

## 赤色域の光照射が貯蔵中の宮内イヨ果皮の着色 及び色素組成に及ぼす影響

大石 晃\*・渡部 潤一郎・門屋 一 臣\*

Effect of Red Light Irradiation on Skin Coloration and  
Carotenoid Composition of Stored 'Miyauchi' Iyo  
(*Citrus iyo* hort. ex Tanaka) Tangor Fruit

Hikaru OHISHI\*, Junichiro WATANABE and Kazuomi KADOYA\*

### 緒 言

カンキツ果実の品質を評価する場合、糖度、酸度、糖酸比や特有の香りはもとより、果皮色も大きな要素であり、特に果肉先熟性がみられる西南暖地ではいかに果皮の着色を進めるかが栽培上の課題の一つである。カンキツ果皮の着色を進行させるには温度と湿度、特に温度が重要であることは周知の事実であるが、光質、いわゆる光の波長が着色に影響を与え、特に赤色光の効果が高いことが幾人かの研究者によって報告されている<sup>1, 4, 6, 7)</sup>。前報<sup>5)</sup>において赤色域の光照射が宮内イヨの果皮の着色を促進させ、果皮及び果汁内のシュクロース含量を増加させることを報告した。今回は赤色域の光照射が果皮の着色の進行とカロチノイド組成に及ぼす影響について報告する。

### 材料及び方法

#### 貯蔵中の照射処理法と果皮色の測定

愛媛大学農学部附属農場内の果樹園から宮内イヨ果実を平成5年12月10日に収穫し、10日間予措した後、12月20日から9週間貯蔵した。貯蔵温度は11~12℃になるようにし、過度の乾燥を防ぐためプラスチック容器に約20個入れ上部をサランラップで覆った。処理区の光源にはカラード蛍光灯(松下電気産業製、波長600~700nm)を用い、果実上部約1mから果柄部に照射し対照区は暗黒とした。果皮色の測定は色彩色差計(ミノルタ製)で貯蔵開始日から1週間毎にa値及びb値を測定しa/b値を求めた。測定部位は果頂部、赤道部及び果柄部とした。測定後、果皮はカロチノイド分析のため凍結保存した。

#### カロチノイドの抽出

カロチノイドの抽出は渡辺ら<sup>8, 9, 10)</sup>の報告を参考にして行った。ヘラベド組織2gに100%アセトン10mlと適量の海砂を加えてホモジネイトし吸引ろ過した。この作業を抽出液が無色透明になるまで繰り返し行った。この結果得られた約40mlのアセトン溶液を試験管に移し、同量のジエチルエーテル

---

\*果樹学研究室 (Laboratory of Pomology)

を加え、その後ジエチルエーテルとアセトンを分離するため脱塩水を加えて分離した下層部分を除いた(4反復)。カロチノイドを含んだジエチルエーテルをケン化するため20%の KOH を含むメタノール約10mlを加え低温暗黒下で5~6時間静置した。その後メタノールを取り除くため脱塩水を加えて洗浄した。最後にジエチルエーテル溶液を35℃でエバポレートして取り除き乾固したカロチノイドを100%アセトンに溶かし25mlに定量し、保存した。

### カロチノイドの分析

カロチノイドの分析は Mínguez-Mosquera と Hornero-Méndez<sup>3)</sup> の方法に従って高速液体クロマトグラフ(HPLC)を用いて行った。カラムは C<sub>18</sub> ODS-2(4.6×250mm; 粒子径 5 μm)を用いた。HPLC の設定条件は以下の通りである。

移動相溶媒：アセトン、脱塩水、移動相溶媒の流速：1.5ml/min、検出波長：450nm、カラム温度：40℃、サンプル注入量：5 μlとした。なお、移動相溶媒の濃度勾配は ISCO 社製の Model 2360 Gradient Programmer を用いて以下のように設定した。

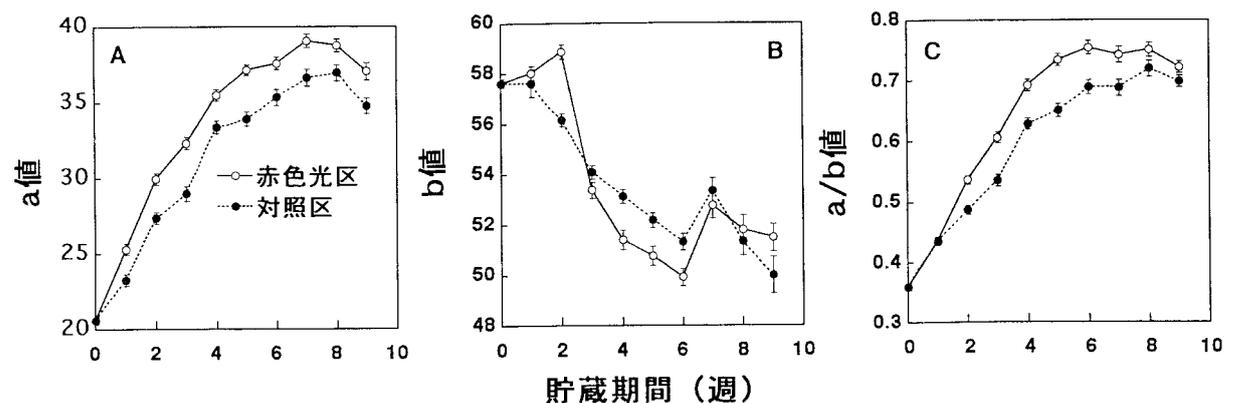
	設定時間(分)	アセトン濃度(%)	水濃度(%)
1	10	75	25
2	5	75	25
3	5	95	5
4	7	95	5
5	5	100	0
6	5	75	25

## 結 果

前報<sup>6)</sup>と同様に照射は果柄部に行ったにもかかわらず、赤色光の効果は果頂部で最も顕著であった。赤道部、果柄部においても同様の傾向であったので結果は果頂部のみを示した。

### 果 皮 色

両区とも貯蔵前半は急激に a 値が高まり、処理区では貯蔵 5 週間後から、対照区では貯蔵 4 週間後から a 値の伸びは緩やかになり、最高値は処理区では貯蔵 7 週間後、対照区では貯蔵 8 週間後であった。またその後両区で a 値の低下がみられた(第 1-A 図)。処理区の a 値は貯蔵 1 週間後から明らかに対照区よりも高くその傾向は貯蔵全期間でみられた。



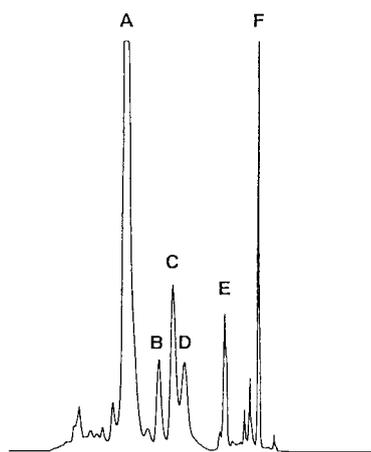
第 1 図 赤色域の光照射が貯蔵中の宮内イヨの果皮の着色に及ぼす影響

処理区のb値は貯蔵1、2週間後に高まった後急激に低下した(第1-B図)。その後7週間後に再び高まった後低下した。対照区では貯蔵2週間後から6週間後まで低下し、処理区同様7週間後に高まった後再び低下した。処理区が対照区と比較して有意に低かったのは貯蔵4~6週間後で、貯蔵3及び9週間後には対照区の方が低かった。

処理区のa/b値は貯蔵6週間後まで急激に高まり、最高値は貯蔵6週間後であった(第1-C図)。その後9週間後に低下した。一方、対照区では貯蔵8週間後まで高まり、貯蔵9週間後には処理区同様低下した。貯蔵2週間後から処理区で有意に高く、その傾向は貯蔵9週間後まで一貫してみられた。

### カロチノイド組成

HPLCで分析した結果、6種のカロチノイドのピークが確認され、ここでは便宜的にA~Fの名を与えた(第2図)。



第2図 HPLCによるカロチノイドの分離

分析の結果得られたピーク面積を指標にして貯蔵開始時、貯蔵3、6及び9週間後におけるそれぞれのカロチノイドの相対量の経時的变化を示した(第3図)。

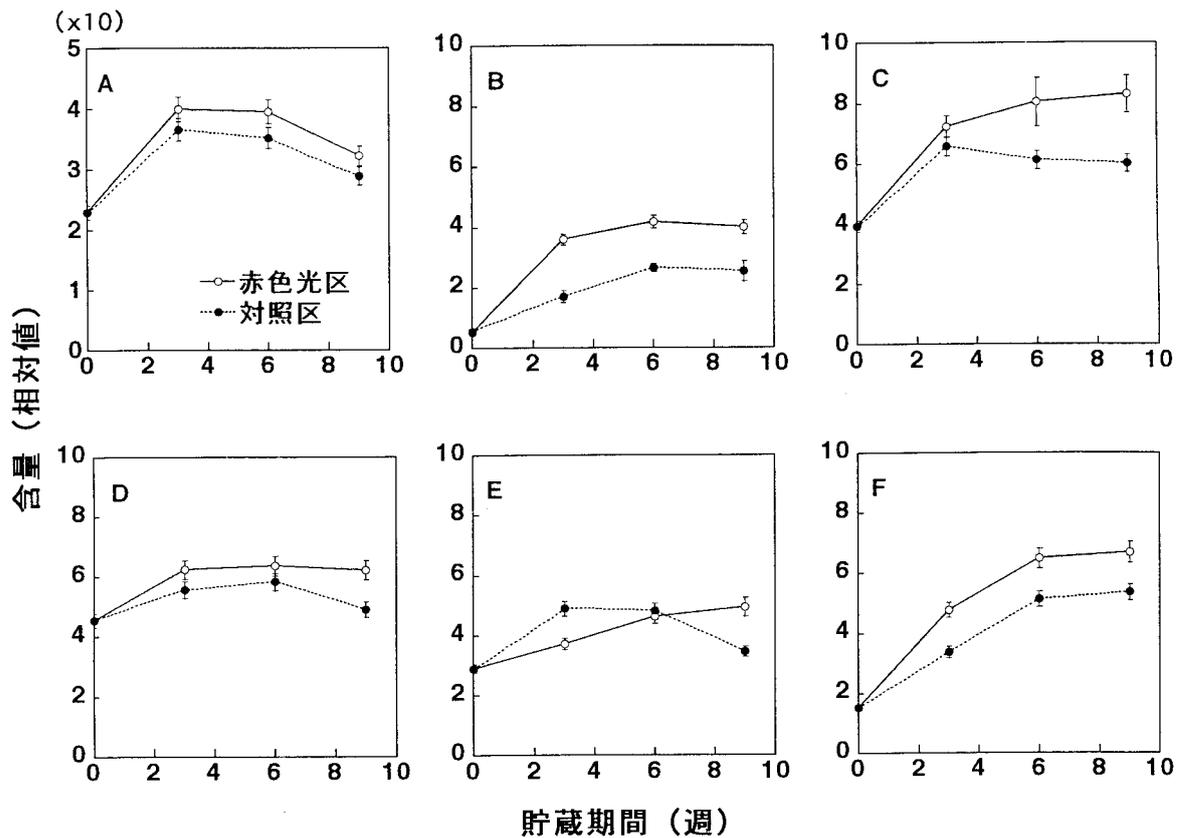
カロチノイドA含量は貯蔵全期間を通して両区で他のカロチノイドと比較して著しく多かった。貯蔵開始時においてカロチノイドC及びD含量が高くカロチノイドB及びF含量は低かった。貯蔵3週間後には両区で全てのカロチノイド含量が増加した。貯蔵6週間後には処理区のA以外のカロチノイドで増加の傾向がみられたが、対照区ではB、D及びFのみ増加した。貯蔵9週間後のカロチノイド含量はほとんど変化がないかあるいは減少の傾向がみられた。

処理区のカロチノイドA及びC含量は貯蔵6、9週間後において高かった(第3-A図)。カロチノイドB及びF含量は全貯蔵期間を通して処理区で高かった(第3-B、F図)。カロチノイドD含量は貯蔵9週間後に処理区で高かった。カロチノイドE含量は貯蔵3週間後は対照区で高かったが、貯蔵9週間後では処理区が高くなった。

### 考 察

前報<sup>6)</sup>と同様に光照射を行った区でa値、a/b値が高くb値が低く、赤色域の光照射を行うことで赤みが強くなることが明かとなった。近赤外光などの比較的波長の長い光が果皮の着色に影響を与えることはこれまでも報告されている<sup>1,4,7)</sup>。また、貯蔵期間中のa値、a/b値の最高値は処理区で明らかに高かったことから赤色域の光照射は果皮の着色を単に早めるばかりでなく、果皮の赤みをより強くする効果があるものと考えられる。一方、処理区のb値は貯蔵4週間後から光照射の効果が現れ、a値とb値の間には効果が現れるのに時間的ズレが生じた。この違いはカロチノイド組成の変化と関係があるものと思われる。

カロチノイド組成において、カロチノイドBは赤道部及び果柄部でも同じ傾向であり、カロチノイドFは赤道部では全期間を通して、果柄部では貯蔵6、9週間後において処理区で高く、これらのカ



第3図 赤色域の光照射が宮内イヨの果皮のカロチノイド組成に及ぼす影響

カロチノイドは赤色光の照射によってその生合成が促進されたものと思われる。小林ら<sup>2)</sup>や梅田ら<sup>5)</sup>はカンキツにおける主要なカロチノイドはヴィオラキサンチンで着色が進行すると減少することを報告しており、我々の実験で同様の傾向を示したカロチノイドAはヴィオラキサンチンではないかと推測される。しかしながら、他のカロチノイドも含めて今後これらのカロチノイドの同定を進めていく必要がある。

### 摘 要

貯蔵中の宮内イヨに赤色域(600~700 nm)の光を照射して果皮の着色とカロチノイド組成に及ぼす影響について調査した。照射によって果皮のa値とa/b値が上昇、b値が低下し着色が進行した。特にa/b値は貯蔵全期間を通して処理区で高く、赤色域の光照射は着色の進行を早めるばかりでなく、赤みを増加させる効果があることが示唆された。HPLCで果皮のカロチノイドを分析したところ、処理区では対照区に比べてほとんどのカロチノイドで増加する傾向がみられ、赤色域の光照射がカロチノイド合成を促していることが示唆された。これらのことから、赤色域の光照射は単に果皮の着色を早めるばかりでなく、特定のカロチノイド生合成経路に影響を与えることによって果皮の赤みを増しているものと考えられた。

### 引用文献

- (1) 別府英治・石田善一・渡部悦也・大和田厚・向井 武, 1979. イヨカンの予措・貯蔵方法に関する研究. 愛媛果試研報 7: 1-18.

- (2) 小林邦彦・長尾和夫・芥田三朗. 1977. 成熟過程における早生温州みかん果皮のカロチノイド色素の変動と色調との関係. 日食工誌 24: 357-361.
- (3) Mínguez-Mosquera, M. I. and D. Hornero-Méndez. 1993. Separation and quantification of the carotenoid pigments in red peppers(*Capsicum annuum* L.), paprika, and oleoresin by reversed-phase HPLC. J. Agric. Food. Chem. 41: 1616-1620.
- (4) 白石貞一. 1972. カンキツ果実の着色に関する研究. 福岡県園芸試特別報告 2: 1-53.
- (5) 梅田圭司・田中芳一・小野恒夫. 1971. 柑橘のカロチノイドに関する研究. 第4報 各種柑橘の果皮のカロチノイドパターン. 日食工誌 18: 468-475.
- (6) 渡部潤一郎・大石 晃・秋好広明・藤田政利・岡本 誠. 1994. 赤色域の光が宮内イヨの着色及び糖含量に及ぼす影響. 愛媛大学農学部農場報告 15: 15-21.
- (7) 渡部潤一郎・門屋一臣. 1991. 光質の相違がイヨカン果実の品質に及ぼす影響. 園学雑 60(別1): 55-60.
- (8) 渡辺慶一・斎藤忠雄・広田才之・高橋文次郎. 1987. スイカ果肉の色調とカロチノイド色素について. 園学雑 56(別): 45-50.
- (9) 渡辺慶一・斎藤忠雄・広田才之・高橋文次郎. 1988. ニンジンのカロチノイド色素の系統間差異. 日食工誌 35: 315-320.
- (10) 渡辺慶一・斎藤忠雄・広田才之・高橋文次郎・藤下典之. 1991. メロンの果肉色別カロチノイド含量と組成. 日食工誌 38: 153-159.

### Summary

Effect of red light irradiation on skin color development and carotenoid composition of stylar end of 'Miyauchi' iyo(*Citrus iyo* hort. ex Tanaka) tangor fruit was examined during storage. Both increase in a and a/b value and decrease in b value were enhanced by the irradiation. The a/b values of the fruit exposed were higher than those of control during the whole storage period. HPLC analyses also revealed the increase in total carotenoids content, of which the carotenoids that were tentatively named B and F most greatly accumulated. Similar tendencies were observed at equator and stem end portions. These results indicate that red light irradiation is involved in not only acceleration of overall color development but also enhancement of red color pigmentation by influencing a certain specific pathway of carotenoid biosynthesis.