

**NANOSTRUCTURED LIPID CARRIER-RED PALM OIL (NLC-RPO)
MENGHAMBAT FOTO-OKSIDASI VITAMIN C DALAM
JUS JERUK SELAMA PENYIMPANAN**

**NANOSTRUCTURED LIPID CARRIER-RED PALM OIL (NLC-RPO)
INHIBIT PHOTOOXIDATION OF VITAMIN C
IN ORANGE JUICE DURING STORAGE**

Zulman Efendi^{1,2}, Sri Raharjo^{1*}, Supriyadi¹, dan Umar Santoso¹

¹ Department of Food Technology and Agricultural Products, Faculty of Agricultural Technology, Universitas Gadjah Mada, Jl. Flora No 1, Bulaksumur, Yogyakarta 55281, Indonesia

² Department of Agricultural Technology, Faculty of Agriculture, Universitas Bengkulu, Jl. W.R. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu 38371A, Indonesia

*Email korespondensi: sraharjo@ugm.ac.id

Diterima 12-03-2024, diperbaiki 26-05-2024, disetujui 04-10-2024

ABSTRACT

Orange juice that contains high vitamin C can be easily photooxidized during storage and can reduce consumer acceptability. The research aimed to investigate the orange juice with nanostructured lipid carrier containing red palm oil (NLC-RPO) to inhibit photooxidation of vitamin C. The changes in pH, viscosity, turbidity, color, and sensory properties. The research conducted on orange juice without and with 3% NLC-RPO added, samples were put in a dark refrigerated condition (4 °C), dark and light condition with exposure to light at room temperature (28 °C, 874.59±399.39 lux for 8 hours/day) during 0, 2, 4, 6, 7, 8, 14, 21, and 28 days. The results of study showed that the photooxidation rate of vitamin C orange juice with 3% NLC-RPO was significantly lower than without treatment ($p < 0.05$). The inhibition of vitamin C photooxidation was evident in orange juice with 3 % NLC-RPO (0,2152 mg/100 g.day) than without treatment (0.6945 mg/100 g.day) under light stored at room temperature. (28 °C). The viscosity rate and color difference (ΔE) rate of orange juice with 3 % NLC-RPO were significantly lower than without treatment ($p < 0.05$). Whereas, turbidity, pH, L^ , a^* , and b^* degradation rate of orange juice without and with 3 % NLC-RPO were not significantly different ($p > 0.05$). The panelists could differentiate significantly ($p < 0.05$) between orange juice without and with 3 % NLC-RPO at days 0, as well as between orange juice without treatment at 0 day and with 3 % NLC-RPO at 30 days of storage. The intensity of orange color, unpleasant aroma, and turbidity of orange juice were not significantly different ($p > 0.05$).*

Keywords: NLC-RPO, orange juice, sensory evaluation, vitamin C photooxidation

ABSTRAK

Jus jeruk dikenal mengandung vitamin C tinggi diperlukan oleh manusia tetapi vitamin C mudah mengalami fotooksidasi selama penyimpanan dan dapat menurunkan daya terima konsumen. Tujuan penelitian adalah menginvestigasi jus jeruk yang mengandung *nanostructured lipid carrier* (NLC-RPO) terhadap penghambatan fotooksidasi vitamin C perubahan pH, viskositas, turbiditas,

warna, dan sifat sensoris. Penelitian dilakukan pada jus jeruk tanpa dan dengan penambahan 3 % NLC-RPO, sampel ditempatkan dalam refrigerator kondisi gelap (4 °C), gelap dan terang dengan paparan cahaya suhu ruang (28 °C, 874,59±399,39 lux selama 8 jam/hari) selama 0, 2, 4, 6, 7, 8, 14, 21, dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju fotooksidasi vitamin C jus jeruk dengan 3 % NLC-RPO secara signifikan lebih rendah dibandingkan jus jeruk tanpa perlakuan ($p < 0,05$). Penghambatan fotooksidasi vitamin C terlihat jelas pada jus jeruk dengan 3 % NLC-RPO (0,2152 mg/100 g.hari) dibandingkan tanpa perlakuan (0,6945 mg/100 g.hari) saat kondisi penyimpanan terang pada suhu ruang (28 °C). Laju viskositas dan perbedaan warna (ΔE) jus jeruk dengan 3 % NLC-RPO signifikan lebih rendah dibandingkan tanpa perlakuan ($p < 0,05$), sedangkan laju turbiditas, degradasi pH, L^* , a^* , dan b^* tidak berbeda nyata ($p > 0,05$). Panelis dapat membedakan secara nyata ($p < 0,05$) antara jus jeruk tanpa dan dengan 3 % NLC-RPO pada 0 hari, begitu pula antara jus jeruk tanpa perlakuan pada 0 hari dan jus jeruk dengan 3% NLC-RPO 30 hari pada 30. Intensitas warna orange, aroma tidak enak, dan kekeruhan jus jeruk tidak berbeda nyata ($p > 0,05$).

Kata kunci: evaluasi sensoris, fotooksidasi vitamin C, jus jeruk, NLC-RPO

PENDAHULUAN

Buah-buahan diketahui memberikan manfaat bagi kesehatan diantaranya mengandung vitamin C. Vitamin C dikenal sebagai antioksidan potensial sehingga beberapa minuman ditambahkan vitamin C seperti *isotonic water*. Antioksidan buah berguna untuk mencegah penyakit degeneratif yang disebabkan radikal bebas (Febrianti et al., 2015). Vitamin C tergolong antioksidan kuat yang membantu fungsi fisiologi tubuh diantaranya berhubungan dengan integritas pembuluh darah untuk mendukung sistem imun dan kesehatan sel (Bofars, 2022). Beberapa manfaat vitamin C lainnya adalah anti inflamasi dan stres oksidatif diperlukan dalam pembentukan kolagen.

Sumber vitamin C pada buah cukup besar yaitu mengandung kadar asam askorbat (mg/100 g) sebesar 96,8, 48,4, 41,06, 49,57, 49,86, dan 41,06 secara berturut-turut dalam buah jeruk, pepaya, apel, jambu dan mangga (Febrianti et al., 2015). Buah jeruk terkenal kaya vitamin C dan salah satu produk yang banyak dikonsumsi adalah sari buah atau jus jeruk. Vitamin C dikenal sebagai antioksidan, namun, mudah mengalami degradasi oleh faktor pH, suhu tinggi dan fotooksidasi. Vitamin C (asam askorbat)

dengan rumus senyawa $C_6H_8O_6$ merupakan senyawa gizi yang tidak dapat disintesis dalam tubuh manusia dan primata, oleh karena itu perlu asupan dari luar, jika defisiensi vitamin C menyebabkan penyakit klinis. Kadar vitamin C yang tercantum dalam label kemasan jus jeruk penelitian adalah 100% AKG. Kebutuhan vitamin C diatur oleh kementerian kesehatan Republik Indonesia melalui angka kecukupan gizi (AKG). Pada orang dewasa sesuai acuan *daily referenced intake of vitamin C* memiliki nilai AKG vitamin C rata-rata 90 mg/100 g perhari untuk laki-laki usia >16 tahun, dan 75-90 mg perhari untuk perempuan >16 tahun (Kemenkes, 2019).

Jus jeruk adalah pangan aqueous yang mengandung zat gizi terutama vitamin, mineral dan polifenol juga dikenal kaya antioksidan. Konsumen lebih memilih produk jus karena pertimbangan praktis dibandingkan membeli dan mengolah sendiri, namun konsumen umumnya juga melakukan penyimpanan pada suhu ruang atau suhu dingin. Hal demikian juga terjadi dalam kegiatan usaha penjualan produk kemasan jus buah di pasar dan market modern. Kondisi penyimpanan dan lama penyimpanan dapat mempengaruhi kadar vitamin C terutama suhu tinggi dan terpapar cahaya cukup lama. Vitamin C dalam jus buah

dapat mengalami fotodegradasi karena cahaya selama penyimpanan (Hasbullah et al., 2014). Dengan demikian fotooksidasi merupakan masalah utama dalam makanan dan minuman mengandung vitamin C.

Pemanfaatan Senyawa β -karoten memiliki keterbatasan yaitu bersifat tidak larut air (hidrofobik) oleh karena itu diperlukan metode baru sistem nanoemulsi yang stabil berbasis lipida. Beberapa penelitian melaporkan kemampuan penghambatan degradasi vitamin C dalam sistem pangan aqueous menggunakan mikroemulsi pala yang mengandung karotenoid untuk menghambat degradasi fotooksidatif vitamin C pada sistem pangan aqueous (Hasbullah et al., 2014). Keterbatasan pemanfaatan β -karoten dapat diatasi dengan sistem *nanostructured lipid carriers* (NLC). NLC salah satu *delivery system* yang unggul terbentuk dari *solid lipid*, *liquid lipid*, surfaktan dalam nanoemulsi stabil berbasis lipida. Keunggulan NLC adalah dapat meningkatkan efisiensi enkapsulasi, solubilitas, stabilitas penyimpanan, dan bioavailabilitas komponen bioaktif (Azar et al., 2020). NLC mengandung *red palm oil* (RPO) dapat digunakan untuk mengatasi keterbatasan pemanfaatan β -karoten karena stabil, nanopartikel (38-37 nm) *polydispersity index* rendah (0,01-0,54), zeta-potential -10,17 sampai -22,67 mV sehingga efisien sebagai matrik enkapsulasi β -karoten (Efendi et al., 2024).

Bagaimanapun penelitian menggunakan NLC mengandung RPO pada jus jeruk dan karakteristiknya masih terbatas. Penelitian ini ingin menjelaskan kemampuan *nanostructured lipid carrier* mengandung *red palm oil* (NLC-RPO) dalam penghambatan degradasi vitamin C dan perubahan warna, dan sifat sensoris jus jeruk selama penyimpanan. RPO salah satu komponen yang kaya β -karoten yang dapat berperan sebagai antioksidan. Penambahan NLC-RPO diharapkan

memberikan efek menguntungkan bagi jus jeruk.

METODE PENELITIAN

Bahan

Red palm oil (RPO) alami tanpa fraksinasi (Salmira), palm kernel stearin (PT. Wilmar Nabati Indonesia), Tween 80 (Merck), akuabides, amilum 1%, larutan iod 0,01 N, dan larutan buffer pH 4 dan 7.

Alat

Hot plate stirrer (VELP Scientifica, Italy), *ultrasonic probe* (Hielscher UP200St, Germany), refrigerator, *lux-meter*, *UV-Visible spectrophotometer* (Shimadzu UV-2100), dan *Chromameter CR-400* (Konica Minolta).

Preparasi NLC-RPO

Metode pembuatan *nanostructured lipid carrier containing red palm oil* (NLC-RPO) adalah *melting-emulsification-ultrasonication* dengan formulasi optimum *by response surface methodology* (RSM) yang didapatkan dari penelitian sebelumnya yaitu *surfactant to lipid ratio* (SLR) dan *ultrasonication time* (UT) sebesar 3,64 dan 19,8 menit yang memiliki kadar β -karoten 15,10 ppm, prediksi dan aktual dari efisiensi enkapsulasi β -karoten (EE) adalah 94,91 % dan 94,51%, kondisi stabil, *monodisperse*, dan ukuran partikel 29,57 nm. Adapun rasio *solid lipid* (palm kernel stearin) : *liquid lipid* (RPO) adalah 6:4 (stabil dan optimum pada riset sebelumnya).

Palm kernel stearin dan RPO dilelehkan pada suhu 65°C and 600 rpm selama 15 menit, secara terpisah Tween 80 dan akuabides dipanaskan pada 65°C and 600 rpm selama 15 minutes. Kedua fase (lipida dan aqueous) dicampurkan pada 65°C and 600 rpm selama 15 minutes. Prose pelelehan, pemanasan dan pencampuran menggunakan *digital ceramic hot plate stirrer* (VELP

Scientifica, Italy). Emulsi awal yang dihasilkan dilanjutkan tahap ultrasonikasi dengan energi beramplitudo 70% pada frekuensi 26 kHz (*ultrasonic probe, Hielscher UP200St, Germany*) selama 19,8 menit. Kemudian, NLC-RPO disimpan pada suhu ruang ($28 \pm 1^\circ\text{C}$) selama 12 jam sebelum dilakukan analisis.

Rancangan Penelitian Jus Jeruk Mengandung NLC-RPO

Pertama, dilakukan *screening* untuk menentukan konsentrasi NLC-RPO dalam minuman. Berdasarkan konsentrasi NLC-RPO dalam air (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10) ditentukan batas *flavor* yang masih dapat diterima panelis. Selanjutnya batas terendah dan teratas yang masih dapat diterima panelis digunakan pada contoh minuman komersial sehingga diperoleh konsentrasi NLC-RPO dan minuman komersial untuk penelitian utama. Kemudian, minuman komersial terpilih diperlakukan tanpa dan dengan penambahan NLC-RPO lalu disimpan pada kondisi dingin gelap suhu $4 \pm 0,5^\circ\text{C}$, gelap suhu ruang $28 \pm 1^\circ\text{C}$, dan terang suhu ruang $28 \pm 1^\circ\text{C}$ dengan rata-rata pencahayaan ruang Laboratorium penelitian $874,59 \pm 399,39$ lux selama pukul 08.00-16.00 wib atau 8 jam/hari. Sampel jus jeruk dianalisis pada 0, 2, 4, 6, 7, 8, 14, 21, dan 28 hari.

Parameter Yang Diamati

Vitamin C

Sebanyak 10 g sampel diencerkan dengan aquades hingga mencapai 100 ml, homogenisaasi, kemudian diambil filtrat 10 ml, ditambahkan 1 ml larutan amilum 1%. Kemudian dititrasi dengan 0,01 N iodium (setiap ml setara 0,8806 mg asam askorbat) berakhir jika terjadi perubahan warna larutan menjadi biru gelap. Perhitungan Vitamin C ($\text{mg}/100$ g sampel) = $\frac{\text{ml titrasi} \times 0,8806 \times \text{faktor pengenceran}}{\text{berat sampel (g)}} \times 100$ (Fitriana & Fitri, 2020).

Karakteristik Jus Jeruk

Pengukuran pH jus jeruk dengan pH meter yang telah dikalibrasi menggunakan buffer pH 4 dan 7. Pengukuran viskositas dilakukan pada suhu ruang menggunakan *Brookfield rotational viscometer* dengan *spindle LV-1*. Turbiditas sampel diukur pada absorbansi 600 nm menggunakan *UV-Visible spectrophotometer* (Shimadzu UV-2100) dengan perhitungan Turbiditas (%) = $2.303 \times \text{absorbansi}$, dan dinyatakan stabil jika $< 1\%$ (Efendi et al., 2024).

Evaluasi Warna Jus Jeruk

Pengukuran warna dilakukan pada suhu ruang menggunakan Chromameter CR-400 (Konica Minolta) untuk mengetahui *lightness* (L^*), *red* ($+a^*$)-*green* ($-a^*$), *blue* (b^*)-*yellow* ($-b^*$), dan *total color differnce* (ΔE^*). Adapun rumus perhitungan $\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$ dimana ΔL , Δa , dan Δb adalah selisih nilai L^* , a^* dan b^* sampel terhadap L^* , a^* , dan b^* sampel awal tanpa penambahan NLC-RPO. Evaluasi ΔE^* berdasarkan $\Delta E^* < 1$ untuk tidak terkihata adanya perbedaan, $1 < \Delta E^* < 2$ untuk perbedaan yang sangat kecil dan hanya terlihat oleh mata yang terlatih, $2 < \Delta E^* < 3,5$ untuk perbedaan sedang yang dapat terlihat jelas oleh mata yang tidak terlatih, $3,5 < \Delta E^* < 5$ untuk perbedaan cukup terlihat nyata, dan $\Delta E^* > 5$ untuk perbedaan warna yang jelas (Johari et al., 2021).

Evaluasi Sensoris Jus Jeruk

Pengujian sensoris dilaksanakan pada kelompok panelis semi terlatih berjumlah 26 orang (6 laki-laki dan 20 perempuan berusia 22-48 tahun) yang merupakan mahasiswa program sarjana (teknologi pangan dan hasil pertanian) dan pasca sarjana (ilmu pangan), Universitas Gadjah Mada. Sampel adalah jus jeruk yang telah disimpan pada suhu 8°C dan disajikan kondisi dingin. Panelis diminta membedakan sampel jus jeruk tanpa penambahan NLC-RPO (0 hari), jus jeruk

dengan penambahan NLC-RPO (0 dan 30 hari) dengan uji perbedaan metode *triangel test*, uji penerimaan dengan *hedonic test* (skala 1-7 untuk amat tidak suka - amat sangat suka) pada $\alpha=0,05$ (Dwiloka et al., 2021; Wirawan et al., 2022), dan *attribute diagnostic* terhadap jus jeruk meliputi warna *orange*, *after taste* (rasa pahit), aroma asing, dan kekeruhan dengan skala 1-7 untuk amat sangat lemah - amat sangat kuat (Uji Nonparametrik).

Analisis Data

Data vitamin C dan warna jus jeruk diperoleh dari 3 ulangan percobaan, dan dilanjutkan analisis regresi linier $Y=bx + a$ dengan Y =variabel perubahan fungsi (parameter yang diuji), b = nilai *slope* sebagai koefisien regresi yang menyatakan laju perubahan variabel Y , x = fungsi waktu penyimpanan, dan nilai R^2 sebagai koefisien korelasi yang menunjukkan kekuatan hubungan faktor X terhadap perubahan Y . Evaluasi laju perubahan dilakukan dengan uji signifikansi antara slope untuk mengevaluasi laju perubahan parameter yang dianalisis dan uji signifikansi antara slope (*the difference of between two slope*) pada $\alpha=0,05$. Evaluasi sensoris uji beda dengan panduan *critical values for triangel test*. Uji *hedonic* dan

attribute diagnostic intensity, jus jeruk dianalisis menggunakan SPSS ($\alpha=0,05$).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemilihan Konsentrasi NLC-RPO dalam Minuman

Penentuan rentang konsentrasi *nanostructured lipid carrier containing red palm oil* (NLC-RPO) dilakukan melalui evaluasi perubahan *flavor* NLC-RPO terlebih dahulu menggunakan model aqueous. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *over flavor* terjadi saat konsentrasi NLC-RPO > 5% ditandai warna yang semakin pekat (Gambar 1), sedangkan pada rentang konsentrasi 3-5 % menunjukkan perubahan aroma yang lemah sehingga dimungkinkan untuk diaplikasikan dalam minuman. Aroma yang ditimbulkan dari NLC-RPO berasal dari komponen penyusunnya. NLC-RPO terdiri dari lipida yaitu palm kernel stearin dan RPO (6:4), Tween 80, dan akuabides dengan rasio Tween 80 dan lipida adalah 3,6. Tween 80 memberikan pengaruh aroma yang kuat dan *bitter* dalam NLC (Wirawan et al., 2022), adapun RPO memberikan rasa getir dan bau khas *palmy* (Hasibuan et al., 2023).



0%	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%
tt	tt	tt	+	+	+	++	++	+++	+++	+++

Ket: tidak terdeteksi (tt), terdeteksi lemah (+), terdeteksi sedang (++), dan terdeteksi kuat (+++)

Gambar 1. Konsentrasi NLC-RPO 0-10% dan Intensitas *Flavor* NC-RPO dalam Model Akuabides oleh Panelis

Penentuan minuman komersial untuk penelitian utama dilakukan pada empat (4) produk jus jeruk komersial dan satu (1) *orange water* komersial yang

masing-masing mengandung konsentrasi NLC-RPO 0, 3, dan 5 %. Evaluasi dilakukan secara deskriptif tentang intensitas lemah, sedang dan kuat terhadap

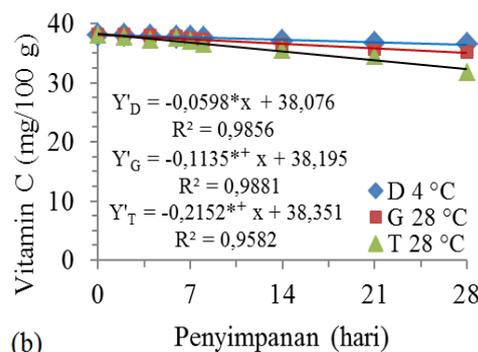
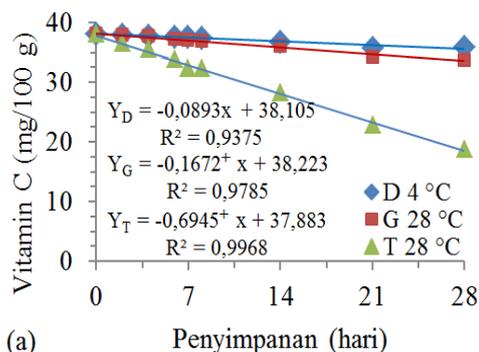
rasa jeruk, aroma jeruk, warna orange, aroma NLC-RPO, dan ada tidaknya β -karoten. Hasil *screening* jus jeruk ditemukan jus jeruk komersial dengan karakteristik deskriptif memiliki intensitas yang kuat untuk aspek rasa jeruk, aroma jeruk, warna orange, intensitas yang lemah untuk aroma NLC-RPO, dan tidak mengandung β -karoten sehingga hanya terdapat pengaruh β -karoten yang berasal dalam NLC-RPO yang digunakan dalam penelitian.

Vitamin C

Jus jeruk mengandung vitamin C awal sebesar $38,02 \pm 0,18$ mg/100 g jus jeruk dengan berat jus jeruk $255,51 \pm 2,61$ g per kemasan sehingga terdapat 97,15 mg dalam kemasan 250 ml. Kadar vitamin C jus jeruk kemasan tersebut mendekati informasi kadar vitamin C pada *labelling* produk komersial kemasan 250 ml yaitu memenuhi 100 % angka kecukupan gizi (AKG) harian dengan ketentuan acuan label gizi (ALG) pangan olahan untuk vitamin C adalah 90 mg (BPOM, 2016). Adapun AKG kelompok laki-laki dan perempuan masing-masing untuk usia >16 tahun adalah 75 mg/100 g dan 90 mg/100 g perhari (Kemenkes, 2019). dan 49,30 mg/100 g (Devianti & Wardhani, 2018). Perbedaan komposisi dalam jus jeruk

dipengaruhi jumlah komponen bahan sesuai info *labelling* kemasan, sehingga perbedaan kadar vitamin C jus jeruk komersial dipengaruhi banyaknya sari buah jeruk, bulir jeruk dan vitamin C dari luar yang ditambahkan untuk memenuhi % AKG.

Studi kinetik terhadap perubahan vitamin C dalam penelitian ini menggunakan *zero order* karena telah diuji, *fitted model* (R^2). R^2 adalah ukuran seberapa baik suatu model beradaptasi dengan data yang digunakan sehingga mampu menjelaskan hubungan faktor (x) yang diberikan terhadap parameter perubahan (y) secara tepat. R^2 *zero order* menggunakan data x versus y sedangkan R^2 *first order* menggunakan data x versus Ln Y. Hasil R^2 *zero order* > R^2 *first order*, maka pilihan studi kinetik mengikuti reaksi kinetik *zero order model* (Sapei & Hwa, 2014). Berdasarkan analisis regresi $Y=bX+a$ dapat diketahui nilai *slope* (b) sebagai koefisien regresi fungsi X (waktu penyimpanan), konstanta (a) sebagai variabel perubahan fungsi Y (kadar vitamin C), dan korelasi (R^2) yang menunjukkan kekuatan hubungan faktor X terhadap perubahan Y. Laju degradasi vitamin C pada jus jeruk dengan 3 % NLC-RPO (b/b) lebih rendah dibandingkan tanpa perlakuan.



Ket: kondisi dingin gelap (D), gelap (G), dan terang (T), untuk *significance between two slope test* pada $\alpha=0.05$ simbol *) berbeda nyata pada kondisi penyimpanan yang sama, dan +) berbeda nyata dibandingkan penyimpanan kondisi 4 °C pada masing-masing jus jeruk tanpa dan dengan 3 % NLC-RPO.

Gambar 2. Perubahan Vitamin C Jus Jeruk (a) dan Jus Jeruk dengan 3% NLC-RPO (b)

Nilai konstanta (a) untuk waktu 0 hari dalam rentang 37,883-38,351 mg/100 g, hari dan korelasi (R^2) yang kuat yakni mendekati 1 menunjukkan korelasi hubungan faktor penyimpanan terhadap perubahan vitamin C. Laju degradasi vitamin C jus jeruk dengan 3 % NLC-RPO (b/b) pada masing-masing kondisi penyimpanan yang sama (Gambar 2a dan 2b) lebih rendah dan berbeda nyata dibandingkan jus jeruk tanpa perlakuan ($p < 0,05$). Antara variasi penyimpanan jus jeruk tanpa perlakuan (Gambar 2a) laju degradasi vitamin C lebih tinggi pada penyimpanan terang suhu 28 °C dibandingkan kondisi dingin 4 °C dan berbeda nyata ($p < 0,05$), begitu pula hal yang sama terjadi pada jus jeruk dengan 3% NLC-RPO (Gambar 2b) yang membuktikan fotooksidasi memerlukan cahaya.

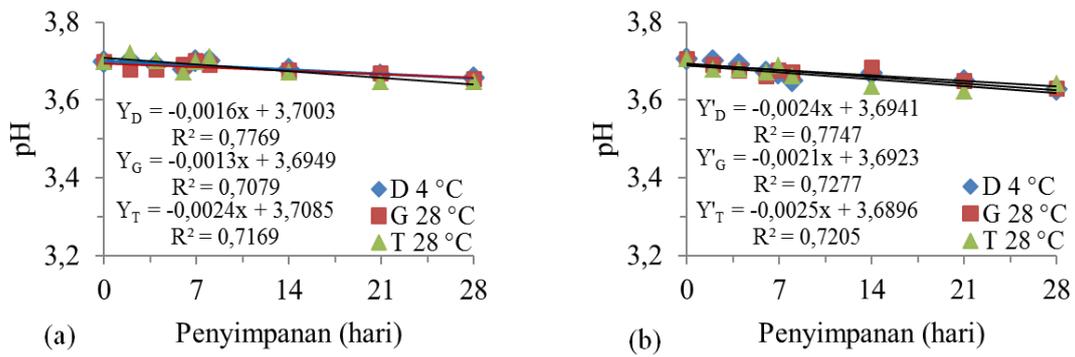
Laju degradasi vitamin C terendah sebesar 0,0598 mg/100 g.hari untuk jus jeruk dengan 3 % NLC-RPO (b/b) saat penyimpanan kondisi dingin karena kondisi dingin menyebabkan penurunan reaksi kimia, terutama tanpa cahaya akan meminimalisasi fotooksidasi. Hal ini sejalan dengan penelitian penyimpanan jus jambu biji karena pada suhu dingin reaksi-reaksi kimia, aktivitas enzim, pertumbuhan mikrobia dan respirasi akan terhambat dibandingkan dibandingkan suhu ruang (Hapsari et al., 2023). Penghambatan degradasi vitamin C jus jeruk kemungkinan adanya *nanostructured lipid carrier* mengandung *red palm oil* (NLC-RPO) terutama peranan senyawa β -karoten. Kemungkinan ada mekanisme penghambatan secara fisik dengan terbentuknya lapisan tipis sistem emulsi yang mencegah kontak dengan oksigen atau cahaya (Hasbullah et al., 2014). Selain itu ada kemungkinan senyawa β -karoten berperan sebagai *sensitiser triplet quencher* tereksitasi sekaligus *singlet*

oxygen quencher sehingga dapat melindungi oksidasi vitamin C.

Laju degradasi vitamin C tertinggi sebesar 0,6945 mg/100 g pada jus jeruk tanpa perlakuan kondisi terang suhu 28 °C. Penurunan vitamin C selama penyimpanan semakin besar disebabkan adanya oksigen dan cahaya terutama adanya peningkatan suhu (Bofars, 2022). Vitamin C juga dapat berperan sebagai *singlet oxygen quencher* (Hasbullah et al., 2014), terutama gugus fungsi hidroksi (OH) yang reaktif mudah teroksidasi (Hapsari et al., 2023), dengan demikian mudah mengalami fotooksidasi saat terpapar cahaya. Penurunan kadar vitamin C jus jeruk lebih rendah pada suhu dingin menyebabkan masa simpan produk lebih lama (Hapsari et al., 2023).

pH

Laju penurunan pH jus jeruk tanpa dan dengan 3% NLC-RPO (b/b) pada masing-masing kondisi penyimpanan yang sama (Gambar 3a dan 3b) tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, begitu pula pada variasi kondisi penyimpanan gelap dan terang tidak berbeda nyata dengan penyimpanan kondisi dingin pada masing-masing jus jeruk ($p > 0,05$). Rentang pH jus jeruk tanpa NLC-RPO adalah 3,66-3,72 dan jus jeruk dengan 3% NLC-RPO (b/b) adalah 3,63-3,70 dapat digolongkan *sour juice* dengan pH rendah yaitu 3,45, 3,53 dan 3,47 (Boussaa et al., 2021). Nilai pH jus jeruk juga dilaporkan peneliti lainnya sebesar 2,81 – 3,52 selama penyimpanan sebulan dan perubahan tidak berbeda nyata (Wirawan et al., 2022). Penurunan pH selama penyimpanan jus buah dimungkinkan dari hasil reaksi oksidasi vitamin C yang menghasilkan dehidroksi asam askorbat, lalu terhidrolisis menjadi asam 2,3-diketogulonat (Herbig & Renard, 2017).



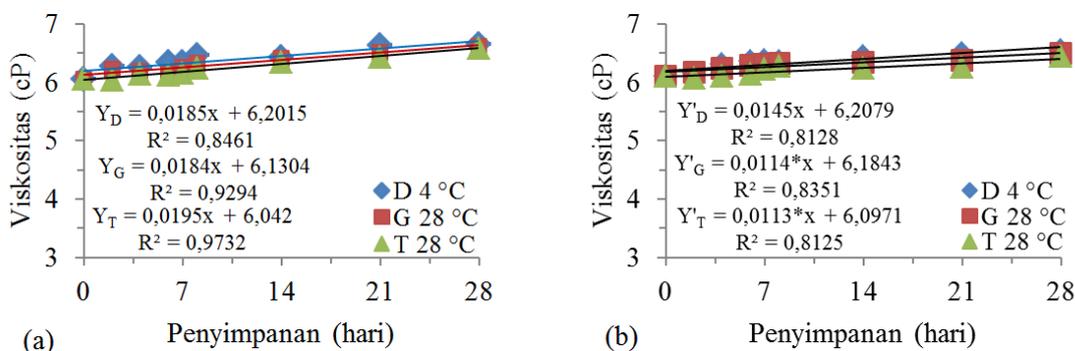
Ket: kondisi dingin gelap (D), gelap (G), dan terang (T), untuk *significance between two slope test* pada $\alpha=0.05$ simbol *) berbeda nyata pada kondisi penyimpanan yang sama, dan +) berbeda nyata dibandingkan penyimpanan kondisi 4 °C pada masing-masing jus jeruk tanpa dan dengan 3 % NLC-RPO.

Gambar 3. Perubahan pH Jus Jeruk (a) dan Jus Jeruk dengan 3% NLC-RPO (b)

Viskositas

Adapun penambahan 3 % NLC pada jus jeruk dan perlakuan penyimpanan selama 28 hari menunjukkan adanya peningkatan laju viskositas (Gambar 4a dan 4b). Berdasarkan analisis *slope* diketahui bahwa laju peningkatan viskositas jus jeruk tanpa dan dengan penambahan 3 % NLC-RPO (b/b) pada kondisi dingin 4 °C tidak berbeda nyata ($p<0,05$), namun pada kondisi yang sama yaitu gelap suhu 28 °C terjadi kenaikan viskositas yang berbeda nyata begitupula pada kondisi terang suhu 28 °C ($p<0,05$). Viskositas awal jus jeruk tanpa NLC-RPO adalah 6,03 cP dan setelah penambahan 3 % NLC-RPO menjadi 6,10 cP, kemudian

mengalami peningkatan selama penyimpanan. Hal ini terjadi adanya penambahan partikel terlarut seperti NLC-RPO. Adanya partikel terlarut maka menimbulkan gesekan antara partikel sehingga dapat meningkatkan viskositas. Penambahan partikel penstabil jus jeruk dilaporkan meningkatkan viskositas dalam rentang perubahan 4,28-5,72 cP (Dwiloka et al., 2021). Faktor-faktor yang mempengaruhi viskositas suatu emulsi antara lain viskositas medium dispersi, persentase bagian terdispersi, ukuran partikel fase terdispersi, dan jenis konsentrasi emulsifier yang digunakan (Siqhny et al., 2020).



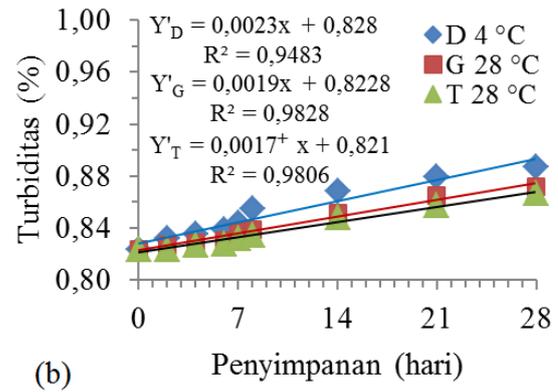
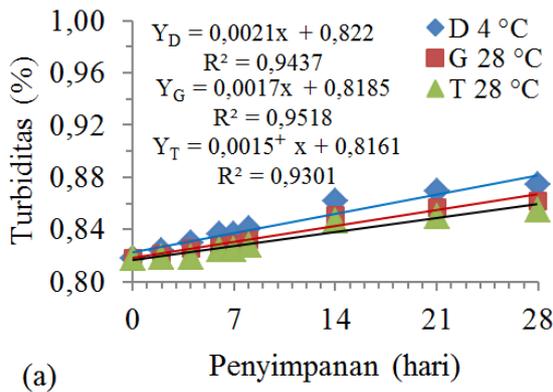
Ket: kondisi dingin gelap (D), gelap (G), dan terang (T), untuk *significance between two slope test* pada $\alpha=0.05$ simbol *) berbeda nyata pada kondisi penyimpanan yang sama, dan +) berbeda nyata dibandingkan penyimpanan kondisi 4 °C pada masing-masing jus jeruk tanpa dan dengan 3 % NLC-RPO.

Gambar 4. Perubahan Viskositas Jus Jeruk (a) dan Jus Jeruk dengan 3% NLC-RPO (b)

Turbiditas

Turbiditas jus jeruk tanpa dan dengan 3 % NLC-RPO mengalami peningkatan selama 28 hari (Gambar 5a dan 5b). Turbiditas awal jus jeruk tanpa dan dengan 3 % NLC-RPO (b/b) keduanya sebesar 0,81 % kemudian mengalami peningkatan mencapai 0,89 %. selama penyimpanan 28 hari dan stabil. Peningkatan turbiditas < 1 % dapat dinyatakan stabil selama penyimpanan (Efendi et al., 2024). Analisis *slope* laju peningkatan turbiditas jus jeruk tanpa dan dengan 3 % NLC-RPO (Gambar 5a dan 5b) pada kondisi penyimpanan yang sama tidak berbeda nyata, begitu pula pada variasi kondisi penyimpanan gelap.

Namun, pada kondisi penyimpanan terang suhu 28 °C pada masing-masing jus jeruk penelitian memiliki perbedaan yang nyata dibandingkan kondisi dingin suhu 4 °C ($p>0,05$). Kondisi dingin suhu 4 °C menyebabkan energi kinetik dan pergerakan partikel lebih rendah sehingga partikel dalam kondisi stabil dan mencegah pengendapan partikel dibandingkan kondisi terang suhu 28 °C yang turbiditasnya rendah. Peningkatan viskositas bermanfaat bagi jus jeruk karena mencegah pengendapan senyawa pektin dan partikel tersuspensi sehingga menjaga stabilitas *cloudy beverage* jus jeruk.



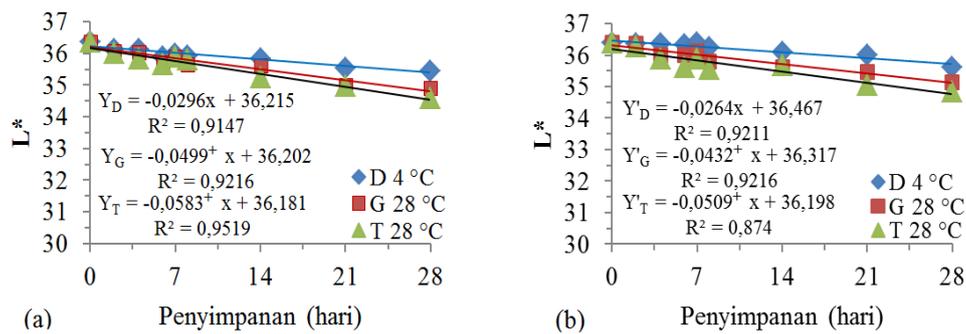
Ket: kondisi dingin gelap (D), gelap (G), dan terang (T), untuk *significance between two slope test* pada $\alpha=0.05$ simbol *) berbeda nyata pada kondisi penyimpanan yang sama, dan +) berbeda nyata dibandingkan penyimpanan kondisi 4 °C pada masing-masing jus jeruk tanpa dan dengan 3 % NLC-RPO.

Gambar 5. Perubahan Turbiditas Jus Jeruk (a) dan Jus Jeruk dengan 3% NLC-RPO (b)

Warna

Kecerahan (L^*) jus jeruk tanpa dan dengan 3 % NLC-RPO menurun selama penyimpanan 28 hari dengan laju degradasi L^* tidak berbeda nyata ($p>0,05$) pada penyimpanan kondisi yang sama

(Gambar 6). Namun, laju degradasi L^* berbeda nyata pada variasi penyimpanan gelap dan terang suhu 28 °C dibandingkan kondisi dingin suhu 4 °C ($p<0,05$) pada masing-masing jus jeruk penelitian (Gambar 6a dan 6b).



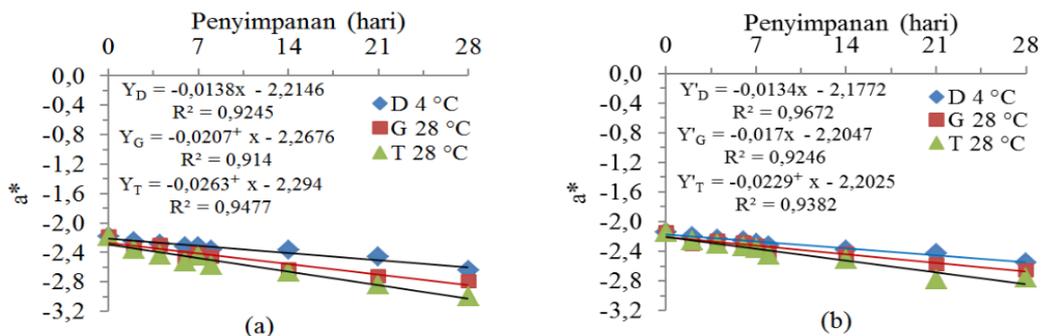
Ket: kondisi dingin gelap (D), gelap (G), dan terang (T), untuk *significance between two slope test* pada $\alpha=0.05$ simbol *) berbeda nyata pada kondisi penyimpanan yang sama, dan +) berbeda nyata dibandingkan penyimpanan kondisi 4 °C pada masing-masing jus jeruk tanpa dan dengan 3 % NLC-RPO.

Gambar 6. Perubahan L^* Jus Jeruk (a) dan Jus Jeruk dengan 3% NLC-RPO (b)

Model linear L^* menunjukkan korelasi yang sangat kuat dengan R^2 mendekati 1 yang menjelaskan pengaruh lama penyimpanan terhadap peningkatan nilai L^* . Laju degradasi L^* jus jeruk yang disimpan kondisi dingin 4 °C lebih rendah dibanding penyimpanan gelap dan terang suhu 28 °C. Degradasi L^* jus jeruk juga dilaporkan lebih kuat terjadi pada suhu ruang berkaitan dengan *non-enzymatic browning* (Romeo et al., 2020). Dengan demikian degradasi L^* jus jeruk lebih besar terutama pada kondisi penyimpanan suhu ruang 28 °C dan terpapar cahaya.

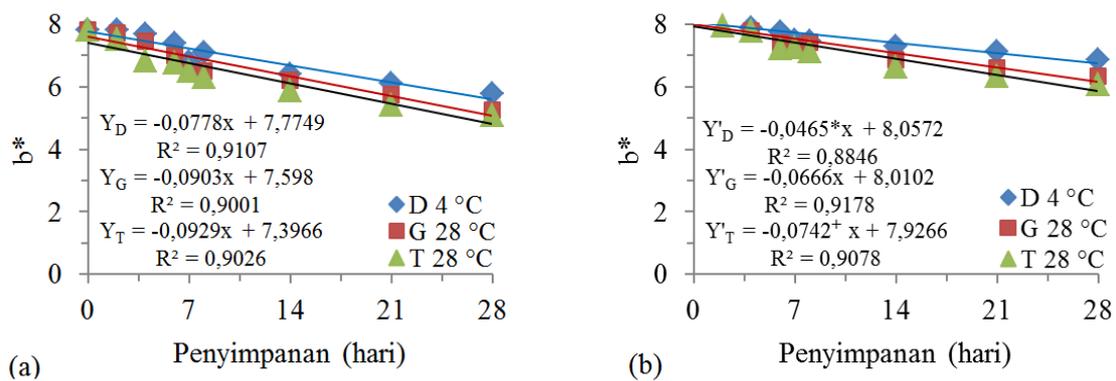
Jus jeruk tanpa dan dengan 3 % NLC-RPO pada kondisi penyimpanan yang sama memiliki laju degradasi nilai a^* yang tidak berbeda nyata ($p>0,05$), namun laju degradasi a^* berbeda nyata ($p<0,05$) pada masing-masing jus jeruk setiap

variasi penyimpanan gelap dan terang suhu 28 °C dibandingkan penyimpanan kondisi dingin suhu 4 °C (Gambar 7a dan 7b). Nilai a^* awal -2,15 mengalami degradasi menjadi lebih negatif menunjukkan bahwa warna jus jeruk semakin ke arah warna hijau. Nilai b^* mengindikasikan jus jeruk berwarna kuning namun, selama penyimpanan 28 hari juga mengalami penurunan (Gambar 8). Setelah penyimpanan 28 hari menunjukkan degradasi warna hijau pada penyimpanan dingin jus jeruk memiliki Δa sebesar -0,47 (tanpa perlakuan) dan -0,38 (3% NLC-RPO) lebih rendah dibandingkan perlakuan terpapar cahaya. Demikian juga terjadi pada degradasi warna kuning yang diketahui nilai Δb sebesar 2,03 (tanpa perlakuan) dan 1,53 (3 % NLC-RPO).



Ket: kondisi dingin gelap (D), gelap (G), dan terang (T), untuk *significance between two slope test* pada $\alpha=0.05$ simbol *) berbeda nyata pada kondisi penyimpanan yang sama, dan +) berbeda nyata dibandingkan penyimpanan kondisi 4 °C pada masing-masing jus jeruk tanpa dan dengan 3 % NLC-RPO.

Gambar 7. Perubahan a^* Jus Jeruk (a) dan Jus Jeruk dengan 3% NLC-RPO (b)



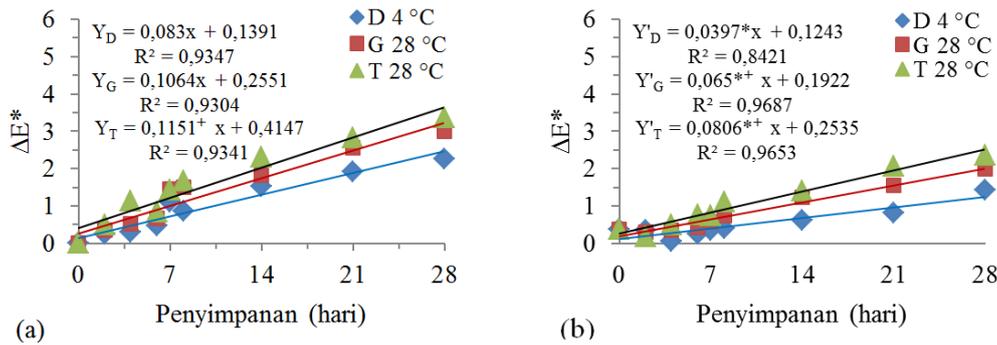
Ket: kondisi dingin gelap (D), gelap (G), dan terang (T), untuk *significance between two slope test* pada $\alpha=0.05$ simbol *) berbeda nyata pada kondisi penyimpanan yang sama, dan +) berbeda nyata dibandingkan penyimpanan kondisi 4 °C pada masing-masing jus jeruk tanpa dan dengan 3 % NLC-RPO.

Gambar 8. Perubahan b* Jus Jeruk (a) dan Jus Jeruk dengan 3% NLC-RPO (b)

Laju degradasi b* jus jeruk dengan 3 % NLC-RPO lebih rendah dibandingkan jus jeruk tanpa NLC-RPO dan berbeda nyata ($p<0,05$) pada kondisi penyimpanan dingin suhu 4 °C (Gambar 8a dan 8b). Hal ini dapat disebabkan jus jeruk dengan penambahan 3 % NLC-RPO memperoleh warna tambahan dari NLC-RPO yang berwarna kuning. Namun, penyimpanan pada kondisi terang suhu 28 °C laju degradasi b* lebih besar dan berbeda nyata ($p<0,05$) dibandingkan kondisi dingin suhu 4 °C (Gambar 8b).

Nilai ΔE (total perbedaan warna jus jeruk yang merupakan kombinasi nilai L*, a* dan b*). Laju peningkatan ΔE^* jus jeruk tanpa dan dengan 3 % NLC-RPO berbeda nyata pada kondisi penyimpanan yang sama ($p<0,05$) (Gambar 9a dan 9b). Laju peningkatan ΔE^* lebih kecil jika jus jeruk ditambahkan 3 % NLC-RPO mengindikasikan adanya penghambatan perubahan warna. Hal ini didukung oleh data penghambatan fotooksidasi vitamin

C, karena degradasi vitamin C juga memberikan pengaruh perubahan warna secara *non-enzymatic browning*. Penyimpanan jus jeruk pada kondisi terang suhu 28 °C menyebabkan laju peningkatan ΔE^* semakin besar, karena perubahan warna jus jeruk sensitif dipengaruhi suhu dan paparan cahaya lingkungan. Berdasarkan penggolongan nilai ΔE^* saat penyimpanan mencapai 28 hari maka jus jeruk dengan 3 % NLC-RPO pada penyimpanan kondisi dingin suhu 4 °C, gelap suhu 28 °C berada direntang $1 < \Delta E^* < 2$ menunjukkan perbedaan yang sangat kecil dan hanya terlihat oleh mata yang terlatih, dan penyimpanan terang suhu 28 °C berada direntang $2 < \Delta E^* < 3,5$ menunjukkan perbedaan sedang yang dapat terlihat jelas oleh mata yang tidak terlatih. Adapun jus jeruk tanpa NLC-RPO pada penyimpanan terang suhu 28 °C berada dalam rentang $3,5 < \Delta E^* < 5$ menunjukkan perbedaan cukup terlihat nyata.



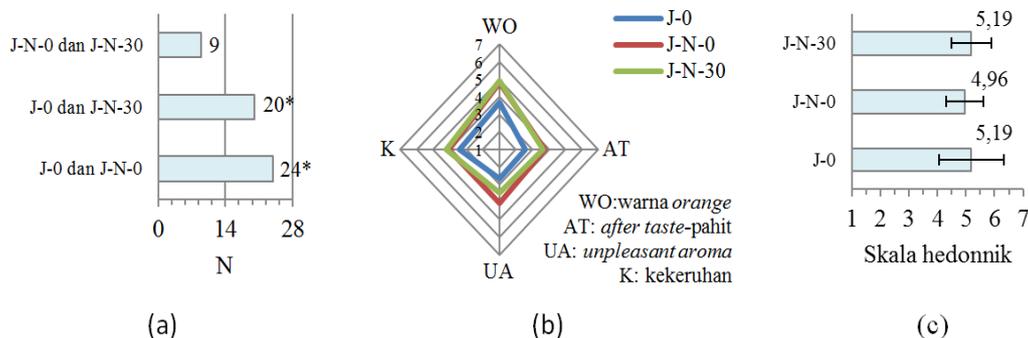
Ket: kondisi dingin gelap (D), gelap (G), dan terang (T), untuk *significance between two slope test* pada $\alpha=0.05$ simbol *) berbeda nyata pada kondisi penyimpanan yang sama, dan +) berbeda nyata dibandingkan penyimpanan kondisi 4 °C pada masing-masing jus jeruk tanpa dan dengan 3 % NLC-RPO.

Gambar 9. Perubahan ΔE^* Jus Jeruk (a) dan Jus Jeruk dengan 3% NLC-RPO (b)

Uji Sensoris

Berdasarkan uji beda (Gambar 10a) diketahui bahwa jus jeruk tanpa dan dengan 3 % NLC-RPO pada saat 0 hari berbeda nyata ($p<0,05$), dan begitu pula jus jeruk tanpa perlakuan (0 hari) dan dengan 3 % NLC-RPO (30 hari) menunjukkan perbedaan yang nyata ($p<0,05$). Sumber perbedaan tersebut ditelusuri melalui diagnosa atribut jus jeruk seperti pada Gambar 10b. Berdasarkan uji diagnosa atribut karakteristik jus jeruk diketahui bahwa intensitas *after taste* pahit pada jus jeruk dengan 3 % NLC-RPO pada 0 hari (3,65) dan 30 hari (3,77) lebih tinggi dibandingkan jus jeruk tanpa perlakuan

(2,58) dan berbeda nyata ($p<0,05$), namun masih berada dalam skala <4 . Perbedaan signifikan *taste* jus jeruk mengandung NLC-RPO selama penyimpanan juga dihubungkan dengan *bitter taste* alami surfaktan (Wirawan et al., 2022). Adapun intensitas warna *orange*, *unpleasant aroma* dan kekeruhan pada jus jeruk (0 hari), jus jeruk dengan 3 % NLC-RPO (0 hari), dan jus jeruk dengan 3 % NLC-RPO (30 hari) tidak berbeda nyata ($p>0,05$). Adapun berdasarkan uji hedonik (Gambar 10c), panelis menyatakan kesukaannya dalam rentang skala 4,96-5,19 dan tidak berbeda nyata ($p<0,05$). Dengan demikian 3 % NLC-RPO dapat diaplikasikan pada minuman jus jeruk.



Ket: J-0: jus jeruk tanpa NLC-RPO saat 0 hari, J-N-0: jus jeruk dengan 3 % NLC-RPO saat 0 hari, J-N-30: jus jeruk dengan 3 % NLC-RPO saat 30 hari. Uji sensoris dilakukan pada jus jeruk yang telah disimpan dalam refrigerator suhu 8°C, dengan menggunakan 26 panelis dan jika panelis dapat membedakan dengan benar ($N \geq 14$ (batas signifikansi) maka dinyatakan berbeda nyata (*) pada $\alpha=0,05$. Skala intensitas atribut 1-7 (amat sangat lemah-amat sangat kuat), dan skala hedonik 1-7 (amat sangat tidak suka-amat sangat suka).

Gambar 10. Hasil Uji Beda Metode *Triangel Test* (a), *Attribute Diagnostics Intensity* (b) dan *Hedonic Test* (c) Terhadap Jus Jeruk

KESIMPULAN

Jus jeruk dengan penambahan 3 % NLC-RPO dapat menghambat foto-oksidasi vitamin C dibandingkan tanpa perlakuan. Laju viskositas dan perbedaan warna (ΔE) jus jeruk dengan 3 % NLC-RPO signifikan lebih rendah dibandingkan tanpa perlakuan ($p < 0,05$). Namun laju turbiditas, degradasi nilai pH, L^* , a^* , dan b^* jus jeruk tidak berbeda nyata ($p > 0,05$). Uji sensoris menunjukkan bahwa panelis dapat membedakan secara nyata ($p < 0,05$) antara jus jeruk tanpa perlakuan (0 hari) dan dengan 3 % NLC-RPO (0 hari), begitu pula antara jus jeruk tanpa perlakuan (0 hari) dan dengan 3 % NLC-RPO (30 hari). Walaupun panelis masih dapat membedakan antara jus jeruk tanpa dan dengan 3 % NLC-RPO yang diketahui perbedaannya berhubungan dengan *after taste* pahit, namun skala intensitasnya < 4 . Adapun intensitas warna orange, *unpleasant aroma*, dan kekeruhan jus jeruk tidak berbeda nyata ($p < 0,05$).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan dana untuk penelitian ini yang diberikan oleh Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDPKS), nomor hibah PRJ-19/DPKS/2020.

DAFTAR PUSTAKA

- Azar, F. A. N., Pezeshki, A., Ghanbarzadeh, B., Hamishehkar, H., & Mohammadi, M. (2020). Nanostructured Lipid Carriers: Promising Delivery Systems For Encapsulation of Food Ingredients. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2(June), 100084. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100084>
- Bofars, M. S. (2022). Effect of Heated Temperature Environment on

Vitamin C in Four Fruit Citrus Juice. *South Asian Research Journal of Nursing and Healthcare*, 4(6), 79–83. <https://doi.org/10.36346/sarjnhc.2022.v04i06.001>

- Boussaa, F., Zaouay, F., & Mars, M. (2021). Changes of Physicochemical and Microbiological Properties of Blended Sweet and Sour Pomegranate Juices During Refrigerated Storage. *Indonesian Food and Nutrition Progress*, 18(1), 33. <https://doi.org/10.22146/ifnp.62938>
- BPOM. (2016). Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor 9 Tahun 2016 Tentang Acuan Label Gizi. *Badan Pengawas Obat dan Makanan, Republik Indonesia*
- Devianti, V. A., & Wardhani, R. K. (2018). Degradasi vitamin C dalam Buah Dengan Penambahan Sukrosa dan Lama Waktu Konsumsi. *Journal of Research and Technology*, 4(1), 41–46.
- Dwiloka, B., Rahman, F. T., & Mulyani, S. (2021). Nilai pH, Viskositas dan Hedonik Sari Buah Jeruk Manis dengan Penambahan Gelatin Tulang Ikan Bandeng. *AgriHealth: Journal of Agri-Food, Nutrition and Public Health*, 2(2), 107. <https://doi.org/10.20961/agrihealth.v2i2.59482>
- Efendi, Z., Ardhi, A., Santoso, U., Supriyadi, Ulfah, M. & Raharjo, S. (2024). Characteristic and Storage Stability of Nanostructured Lipid Carriers Containing Red Palm Oil. *Food Research* 8(3):363–375. DOI: [https://doi.org/10.26656/fr.2017.8\(3\).375](https://doi.org/10.26656/fr.2017.8(3).375)

- Febrianti, N., Yuniyanto, I., & Dhaniaputri, R. (2015). Kandungan Antioksidan Asam Askorbat pada Jus Buah-Buahan Tropis. *Jurnal Bioedukatika*, 3(1), 6–9. <https://doi.org/10.26555/bioedukatika.v3i1.4130>
- Fitriana, Y. A. N., & Fitri, A. S. (2020). Analisis Kadar Vitamin C pada Buah Jeruk Menggunakan Metode Titrasi Iodometri. *Sainteks*, 17(1), 27. <https://doi.org/10.30595/sainteks.v17i1.8530>
- Hapsari, Y. I., Lestari, Y. N. A., & Prameswari, N. (2023). Pengaruh Suhu dan Lama Penyimpanan Terhadap Kadar Vitamin C Pada Jus Jambu Biji (*Psidium Guajava* L.). *Jurnal Gizi*, 12(1), 37–45. <https://jurnal.unimus.ac.id/index.php/jgizi/article/view/12047>
- Hasbullah, H., Raharjo, S., & Hastuti, P. (2014). Inhibition Effect of Mace Extract Microemulsion on Vitamin C Photooxidation in Aqueous Systems. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 4(6), 389. <https://doi.org/10.18517/ijasei.t.4.6.442>
- Hasibuan, H. Abdi, Ijah, & Hardika, A. P. (2023). Preferensi Konsumen Terhadap Minyak Sawit Merah. *WARTA Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, 28(2), 95–106. <https://doi.org/10.22302/iopri.war.warta.v28i2.95>
- Herbig, A., & Renard, C. M. G. C. (2017). Factors that Impact the Stability of Vitamin C at Intermediate Temperatures in a Food Matrix. *Food Chemistry*, 220: 444 – 451. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.012>
- Johari, A., Sugiyono, & Adawiyah, D. R. (2021). Jurnal Litbang Industri Foamability Improvement of Recombined Part-Skim Milk by Addition of Stabilizer. *Jurnal Litbang Industri*, 79–89.
- Kemenkes. (2019). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2019 Tentang Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan Untuk Masyarakat Indonesia. in *Kementrian Kesehatan*.
- Romeo, R., de Bruno, A., Piscopo, A., Brenes, M., & Poiana, M. (2020). Effects of Phenolic Enrichment on Antioxidant Activity of Mayonnaise. *Chemical Engineering Transactions*, 87, 127–132. <https://doi.org/10.3303/CET2187022>
- Sapei, L., & Hwa, L. (2014). Study on the Kinetics of Vitamin C Degradation in Fresh Strawberry Juices. *Procedia Chemistry*, 9, 62–68. <https://doi.org/10.1016/j.proche.2014.05.008>
- Siqhny, Z. D., Azkia, M. N., & Kunarto, B. (2020). Karakteristik Nanoemulsi Ekstrak Buah Parijoto (*Medinilla speciosa* Blume). *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 15(1), 1. <https://doi.org/10.26623/jtphp.v15i1.1888>
- Wirawan, W., Raharjo, S., & Supriyadi. (2022). Formulation and Characteristics of Nanostuctured Lipid Carrier (NLC) Red Palm Oil (RPO) Prepared by High-Pressure Homogenization and Its Applications in Orange Juice. *Indonesian Food and Nutrition Progress*, 19(1), 31. <https://doi.org/10.22146/ifnp.70924>