

## 赤色域の光が宮内イヨの着色及び糖含量におよぼす影響

渡部 潤一郎・大石 晃・秋好 広明  
藤田 政利・岡本 誠

Effects of Red Light Exposure on Skin Coloration and Sugar Content in  
Rind and Juice of Miyauchi iyo (*Citrus iyo* hort. ex Tanaka) Tangor

Junichiro WATANABE, Hikaru OHISHI, Hiroaki AKIYOSHI  
Masatoshi FUJITA and Makoto OKAMOTO

### 緒 言

カンキツ果実の果皮着色には温度、湿度、光などの環境要因が関与していることが知られている。イヨカン果実においても、温度12℃、湿度85%の貯蔵環境条件が果皮の着色に好結果をもたらすとされている。一般に、イヨカン果実の貯蔵は以前より暗黒下で行なわれていたが、近年、果実温と着色の関係が明らかとなったことから、貯蔵中の一時期に太陽の光を利用する貯蔵庫もある。しかし、この場合は太陽の光よりも、それによる昇温効果の期待が大きいといわれる。

今回、われわれは、最近明らかにされた赤色域の光が、果皮着色に有効であるといわれる実験結果から、赤色域の光を照射して、照射の時期および期間が果皮の着色にどのような影響をおよぼすかを調査した。また、併せて、果皮および果汁の糖含量と組成におよぼす影響なども調査した。

### 材料および方法

実験には1991年12月10日に本学附属農場の果樹園から収穫した果実を用いた。果実の重量および色調は処理前の12月20日と処理後4週、8週、10週の3回にわたり測定した。貯蔵庫の庫内温度は12℃とし、湿度は換気扇によって80~90%に保った。貯蔵期間中の果実への光照射の処理区は8処理区とした。すなわち、1区~6区は水銀灯(ハイビーム水銀灯、松下電工製100W [HF100X])、7区は赤色蛍光灯(カラード蛍光灯、松下電工製、20W、FL20SR-F)、8区は無照射(対照区)とした。光照射の処理期間は第1図に示したとおりである。果実は果柄部を上にして置き、光照射は果実の上部より1.5mの距離をおいて行なった。色調については果実の果頂部、赤道部、果柄部の3か所について、デジタルカラーメーター(東京電色KK、TC360 OP型)で測定し、果皮と果汁の糖分析はガスクロマトグラフを用いて行なった。

### 結 果

#### 1. 糖組成

##### A. 果皮

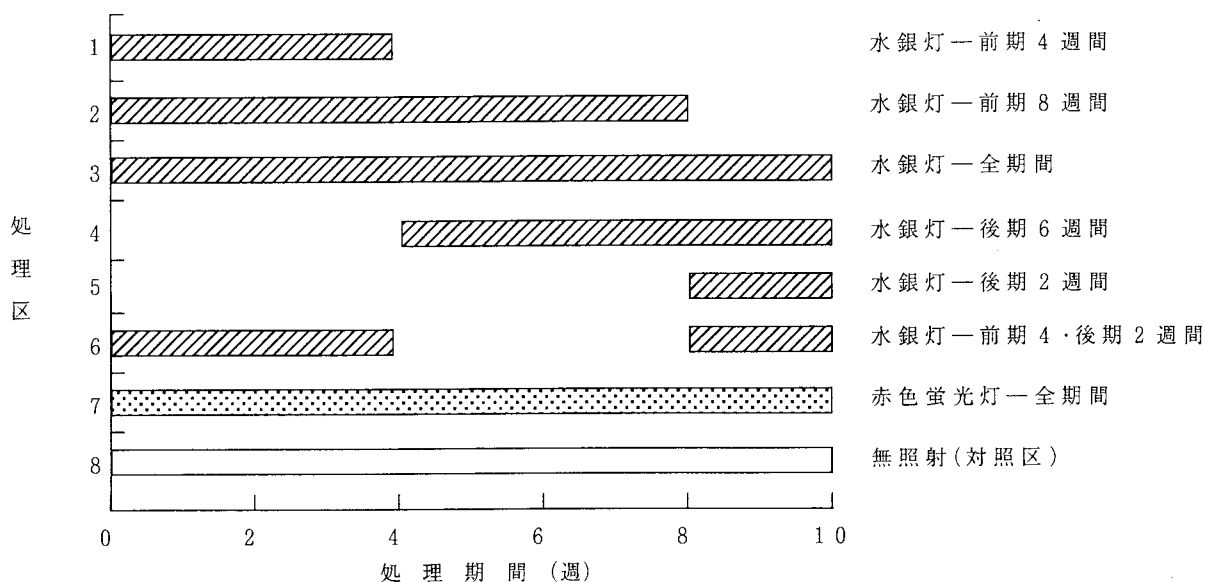
##### a. 果頂部

果糖については前期8週間区と前4・後2週間区は対照区に比べて差が大きく、含量が多かった。

そして、後期6週間区と後期2週間区がそれに次ぎ、前期4週間区は最も含量が少なかった。

ブドウ糖については前4・後2週間区と赤色蛍光灯区で含量が多く、前期8週間区が最も少なく、他の区はその中間であった。

ショ糖については水銀灯全期間区と後期6週間区で含量が多く、前期4週間区が極端に少なかった。全糖については全ての処理区で対照区より含量が多く、処理区の中では前期4週間区が少なかったが、他の区はあまり差がなかった。



第1図 光照射の処理期間

第1表 光照射が果皮果頂部の糖組成におよぼす影響

処理区	果糖 (%)	ブドウ糖 (%)	ショ糖 (%)	全糖 (%)
水銀灯前期4週間	3.91±0.40	3.82±0.28	1.33±0.10	9.07±0.75
水銀灯前期8週間	4.75±0.33	3.45±0.31	1.63±0.17	9.82±0.75
水銀灯全期間	4.19±0.24	3.57±0.19	2.16±0.11	9.92±0.54
水銀灯後期6週間	4.42±0.18	3.61±0.22	2.20±0.14	10.24±0.53
水銀灯後期2週間	4.36±0.22	3.78±0.21	1.75±0.12	9.89±0.54
水銀灯前4・後2週間	4.63±0.37	3.86±0.19	1.60±0.09	10.09±0.62
赤色蛍光灯全期間	4.10±0.23	3.99±0.20	1.98±0.24	10.00±0.60
対 照 区	3.56±0.34	2.90±0.21	1.31±0.13	7.77±0.67

#### b. 赤道部

果糖については前4・後2週間区が極端に含量が多く、次いで赤色蛍光灯区で、後期6週間区と後期2週間区は対照区よりも少なかった。

ブドウ糖は赤色蛍光灯区が最も多く、次いで前期4週間区と前4・後2週間区で、他の処理区はやや少ない傾向がみられた。

ショ糖については水銀灯全期間区および後期6週間区で含量が多く、前期4週間区と前期8週間区で少なかった。

全糖については前4・後2週間区と赤色蛍光灯区で多く、前期4週間区、前期8週間区と後期2週間区で少なく、後期2週間区は処理区の中で最も少なかった。

第2表 光照射が果皮赤道部の糖組成におよぼす影響

処 理 区	果 糖 (%)	ブドウ糖 (%)	ショ糖 (%)	全 糖 (%)
水銀灯前期4週間	4.16±0.39	3.83±0.31	1.29±0.11	9.29±0.82
水銀灯前期8週間	4.21±0.44	3.69±0.21	1.49±0.17	9.39±0.81
水銀灯全期間	4.23±0.22	3.54±0.11	2.09±0.08	9.87±0.39
水銀灯後期6週間	4.03±0.17	3.63±0.17	2.10±0.15	9.86±0.59
水銀灯後期2週間	3.96±0.32	3.56±0.25	1.61±0.07	9.01±0.64
水銀灯前4・後2週間	4.68±0.27	3.84±0.24	1.67±0.11	10.19±0.63
赤色蛍光灯全期間	4.44±0.34	4.03±0.29	1.65±0.18	10.13±0.81
対 照 区	4.05±0.15	3.09±0.09	1.44±0.04	8.58±0.27

### c. 果柄部

果糖については赤色蛍光灯区が最も含量多く、前期4週間区と水銀灯全期間区が少なかった。

ブドウ糖については前期4週間区、後期2週間区と赤色蛍光灯区で多く、前期8週間区と前4・後2週間区が極端に少なかった。

ショ糖については水銀灯全期間区と後期6週間区で多く、前期4週間区で最も少なく、他の区はあまり変わらなかった。

全糖については赤色蛍光灯区が最も含量が多く、次いで、後期2週間区、後期6週間区、水銀灯全期間区の順であった。含量の少ないのは前期4週間区、前期8週間区と前4・後2週間区で、とくに、前4・後2週間区は少なかった。

以上、全般に、どの部位においても水銀灯全期間区および後期6週間区で特にショ糖の含量が多くなった。また、各部位別での光照射の影響度は直接に光が当たった果柄部よりも、光の当たらない反対側の果頂部において、果皮の全糖含量の増加比率が大きかった。全期間光照射の処理を行なった場合には赤色蛍光灯よりも水銀灯でショ糖の含量が多くなり、反対に、ブドウ糖と果糖は少なくなる傾向がみられた。また、前期と後期では後期の照射効果が高く、照射時間は長い程効果が高かった。

第3表 光照射が果皮果柄部の糖組成におよぼす影響

処 理 区	果 糖 (%)	ブドウ糖 (%)	ショ糖 (%)	全 糖 (%)
水銀灯前期4週間	3.88±0.22	3.85±0.16	1.22±0.04	8.95±0.41
水銀灯前期8週間	4.15±0.33	3.20±0.35	1.59±0.14	8.94±0.82
水銀灯全期間	3.97±0.15	3.64±0.18	1.94±0.14	9.55±0.47
水銀灯後期6週間	4.10±0.14	3.58±0.13	1.99±0.11	9.67±0.38
水銀灯後期2週間	4.17±0.29	3.83±0.25	1.77±0.09	9.77±0.62
水銀灯前4・後2週間	4.15±0.34	3.21±0.22	1.61±0.09	8.77±0.64
赤色蛍光灯全期間	4.33±0.23	3.80±0.15	1.75±0.16	9.88±0.55
対 照 区	3.94±0.18	3.29±0.19	1.38±0.11	8.60±0.48

## B. 果汁

果糖については赤色蛍光灯区が最も多く、そして、反対に、前期 8 週間区と後期 2 週間区は少なかった。しかし、他の処理区はあまり差がなかった。

ブドウ等については前期 4 週間区、後期 6 週間区、前 4・後 2 週間区と赤色蛍光灯区の含量が多く、とくに、赤色蛍光灯区で多く、前期 8 週間区と水銀灯全期間区は少なかった。

ショ糖は水銀灯全期間区と後期 6 週間区と赤色蛍光灯区で多く、前期 4 週間区は極端に少なかった。全糖については赤色蛍光灯区で多く、次いで、水銀灯全期間区と後期 6 週間区で、前期 8 週間区は極端に少なかった。

一般に、果汁では光処理によるショ糖の増加が前期処理区よりも後期処理区で大きく、それも後期に 6 週間処理した区など、長い期間にわたって処理した区のショ糖含量が多かった。

第 4 表 光照射が果汁の糖組成におよぼす影響

処 理 区	果 糖 (%)	ブドウ糖 (%)	ショ糖 (%)	全 糖 (%)
水銀灯前期 4 週間	1.52±0.09	1.40±0.05	2.82±0.08	5.75±0.22
水銀灯前期 8 週間	1.37±0.07	1.30±0.07	3.48±0.12	6.16±0.22
水銀灯全期間	1.55±0.11	1.29±0.09	3.88±0.18	6.72±0.30
水銀灯後期 6 週間	1.57±0.12	1.43±0.10	3.78±0.12	6.78±0.36
水銀灯後期 2 週間	1.40±0.10	1.34±0.07	3.27±0.15	6.02±0.22
水銀灯前 4・後 2 週間	1.61±0.09	1.46±0.10	3.24±0.16	6.31±0.41
赤色蛍光灯全期間	1.91±0.11	1.52±0.09	3.72±0.15	7.15±0.38
対 照 区	1.28±0.05	1.22±0.08	2.75±0.24	5.79±0.52

## 2. 果皮着色

果頂部の着色は水銀灯全期間区、赤色蛍光灯区など全期間にわたって照射した区の a/b 値が高かった。次いで、前期 8 週間区、後期 6 週間区と前 4・後 2 週間区であり、前期 4 週間区と後期 2 週間区が最も低かった。それらの傾向として、a/b 値は照射時間の長いほど高かった。また、赤道部と果柄部も果頂部と同様の傾向であった。ただ、部位別では照射が果頂部を中心に行なわれたにもかかわらず果柄部よりも果頂部において高かった。

第 5 表 光照射が果頂部の果皮色 (a/b 値) におよぼす影響

処 理 区	月 日		
	1/23	2/20	3/6
水銀灯前期 4 週間	1.65 <sup>a</sup>	1.64 <sup>b</sup>	1.57 <sup>c</sup>
水銀灯前期 8 週間	1.67 <sup>a</sup>	1.84 <sup>a</sup>	1.69 <sup>b</sup>
水銀灯全期間	1.65 <sup>a</sup>	1.88 <sup>a</sup>	1.86 <sup>a</sup>
水銀灯後期 6 週間	1.27 <sup>b</sup>	1.62 <sup>b</sup>	1.68 <sup>b</sup>
水銀灯後期 2 週間	1.28 <sup>b</sup>	1.48 <sup>c</sup>	1.57 <sup>c</sup>
水銀灯前 4・後 2 週間	1.69 <sup>a</sup>	1.61 <sup>b</sup>	1.69 <sup>b</sup>
赤色蛍光灯全期間	1.71 <sup>a</sup>	1.84 <sup>a</sup>	1.85 <sup>a</sup>
対 照 区	1.30 <sup>b</sup>	1.47 <sup>c</sup>	1.59 <sup>c</sup>

ダンカンの多重範囲検定 (5%)

第6表 光照射が赤道部の果皮色 (a/b値) におよぼす影響

処 理 区	月 日		
	1/23	2/20	3/6
水銀灯前期4週間	1.46 <sup>a</sup>	1.42 <sup>b</sup>	1.44 <sup>b</sup>
水銀灯前期8週間	1.46 <sup>a</sup>	1.62 <sup>a</sup>	1.57 <sup>c</sup>
水銀灯全期間	1.50 <sup>a</sup>	1.64 <sup>a</sup>	1.73 <sup>a</sup>
水銀灯後期6週間	1.24 <sup>b</sup>	1.44 <sup>b</sup>	1.59 <sup>c</sup>
水銀灯後期2週間	1.25 <sup>b</sup>	1.38 <sup>c</sup>	1.45 <sup>d</sup>
水銀灯前4・後2週間	1.45 <sup>a</sup>	1.45 <sup>c</sup>	1.58 <sup>c</sup>
赤色蛍光灯全期間	1.51 <sup>a</sup>	1.61 <sup>a</sup>	1.66 <sup>b</sup>
対 照 区	1.25 <sup>b</sup>	1.35 <sup>c</sup>	1.43 <sup>d</sup>

ダンカンの多重範囲検定 (5%)

第7表 光照射が果柄部の果皮色 (a/b値) におよぼす影響

処 理 区	月 日		
	1/23	2/20	3/6
水銀灯前期4週間	1.45 <sup>a</sup>	1.54 <sup>b</sup>	1.52 <sup>d</sup>
水銀灯前期8週間	1.45 <sup>a</sup>	1.64 <sup>a</sup>	1.61 <sup>c</sup>
水銀灯全期間	1.50 <sup>a</sup>	1.68 <sup>a</sup>	1.79 <sup>a</sup>
水銀灯後期6週間	1.23 <sup>b</sup>	1.54 <sup>b</sup>	1.59 <sup>c</sup>
水銀灯後期2週間	1.22 <sup>b</sup>	1.40 <sup>c</sup>	1.51 <sup>d</sup>
水銀灯前4・後2週間	1.46 <sup>a</sup>	1.41 <sup>c</sup>	1.58 <sup>c</sup>
赤色蛍光灯全期間	1.49 <sup>a</sup>	1.63 <sup>a</sup>	1.69 <sup>b</sup>
対 照 区	1.24 <sup>b</sup>	1.42 <sup>c</sup>	1.47 <sup>d</sup>

ダンカンの多重範囲検定 (5%)

## 考 察

果実の成熟と果皮の糖組成および含量の変化については倉岡ら<sup>1)</sup>がウンシュウミカンで調査しており、成熟に伴って全糖や還元糖は増加し、非還元糖は増加後やや減少するという。また、富永ら<sup>2)</sup>は貯蔵中の糖組成の動きを調査している。今回の調査は生育期でなく貯蔵中であるが、光を直接照射した果柄部よりも、光の当たりにくい果頂部で、果糖の含量は対照区に比べて差が大きく多かった。このことは、果柄部に比べて果頂部で成熟度が進んでいる関係で、糖含量の増加が大きかったものと考えられる。さらに、貯蔵期間が長くなるに従って、他の部位も熟度が進んで糖含量が増加したものと考えられる。

果皮中の糖含量と着色の関係については内田<sup>3)</sup>、高木ら<sup>4, 5)</sup>によって報告されており、果皮着色には果皮中の糖含量の増加が必要であり、今回のわれわれの実験からも、光照射による着色は糖の増加に伴って引き起こされることが明らかとなった。それには、短期よりも長期の照射で、さらに、果皮がある程度成熟段階に達しかけた頃が良いようである。果実の部位別でも果頂部において糖の増加が大きく、着色が良好なことは前述の理由による。果実への光の透過を調査した新居ら<sup>6)</sup>の成績によると、果実内への透過は赤色光と赤外光が予想以上に多い。また、今回の実験で全期間の照射処理において果汁の糖含量が多く、後期の照射処理の場合でも、照射時間の長い方が良い結果を生じることと併せて考えれば、果皮のみならず、果汁への影響も赤色域の光が好影響をおよぼすものと考えられ

る。ただ、今までの調査では光による影響が果皮に大きく現われるのに対して、果汁への影響が少なかったことは短期間の照射であることと、もう一つは果汁での光の影響は主としてショ糖であり、果汁のショ糖は量的に多く、影響されにくかったものと考えられる。一般に、貯蔵中の果汁の糖は呼吸などにより含量が減少する。このことから、重量減による糖の濃縮増や呼吸による減少を考慮に入れた上で、貯蔵技術の巧拙が糖含量に差を生じるものと考えられる。

以上のことから、適度の貯蔵環境条件に保たれた果実は、果実の呼吸や生理活性を適度に保つことによって、糖含量の減少を極力少なくすることができ、さらに、果皮着色を高めることにより、品質が優良な果実の貯蔵も可能と思われる。その意味において、貯蔵果実の品質向上には光照射が優れた貯蔵技術の一つとして考えられる。

## 摘 要

貯蔵中の宮内イヨ果実に照射時期および照射期間を変えて、赤色域の光を照射した。その結果、果皮中の糖が増加し、とくに、果頂部における果糖とブドウ糖の増加が大きかった。果汁では処理によってショ糖の増加が大きかった。また、着色については照射期間が長い程効果が高かった。全般に、赤色域の光処理は処理が貯蔵後期で処理期間が長い程、糖含量の増加および着色の増進に効果が高かった。

以上のことから、宮内イヨの貯蔵中の着色増進に赤色域の光を利用することが可能である。

## 引用文献

- 1) 倉岡唯行・岩崎一男・日野 昭・金子陽一・辻 博美 (1976) 温州ミカンの浮皮に関する研究 (第4報) 果皮内糖組成の季節的变化について. 園学雑 44(4): 375-380.
- 2) 富永茂人・森永邦久・小野祐幸・大東 宏 (1979) 中晩生カンキツの品質に関する研究 (第7報) イヨカンとネーブルオレンジ果実品質の貯蔵中の変化. 園芸学会昭和54年度春季大会発表要旨 370-371.
- 3) 内田 誠 (1991) カンキツの着色と果皮中成分との関係. 園学雑 60(別1): 656.
- 4) 高木敏彦・鈴木鉄男・増田幸直 (1986) ウンシュウミカン果実のクロロフィルの消失と果皮内成分の関係. 園芸学会昭和61年春季大会発表要旨 36-37.
- 5) 高木敏彦・西川幸広・大西智子・鈴木鉄男 (1988) ウンシュウミカン果皮中の糖、N含量と着色の関係について. 園芸学会昭和63年度秋季大会発表要旨 26-27.
- 6) 新居直祐・岩尾憲三 (1990) 果実内の光環境に関する研究 (第1報) 数種の果実内への透過光のスペクトル分析 園学雑 59(別1): 144-145.

## Summary

Using Miyauchi iyo (*Citrus iyo* hort. ex Tanaka) tangor fruit after harvest, we examined the effects of time and duration of red light exposure on skin color development and sugar content in peel and juice. The treatment enhanced rind coloration along with increase in the level of sugar, especially fructose and glucose in the peel at stylar end of fruit. Increase in the sugar content, especially sucrose, was also found in the juice. The longer the duration of exposure, the greater the color development. As a whole, it seemed that fruit responded more greatly to red light during later periods of storage than earlier treatments. Our present results suggest the

potential use of red light to enhance skin color development of Miyauchi iyo tangor fruit after harvest.