

イチゴ ‘古都華’ のアントシアニンとアスコルビン酸の含量

北條雅也・廣岡健司*

Anthocyanin and Ascorbic Acid Content of Strawberry Cultivar ‘Kotoka’

HOJO Masaya and HIROOKA Kenji *

Key Words: anthocyanin, ascorbic acid, strawberry

奈良県で育成されたイチゴの‘古都華’は、良食味であり（西本ら，2010），消費者からの評価が高い品種である（奈良県農林部，2017）．また，‘古都華’の特徴として果実の色が濃赤色であり，色素の構成成分であるアントシアニンは抗酸化性，抗腫瘍作用，抗ウイルス作用，抗炎症作用の機能性があることが報告されている（Stintzing・Carle，2004）．イチゴにはアントシアニン以外に，抗酸化物質として心血管に関する病気のリスクを減らすと報告されているアスコルビン酸が含まれていることが知られ，（松添ら，2006）．アスコルビン酸は国が定めた基準を満たせば，アスコルビン酸が豊富に含まれることや栄養成分の機能の表示ができる（消費者庁食品表示企画課，2018）．現在，奈良県では，「奈良県プレミアムセレクト」認証制度を創設し奈良県産の農産物のブランド化を進めており，‘古都華’も品目の一つとして取り上げられている（奈良県食と農の振興部，2020）．

さらなる‘古都華’の付加価値を与えるために，これら機能性成分の含量を調査することは有益と考えられるが，これまでに詳細な報告はない．そこで本研究では，‘古都華’のアントシアニン含量とアスコルビン酸含量について調査した．

材料および方法

1. 供試材料

2017/2018年と2018/2019年に，‘古都華’と，対照として‘古都華’と同じように濃赤色であることを特徴とする‘福岡S6号’（商標名‘あまおう’）（三井ら，2003）を栽培した．栽培方法はビニールハウス内において奈良式イチゴ高設栽培装置を用いて促成栽培を行った．栽培条件は9月中旬に株間23cm，2

条千鳥に定植し，10月中旬にマルチングを行い，11月上旬にハウスサイドを締め切り二重カーテン被覆し，温風暖房機で最低気温8℃で加温，最高気温25℃で換気扇による換気を行った．施肥は大塚A処方液を使用し，2017/2018年は10月25日まではEC0.8mS/cm，以降EC1.0mS/cm，2018/2019年は10月30日まではEC0.6mS/cm，以降EC0.9mS/cmでかけ流した．

「奈良県プレミアムセレクト」認証基準の‘古都華’の規格である3Lサイズ（36g）以上の果実を供試材料とした．3Lサイズが収穫できなかった月もあり，‘古都華’は2017/2018年の12月，2月，3月，4月と，2018/2019年の12月，2月，3月に収穫した果実を，‘福岡S6号’は2作とも12月，2月に収穫した果実を各月につき5個用いた．果実は分析まで-30℃で冷凍保存した．

2. 実験方法

1) アントシアニンの分析

Yoshidaら（2005）の方法に基づき一部改変してアントシアニンの分析を行った．果実を約5gの切片となるように，セラミック製の包丁で切断後，50mlの蓋付き遠沈管に入れ，切片の3倍量となるように抽出液（アセトニトリル：酢酸：リン酸：水 = 5 : 4 : 1.5 : 89.5）を加え，振とう機（BW201，ヤマト科学）で室温下24時間振とう（100rpm）して抽出した．1,970gで5分間遠心分離後，上清0.2mlを取り適宜希釈してサンプルとした．分光光度計（V-630，日本分光）で500nmの吸光度を測定した．ペラルゴニジン-3-グリコシドクロリドを標準に測定しアントシアニン含量とした．

2) アスコルビン酸の分析

「食品表示法に基づく栄養成分表示のためのガイ

ドライン第2版」で示されているアスコルビン酸の定量方法の一つである高速液体クロマトグラフィー法に基づき（消費者庁食品表示企画課，2018），上田ら（2015）の方法を一部改変してアスコルビン酸の分析を行った。果実をセラミック製の包丁で切断後，切片約5gを乳鉢に入れ，5%メタリン酸を25~30ml添加し，乳鉢で破碎して抽出液を得た。抽出液を50mlの蓋付き遠沈管に入れ，50mlとなるように5%メタリン酸を加え，1,970gで10分間遠心分離した。上清2mlを15mlの蓋付遠沈管に取り，5%メタリン酸1mlを加え，0.2% 2,6ジクロロインドフェノール溶液を3滴添加後混和し，赤色が1分間で消えないようになるまで，5%メタリン酸で適宜サンプルを希釈調整した。

2%チオ尿素-5%メタリン酸溶液2mlと2% 2,4-ジニトロフェニルヒドラジン-4.5M硫酸溶液0.5mlを添加後攪拌し，50℃で90分間加熱した。冷却しながら酢酸エチル2mlを添加し，振とう機（BW201，ヤマト科学）で60分間振とう（130rpm）後，サンプルの上層0.5mlを1.5mlのチューブに分取し，ヘキサン0.5mlを加えて測定に供した。

高速液体クロマトグラフでアスコルビン酸含量を測定した。装置はLC-10AD，CTO-10A（島津製作所），検出器はSPD-10A（島津製作所），カラムはInertsil SIL-100A（5μm，250 x 4.6 mm I.D.），移動相は55:35:10 = 酢酸エチル:ヘキサン:酢酸，流量は1.5 mL/min，カラム温度は40℃，検出波長は495 nm，注入量は20 μLとした。

2017/2018年，2018/2019年の12月と2月の測定値を元に，‘古都華’と‘あまおう’間でt検定により比較した。また，2017/2018年，2018/2019年の12月，2月，3月の各月5個（計30個）の測定値をもとにHoweの方法（Howe，1969）により信頼率95%で95%の許容区間を求めた。統計処理は統計ソフトRを用い，許容区間はパッケージ‘tolerance’ version 2.0.0.を用いて計算した。

結果および考察

‘古都華’のアントシアニン含量は12月から4月にかけて多くなる傾向を示した（第1表）。本研究と同条件の温度管理で土耕栽培したイチゴについては，1月から4月にかけてアントシアニン含量が多くなることが報告されており（藤田ら，2020），今回の結果はこれを支持する結果となった。人工気象器を

用いた研究においてイチゴのアントシアニン含量は夜温が高いと多いという報告がある（Wang・Zheng，2001；松添ら，2006）。今回は最低気温8℃と最高気温25℃の制御下のビニルハウス内での栽培であり，夜温については，この温度範囲内で外気温の影響を受ける。したがって，春先にかけてアントシアニン含量が多くなった要因の一つとして，夜温の高さが考えられる。

‘あまおう’は厳寒期にも果実が赤くなることを育種目標の一つとして育成された品種である（三井ら，2003）。‘古都華’と‘あまおう’のアントシアニン含量は，‘古都華’では2017/2018年の12月は14.5mg/100g F.W.，2月は16.6mg/100g F.W.で，2018/2019年の12月は17.6mg/100g F.W.，2月は23.3mg/100g F.W.であった。一方‘あまおう’では2017/2018年の12月は14.1mg/100g F.W.，2月は17.1mg/100g F.W.で，2018/2019年の12月は17.3mg/100g F.W.，2月は16.9mg/100g F.W.であった。各収穫月において品種間で有意差は認められなかった（第1表）。‘あまおう’の2月のアントシアニン含量は約14mg/100g F.W.との報告があり（藤田ら，2020），‘古都華’は厳寒期においても‘あまおう’と同程度のアントシアニン含量があると考えられる。

‘古都華’のアスコルビン酸含量は2017/2018年の12月は57.6mg/100g F.W.，2月は67.4mg/100g F.W.で，2018/2019年の12月は58.2mg/100g F.W.，2月は74.8mg/100g F.W.であった。一方‘あまおう’のアスコルビン酸含量は2017/2018年の12月は39.1mg/100g F.W.，2月は46.5mg/100g F.W.で，2018/2019年の12月は43.4mg/100g F.W.，2月は53.2mg/100g F.W.であった。各収穫月において‘古都華’のアスコルビン酸含量は‘あまおう’と比較して有意に多かった（第2表）。‘あまおう’の1月と2月のアスコルビン酸含量は約65mg/100g F.W.と報告されている（堤ら，2005）。また，293品種のイチゴのアスコルビン酸含量を調査した報告では平均値は59mg/100g F.W.とされている（曾根ら，1999）。三重県農業技術センターが育成したアスコルビン酸含量が比較的多いとされる‘サンチーゴ’は69.5mg/100g F.W.で，対照品種とした‘女峰’，‘とよのか’，‘章姫’，‘とちおとめ’の4品種は55.0~62.6mg/100g F.W.と報告されている（藤原・森，2000）。また，九州沖縄農業研究センターがアスコルビン酸含量の高いことを育種目標に育成した‘おいCベリー’の3か年のアスコルビン酸含量の平均値は87mg/100g F.W.で，対照品種とした‘とよのか’，‘さ

ちのか’, ‘さがほのか’, ‘とちおとめ’ の4品種は54~64mg/100g F.W.と報告されている(曾根ら, 2017). 今回の‘古都華’のアスコルビン酸含量の平均値は64mg/100g F.W.で, 対照とした‘あまおう’よりも多かったが, ‘おいCベリー’のように多くはなかった.

アスコルビン酸含量については, 夜温が高くなると低下するとの報告があり(松添ら, 2006), ‘あまおう’では厳寒期の1月と2月が多くなると報告されている(堤ら, 2005). 一方で, 2月に少なくなるとの報告もあるが(曾根ら, 1999), 今回の結果では, ‘古都華’のアスコルビン酸含量は2017/2018年では4月において最も多く, 続いて2月が多かった(第2表). 2018/2019年では2月で最も多く, 温度とアスコルビン酸含量との関係は認められなかった.

イチゴのアスコルビン酸含量は, 環境変動に対する安定性が品種により異なることが報告されている(曾根ら, 1999). 今回の‘あまおう’は, 既報より少ない値であり, 栽培方法や栽培地が異なる場合, アスコルビン酸含量が異なる可能性も考えられる. ‘古

都華’のアスコルビン酸含量の環境変動に対する安定性については不明であり, 栽培条件が異なった場合, 今回得られた値と同様な傾向を示すのかは明らかでなく今後の課題と考えられる.

今回得られた2017/2018年と2018/2019年における12月, 2月, 3月の‘古都華’のアントシアニン含量とアスコルビン酸含量の値から, 許容区間を計算した(第3表). アントシアニン含量については, 許容区間が広く, 平均値19mg/100g F.W.で, 上限値36mg/100g F.W., 下限値2mg/100g F.W.であった. アスコルビン酸含量は平均値64mg/100g F.W.で, 上限値91mg/100g F.W., 下限値38mg/100g F.W.であった. アスコルビン酸については, 食品表示法に基づき, 30mg/100g F.W.以上あると含量が高い旨を表示する栄養強調表示ができ, 1日当たりの摂取目安量に含まれる成分量が下限値30mg~上限値1000mgを満たすと栄養機能食品として「ビタミンCは, 皮膚や粘膜の健康維持を助けるとともに, 抗酸化作用を持つ栄養素です。」と表示ができる(消費者庁食品表示企画

第1表 ‘古都華’と‘あまおう’のアントシアニン含量

Table1. Anthocyanin content of ‘Kotoka’ and ‘Amaou’ cultivated in 2017/2018 and 2018/2019.

年次	品種	アントシアニン含量 (mg/100g F.W.)			
		12月	2月	3月	4月
2017/2018	古都華	14.5 ± 2.5 ^y	16.6 ± 2.2	21.1 ± 2.6	28.8 ± 3.2
	あまおう ^z	14.1 ± 1.3	17.1 ± 1.4	- ^w	-
		n.s. ^x	n.s.	-	-
2018/2019	古都華	17.6 ± 1.7	23.3 ± 3.5	30.0 ± 3.4	-
	あまおう	17.3 ± 1.0	16.9 ± 2.3	-	-
		n.s.	n.s.	-	-

^z ‘あまおう’は品種名‘福岡S6号’の商標名

^y ペラルゴニン3グリコシド当量 平均値±標準誤差 (n=5)

^x n.sは各収穫月においてt検定により有意差なしを示す.

^w 未測定

第2表 ‘古都華’と‘あまおう’のアスコルビン酸含量

Table2. Ascorbic acid content of ‘Kotoka’ and ‘Amaou’ cultivated in 2017/2018 and 2018/2019.

年次	品種	アスコルビン酸含量 (mg/100g F.W.)			
		12月	2月	3月	4月
2017/2018	古都華	57.6 ± 3.9 ^y	67.4 ± 3.5	60.0 ± 4.7	68.5 ± 2.6
	あまおう ^z	39.1 ± 4.4	46.5 ± 2.1	- ^w	-
		**	**	-	-
2018/2019	古都華	58.2 ± 4.3	74.8 ± 3.8	66.5 ± 4.1	-
	あまおう	43.4 ± 1.5	53.2 ± 5.3	-	-
		*	*	-	-

^z ‘あまおう’は品種名‘福岡S6号’の商標名

^y 平均値±標準誤差 (n=5)

^x 各収穫月においてt検定により, **, *は1%, 5%水準で有意差ありを示す.

^w 未測定

第3表 ‘古都華’のアントシアニンとアスコルビン酸含量の平均値と許容区間値

Table3. Average and tolerance interval of anthocyanin and ascorbic acid contained in ‘Kotoka’ .

	アントシアニン含量 ^w (mg/100g F.W.)	アスコルビン酸含量(mg/100g F.W.)
平均値 ^{z,y,x}	19	64
上限値 ^y	36	91
下限値 ^x	2	38

^{z,y,x} 2017/2018年と2018/2019年の12月、2月、3月の測定値を基にした値(n=30).^{y,x} 信頼率95%で95%の許容区間^w ペラルゴニジン3グリコシド当量

課, 2018). 今回の結果から得られた許容区間の下限値は, 栄養強調表示ができる値であり, 今回供試した3Lの果実であれば, 一日当たりの摂取目安量を3粒とすれば約40mg以上となり, 栄養機能食品の基準の下限値30mgを満たすことが明らかとなった.

謝辞

本研究を実施に当たり, サンプルの提供をいただいた育種科野菜担当の皆様には厚く御礼申し上げます.

引用文献

- 藤田敏郎, 古川(佐藤)麻紀, 曾根一旬, 沖智之. 品種・系統の異なるイチゴの収穫時期による抗酸化能の変動. 日本食品科学工学会誌. 2020, 67(3), 109-114.
- 藤原孝之, 森利樹. イチゴ新品種‘サンチーゴ’果実のビタミンC, 糖および遊離酸含量. 三重県農業技術センター研究報告. 2000, 27, 37-43.
- Howe W.G. Two-Sided Tolerance limits for normal populations, some improvements. Journal of the American Statistical Association. 1969, 64(326), 610-620.
- 松添直隆, 川信修治, 松本幸子, 木村宏和, 園師一文. 夜温がイチゴ果実の糖, 有機酸, アミノ酸アスコルビン酸, アントシアニンおよびエラグ酸濃度に及ぼす影響. 植物環境工学. 2006, 18(2), 115-122.
- 三井寿一, 藤田幸一, 末吉孝行, 伏原肇. イチゴ新品種‘福岡S6号’, ‘福岡S7号’の育成. 福岡県農業総合試験場研究報告. 2003, 22, 61-68.
- 三井寿一, 末信真二, イチゴ「あまおう」の開発・普

- 及と知的財産の保護. 特技懇. 2010, 256, 49-53.
- 奈良県農林部. 奈良県野菜生産指導計画. 2017, 12.
- 奈良県食と農の振興部. 「奈良県プレミアムセレクト」認証制度実施要綱. 2020.
- 西本登志, 信岡尚, 前川寛之, 後藤公美, 東井君枝, 泰松恒男, 木矢博之, 吉村あみ, 平山喜彦, 峰岸正好, 佐野太郎, 米田祥二. イチゴの新品種‘古都華’の育成とその特性. 奈良県農業総合センター研究報告. 2010, 41, 1-10.
- 曾根一純, 望月龍也, 野口裕司. イチゴ果実におけるビタミンC含量の品種間差異および収穫時期による変動特性. 園芸学会雑誌. 1999, 68(5), 1007-1014.
- 曾根一純, 沖村誠, 北谷恵美, 木村貴志. アスコルビン酸含量が多く抗酸化活性の高い促成栽培用イチゴ新品種「おいCベリー」. 九州沖縄農業研究センター報告. 2017, 66, 65-86.
- Stintzing F.C. and R. Carle. Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition. Trends in Food Science and Technology. 2004(15), 19-38
- 消費者庁食品表示企画課. 食品表示法に基づく栄養成分表示のためのガイドライン. 第2版, 消費者庁, 2018, 1-53.
- 堤智博, 山下純隆, 大森薫. イチゴ‘あまおう’の品質特性 第1報 収穫時期, 着色程度別の果実品質. 福岡県農業総合試験場研究報告. 2005, 24, 1-4.
- 上田京子, 塚谷忠之, 村山加奈子, 倉田有希江, 竹田絵里, 大塚崇文, 高井美佳, 宮崎義之, 立花宏文, 山田耕路. ブロッコリーのビタミンC, S-メチルメチオニン, ポリフェノール含有量の部位別解析と細胞機能への影響. 日本食品科学工学会誌. 2015, 62 (5), 242-249.
- Wang, S.Y. and W. Zheng. Effect of plant growth

temperature on antioxidant capacity in strawberry.
Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2001(49),
4977-4982.

Yoshida, Y.; and Tamura, H. .Variation in Concentration

and composition of anthocyanins among strawberry
cultivars . Journal of the Japanese Society for
Horticultural Science. 2005, 74(1), 36-41.