

## Studi Akumulasi Pigmen $\beta$ -Cryptoxanthin untuk Membentuk Warna Jingga Buah Jeruk di Daerah Tropika

### *Study on the Accumulation of $\beta$ -Cryptoxanthin Pigment to Induce Orange Color on Citrus Fruits in the Tropic*

Inanpi Hidayati Sumiasih<sup>1,3\*</sup>, Taruna Shafa Arzam<sup>1</sup>, Roedhy Poerwanto<sup>2</sup>, Darda Efendi<sup>2,4</sup>, Andria Augusta<sup>5</sup>, dan Sri Yuliani<sup>6</sup>

Diterima 25 Oktober 2017/Disetujui 14 Maret 2018

#### ABSTRACT

*Degreening is a transformation process on peel which enables it to change color from green to orange on citrus fruits. The orange color of the peel comes from the mixture of carotenoid pigments, such as  $\beta$ -cryptoxanthin and  $\beta$ -citraurin. The pigments contributed in the formation of  $\beta$ -citraurin are  $\beta$ -cryptoxanthin and zeaxanthin. The objectives of this study were (1) to obtain proper degreening temperature in the orange color formation of several citrus varieties, and (2) to identify and determine pigments of  $\beta$ -cryptoxanthin pigment and total chlorophyll content in citrus peel after degreening. This study was conducted at PKHT IPB and LIPI Cibinong from July 2013 to December 2013, and from February 2016 to May 2017. About 100 ppm of ethylene gas was injected into a citrus-containing box using 5 ml syringe, then the box was placed in cool storage at 15 °C, 20 °C and room temperature, for 72 hours. The results showed that the best colors of Keprok Selayar and Keprok Tejakula were obtained by the degreening at 15 °C, in Siam Kintamani it was obtained by degreening at 20 °C. Degreening significantly reduced the total chlorophyll content, and increased  $\beta$ -cryptoxanthin content. The content of  $\beta$ -cryptoxanthin after degreening was 3 folds higher on highland Citrus reticulata than lowland citrus.*

*Keywords: citrus color index, chlorophyll, degreening, ethylene, tropical citrus*

#### ABSTRAK

*Degreening adalah proses perombakan warna hijau pada kulit jeruk diikuti dengan proses pembentukan warna jingga. Warna jingga adalah campuran antara  $\beta$ -cryptoxanthin dengan  $\beta$ -citraurin. Pigmen yang berkontribusi dalam pembentukan  $\beta$ -citraurin adalah  $\beta$ -cryptoxanthin dan zeaxanthin. Tujuan penelitian ini ialah (1) Mendapatkan suhu *degreening* yang tepat dalam pembentukan warna jingga pada beberapa varietas jeruk, (2) Identifikasi dan penentuan kadar pigmen  $\beta$ -cryptoxanthin dan kandungan total klorofil pada kulit jeruk setelah *degreening*. Penelitian ini dilakukan di PKHT IPB dan LIPI Cibinong pada bulan Juli 2013 sampai Desember 2013, dan bulan Februari 2016 sampai Mei 2017. *Degreening* dilakukan dengan menginjeksikan gas etilen konsentrasi 100 ppm ke dalam wadah tertutup yang berisi jeruk menggunakan syringe 5 ml, kemudian disimpan pada suhu 15 °C, 20 °C dan suhu ruang, selama 72 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa warna terbaik jeruk Keprok Selayar dan Tejakula diperoleh dengan *degreening* pada suhu 15 °C, Siam Kintamani diperoleh dengan *degreening* pada suhu 20 °C. *Degreening* dapat menurunkan kandungan total klorofil secara tajam, dan terbukti meningkatkan kandungan pigmen  $\beta$ -cryptoxanthin. Kandungan pigmen  $\beta$ -cryptoxanthin setelah *degreening* 3 kali lebih tinggi pada jeruk keprok dataran tinggi dibandingkan dengan dataran rendah.*

*Kata kunci: citrus color index, degreening, etilen, jeruk tropika, klorofil*

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Agronomi dan Hortikultura, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor  
Jl. Meranti Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680 dan

<sup>2</sup>Departemen Agronomi dan Hortikultura, Institut Pertanian Bogor, Jl. Meranti Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

<sup>3</sup>Universitas Trilogi, d/h STEKPI Jl. TMP Kalibata No. 1, Jakarta 12760

<sup>4</sup>Pusat Kajian Hortikultura Tropika, Institut Pertanian Bogor, Jl. Raya Pajajaran, Kampus IPB Baranangsiang, Bogor 16144

<sup>5</sup>Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Cibinong Science Center, Jl. Raya Jakarta-Bogor Km.46 Cibinong - Bogor 16911

<sup>6</sup>Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian (BBP)

Jl. Tentara Pelajar No. 12 Kampus Penelitian Pertanian Cimanggu Bogor 16111

E-mail: [inanpihs@trilogi.ac.id](mailto:inanpihs@trilogi.ac.id) (\*Penulis korespondensi)

## PENDAHULUAN

Jeruk merupakan produk hortikultura yang mempunyai potensi pengembangan yang besar di Indonesia. Buah jeruk mengandung karotenoid yang paling kompleks karena kaya akan pigmen seperti lycopene,  $\beta$ -cryptoxanthin,  $\beta$ -citraurin, dan zeaxanthin. Jeruk juga mengandung potassium, bioflavonoid, asam folat, vitamin C dan fitonutrient lain yang bermanfaat untuk kesehatan manusia (Kato *et al.*, 2006).

Permintaan buah jeruk semakin meningkat, seiring dengan meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap nilai gizi. Peningkatan ini menyebabkan Indonesia mengimpor jeruk segar dalam jumlah yang besar. Peningkatan permintaan konsumen buah jeruk impor diantaranya disebabkan karena ketertarikan konsumen terhadap penampilan dan cita rasa buah jeruk yang berwarna jingga. Di sisi lain, ketersediaan jeruk keprok Indonesia yang berwarna kuning-jingga sedikit dan tidak kontinyu, ikut menyebabkan tingginya impor buah jeruk (Arzam *et al.*, 2015). Berdasarkan Deptan (2015), Indonesia mengimpor jeruk sebesar 24 937 ton di tahun 2010 dan melonjak mencapai 147 255 ton pada tahun 2014.

Penelitian Shanti (2007) dan Nafisah (2013) menunjukkan bahwa sebanyak 85 persen responden di Bogor memilih untuk membeli jeruk impor, sedangkan 15 persen responden memilih untuk membeli jeruk lokal. Hal tersebut disebabkan penampilan buah jeruk lokal kurang menarik dibandingkan dengan buah jeruk impor. Jeruk lokal Indonesia perlu dikembangkan untuk meningkatkan kualitas warna buah jeruk menjadi lebih menarik.

Peningkatan kuantitas dan kualitas buah jeruk perlu dilakukan guna memenuhi permintaan pasar. Salah satu cara untuk memenuhi permintaan konsumen sesuai selera yaitu dengan pembentukan warna jingga pada buah jeruk, sehingga perlu dilakukan perlakuan *degreening* dengan etilen segera setelah panen. Etilen terbukti berperan dalam mengurangi kandungan klorofil dalam kulit buah hingga menyebabkan terjadinya perubahan warna pada kulit jeruk dari hijau ke jingga. Perlakuan pemberian etilen pada pascapanen buah jeruk merupakan perlakuan *degreening* untuk menurunkan kandungan klorofil pada kulit buah (Karthik *et al.*, 2010). Durasi pemaparan etilen yang dianjurkan untuk menghindari

munculnya perubahan internal buah adalah tidak melebihi 72-96 jam (Martinez-Javega *et al.*, 2008)

*Degreening* adalah proses perombakan warna hijau pada kulit jeruk diikuti dengan proses pembentukan warna jingga. *Degreening* yang dilakukan di Indonesia selama ini tidak berhasil membentuk warna jingga, tetapi kuning. Jeruk berwarna kuning tidak disukai konsumen karena dianggap sudah hampir busuk. Warna kuning pada kulit jeruk terbentuk oleh  $\beta$ -cryptoxanthin (Kato *et al.*, 2006; Fanciullino *et al.*, 2008; Zhou *et al.*, 2010), warna jingga adalah campuran antara  $\beta$ -cryptoxanthin dengan  $\beta$ -citraurin pada karotenoid, sedangkan pigmen yang berkontribusi dalam pembentukan  $\beta$ -citraurin adalah  $\beta$ -cryptoxanthin dan zeaxanthin (Ma *et al.*, 2013; Rodrigo *et al.*, 2013).

Penelitian tentang pembentukan pigmen pada kulit jeruk di Indonesia belum pernah dilakukan. Namun berdasarkan literatur di atas, kegagalan *degreening* di daerah tropika membentuk warna jingga karena  $\beta$ -citraurin hanya terbentuk pada suhu rendah. Oleh karena itu dikembangkan teknologi *degreening* yang mampu menjadikan jeruk tropika berwarna jingga, dan mengidentifikasi  $\beta$ -cryptoxanthin pada karotenoid sebagai pembentuk warna jingga. Tujuan penelitian ini ialah (1) Mendapatkan suhu *degreening* yang tepat dalam pembentukan warna jingga pada beberapa varietas jeruk dengan elevasi lahan yang berbeda, dan (2) Identifikasi pigmen  $\beta$ -cryptoxanthin dan kandungan total klorofil pada kulit jeruk setelah *degreening*.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di PKHT IPB dan Pusat Penelitian Biologi-LIPI Cibinong. Penelitian berlangsung pada bulan Juli 2013 sampai Desember 2013, dan pada bulan Februari 2016 sampai Mei 2017.

Rancangan percobaan yang digunakan ialah Rancangan Acak Kelompok Faktorial. Perlakuan terdiri atas 2 faktor yaitu varietas jeruk dan suhu *degreening*. Faktor varietas jeruk terdiri atas Keprok Selayar, Keprok Tejakula, dan Siam Kintamani. Faktor suhu terdiri atas 15<sup>o</sup>C, 20<sup>o</sup>C dan suhu ruang ( $\pm$  30<sup>o</sup>C). Total kombinasi perlakuan adalah 9 dan diulang tiga kali, sehingga terdapat 27 satuan percobaan.

Bahan yang digunakan ialah jeruk dataran rendah pada ketinggian 50 meter di atas permukaan laut (m dpl) (Keprak Tejakula) yang dipanen dari Kabupaten Singaraja dan jeruk dataran tinggi pada ketinggian ± 1200 m dpl (Keprak Selayar dan Siem Kintamani) yang dari Kabupaten Bangli, gas etilen konsentrasi 100 ppm, suhu 15 °C, 20 °C dan ± 30 °C.

Peubah yang diamati antara lain: Padatan terlarut total (PTT). Jus buah dari buah sampel diambil dari setiap perlakuan dan diukur PTT dengan menggunakan *hand refraktometer*. Pengukuran dilakukan dengan cara memberikan setetes cairan buah pada lensa pembaca *hand refraktometer*. Setiap melakukan pengukuran, lensanya dibersihkan dahulu dengan akuades

dan tisu. Angka yang muncul pada layar merupakan PTT dalam buah jeruk.

Total Asam Tertitrasi. Kandungan asam diukur dengan menghitung persen asam tertitrasi. Jus buah ditimbang sebanyak 25 g dimasukkan ke dalam labu ukur serta ditambahkan aquades hingga 100 ml, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer sebanyak 25 ml untuk dua kali ulangan. Setelah itu, filtrat disaring menggunakan saringan glasswol. Filtrat buah sebanyak 25 ml dititrasi dengan metode titrasi basa dengan NaOH 0,1 N dan indikator phenolptialin (tiga tetes). Titrasi dilakukan sampai filtrat berwarna merah muda stabil. Kandungan asam tertitrasi dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Asam} \left( \frac{\text{mg}}{100 \text{ gram}} \right) = \frac{(\text{mL NaOH} \times \text{N NaOH} \times \text{fp} \times 64)}{\text{bobot bahan (mg)}} \times 100\%$$

Keterangan: ml NaOH = Volume NaOH yang terpakai pada titrasi; N NaOH = Volume NaOH yang terpakai pada titrasi; Fp = faktor pengencer (100/25); 64 = faktor asam dominan; mg sampel = 25.000 mg.

Nilai *hue* dan *Citrus Color Indeks* (CCI). Perubahan kualitas warna kulit buah jeruk diukur dengan Minolta Color Reader tipe 310. Alat ini mempunyai sistem notasi warna hunter (sistem warna L, a, dan b). Hasil pengukuran dinyatakan dalam *Citrus Color Index* (CCI) dan derajat *hue*. Sistem notasi warna Hunter dicirikan dengan 3 parameter warna, yaitu notasi L menyatakan parameter kecerahan (*lightness*), notasi a menyatakan warna kromatik campuran merah-hijau, sedangkan notasi b menyatakan warna kromatik campuran biru-kuning (Andarwulan *et al.*, 2011). Hasil pengukuran nilai a dan b dikonversikan ke dalam satuan kromatik derajat *hue* (*°hue*). Nilai *°hue* mendeskripsikan warna murni yang menunjukkan warna dominan dalam campuran beberapa warna. Berdasarkan Manera *et al.* (2012), nilai *°hue* digunakan persamaan sebagai berikut:  $^{\circ}\text{hue} = \tan^{-1} \left( \frac{b}{a} \right)$

Nilai *Citrus Color Indeks* (CCI) merupakan formula yang banyak dipergunakan untuk melihat kualitas warna kulit buah jeruk.

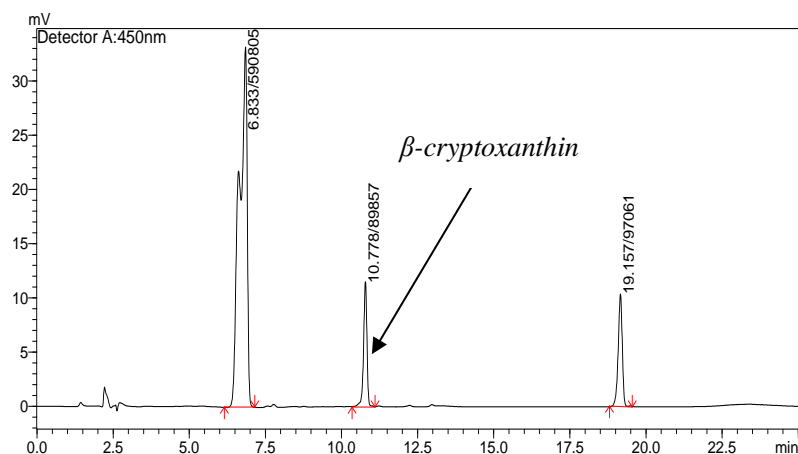
Menurut Jimenez-Cueata *et al.* (1981) bahwa nilai CCI digunakan persamaan sebagai berikut:  $\text{CCI} = \frac{1000.a}{L.b}$ . Indeks warna jeruk (CCI) digunakan kisaran sebagai berikut:  $\text{CCI} \leq -5$  (hijau gelap),  $-5 < \text{CCI} \leq 0$  (hijau),  $0 < \text{CCI} \leq 3$  (hijau kekuningan),  $3 < \text{CCI} \leq 6$  (kuning kehijauan),  $6 < \text{CCI} \leq 8$  (jingga kekuningan),  $8 < \text{CCI} \leq 10$  (jingga), dan  $\text{CCI} > 10$  (jingga gelap).

Kandungan total klorofil diukur menggunakan metode spektrofotometri. Kulit jeruk ditimbang sebesar 0.5 gram untuk digerus dan diekstraksi dengan acetris sebanyak 2 mL, kemudian dimasukkan ke *microtube* dan disentrifuge selama 10 detik. Filtrat hasil sentrifuge dimasukkan dalam tabung reaksi sebanyak 1 mL, ditambahkan 3 mL acetris, lalu ditempatkan dalam cuvet untuk diukur menggunakan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 537, 647, dan 663 nm. Menurut Sims dan Gamon (2002), setelah memperoleh nilai absorbansi, kandungan total klorofil dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Chl}_a = 0.01373 * A_{663} - 0.000897 * A_{537} - 0.003046 * A_{647}$$

$$\text{Chl}_b = 0.02405 * A_{647} - 0.004305 * A_{537} - 0.005507 * A_{663}$$

$$\text{Total Klorofil} = \text{Chl}_a + \text{Chl}_b$$



Gambar 1. Gambar kurva standar pigmen  $\beta$ -cryptoxanthin

Ekstraksi karotenoid dilakukan dengan memisahkan kulit buah jeruk dari bagian daging buah jeruk, kemudian didinginkan dengan cairan nitrogen di dalam tabung dewar sampai digunakan. Identifikasi karotenoid dilakukan dengan metode yang dijelaskan oleh Kato *et al.* (2004). Pigmen diekstrak dari sampel dengan larutan heksana; aseton: ethanol (2:1:1, v/v) yang mengandung 0.1% (w/v) 2.6 di tert butyl 4 methylphenol dan 10% (w/v) magnesium karbonat. Setelah pelarut organik menguap secara keseluruhan, ekstrak yang mengandung karotenoid yang diesterifikasi ke asam lemak, disaforifikasi dengan 20% (w/v) methanolic KOH. Ekstrak yang larut dalam air dihilangkan dengan NaCl jenuh. Pigmen dipartisi pada fase dhietyl ether dan diuapkan menjadi kering.

Analisis  $\beta$ -cryptoxanthin dan zeaxanthin diukur dengan melarutkan kembali residu karotenoid ke dalam larutan methyl tert butyl ether: methanol (4:6, v/v). Sebuah aliquot (30  $\mu$ L) dipisahkan dengan system fase terbalik HPLC, pada tingkat aliran 1 mL min<sup>-1</sup>. Standar dari  $\beta$ -cryptoxanthin disiapkan berdasarkan metode yang dideskripsikan dengan berat segar (fresh weight) mikrogram per gram (menyiapkan kalibrasi dari standar). Kuantifikasi  $\beta$ -cryptoxanthin, zeaxanthin dan  $\beta$ -carotene dilakukan dalam 3 ulangan. Standar pigmen (Gambar 1), dan persamaan linear  $y = 41433x + 101291$ ,  $R^2 = 0.9997$ .

Data hasil pengamatan diuji dengan sidik ragam pada taraf  $\alpha = 5\%$  menggunakan program SAS (*Statistical Analysis System*), yang diuji lanjut dengan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf  $\alpha = 5\%$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh Suhu *Degreening* terhadap Beberapa Varietas Jeruk pada Nilai *Citrus Color Indeks* (CCI)

Peningkatan nilai CCI menunjukkan bahwa terjadi perubahan warna dari hijau menjadi jingga. Suhu *degreening* berpengaruh terhadap nilai CCI pada jeruk Keprok Selayar, Keprok Tejakula dan Siam Kintamani ditunjukkan pada Tabel 1. Hasil pengukuran nilai CCI jeruk Keprok Selayar yang diberikan perlakuan *degreening* pada suhu 15 °C dan 20 °C masing-masing sebesar CCI sebesar 7.44 dan 6.18 pada hari ke-4. Hal tersebut memperlihatkan bahwa jeruk Keprok Selayar telah berubah warna menjadi jingga kekuningan, dan berubah menjadi jingga cerah hari ke-8 dengan nilai 8.31 pada suhu *degreening* 15 °C. *Degreening* pada suhu ruang memperlihatkan pembusukan sejak hari ke-4 (Gambar 2).

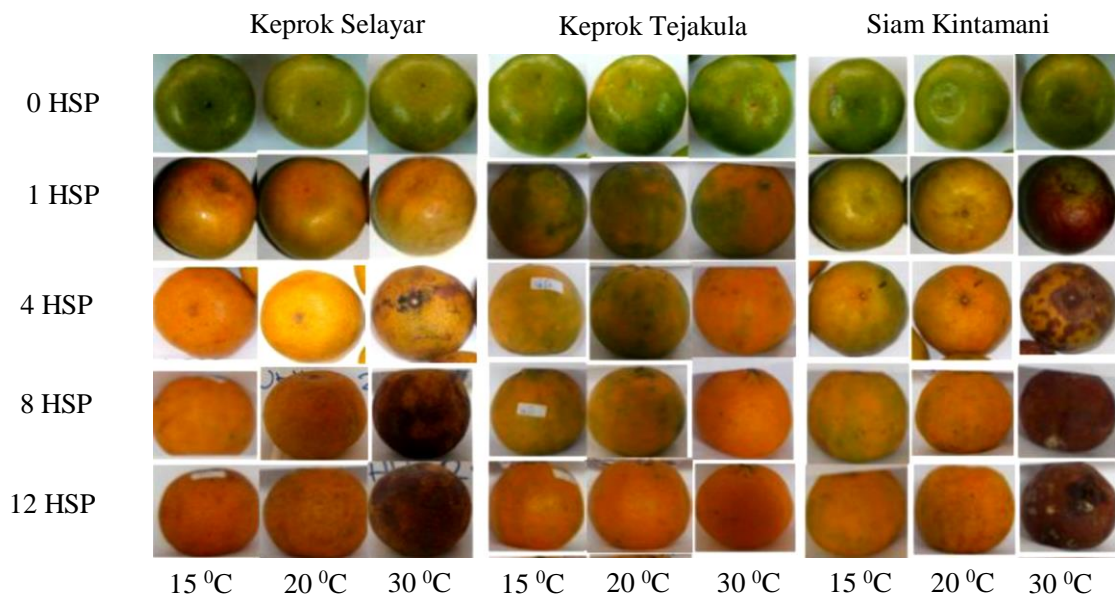
Nilai CCI pada jeruk Keprok Tejakula dengan *degreening* pada suhu 15 °C dan 20 °C masing-masing membentuk warna jingga kekuningan pada hari ke-12, dan suhu ruang pada hari ke-8. Tingkat pembusukan buah menjadi tinggi dengan *degreening* suhu 20 °C dan ruang.

*Degreening* dengan suhu 20 °C pada Siam Kintamani menunjukkan perubahan warna kulit menjadi jingga kekuningan pada hari ke-12 dengan nilai CCI 6.90. *Degreening* pada suhu 30 °C menunjukkan warna kulit yang kecoklatan dan membusuk.

Tabel 1. Perubahan nilai *Citrus Color Index* (CCI) berbagai jenis jeruk pada beberapa suhu *degreening*

Jenis Jeruk	Suhu	Panen 0 HSP	Nilai CCI pada hari setelah perlakuan (HSP) ke-			
			1	4	8	12
Keprak Selayar	Suhu 15 °C	2.14	5.33	7.44 a	8.31 a	9.24 a
	Suhu 20 °C	2.00	4.23	6.18 ab	6.98 b	8.88 a
	Suhu Ruang ( $\pm 30^{\circ}\text{C}$ )	2.57	4.37	-	-	-
Keprak Tejakula	Suhu 15 °C	-0.72	2.20	4.22 b	5.73 b	6.57 b
	Suhu 20 °C	0.12	2.57	5.03 b	5.79 b	6.22 b
	Suhu Ruang ( $\pm 30^{\circ}\text{C}$ )	-0.77	3.22	5.00 b	7.68 a	7.98 a
Siam Kintamani	Suhu 15 °C	-0.52	2.95	4.82 b	5.52 b	6.22 b
	Suhu 20 °C	-0.40	2.96	5.19 b	6.57 b	6.90 b
	Suhu Ruang ( $\pm 30^{\circ}\text{C}$ )	-0.46	-	-	-	-

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan Uji lanjut Duncan pada taraf  $\alpha=5\%$ . (-) adalah buah busuk. CCI= 1000.a/L.b.



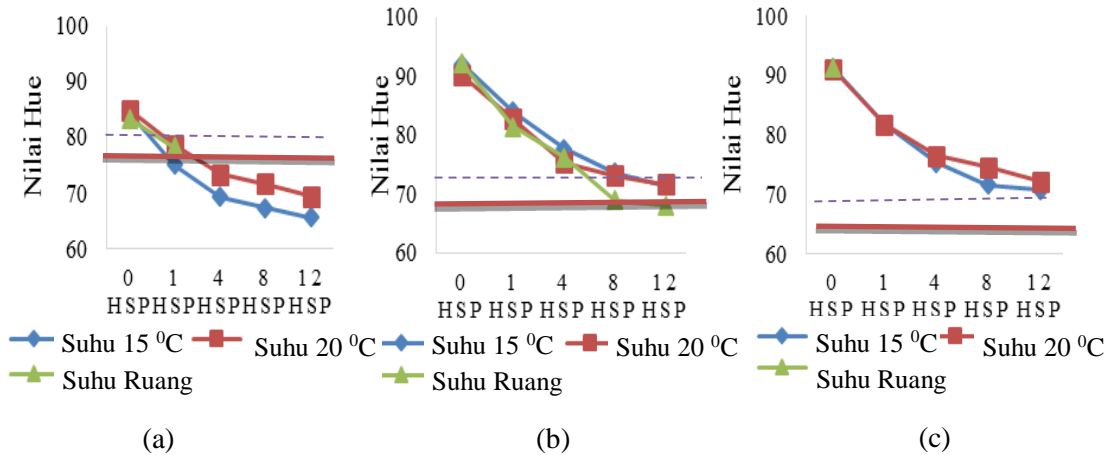
Gambar 2. Perubahan warna kulit buah jeruk Keprak Selayar, Keprak Tejakula dan Siam Kintamani pada 0 HSP (hari setelah perlakuan) sampai dengan 12 HSP.

**Pengaruh *Degreening* terhadap Nilai Hue**

Kulit buah jeruk berwarna jingga ditunjukkan dengan nilai *hue*  $\leq 71.5$ . *hue* ( $^{\circ}\text{hue}$ ) merupakan hasil konversi dari nilai a dan b dan menjadi parameter penting dalam metode pengukuran jeruk. Jeruk Keprak Selayar dengan *degreening* suhu 15 °C menunjukkan penurunan nilai *hue* paling tajam, dengan nilai 69.24 pada hari ke-4. Pada jeruk Siam Kintamani yang diberikan perlakuan *degreening* suhu 15 °C dan 20 °C dapat membentuk warna jingga kekuningan pada hari

ke-16 (69.34) dan hari ke-12 (71.55) ditunjukkan pada Gambar 3.

Jeruk Keprak Selayar dari dataran tinggi yang diberikan perlakuan *degreening* membentuk warna jingga lebih cepat. Hal tersebut sejalan dengan pernyataan Iglesias *et al.* (2007) menyatakan bahwa suhu dingin berperan penting dalam proses perubahan kulit buah jeruk menjadi jingga. Menurut Jomori *et al.* (2010) dan Sdiri *et al.* (2010) suhu selama pertumbuhan buah sangat mempengaruhi perubahan warna kulit buah jeruk.



Gambar 3. Perubahan nilai hue (a) Keprok Selayar, (b) Keprok Tejakula, dan (c) Siam Kintamani pada beberapa suhu *degreening*

### Analisis HPLC $\beta$ -cryptoxanthin dan Penentuan Kadar Klorofil

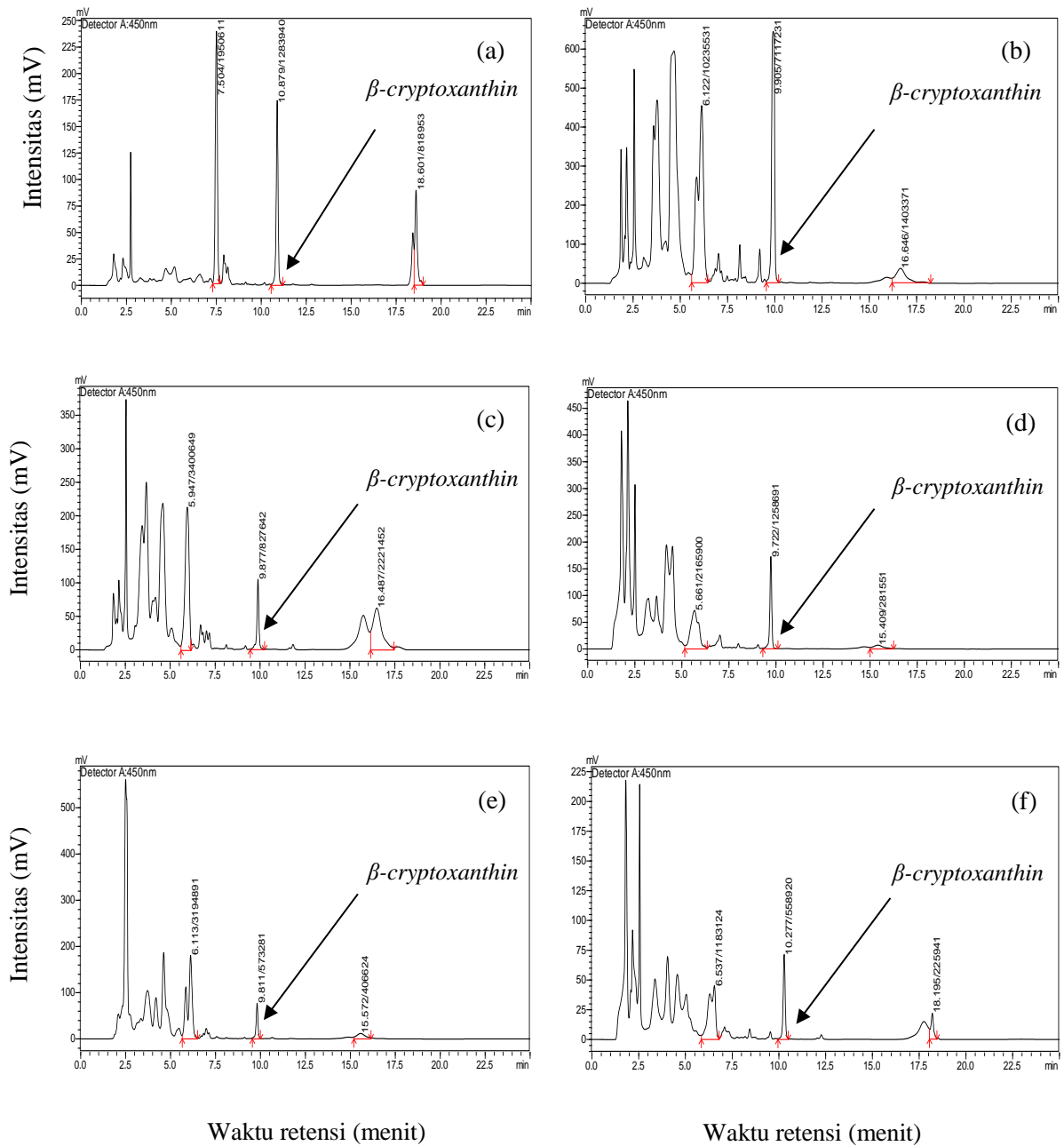
Jeruk Keprok Selayar dan Keprok Tejakula memiliki kandungan  $\beta$ -cryptoxanthin yang berbeda, hal tersebut disebabkan karena kedua varietas jeruk tersebut ditanam pada daerah dengan ketinggian yang berbeda. Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa kandungan  $\beta$ -cryptoxanthin pada semua varietas dengan perlakuan *degreening* lebih besar dibandingkan dengan tanpa *degreening*. Jeruk Keprok Selayar dataran tinggi menunjukkan kandungan  $\beta$ -cryptoxanthin lebih tinggi dibandingkan dengan Keprok Tejakula dan Siam Kintamani.

Perbedaan ketinggian elevasi jeruk selama pertumbuhan juga mempengaruhi kadar  $\beta$ -cryptoxanthin. Pada jeruk dataran tinggi dengan perlakuan *degreening* menunjukkan kadar  $\beta$ -cryptoxanthin tiga kali lipat lebih tinggi dibandingkan jeruk yang ditanam di dataran rendah. Hal tersebut karena di dataran tinggi suhu selama pertumbuhan buah lebih rendah dibandingkan di dataran rendah. Suhu rendah dapat mengaktifkan gen yang dapat mengakumulasi pigmen  $\beta$ -citaurin.  $\beta$ -Citaurin pada tingkat lebih rendah yaitu  $\beta$ -apo-8'-carotenal, menjadi pigmen utama pada jeruk yang memberikan warna kemerahan cerah serta memberikan kontribusi signifikan dalam karakteristik warna jingga cerah pada jeruk (Oberhoslter *et al.*, 2001; Rios *et al.*, 2010; Carmona *et al.*, 2012).

Nilai kandungan  $\beta$ -cryptoxanthin pada kulit jeruk Keprok Selayar hari ke-8 HSP sebesar 37.70 ug g BS<sup>-1</sup> (BS = bobot segar), dan dengan perlakuan *degreening* pada suhu 15 °C sebesar 93.07 ug g BS<sup>-1</sup>. Nilai kandungan  $\beta$ -cryptoxanthin pada kulit jeruk Keprok Tejakula tanpa *degreening* sebesar 17.48 ug g BS<sup>-1</sup>, dan *degreening* suhu 15 °C menunjukkan nilai lebih tinggi yaitu sebesar 34.40 ug g BS<sup>-1</sup>. Hal tersebut terjadi karena peningkatan akumulasi  $\beta$ -cryptoxanthin, dengan peningkatan akumulasi  $\beta$ -citaurin juga mengalami peningkatan karena  $\beta$ -cryptoxanthin adalah salah satu pembentuk  $\beta$ -citaurin.

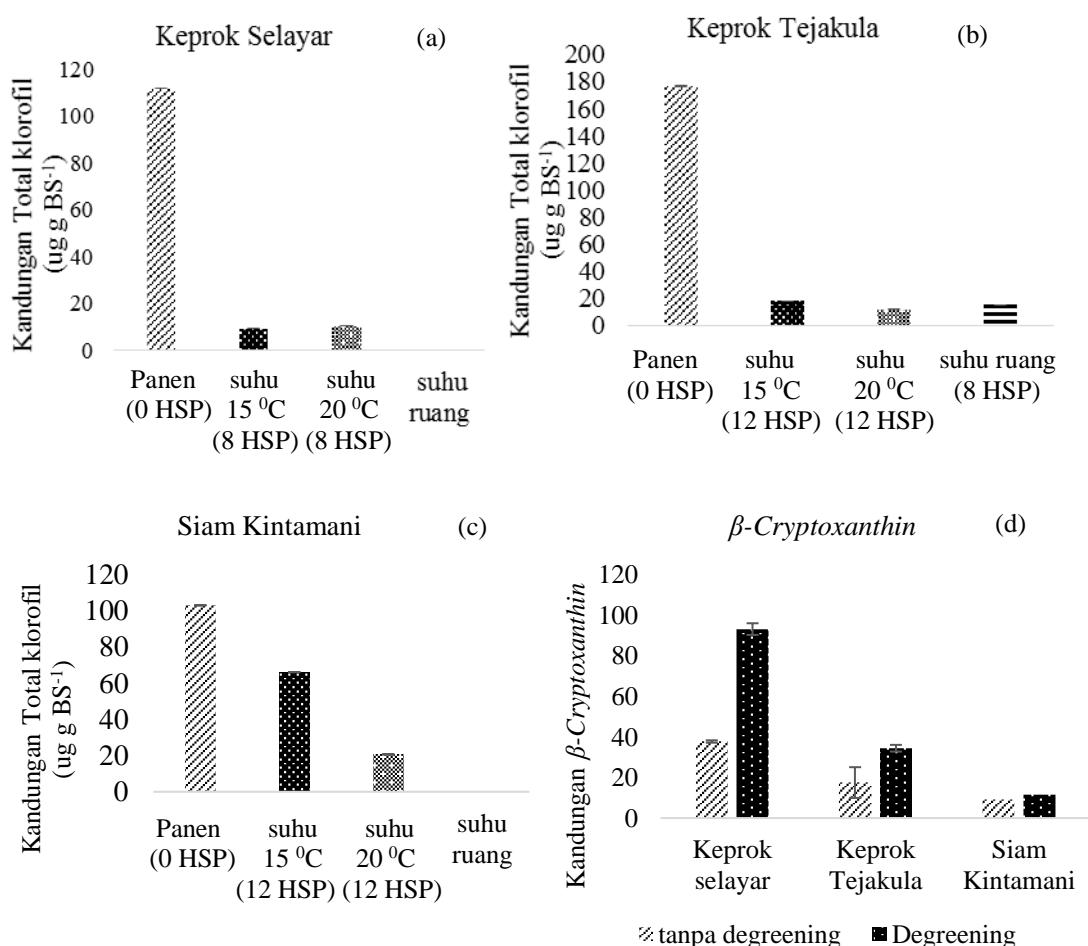
Kandungan total klorofil pada semua jeruk dengan *degreening* mengalami penurunan yang tajam, dan kandungan  $\beta$ -cryptoxanthin lebih tinggi pada semua varietas jeruk dengan *degreening* dibandingkan tanpa *degreening* (Gambar 5).

Pigmen dominan pada kulit buah yang belum masak ataupun telah matang yang berwarna hijau ialah klorofil (Rodrigo *et al.*, 2013). *Degreening* menggunakan etilen digunakan untuk mempercepat perubahan warna pada buah jeruk dari hijau menjadi jingga (Peng *et al.*, 2013). Nilai kandungan total klorofil terendah pada jeruk selayar pada perlakuan *degreening* pada suhu 15 °C, sedangkan jeruk Keprok Tejakula dan Siam Kintamani pada suhu 20 °C.



Gambar 4. Analisis HPLC, identifikasi pigmen  $\beta$ -cryptoxanthin, pada kulit jeruk Keprok Selayar: tanpa *degreening* (8 HSP) (a), Keprok Selayar dengan *degreening* (8 HSP) (b), Keprok Tejakula: tanpa *degreening* (12 HSP) (c), Keprok Tejakula dengan *degreening* (12 HSP) (d), Siam Kintamani; tanpa *degreening* (12 HSP) (e), dan Siam Kintamani dengan *degreening* (12 HSP) (f)





Gambar 5. Perubahan total klorofil (a) Keprok Selayar, (b) Keprok Tejakula, (c) Siam Kintamani, dan kandungan  $\beta$ -cryptoxanthin 15 °C (d) pada beberapa suhu *degreening*.

**Pengaruh *Degreening* terhadap Padatan Terlarut Total (PTT) dan Total Asam Tertitrasi (TAT)**

Ukuran untuk mengetahui tingkat kemanisan buah jeruk dinyatakan dalam kandungan padatan terlarut total (PTT). Berdasarkan jenis jeruk dan perlakuan suhu *degreening* saat pengamatan akhir tidak berpengaruh pada PTT dan total asam tertitrasi (Tabel 2).

Pada akhir penyimpanan yaitu hari ke-12, jeruk keprok tejakula menunjukkan nilai PTT yaitu 8.51 dan pada jeruk keprok selayar yaitu 9.72. Hal tersebut didukung oleh pernyataan Ladaniya (2008), standar kematangan untuk jeruk tropis yang memiliki warna hijau saat panen dengan kriteria masak fisiologis memiliki nilai PTT berkisar antara 9-10.

Penelitian ini menunjukkan bahwa *degreening* tidak merubah kualitas internal

buah jeruk, perbedaan PTT tersebut disebabkan karena berbeda-beda varietas jeruk yang dipakai untuk penelitian, sedangkan suhu *degreening* tidak menyebabkan perbedaan nyata. Jeruk termasuk kedalam buah non klimakterik, tingkat kematangannya tidak dapat dipacu sehingga cara pemanenan buah jeruk harus dalam kondisi matang fisiologis. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Hasimi *et al.* (2016) bahwa *degreening* tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kualitas internal buah jeruk siam Banyuwangi. Menurut Ladaniya (2008) bahwa sifat jeruk yang non-klimakterik tidak memungkinkan terjadi peningkatan pada rasa buah jeruk setelah dipetik dari pohonnya. Hal ini juga didukung oleh penelitian Mayuoni *et al.* (2011), bahwa *degreening* dengan etilen tidak mempengaruhi padatan terlarut total (PTT), vitamin C dan flavonoid total pada buah jeruk sehingga tidak menurunkan kualitas internal buah.



Tabel 2. Pengaruh suhu *degreening* dan varietas jeruk terhadap padatan terlarut total (PTT), total asam tertitiasi (TAT) dan kekerasan buah

Perlakuan	PTT (°brix)		TAT (mg/100 g)	
	8 HSP	12 HSP	8 HSP	12 HSP
Jenis jeruk				
Keprak Selayar	10.55 a	9.72 a	0.53 b	0.56 a
Keprak Tejakula	9.19 b	8.51 b	0.64 a	0.63 a
Siam Kintamani	9.60 b	8.54 b	0.68 a	0.50 a
Suhu <i>degreening</i>				
15 °C	10.07 a	9.32 a	0.67 a	0.54 a
20 °C	9.82 a	8.97 a	0.63 ab	0.57 a
Ruang	9.42 a	8.46 a	0.55 b	0.59 a
Interaksi	tn	tn	tn	tn

Keterangan: Angka rerata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut Duncan pada taraf  $\alpha=5\%$ .

### KESIMPULAN

Warna terbaik jeruk Keprak Selayar dan Tejakula diperoleh dengan *degreening* pada suhu 15 °C, Siam Kintamani diperoleh dengan *degreening* pada suhu 20 °C. *Degreening* dapat menurunkan kandungan total klorofil secara tajam, dan terbukti meningkatkan kandungan pigmen  $\beta$ -cryptoxanthin dalam mempercepat pembentukan warna kulit jeruk keprak menjadi jingga. Kandungan pigmen  $\beta$ -cryptoxanthin setelah *degreening*, 3 kali lebih tinggi pada jeruk keprak dataran tinggi dibandingkan dengan dataran rendah.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada PKHT IPB dan LIPI Cibinong yang telah memfasilitasi penelitian ini dan kementerian riset, teknologi, dan pendidikan tinggi melalui hibah PDD dengan nomor kontrak 0432/K3/KM/2017 dengan judul studi pembentukan pigmen  $\beta$ -citaurine dan  $\beta$ -cryptoxanthin pada buah jeruk dengan *degreening* dan Kementerian Pertanian RI dengan nomor kontrak 714/LB.620/1.1/2/2013 diketuai oleh Prof. Dr. Ir. Roedhy Poerwanto, MSc. yang telah membantu mendanai penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

Andarwulan, N., F. Kusnandar, D. Herawati. 2011. Analisis Pangan. Dian Rakyat. Jakarta.

Arzam, T.S., I.H. Sumiasih, R. Poerwanto, Y.A. Purwanto. 2015. *Precooling* dan konsentrasi etilen dalam *degreening* untuk membentuk warna orange kulit buah jeruk siam. J. Hort. 25(3): 257-265.

Carmona, L., L. Zacarías, M.J. Rodrigo. 2012. Stimulation of coloration and carotenoid biosynthesis during postharvest storage of 'Navelina' orange fruit at 12 °C. *Postharvest Biology and Technology*. 74: 108-117.

[Deptan] Departemen Pertanian. 2015. Outlook Jeruk. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian.

Fanciullino, A.L., M. Cercos, C.D. Mayer, Y. Froelicher, M. Talon. P. Ollitrault, R. Morillon. 2008. Changes in carotenoid content and biosynthesis gene expression in juice sacs of four orange varieties (*Citrus sinensis*) differing fruit color. *J. Agricultural of Food Chemistry*. 54: 4397-4406.

Hasimi, N.R., R. Poerwanto, K. Suketi. 2016. *Degreening* buah jeruk siam (*Citrus nobilis*) pada beberapa konsentrasi dan durasi pemaparan etilen. J. Hort. Indonesia. 7(2): 111-120.

Iglesias, J.D., M. Cercós, J.M. Colmenero-Flores, M.A. Naranjo, G. Ríos, E. Carrera, O. Ruiz-Rivero, I. Liso, R. Morillon, F.R. Tadeo, M. Talón. 2007. Physiology of citrus fruiting. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 19: 333-362.

- Jiménez-Cuesta, M.J., J. Cuquerella, J.M. Martínez-Jávega. 1981. Determination of a color index for citrus fruit degreening. *In Proc. of the International Society of Citriculture*. 2: 750-753.
- Jomori, M.L. L., Sestari, F.A.M. Terra, D.G. Chiou, R.A. Klauge. 2010. Degreening of 'Murcott' tangor with ethapon treatments. *Proc. IV International Postharvest Symposium. Acta Hort.* 877.
- Ladaniya, M.S. 2008. *Citrus Fruit: Biology, Technology and Evaluation*. San Diego CA. Elsevier Academic Press.
- Kato, M., Y. Ikoma, H. Matsumoto, M. Sugiura, H. Hyodo, M. Yano. 2004. Accumulation of carotenoids and expression of carotenoid biosynthetic genes during maturation in citrus fruit. *Plant Physiol.* 134(2): 824-37.
- Kato, M., H. Matsumoto, Y. Ikoma, Y.H. Okuda, M. Yano. 2006. The role of carotenoid cleavage dioxygenase in the regulation of carotenoid profiles during maturation in citrus fruit. *J. Exp. Bot. Japan.* 57(10): 2153-2164.
- Karthik, J. Joseph, Karrupiah, J.K. Burns. 2010. Differential ethylene sensitivity during abscission and degreening in citrus. University of Florida.
- Ma, G., L. Zhang, A. Matsuta, K. Matsutani, K. Yamawaki, M. Yahata, A. Wahyudi, R. Motohashi, M. Kato. 2013. Enzymatic formation of  $\beta$ -citraurin from  $\beta$ -cryptoxanthin and zeaxanthin by carotenoid cleavage dioxygenase4 in the flavedo of citrus fruit. *American Society of Plant Biologists.* 682-695.
- Manera, J., J.M. Brotons, A. Conesa, I. Porras. 2012. Relationship between air temperature and degreening of lemon (*Citrus lemon* L. Burm. F) peel color during maturation. *Australian Journal of Crop Science.* 6(6): 1051-1058.
- Martinez-Javega, J.M., A. Monterde, P. Navarro, A. Salvador. 2008. Respons of new clementines to degreening treatment. *Proc. Int. Soc. Citriculture.* 11: 1342-1346.
- Nafisah, S.N. 2013. Sikap dan persepsi konsumen terhadap jeruk lokal dan jeruk impor di pasar modern Kota Bogor. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 70 Hal.
- Oberholster, R., K. Cowan, P. Molnar, G. Toth. 2001. Biochemical basis of color as an aesthetic quality in *Citrus sinensis*. *J. Agric. Food Chem.* 49: 303-307.
- Peng, G., X.L. Xie, Q. Jiang, S. Song, C.J. Xu. 2013. Chlorophyll a/b binding protein plays a key role in natural and ethylene-induced degreening of ponkan (*Citrus reticulata* Blanco). *J. Sci. Hortic.* 160: 37-43.
- Ríos, G., M.A. Naranjo, M. Rodrigo, E. Alós, L. Zacarías, M. Cercós, M. Talón. 2010. Identification of a GCC transcription factor responding to fruit colour change events in citrus through the transcriptomic analyses of two mutants. *BMC Plant Biology.* 10: 276.
- Rodrigo, M.J., M. Alquezar, E. Alos, V. Medina, L. Carmona, M. Bruno. 2013. A Novel carotenoid cleavatage in the biosynthesis of citrus fruit specific apocarotenoid pigments. *Experimental Botany.* 64: 4461-4478.
- Sdiri, S., P. Navarro, A. Monterde, J. Benabda, A. Salvador. 2012. New degreening treatments to improve the quality of citrus fruit combining different periods with and without ethylene exposure. *J Postharvest Biol and Technol.* 63: 25-32.
- Shanti, S.I. 2007. Analisis keputusan konsumen dalam mengkonsumsi jeruk lokal dan jeruk impor di ritel modern (kasus konsumen Giant Botani Square Bogor). Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Sims, D.A., J.A. Gamon. 2002. Relationship between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and development stages. *J. Remote Sensing Envir.* 81: 337-354.

Zhou, Y.J., C.D. Sun, L.L. Zhang, X. Dai, C.J. Xu, K.S. Chen. 2010. Preferential accumulation of orange-colored carotenoids in Ponkan (*Citrus reticulata*)

fruit peel following postharvest application of ethylene or ethephon. J. Scientia Horticulturae. 126: 229-235.