high positive correlation. Thus, a\* values of Golden berry becomes the index to suppose ingredient amount of inositol and vitamin E which are the characteristic ingredients in the ripening process.

Keywords : *Physalis peruviana* L., Golden berry, Ripening, Inositol, Vitamin E