施設栽培された国内産マンゴー 'Irwin' の主要カロテノイド含量の評価

小川一紀*・深町 浩・加藤秀憲

国際農林水産業研究センター沖縄支所 907-0002 石垣市真栄里

Evaluation of Predominant Carotenoid Contents in Domestic 'Irwin' Mango Cultivated
in Plastic Greenhouses at Different Sites in Japan

Kazunori Ogawa*, Hiroshi Fukamachi and Hidenori Kato

Japan International Research Center for Agricultural Science, Ishigaki 907-0002

Summary

The kinds and quantities of carotenoids in the flesh of tree-ripened 'Irwin' mango are compared among those cultivated plastic greenhouses located at Kagoshima, Miyazaki, Amami-oshima and Okinawa Prefectures, Japan. The predominant carotenoids were β -carotene and violaxanthin; their contents (mean $\pm$ SD) were $14.7 \pm 3.5 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ and $14.6 \pm 4.1 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, respectively. The carotenoid contents significantly differed among harvest times and growing sites. The fluctuation of the carotenoid content seems to be independent of the harvest time, namely, early-season or late-season culture, and the greenhouse temperature during the cultivation. The fresh weight of the fruit (mean $\pm$ SD) was 453 ± 96 g. Fruit size was found to be unrelated to the carotenoid content on a fresh weight basis. Fruit growth was completed a month before the tree-ripe stage. The β -carotene and violaxanthin increased rapidly from 2.9 to $9.7 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ and from 2.6 to $11.3 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, respectively, during the two weeks before harvest.

Key Words: carotenoid, HPLC, 'Irwin', mango (*Mangifera indica*), plastic greenhouse.

緒 言

マンゴー (*Mangifera indica* L.)は、熱帯・亜熱帯で広く栽培される重要な熱帯果樹である。日本でも南西諸島で施設栽培されており、近年は鹿児島、宮崎でも生産量が増えている。国内産マンゴーの約8割は沖縄産で、生産量は1500 t/年程度と輸入量の約10000 t(2003年, 財務省貿易統計)に比べ少ないものの、国内産マンゴーは樹上完熟で収穫するので品質に優れる。

マンゴーはカロテノイドを豊富に含む果実である。カロテノイドは、プロビタミンAとしての作用の他に体内で抗酸化作用や発がん抑制などの効果を持つとされる(Donaldson, 2004)。マンゴー品種は主要なものでも十数種類以上(Knight, 1997)あり、メキシコ産の'Kent'、'Haden'、'Tommy Atkins'、フィリピン産の'Carabao'、タイ産の'Nam Dokmai'が輸入されている。日本で栽培される'Irwin'は海外の主力品種ではないため、カロテノイド含量に関しては、Shivashankaraら(2004)の沖縄産果実の分析例が報告されているのみである。そこで、日

本において施設栽培された'Irwin'の主要カロテノイド含量を地域間および収穫時期別に分析し、その変動を調べた。

材料および方法

試 料

'Irwin'果実は、垂水市(鹿児島県果樹試験場)、名瀬市(鹿児島県農業試験場大島支場)、宮崎県南郷町(宮崎県総合農業試験場亜熱帯作物支場)、名護市(沖縄県農業試験場名護支場)の4地区にて施設内で樹上完熟したものを、第1表に示す日付(2003年)に収穫した。果実肥大に伴うカロテノイド含量の変化を調べるために、鹿児島県果樹試験場において5月から約1か月ごとに果実を採集した。採集したすべての果実は冷蔵(4~10°C)し、5日以内に果肉を氷冷下でホモジナイザーで均質とした後、プラスチックバッグに移し、直ちに-30°Cにて凍結保存した。

試薬および溶媒

カロテノイド標品は和光純薬製を用いた。溶媒・試薬類は特級あるいは高速液体クロマトグラフ分析用(和光純薬)を用いた。

カロテノイド分析試料の調製

保存した果肉粉砕物を解凍後、直ちにその5~10 gを精密に計り、Lee・Castle(2001)の方法に準じて試料調製を行った。加水分解反応液の水洗と t -ブチルメチルエーテル(MTBE)へのカロテノイド分配時に相の分離が不完全

2004年11月24日 受付。2005年2月23日 受理。

本研究は、農林水産省先端技術等地域実用化研究促進事業の補助のもとに行われた。

* Corresponding author (E-mail: kazunori@naro.affrc.go.jp).

* 現在: 果樹研究所カンキツ研究部興津 424-0292 静岡市。

となる場合、メタノールを適量添加することで分離を改善した。

カロテノイドの HPLC 分析

高性能液体クロマトグラフ (HPLC) 法によるカロテノイド分析は, Sander ら (1994) の方法に変更を加えて行った。HPLC の分析条件は, カラム YMC Carotenoid S5 μ (4.6 mm i.d. $\times$ 250 mm, Waters), カラム温度 30°C, 溶媒 90% メタノール / MTBE 系 (MTBE 濃度: 開始から 2.5 分まで 5%, その後直線勾配で 57.5 分後に 70%), 流量 0.8 mL $\cdot$ min⁻¹, 試料注入量 5 μ L, 検出波長 450 nm とし, 定量は絶対検量線法によった。オートサンプラーは 4°C に冷却した。本報告では主要カロテノイドの全-トランス- β -カロテン (CAR) と全-トランス-ビオラキサンチン (VIO) について定量を行った。同一果肉について 4 回の凍結・解凍・試料調製を行い分析した結果, CAR 含量は平均 17.5 μ g $\cdot$ g⁻¹, 標準偏差 1.1, 変動係数 6.2% で, VIO 含量は平均 11.5 μ g $\cdot$ g⁻¹, 標準偏差 0.7, 変動係数 6.1% であり, 凍結・解凍操作時のカロテノイドの損失はなく, 試料調製に伴う変動もないものと判断された。

結果および考察

収穫時期・栽培地によるカロテノイド含量の変動

‘Irwin’ 果肉の主要カロテノイドは CAR と VIO で (第 1 図), ‘Keitt’ や ‘Tommy Atkins’ の果肉 (Mercadante・

Fig. 1. HPLC profile of the carotenoids in the fruit of ripe ‘Irwin’ mango cultivated in plastic greenhouse at Tarumizu (harvested in July). The peak number and carotenoids are: 1, all-*trans*-violaxanthin; 2, all-*trans*-antheraxanthin and unidentified carotenoid; 3, zeaxanthin; 4, all-*trans*- β -cryptoxanthin; 5, 13-*cis*- β -carotene (unidentified); 6, all-*trans*- β -carotene.

Rodriguez-Amaya, 1998; Pott ら, 2003) と同様であった。その他に, 全-トランス-アンテラキサンチン (未同定カロテノイドとオーバーラップ), 8-シス- β -カロテンと推定されるカロテノイドが認められた。Setiawan ら (2001) は, インドネシア産マンゴー (品種記載なし) はリコペンを含むとしているが, ‘Irwin’ には確認されなかった。調査果実 (2003 年収穫, 調査数 51) 全体の CAR 含量の平均は 14.7 μ g $\cdot$ g⁻¹ (標準偏差, 3.5 μ g $\cdot$ g⁻¹; 最低-最高値, 6.8–23.4 μ g $\cdot$ g⁻¹), VIO 含量の平均は 14.6 μ g $\cdot$ g⁻¹ (標準偏差, 4.1 μ g $\cdot$ g⁻¹; 最低-最高値, 7.1–23.0 μ g $\cdot$ g⁻¹) であった (データ未掲載)。さらに β -クリプトキサンチンとゼアキサンチンについては, 平均含有量はそれぞれ 0.3 μ g $\cdot$ g⁻¹, 0.2 μ g $\cdot$ g⁻¹ であった (データ未掲載)。国内産 ‘Irwin’ の CAR 含量にはかなりの差が認められたが, 最低含量は五訂食品成分表 (6 μ g $\cdot$ g⁻¹, CAR 換算), 米国のカロテノイド含量データベース (4.45 μ g $\cdot$ g⁻¹) (Holden ら, 1999) の CAR 含量よりも多かった。栽培地・収穫時期の異なる果実の果肉中の CAR と VIO 含量の比較を第 1 表に示した。栽培地間および収穫時期の間の平均含量には有意な差が認められる場合があった。同じ栽培地における収穫時期による含量の変動の比較では, 収穫の早晚と含量の増減に一定の傾向は認められなかった。各地の 2001 年収穫果実の場合, 鹿児島県農業試験場大島支場で 8 月に収穫した果実の VIO 含量 (12.3 μ g $\cdot$ g⁻¹), 沖縄県農業試験場名護支場で 7 月に収穫した果実の CAR 含量 (9.5 μ g $\cdot$ g⁻¹) が 2003 年収穫果との比較で有意に異なり (データ未掲載), カロテノイド含量に年次変動があることが認められた。栽培地・収穫時期によるカロテノイド含量の差異の一因として環境条件が考えられる。ブラジル産 ‘Keitt’ のカロテノイド含量は, より気温の高い地域で栽培した果実の方が高含量であると報告されている (Mercadante・Rodriguez-Amaya, 1998)。施設内の昼間の気温は外気温より高く, 例えば石垣島では 6–8 月の測定値は 5°C 程度高い。しかし日平均気温では 1°C 以内の温度差であったこと (データ未掲載), 果実肥大期の 6–8 月における各地の平均気温差は 1°C 前後であることから (気象庁気象統計情報, 2003), 国内施設栽

Table 1. Carotenoid contents in flesh and fruit weight of tree-ripened ‘Irwin’ mango for 2003.

Attributes	Tarumizu			Nango		Naze		Nago
	April 28	June 28	July 23	June 27	July 16	July 11	August 7	July 28
carotenoid contents (μ g $\cdot$ g ⁻¹)								
all- <i>trans</i> - β -carotene	16.7 ab ²	12.2 ab	11.6 b	12.4 b	17.0 a	16.4 ab	17.2 ab	14.2 ab
all- <i>trans</i> -violaxanthin	17.0 abc	12.3 bcd	11.3 cd	18.0 a	15.2 abc	11.9 bcd	17.2 ab	9.7 d
total ^y	33.6 ab	24.5 bc	22.9 c	30.4 abc	32.2 ab	28.3 abc	34.4 a	23.9 c
weight (g)	520 abc	520 ab	500 abc	400 d	420 cd	420 bcd	600 a	337 d
sample number	5	5	5	10	10	4	6	6

² Mean. Means followed by different letters within a row are significantly different at the 5% level, as estimated by Tukey-Kramer HSD test.

^y all-*trans*- β -carotene+all-*trans*-violaxanthin.

培‘Irwin’のカロテノイド含量の差は気温の影響によるものではないと考えられる。土壌水分や日照、栽培管理の違いについての検討が必要である。

‘Irwin’果実は小型で通常 400 g 前後 (Akinaga・Hasbullah, 2002; 玉城ら, 2003)である。本分析でも、果実重の全体平均は 453 g (標準偏差 96 g)であったが(データ未掲載)、栽培地により平均果実重は 337–600 g と約 2 倍の差が認められた(第 1 表)。果実に占める可食部の重量割合は 0.68 (標準偏差 0.04, $n=10$)であったため、1 果から CAR を平均 4.5 mg 程度摂取できることになる。調査果実全体では、果実重と果肉の単位重量あたりのカロテノイド含量には相関は認められなかった。

果実肥大に伴うカロテノイド含量の変化

‘Irwin’果実は 7 月下旬に樹上で完熟を迎え、果実肥大はその 1 か月以前に完了した。カロテノイド含量は完熟の 2 週間前より急増した(第 2 図)。果実肥大期の VIO と CAR の含量比は一定ではなく、7 月上旬に CAR が優位となった。‘Irwin’果実では、CAR の生合成前駆体となる直鎖カロテノイド (Hirschberg, 2001) に特徴的な吸収スペクトル (Britton, 1995) を有するピークはどのステージでも検出されなかった。‘Irwin’完熟果は、冷蔵で 20 日程度の貯蔵が可能で、CAR 含量も減少しないことから (Shivashankara ら, 2004)、カロテノイドを多く摂取するためには、適期に完熟の状態で収穫することが望ましいと考えられる。

摘 要

日本国内において施設栽培されたマンゴー ‘Irwin’果実中の主要カロテノイドは β -カロテンとビオラキサンチンであった。これらの含有量の平均は、 β -カロテン $14.7 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ (標準偏差 $3.5 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)、ビオラキサンチン $14.6 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ (標準偏差 $4.1 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)であった。栽培地、収穫時期により、カロテノイド含量に差が認められた。果実

Fig. 2. Growth curve of ‘Irwin’ mango fruit and their seasonal changes in predominant carotenoid contents. The fruits cultivated in a plastic greenhouse at Tarumizu were harvested. Vertical bars indicate SD ($n=5$).

重の平均は 453 g (標準偏差 96 g)で、果実重と果肉の単位重量あたりのカロテノイド含量には相関はなかった。果実の肥大は完熟 1 か月前に終わり、カロテノイドの含量は、完熟 2 週間前に急増した。

謝 辞 マンゴー果実を提供いただきました、鹿児島県果樹試験場、鹿児島県農業試験場大島支場、宮崎県農業試験場亜熱帯作物支場、沖縄県農業試験場名護支場に感謝いたします。

引用文献

- Akinaga, T and R. Hasbullah. 2002. Mango production using plastic greenhouse in Okinawa. *Acta Hort.* 575: 745–749.
- Britton, G. 1995. UV/Visible spectroscopy. p. 13–62. In: Britton, G., S. Liaaen-Jensen and H. Pfander. (eds.). *Carotenoid Vol. 1: Spectroscopy*. Birkhäuser Verlag, Basel.
- Donaldson, M. S. 2004. Nutrition and cancer: A review of the evidence for an anti-cancer diet. *Nutr. J.* 3: 19–39.
- Hirschberg, J. 2001. Carotenoid biosynthesis in flowering plants. *Curr. Opin. Plant. Biol.* 4: 210–218.
- Holden, J. M., A. L. Eldridge, G. R. Beecher, I. M. Buzzard, S. Bhagwat, C. R. Davis, L. W. Douglass, S. Gebhardt, D. Haytowitz and S. Schakei. 1999. Carotenoid content of U. S. foods: An update of the database. *J. Food Compos. Anal.* 12: 169–196.
- Knight Jr., R. J. 1997. Important mango cultivars and their descriptors. p. 545–565. In: Litz, R. E. (ed.). *The mango. Botany, production and uses*. CAB international, New York.
- Lee, H. S. and W. S. Castle. 2001. Seasonal changes of carotenoid pigments and color in Hamlin, Earlygold, and Budd Blood orange juices. *J. Agric. Food Chem.* 49: 877–882.
- Mercadante, A. Z. and D. B. Rodriguez-Amaya. 1998. Effects of ripening, cultivar differences, and processing on the carotenoid composition of mango. *J. Agric. Food Chem.* 46: 128–130.
- Pott, I, M. Mark, S. Neidhart, W. Mühlbauer and R. Carle. 2003. Quantitative determination of β -carotene stereoisomers in fresh, dried, and solar-dried mangoes (*Mangifera indica* L.). *J. Agric. Food Chem.* 51: 4527–4531.
- Sander, L. C., K. E. Sharpless, N. E. Craft and S. A. Wise. 1994. Development of engineered stationary phases for the separation of carotenoid isomers. *Anal. Chem.* 66: 1667–1674.
- Setiawan, B., A. Sulaeman, D. W. Giraud and J. A. Driskell. 2001. Carotenoid content of selected Indonesian fruits. *J. Food Compos. Anal.* 14: 169–176.
- Shivashankara, K. S., S. Isobe, M. I. Al-Haq, M. Takenaka and T. Shina. 2004. Fruit antioxidant activity, ascorbic acid, total phenol, quercetin, and carotene of Irwin mango fruits stored at low temperature after high electric field pretreatment. *J. Agric. Food Chem.* 52: 1281–1286.
- 玉城 聡・当真嗣尊・玉城盛俊. 2003. マンゴーの樹別収量の推移. *九州農業研究* 63: 233.