

Pengaruh Indeks Panen terhadap Umur Simpan dan Mutu Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*) Selama Penyimpanan [Effect of Harvest Index on Shelf-Life and Quality of Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*) During Storage]

Leni Marlina, Bambang Hariyanto, Jumjunidang, dan Irwan Muas

Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika, Jln. Raya Solok-Aripan Km 8, Solok, Sumatra Barat, Indonesia 27301
E-mail: leniirsyah@gmail.com

Diterima: 28 Maret 2019; direvisi: 8 Januari 2020; disetujui: 15 Mei 2020

ABSTRAK. Pengembangan buah naga (*Hylocereus polyrhizus*) masih mengalami kendala dalam aspek pascapanen, seperti rendahnya mutu buah di pasaran dan pendeknya umur simpan. Indeks panen yang tepat diharapkan dapat meningkatkan mutu buah naga di pasaran dan memperpanjang umur simpan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh indeks panen terhadap mutu dan umur simpan buah naga selama penyimpanan. Penelitian dilaksanakan pada bulan September sampai dengan November 2015 di Laboratorium Kimia dan Pascapanen Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika (Balitbu Tropika), Solok, Sumatra Barat. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap dengan lima perlakuan, yaitu indeks I=kulit buah hijau 90–99% dan merah 1–10% (hijau semburat merah) jumbai hijau, indeks II=kulit buah hijau 60–89% dan merah 11–40% (hijau>merah) jumbai hijau, indeks III=kulit buah hijau 11–40% dan merah 60–89% (hijau<merah) jumbai hijau, indeks IV=kulit buah hijau 0–10% dan merah 90–100% (merah terang) jumbai hijau, dan indeks V=kulit buah merah gelap jumbai hijau, dan lima ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan indeks panen berpengaruh nyata terhadap warna kulit buah, kesegaran, padatan terlarut total, asam tertitiasi total, dan susut bobot. Perlakuan indeks panen yang berbeda memberikan pengaruh yang nyata terhadap mutu dan umur simpan buah naga. Perlakuan yang menghasilkan mutu terbaik selama buah disimpan adalah buah naga yang dipanen pada indeks III. Perlakuan terbaik yang menghasilkan umur simpan terlama adalah buah naga yang dipanen pada indeks II, yaitu 8 hari setelah panen.

Katakunci: Indeks panen; Mutu; Umur simpan; Buah naga

ABSTRACT. The development of dragon fruit is still encountered some constraints in postharvest aspects i.e. low quality in the market and short self-life. The suitable harvest index is intended to improve quality and prolong the shelf-life of dragon fruit. The aim of the research was to determine the effect of harvest index on quality and shelf-life of dragon fruits during storage. The research was conducted from September to November 2015 at Chemistry and Postharvest Laboratory of Indonesian Tropical Fruits Research Institute (ITFRI), Solok. The study was used completely randomized design with five treatments were index I=peel color are green 90–99% and red 1–10% (green tinge of red), II=peel color are green 60–89% and red 11–40% (green>red), III=peel color are green 11–40% and red 60–89% (green<red), IV=peel color are green 1–10% and red=90–100% (light red), and V=peel color is dark red with green scaled all of treatments, and five replications. The results showed that harvest index effected in peel color, freshness, total soluble solid, total titrable acidity, and weight loss. The treatment which produces the best quality during storage was index III. The best treatment that prolongs the shelf-life of dragon fruit during storage was index II i.e. 8 day after harvesting.

Keyword: Harvest index; Quality; Shelf-life; Dragon fruit

Buah naga merupakan komoditas hortikultura termasuk kelompok tanaman kaktus atau family *Cactaceae* (Nerd, Gutman & Mizrahi 1999; Stintzing, Schieber & Carle 2003; Mizrahi et al. 2004; Hoa et al. 2006; Awang et al. 2011; Ismail et al. 2012; Zahid et al. 2013; Freitas & Mitcham 2013; Obenland et al. 2016; Indriyani & Hardiyanto 2019) yang cukup berkembang akhir-akhir ini di Indonesia. Sebagai salah satu buah eksotik (Dembitsky et al. 2011; Freitas & Mitcham 2013), pengembangan buah naga di Indonesia telah dilakukan hampir di seluruh wilayah Indonesia dengan sentra pengembangan di Provinsi Riau, Kepulauan Riau, Sumatra Barat, DIY, Jawa Barat, Jawa Timur, Kalimantan Timur, dan Kalimantan Tengah (Jumjunidang et al. 2019). Tanaman yang juga dikenal sebagai *queen of the night*, *moonflower*, dan atau *lady*

of the night karena terjadinya bunga mekar hanya di malam hari dan merupakan tanaman asli Meksiko, Amerika Tengah, Amerika Selatan, juga dikembangkan di negara-negara Asia Tenggara (Dembitsky et al. 2011). Walaupun jenis buah naga banyak tersebar di pasaran, akan tetapi buah naga daging merah (*Hylocereus polyrhizus*) merupakan jenis buah naga yang paling banyak dikembangkan di Indonesia. Buah naga jenis ini dikenal kaya kandungan gizi dan tinggi antioksidan (Dembitsky et al. 2011; Jitareerat et al. 2018; Magalhães et al. 2019), yang berfungsi sebagai pelindung tubuh dari oksidasi (Obenland et al. 2016). Kandungan antioksidan yang tinggi, sumber vitamin, dan mineral pada buah naga dapat mencegah penyakit kanker, diabetes, kardiovaskular, pernapasan, pencernaan dan kandung kemih, serta kandungan serat

yang tinggi dan rendah kalori juga menyebabkan buah naga disarankan sebagai makanan diet (Wichienchot, Jatupornpipat & Rastall 2010; Magalhães *et al.* 2019).

Buah naga (*H. polyrhizus*) tergolong dalam kelompok buah nonklimakterik dalam proses perkembangannya (Nerd, Gutman & Mizrahi 1999; Zee, Yen & Nishina 2004; Le Bellec & Vaillant 2006; Freitas & Mitcham 2013; Li *et al.* 2016; Chaemsanit, Matan & Matan 2018; Magalhães *et al.* 2019). Sebagai buah nonklimakterik, sangat penting untuk memanen buah naga dalam keadaan matang fisiologis (Wilberth *et al.* 2013; Magalhães *et al.* 2019), disebabkan setelah dipanen tidak terjadi puncak produksi dari etilen atau dari CO₂ yang dihasilkan, akibatnya kualitas fisiko-kimia dan sensorik hanya menurun setelah buah dipanen (Nerd, Gutman & Mizrahi 1999; Obando-ulloa *et al.* 2008; Poel *et al.* 2014; Le Bellec & Vaillant 2006). Matang fisiologis pada buah naga ditandai dengan kulitnya yang telah berwarna merah penuh saat buah dipanen (Nerd, Gutman & Mizrahi 1999), selanjutnya matang juga bisa diartikan berakhirnya proses perkembangan buah dan menunjukkan buah siap dipanen (Irtwange 2006). Di antara proses yang terjadi selama proses pematangan adalah perubahan warna kulit buah, selain perubahan kandungan karbohidrat, kekerasan dan tekstur buah, terbentuknya aroma, dan terakumulasinya asam organik yang berasosiasi dengan aroma (David 2014).

Walaupun buah naga tergolong buah nonklimakterik, akan tetapi buah naga yang dipanen dalam keadaan belum matang fisiologis tetap mengalami perkembangan warna setelah buah dipanen dan selama penyimpanan. Buah naga yang dipanen dalam keadaan kulit buah masih hijau sedikit merah (hijau semburat merah) atau belum merah tetap berubah menjadi merah setelah buah dipanen dan selama penyimpanan. Kemungkinan hal tersebut yang mendorong petani atau produsen tetap memanen buah naga dalam keadaan belum matang fisiologis. Pemasaran untuk jarak jauh merupakan salah satu alasan buah naga dipanen pada kondisi lebih cepat dari seharusnya atau belum matang (Irtwange 2006). Akibatnya buah naga yang beredar di pasaran memiliki kualitas daging buah yang rendah ditandai dengan rasa daging buah yang hambar walaupun kulit buah merah penuh (merah gelap). Buah naga yang dipanen dengan kondisi kulit buah merah penuh, asam tertitrasi total menjadi rendah dan padatan terlarut total atau tingkat kemanisan menjadi tinggi (Nerd, Gutman & Mizrahi 1999).

Umur simpan yang pendek pada buah naga setelah buah dipanen kemungkinan juga merupakan salah satu faktor penyebab buah naga dipanen belum matang fisiologis. Umur simpan buah naga tercepat sehingga

tidak dapat dijual adalah 4 hari dan terlama 13 hari tergantung mutu awal buah (Amalia & Hairiyah 2018). Buah naga yang dipanen pada kondisi hijau semburat merah atau belum merah penuh membutuhkan waktu lebih lama untuk berubah menjadi merah sebelum akhirnya busuk sehingga umur simpan menjadi lebih panjang. Pada buah naga super (*H. costaricensis*) setelah terbentuk warna merah biasanya tahap berikutnya adalah munculnya bercak atau kebusukan pada kulit buah (Le Bellec & Vaillant 2006). Di antara patogen yang menyebabkan busuk buah setelah buah naga matang adalah *Rhizopus*, *Fusarium*, *Botryosphaeria*, *Colletotrichum* (Ali *et al.* 2013; Zahid *et al.* 2013; Chaemsanit, Matan & Matan 2018).

Sampai saat ini penelitian untuk meningkatkan mutu dan memperpanjang umur simpan buah naga masih dikaitkan dengan umur panen. Untuk mendapatkan padatan terlarut total tertinggi pada buah naga merah (*H. polyrhizus*) dengan pemanenan 36 hari setelah bunga mekar (Wanitchang *et al.* 2010). Selanjutnya untuk mendapatkan padatan terlarut total tertinggi pada buah naga merah super (*H. costaricensis*) adalah pemanenan umur 35 hari setelah anthesis (Istianingsih & Efendi 2013). Akan tetapi belum ada hasil penelitian yang menyebutkan pengaruh indeks panen berdasarkan warna kulit buah terhadap mutu dan umur simpan buah naga selama penyimpanan, walaupun telah ada hasil penelitian yang menyebutkan bahwa umur panen yang sama bisa menghasilkan warna kulit buah naga yang berbeda (Istianingsih & Efendi 2013). Indeks panen buah naga merupakan saat panen buah naga berdasarkan warna kulit yang biasa digunakan oleh petani atau produsen buah naga. Informasi mengenai pengaruh indeks panen buah naga terhadap mutu dan umur simpan tanpa dikaitkan dengan umur panen diperlukan untuk meningkatkan mutu dan umur simpan buah naga selama penyimpanan.

Tujuan penelitian ini ialah untuk mengetahui pengaruh indeks panen terhadap mutu dan umur simpan buah naga selama penyimpanan. Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini ialah indeks panen dapat meningkatkan mutu dan memperpanjang umur simpan buah naga.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada Bulan September sampai dengan November 2015 di Laboratorium Kimia dan Pascapanen Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika, dan tempat pengambilan buah naga di Kebun

Tabel 1. Indeks panen buah naga berdasarkan hasil pengamatan di lapangan (*Harvest index of dragon fruit based on observation in the field*)

Indeks panen (<i>Harvest index</i>)	Kriteria (<i>Criteria</i>)	Penampilan buah (<i>Fruit performance</i>)
Indeks I	Kulit buah hijau semburat merah (hijau 90–99% dan merah 1–10%), jumbai hijau	
Indeks II	Kulit buah hijau>merah (hijau 60–89% dan merah 11–40%), jumbai hijau	
Indeks III	Kulit buah hijau<merah (hijau 11–40% dan merah 60–89%), jumbai hijau	
Indeks IV	Kulit buah merah terang (hijau 0–10% dan merah 90–100%), jumbai hijau	
Indeks V	Kulit buah merah gelap, jumbai hijau	

Percobaan Aripa Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika, Nagari Aripa, Jln. Raya Solok – Aripa KM 8, Kabupaten Solok, Sumatra Barat.

Bahan dan Alat

Buah naga yang digunakan pada penelitian adalah buah naga daging merah (*Hylocereus polyrhizus*) dengan beberapa indeks panen berdasarkan warna kulit buah yang umum digunakan oleh petani atau produsen untuk memanen buah naga. Beberapa indeks panen yang digunakan oleh petani atau produsen buah naga untuk memanen buah naga berdasarkan hasil pengamatan di lapangan adalah: (1) kulit buah hijau semburat merah (hijau 90–99% dan merah 1–10%) dengan jumbai hijau, (2) kulit buah hijau>merah (hijau 60–89% dan merah 11–40%) dengan jumbai hijau, (3) kulit buah hijau<merah (hijau 11–40% dan merah 60–89%) dengan jumbai hijau, (4) kulit buah merah terang (hijau 0–10% dan merah 90–100%) dengan jumbai hijau, dan (5) kulit buah merah gelap dengan jumbai hijau. Alat yang digunakan antara lain timbangan analitik merk Sartorius, *hand refraktometer* merk Atago, gunting panen merk Velco, keranjang buah plastik berlubang, *Corona Thermo-Hygrometer*, buret merk Assistent, dan alat – alat gelas lainnya merk Pyrex dan Iwaki.

Metode Penelitian

Penelitian disusun dalam Rancangan Acak Lengkap dengan lima perlakuan dan lima ulangan sehingga terdapat 25 unit percobaan. Perlakuan dalam penelitian ini adalah indeks panen buah naga seperti terlihat pada Tabel 1.

Pelaksanaan penelitian diawali dengan pemanenan buah naga merah secara manual satu persatu dengan menggunakan gunting panen dengan indeks panen yang berbeda-beda. Selanjutnya, buah naga disortasi berdasarkan keutuhan, bebas memar, ukuran buah, layak konsumsi, serta bebas hama dan penyakit. Kegiatan berikutnya adalah pengangkutan buah naga dalam keranjang plastik berventilasi menuju laboratorium. Buah yang telah disortasi disusun berdasarkan indeks panen masing - masing, yaitu indeks I, II, III, IV, dan V. Buah naga yang warna kulit buah hijau semburat merah, yaitu hijau sedikit merah digolongkan indeks I, kulit buah hijau lebih besar dari merah (hijau>merah) digolongkan indeks II, kulit buah hijau lebih kecil dari merah (hijau<merah) digolongkan indeks III, kulit buah merah terang, yaitu merah sedikit hijau digolongkan indeks IV, dan kulit buah merah gelap digolongkan indeks V. Masing–masing perlakuan diulang sebanyak lima kali sehingga diperoleh 25 unit percobaan. Jumlah buah per unit percobaan adalah 15 buah sehingga diperoleh jumlah total buah sebanyak 375 buah. Buah yang telah diperlakukan selanjutnya disimpan pada suhu ruang (25–28°C) selama 10 hari untuk dilakukan pengamatan mutu buah.

Pengamatan mutu buah naga dari semua indeks panen dilakukan setiap 2 hari sekali, yaitu pada 0, 2, 4, 6, 8, dan 10 hari setelah panen (HSP) pada pagi hari. Variabel yang diamati sebagai data nonparametrik, yaitu warna kulit dan kesegaran buah. Variabel yang diamati sebagai data parametrik, yaitu padatan terlarut total dengan *hand refraktometer* merk Atago, asam tertitrasi total dengan metode titrasi, dan susut bobot

dengan cara menghitung persentase selisih bobot awal dengan bobot buah setiap hari pengamatan.

Pengamatan warna kulit buah naga dilakukan dengan cara skoring 1–6. Pengamatan warna kulit buah dilakukan secara visual dengan cara menghitung persentase warna hijau dan merah pada kulit buah naga secara visual. Rincian skor warna kulit buah naga adalah sebagai berikut: 1=hijau 90–99% dan merah 1–10% (hijau semburat merah), 2=hijau 60–89% dan merah 11–40% (hijau>merah), 3=hijau 11–40% dan merah 60–89% (hijau<merah), 4=hijau 0–10% dan merah 90–100% (merah terang), 5=merah gelap, dan 6 = merah gelap, ada bercak cokelat dan atau lunak pada kulit buah.

Pengamatan kesegaran buah naga juga dilakukan dengan cara skoring 1–5 dengan memodifikasi metode yang telah ada (Istianingsih & Efendi 2013). Rincian skor kesegaran buah naga adalah sebagai berikut: 5 (sangat segar): warna kulit buah seperti saat panen, 100% jumbai buah masih hijau dan segar, 4 (segar): 1–30% jumbai buah mulai berubah warna (menguning), 3 (cukup segar): 31–100% jumbai buah sudah berubah warna (menguning dan layu) serta kulit buah mulai layu, 2 (kurang segar): 100% jumbai buah mengering dan berwarna cokelat, sedangkan kulit buah layu dan mengeriput, 1 (layu): buah mulai mengalami proses busuk buah (kulit buah berwarna cokelat, lunak, terkadang disertai hifa berwarna hitam dan putih). Kesegaran buah naga dengan skor 3 (cukup segar) merupakan batas minimum kondisi buah yang dapat diterima konsumen.

Data parameterik dan nonparametrik yang telah diperoleh diuji menggunakan anova (*analysis of varians*). Jika terdapat pengaruh perlakuan maka akan dilanjutkan dengan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5% menggunakan S.A.S

HASIL DAN PEMBAHASAN

Warna Kulit Buah

Warna kulit buah merupakan parameter yang paling umum digunakan untuk mengetahui tingkat kematangan buah naga, selain padatan terlarut total, asam tertitrasi total, dan jumlah hari setelah anthesis (Paull 2014). Buah naga yang dipanen pada indeks panen berbeda yang ditandai warna kulit buah berbeda mengalami perubahan warna kulit selama penyimpanan. Perubahan warna kulit buah naga pada semua perlakuan indeks panen selama penyimpanan dapat dilihat pada Tabel 2.

Perubahan warna kulit buah naga selama penyimpanan adalah perubahan warna kulit buah naga yang dipanen pada indeks I, II, III, dan IV menjadi merah gelap (skor 5), sebelum akhirnya timbul bercak cokelat dan atau lunak pada kulit buah (skor 6). Terbentuknya warna merah gelap (skor 5) dan hilangnya warna hijau merupakan tahap terakhir dari perkembangan warna kulit buah naga. Indeks panen berpengaruh nyata terhadap perubahan warna kulit buah naga selama penyimpanan (Tabel 2). Kulit buah naga yang dipanen pada indeks I dan II berubah menjadi merah gelap (skor 5) setelah disimpan 4 HSP dan nyata bisa bertahan tidak busuk hingga 8 HSP. Selanjutnya, buah naga yang dipanen pada indeks III berubah warna menjadi merah gelap (skor 5) setelah disimpan 4 HSP dan nyata bisa bertahan tidak busuk hingga 6 HSP, 2 hari lebih cepat dibandingkan indeks I dan II. Demikian juga buah naga yang dipanen pada indeks IV berubah warna menjadi merah gelap (skor 5) setelah disimpan 2 HSP, nyata juga bisa bertahan tidak busuk hingga 6 HSP. Sebaliknya buah naga dipanen pada indeks V, yaitu kondisi buah telah merah gelap (skor 5) saat dipanen, nyata hanya bisa bertahan

Tabel 2. Pengaruh indeks panen terhadap warna kulit buah naga (*Effect of harvest index on peel color of dragon fruit*)

Indeks panen (Harvest index)	Warna kulit (<i>Peel color</i>), skor (<i>score</i>)					
	0 HSP (DAH)	2 HSP (DAH)	4 HSP (DAH)	6 HSP (DAH)	8 HSP (DAH)	10 HSP (DAH)
Indeks I	1,00	3,00 c	5,00 a	5,00 b	5,20 b	5,89 a
Indeks II	2,00	3,61 b	5,00 a	5,02 b	5,34 b	5,84 a
Indeks III	3,00	3,67 b	5,04 a	5,05 b	5,69 a	5,95 a
Indeks IV	4,00	5,00 a	5,02 a	5,13 b	5,69 a	5,84 a
Indeks V	5,00	5,04 a	5,07 a	5,60 a	5,96 a	5,98 a
KK (CV), %		7,75	1,04	2,36	4,20	1,92

Angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji lanjut DMRT 5% (*Mean followed by the same letter in the same column are not significantly different based on DMRT, $p=0,05$*). HSP: hari setelah panen (DAH:day after harvesting).KK:koefisien keragaman (CV:coefficient of variance). Data 0 HSP tidak dianalisis statistik (*No statistically analyzed data of 0 DAH*). Nilai perubahan warna kulit buah naga (*change value of peel color*): 1:hijau semburat merah (*green tinge of red*), 2:hijau>merah (*green>red*), 3:hijau<merah (*green<red*), 4:merah terang (*light red*), 5:merah gelap (*dark red*), 6:merah gelap, ada bercak cokelat dan atau lunak pada kulit buah (*dark red, there are brown spot and or soft rot on peel of fruit*)

untuk tidak busuk hingga 4 HSP, 4 hari lebih cepat dibandingkan indeks I dan II dan 2 hari lebih cepat dibandingkan indeks III dan IV. Busuk buah naga ditandai dengan kulit buah berwarna merah gelap, telah ada bercak cokelat dan atau lunak pada kulit buah (skor 6).

Hasil penelitian ini menunjukkan semakin rendah indeks panen ditandai dengan semakin hijau kulit buah, semakin lama waktu perubahan warna kulit buah naga menjadi merah gelap dan busuk. Selanjutnya hasil penelitian juga menunjukkan walaupun buah naga yang tergolong buah nonklimakterik dipanen pada keadaan warna kulit buah tidak merah gelap (indeks I, II, III, dan IV), perkembangan warna kulit buah naga menjadi merah gelap tetap terjadi setelah buah dipanen dan selama penyimpanan. Perubahan warna kulit buah dari hijau menjadi merah merupakan proses kematangan yang umum terjadi pada buah naga yang biasanya berlangsung 25 atau 27 hari setelah anthesis yang tergantung jenisnya (Nerd, Gutman & Mizrahi 1999). Buah naga yang diberi perlakuan kombinasi bahan tambahan dan air panas juga mengalami perubahan kulit menjadi merah gelap saat penyimpanan (Jitareerat et al. 2018). Selanjutnya pada buah naga Super Red (*H. costaricensis*) setelah terbentuk warna merah biasanya tahap berikutnya adalah munculnya bercak atau kebusukan pada kulit buah (Le Bellec & Vaillant 2006). Busuk buah adalah penyebab utama kerusakan buah naga selain suhu tinggi yang menghasilkan respirasi tinggi, dan proses kematangan yang cepat (Nerd, Gutman & Mizrahi 1999). Busuk pada buah naga akan menyebabkan umur simpan buah naga menjadi pendek (Zahid et al. 2013).

Adanya perbedaan lama waktu perubahan warna kulit buah naga dari berbagai indeks panen selama penyimpanan bisa dikaitkan dengan kandungan klorofil yang umumnya merupakan pigmen hijau pada buah atau tanaman. Kandungan klorofil yang banyak pada kulit buah akan menyebabkan waktu perubahan warna kulit buah secara alami atau waktu perombakan klorofil oleh enzim perombak klorofil menjadi merah gelap lebih lama. Enzim yang bekerja dalam perombakan klorofil, yaitu enzim klorofilase (Ilmi, Poerwanto & Sutrisno 2015). Klorofil merupakan jenis pigmen utama berwarna hijau pada tumbuhan dengan struktur mirip hemoglobin (pigmen pada darah manusia), di mana atom sentral Fe^{2+} pada darah diganti dengan Mg^{2+} pada klorofil (Ernaini, Supriadi & Rinto 2012). Selanjutnya warna merah pada buah naga menunjukkan kandungan betacyanin yang merupakan tergolong pigmen larut air (Le Bellec & Vaillant 2006; Wybraniec et al. 2007; Phebe et al. 2009; Priatni & Pradita 2015). Betacyanin tergolong dalam kelas pigmen betalain (Phebe et al. 2009; Woo et al. 2011) yang menunjukkan

karakteristik dari ordo tanaman *caryophyllales* (Phebe et al. 2009), di mana betalain ini tidak hanya digunakan sebagai pewarna makanan, namun juga berfungsi sebagai antioksidan (Stintzing, Schieber & Carle 2003; Le Bellec & Vaillant 2006). Kandungan betacyanin pada kulit dan daging buah naga meningkat dengan tajam dari 25 hingga 30 hari setelah anthesis dan setelah itu melambat (Phebe et al. 2009).

Kesegaran

Kesegaran merupakan salah satu parameter fisik yang dapat digunakan untuk menentukan batas minimum mutu buah naga yang dapat diterima konsumen. Batas minimum mutu buah naga Super Red yang dapat diterima konsumen ditandai dengan $30\% < \text{jumbai buah} \leq 100\%$ sudah berubah warna (menguning dan layu) (Istianingsih & Efendi 2013). Kesegaran juga bisa digunakan untuk menentukan umur simpan buah naga. Umur simpan merupakan jangka waktu yang menunjukkan batas minimum mutu buah naga masih dapat diterima oleh konsumen. Kesegaran buah naga setiap perlakuan indeks panen selama penyimpanan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan indeks panen berpengaruh nyata terhadap kesegaran buah naga selama penyimpanan berdasarkan hasil analisis statistik. Hasil penelitian menunjukkan kesegaran buah naga menurun seiring dengan lamanya buah disimpan. Waktu terlama kesegaran buah naga dapat dipertahankan sampai buah cukup segar (skor 3) adalah 8 HSP, yaitu buah naga yang dipanen pada indeks I dan indeks II. Selanjutnya, kesegaran buah naga yang dipanen pada indeks III dan IV dapat dipertahankan sampai buah cukup segar (skor 3) adalah 6 HSP, 2 hari lebih pendek dibandingkan indeks I dan II, sedangkan kesegaran buah naga yang dipanen pada indeks V hanya dapat dipertahankan sampai buah cukup segar (skor 3) hingga 4 HSP, 2 hari lebih pendek dibandingkan indeks III dan IV dan 4 hari lebih pendek dibandingkan indeks I dan II.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa umur simpan buah naga dari berbagai indeks panen berdasarkan kesegaran adalah berbeda – beda. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan umur simpan buah naga yang dipanen pada indeks I dan II adalah yang terlama, yaitu 8 HSP. Sebaliknya umur simpan buah naga yang dipanen pada indeks V adalah yang terpendek, yaitu 4 HSP. Pendeknya umur simpan buah naga yang dipanen pada indeks V disebabkan karena buah lebih cepat busuk. Lebih cepat busuknya buah yang dipanen pada indeks panen V disebabkan buah dipanen dalam keadaan telah matang fisiologis (merah gelap). Perubahan fisiologis yang terjadi secara alami pada buah yang telah matang adalah penurunan mutu atau pembusukan, hal ini disebabkan kematangan

Tabel 3. Pengaruh indeks panen terhadap kesegaran buah naga (*Effect of harvest index on freshness of dragon fruit*)

Indeks panen (<i>Harvest index</i>)	Kesegaran (<i>Freshness</i>), skor (<i>score</i>)					
	0 HSP (<i>DAH</i>)	2 HSP (<i>DAH</i>)	4 HSP (<i>DAH</i>)	6 HSP (<i>DAH</i>)	8 HSP (<i>DAH</i>)	10 HSP (<i>DAH</i>)
Indeks I	5,0 a	5,0 a	4,0 a	3,0 a	3,0 a	2,0 a
Indeks II	5,0 a	5,0 a	4,0 a	3,0 a	3,0 a	2,2 a
Indeks III	5,0 a	4,8 a	4,4 a	3,0 a	2,4 b	2,0 a
Indeks IV	5,0 a	4,8 a	4,4 a	3,0 a	2,4 b	1,8 ab
Indeks V	5,0 a	3,6 b	3,0 b	2,2 b	2,0 b	1,4 b
KK (<i>CV</i>), %	0	8,06	8,74	7,04	13,53	19,90

Angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji lanjut DMRT 5% (*Mean followed by the same letter in the same column are not significantly different based on DMRT, $p=0,05$*). HSP: hari setelah panen (*DAH*: day after harvesting). KK: koefisien keragaman (*CV*: coefficient of variance). Nilai kesegaran (*value of freshness*): 5=sangat segar (*more fresh*); 4=segar (*fresh*); 3=cukup segar (*quite fresh*); 2=kurang segar (*less fresh*); 1=layu (*sriveled*)



Gambar 1. Penampilan busuk buah naga yang terus meningkat selama penyimpanan (*The rotten appearance of dragon fruit continues to increase during storage*)

merupakan tahap akhir dari perkembangan buah dan tahap awal perubahan menuju busuk. Munculnya bercak dan kebusukan pada kulit buah naga Super Red merupakan proses alami yang terjadi setelah terbentuk warna merah pada kulit buah (Le Bellec & Vaillant 2006).

Busuk buah yang utama ditemui pada buah naga selama penyimpanan ditandai adanya bercak cokelat dan atau lunak pada buah. Bercak cokelat dan atau busuk lunak terus mengalami peningkatan selama penyimpanan seperti yang terlihat pada Gambar 1. Busuk buah naga berupa lunak berair cenderung lebih cepat menyebabkan kerusakan buah naga dibandingkan dengan bercak cokelat. Busuk buah merupakan penyebab utama kerusakan buah naga selain suhu tinggi yang menghasilkan respirasi tinggi, dan proses kematangan yang cepat (Nerd, Gutman & Mizrahi 1999) yang menyebabkan umur simpan buah naga menjadi pendek (Zahid *et al.* 2013).

Padatan Terlarut Total

Padatan terlarut total (PTT) menunjukkan jumlah gula pereduksi khususnya glukosa (30–50 g/L) dan fruktosa (4–20 g/L) pada buah naga tergantung varietas dan kultivar (Le Bellec & Vaillant 2006). Gula yang ada pada buah naga daging merah adalah glukosa,

fruktosa, dan beberapa oligosakarida (Wichienchot, Jatupornpipat & Rastall 2010). Kandungan PTT pada buah juga bisa sebagai penanda mutu penting pada buah-buahan (Istianingsih & Efendi 2013). Kandungan PTT buah naga pada semua perlakuan indeks panen berkisar antara 11,7–16,7 °Brix yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa indeks panen berpengaruh nyata terhadap PTT buah naga selama penyimpanan. Hasil penelitian menunjukkan ada kecenderungan kandungan PTT buah naga yang dipanen pada indeks V adalah tertinggi tetapi tidak berbeda nyata dengan indeks III dan IV selama penyimpanan berdasarkan hasil analisis statistik. Sebaliknya kandungan PTT buah naga yang dipanen pada indeks I cenderung terendah tetapi juga tidak berbeda nyata dengan indeks II dari 2 – 10 HSP. Akan tetapi pada 2 – 10 HSP, buah naga yang dipanen pada indeks III dan IV tidak berbeda nyata dibandingkan indeks II. Terjadinya peningkatan PTT buah naga dari hasil penelitian ini tidak seiring dengan meningkatnya indeks panen.

Walaupun tidak terjadi peningkatan PTT seiring dengan meningkatnya indeks panen, tetapi tetap ada kecenderungan terjadinya peningkatan kandungan PTT dari indeks I hingga indeks III selama penyimpanan (Tabel 4). Meningkatnya kemanisan buah seiring dengan meningkatnya tingkat kematangan pada buah naga membuktikan bahwa terjadinya perombakan karbohidrat dalam buah menjadi gula-gula sederhana selama proses pematangan (Wanitchang *et al.* 2010). Peningkatan PTT buah naga yang berasal dari Thailand terjadi dari umur panen 23 sampai 30 hari setelah bunga mekar (Wanitchang *et al.* 2010). Selanjutnya peningkatan PTT buah naga yang berasal dari Brasil terjadi dari umur panen 28 – 42 hari setelah bunga mekar (Magalhaes *et al.* 2019).

Adanya peningkatan PTT buah naga yang dipanen pada indeks I hingga indeks III dan stabil pada indeks

Tabel 4. Pengaruh indeks panen terhadap padatan terlarut total buah naga (*Effect of harvest index on total soluble solid of dragon fruit*)

Indeks panen (<i>Harvest index</i>)	Padatan terlarut total (<i>Total soluble solid</i>), °Brix					
	0 HSP (<i>DAH</i>)	2 HSP (<i>DAH</i>)	4 HSP (<i>DAH</i>)	6 HSP (<i>DAH</i>)	8 HSP (<i>DAH</i>)	10 HSP (<i>DAH</i>)
Indeks I	13,3 b	13,5 b	13,2 b	12,0 c	11,7 b	12,4 b
Indeks II	13,7 b	14,2 ab	13,6 b	12,9 bc	12,8 ab	13,7 ab
Indeks III	15,7 a	15,0 a	14,2 ab	14,0 ab	14,2 a	14,9 a
Indeks IV	16,0 a	15,3 a	14,5 ab	14,3 ab	14,2 a	14,0 a
Indeks V	16,7 a	15,4 a	15,5 a	14,9 a	14,0 a	14,9 a
KK (<i>CV</i>), %	7,96	6,51	7,64	9,53	1	11,07

Angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji lanjut DMRT 5% (*Mean followed by the same letter in the same column are not significantly different based on DMRT, $p=0,05$*). HSP: hari setelah panen (*DAH*: day after harvesting). KK: koefisien keragaman (*CV*: coefficient of variance)

berikutnya selama penyimpanan menunjukkan peningkatan PTT ada batasnya. Kandungan PTT buah naga yang berasal dari Thailand meningkat dari umur 23 hingga 30 hari setelah bunga mekar, sebaliknya cenderung stabil dan menurun dari umur panen 31 hingga 40 hari setelah bunga mekar (Wanitchang *et al.* 2010). Meningkatnya PTT buah naga yang dipanen pada indeks I hingga indeks III dan tidak meningkat secara nyata pada indeks berikutnya menunjukkan buah naga bisa dipanen pada indeks III untuk mendapatkan kemanisan tertinggi. Hasil penelitian menunjukkan rasa manis tertinggi pada buah naga tidak didapatkan pada buah naga yang memiliki umur simpan terlama. Mutu buah optimum didapatkan jika buah dipanen pada saat buah telah matang, sedangkan umur simpan terlama didapatkan jika buah dipanen saat belum matang (Toivonen 2007).

Meskipun PTT buah naga tidak nyata meningkat dengan meningkatnya indeks panen, akan tetapi PTT buah naga menurun seiring dengan lamanya buah disimpan. Perubahan warna kulit buah naga yang dipanen pada indeks I, II, III, dan IV menjadi merah gelap setelah buah disimpan tidak menyebabkan terjadinya peningkatan PTT pada buah yang dipanen pada indeks tersebut. Terjadinya penurunan kandungan PTT buah naga dari semua indeks panen selama penyimpanan dikaitkan dengan karakteristik buah naga yang bersifat nonklimakterik. Tidak meningkatnya produksi etilen dan CO₂ yang dihasilkan pada buah yang tergolong nonklimakterik setelah dipanen (Nerd, Gutman & Mizrahi 1999; Obando-ulloa *et al.* 2008) menyebabkan tidak terjadi peningkatan mutu setelah buah dipanen di antaranya PTT. Padatan terlarut total buah naga yang diberi perlakuan minyak *peppermint* menurun sejak awal buah disimpan hingga 21 hari penyimpanan (Chaemsanit, Matan & Matan 2018). Ditemukannya buah naga yang memiliki warna kulit merah penuh (merah gelap) tetapi memiliki rasa yang tidak manis atau hambar di pasaran kemungkinan disebabkan buah dipanen belum matang fisiologis (masih hijau).

Sebagai buah yang tergolong nonklimakterik, PTT dari buah naga yang dipanen pada kondisi belum matang optimum (masih hijau) tidak meningkat setelah panen dan selama penyimpanan walaupun kulit buah berubah menjadi merah gelap setelah disimpan.

Asam Tertitrasi Total

Asam tertitrasi total (ATT) pada buah menunjukkan jumlah asam organik yang terkandung dalam buah tersebut. Asam organik yang terkandung dalam buah akan memengaruhi rasa dan aroma buah sehingga digunakan untuk menentukan mutu dari buah-buahan. Asam organik utama yang terkandung dalam buah naga adalah asam sitrat dan L-Asam Laktat (Stintzing, Schieber & Carle 2003). Kandungan asam tertitrasi total buah naga dari semua perlakuan indeks panen berkisar antara 0,30 – 1,71% yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Hasil penelitian pada Tabel 5 menunjukkan indeks panen berpengaruh nyata terhadap kandungan ATT buah naga pada 0, 2, 4, dan 10 HSP. Ada kecenderungan kandungan ATT buah naga menurun seiring meningkatnya indeks panen. Kandungan ATT buah naga yang dipanen pada indeks I adalah tertinggi dan berbeda nyata dengan indeks lainnya pada 0 HSP, tetapi tidak berbeda nyata dengan indeks II pada 2 – 10 HSP. Sebaliknya kandungan ATT buah naga yang dipanen pada indeks V adalah terendah dan berbeda nyata dengan indeks lainnya pada 0 HSP, tetapi juga tidak berbeda nyata dengan indeks III dan IV pada 2 – 10 HSP.

Menurunnya kandungan ATT seiring dengan meningkatnya indeks panen buah naga disebabkan selama proses pematangan terjadi proses respirasi dan metabolisme lainnya. Proses metabolisme asam organik menyebabkan penurunan kandungan ATT (Ali *et al.* 2013; Chaemsanit, Matan & Matan 2018) yang diikuti terjadinya pembusukan pada buah (Ali *et al.* 2013). Penurunan kandungan ATT pada buah juga bisa disebabkan karena berubahnya atau terkonversi pati menjadi gula dalam buah (Lum & Norazira 2011).

Tabel 5. Pengaruh indeks panen terhadap asam tertitrasi total buah naga (*Effect of harvest index on total titrable acidity of dragon fruit*)

Indeks panen (<i>Harvest index</i>)	Asam tertitrasi total (<i>Total titrable acidity</i>), %					
	0 HSP (<i>DAH</i>)	2 HSP (<i>DAH</i>)	4 HSP (<i>DAH</i>)	6 HSP (<i>DAH</i>)	8 HSP (<i>DAH</i>)	10 HSP (<i>DAH</i>)
Indeks I	1,77 a	1,21 a	0,77 a	0,56 a	0,46 a	0,52 a
Indeks II	1,28 b	0,94 ab	0,54 ab	0,48 a	0,47 a	0,48 a
Indeks III	1,08 b	0,71 bc	0,51 b	0,38 a	0,44 a	0,38 ab
Indeks IV	1,06 b	0,64 bc	0,44 b	0,33 a	0,43 a	0,30 b
Indeks V	0,68 c	0,50 c	0,44 b	0,39 a	0,54 a	0,42 ab
KK (<i>CV</i>), %	15,53	21,53	23,50	24,41	17,36	17,99

Angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji lanjut DMRT 5% (*Mean followed by the same letter in the same column are not significantly different based on DMRT, p=0,05*). HSP: hari setelah panen (*DAH: day after harvesting*). KK: koefisien keragaman (*CV: coefficient of variance*)

Asam tertitrasi total buah naga meningkat dari 23 sampai 26 hari setelah anthesis dan selanjutnya akan menurun secara konstan sampai busuk (Wanitchang *et al.* 2010). Asam tertitrasi total buah naga juga bisa menurun dari 28 sampai 42 hari setelah bunga mekar (Magalhaes *et al.* 2019).

Dari Tabel 5 juga dapat dilihat bahwa kandungan ATT buah naga pada semua indeks panen menurun seiring dengan lamanya buah disimpan. Terjadinya penurunan ATT buah naga pada semua indeks panen setelah buah disimpan juga dikaitkan dengan proses respirasi dan proses metabolisme lainnya yang terjadi pada buah naga selama penyimpanan. Hasil penelitian lain menyebutkan ATT dari buah naga yang diberikan perlakuan air panas dan lama penyimpanan menurun selama penyimpanan (Lum & Norazira 2011).

Susut Bobot

Susut bobot bisa diartikan kehilangan bobot pada buah setelah panen dan selama penyimpanan yang disebabkan oleh kehilangan kandungan air dari buah-buahan. Kehilangan kandungan air akan mengakibatkan kehilangan berat, penampakan yang tidak menarik, dan tekstur yang lunak (Rahmawati 2010). Susut bobot ini merupakan permasalahan utama dalam penanganan pascapanen buah naga, selain kerusakan mekanik, *chilling injury*, dan busuk buah (Nerd, Gutman & Mizrahi 1999; Freitas & Mitcham 2013). Susut bobot buah naga dari semua perlakuan indeks panen selama penyimpanan dapat dilihat pada Tabel 6.

Hasil penelitian pada Tabel 6 menunjukkan perlakuan indeks panen berpengaruh nyata terhadap susut bobot buah naga selama penyimpanan (2–10 HSP). Pada awal penyimpanan terlihat susut bobot buah naga menurun seiring dengan meningkatnya indeks panen, tetapi penurunan yang nyata hanya terjadi dari indeks I hingga indeks III pada 2–4 HSP dan dari indeks I hingga indeks II pada 6 HSP. Susut bobot buah naga yang dipanen pada indeks III tidak berbeda nyata dengan IV dan V pada 2–6 HSP.

Demikian juga susut bobot buah naga yang dipanen pada indeks II tidak berbeda nyata dengan indeks III, IV, dan V pada 6 HSP. Tingginya susut bobot buah naga yang dipanen pada indeks I dibandingkan indeks panen lainnya kemungkinan disebabkan semakin muda jaringan atau belum matang buah, semakin tinggi laju respirasi dan transpirasi pada buah tersebut. Respirasi dan transpirasi merupakan penyebab dari susut bobot pada buah (Petriccione *et al.* 2015; Gao *et al.* 2019) yang terjadi pada buah yang tergolong klimakterik dan nonklimakterik setelah panen dan selama penyimpanan. Susut bobot pada buah yang belum matang selalu lebih tinggi dibandingkan dengan buah yang telah matang selama periode penyimpanan (Kamol *et al.* 2016).

Walaupun susut bobot buah naga yang dipanen pada indeks V termasuk terendah pada 2–6 HSP tetapi susut bobot buah naga pada indeks panen tersebut menjadi nyata lebih tinggi pada 8–10 HSP. Tingginya susut bobot buah naga yang dipanen pada indeks V pada 8–10 HSP kemungkinan disebabkan karena tingginya kerusakan buah yang disebabkan oleh busuk buah pada akhir - akhir penyimpanan (8–10 HSP). Kerusakan yang terjadi pada buah akan menyebabkan meningkatnya susut bobot pada buah. Kerusakan sel pada jaringan tanaman ditandai dengan gejala berupa kehilangan air yang pada akhirnya akan mengakibatkan kehilangan bobot (Yang *et al.* 2009).

Hasil penelitian pada Tabel 6 juga menunjukkan susut bobot buah naga dari semua perlakuan indeks panen meningkat seiring dengan lamanya buah disimpan. Dari Tabel 6 dapat diartikan bahwa penyusutan bobot buah naga itu tergantung dari lamanya buah disimpan. Semakin lama buah disimpan semakin berkurang bobot yang mengakibatkan meningkatnya susut bobot. Terjadinya peningkatan susut buah pada buah setelah panen dan selama penyimpanan merupakan karakteristik alami dari komoditas hortikultura (Lum & Norazira 2011) disebabkan proses respirasi dan transpirasi (Petriccione

Tabel 6. Pengaruh indeks panen terhadap susut bobot buah naga (*Effect of harvest index on weight loss of dragon fruit*)

Indeks panen (<i>Harvest index</i>)	Susut bobot (<i>Weight loss</i>), %				
	2 HSP (<i>DAH</i>)	4 HSP (<i>DAH</i>)	6 HSP (<i>DAH</i>)	8 HSP (<i>DAH</i>)	10 HSP (<i>DAH</i>)
Indeks I	1,51 a	2,16 a	2,58 a	3,46 b	4,66 b
Indeks II	1,38 b	1,78 b	2,24 b	3,32 b	4,34 b
Indeks III	1,29 c	1,69 bc	2,21 b	3,43 b	4,78 b
Indeks IV	1,23 c	1,62 c	2,18 b	3,32 b	4,66 b
Indeks V	1,22 c	1,60 c	2,25 b	4,13 a	6,34 a
KK (<i>CV</i>), %	4,28	5,57	4,28	5,41	7,81

Angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji lanjut DMRT 5% (*Mean followed by the same letter in the same column are not significantly different based on DMRT, $p=0,05$*). HSP: hari setelah panen (*DAH*: day after harvesting). KK: koefisien keragaman (*CV*: coefficient of variance)

et al. 2015; Gao et al. 2019) yang terjadi pada buah tergolong klimakterik dan nonklimakterik setelah panen dan selama penyimpanan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Perlakuan indeks panen berpengaruh nyata terhadap warna kulit, kesegaran, PTT, ATT, dan susut bobot buah naga selama penyimpanan. Perlakuan indeks I dan II dapat disimpan 8 HSP, perlakuan indeks III dan IV dapat disimpan 6 HSP, dan perlakuan indeks V dapat disimpan 4 HSP berdasarkan warna kulit dan kesegaran.

Perlakuan yang menghasilkan umur simpan terlama berdasarkan warna kulit dan kesegaran adalah buah naga yang dipanen pada indeks I dan II. Akan tetapi perlakuan indeks II menghasilkan PTT lebih tinggi, ATT, dan susut bobot lebih rendah dibandingkan indeks I.

Perlakuan yang menghasilkan PTT tertinggi, ATT, dan susut bobot terendah adalah buah naga yang dipanen pada indeks III dan IV. Akan tetapi perubahan warna kulit buah naga yang dipanen pada indeks III lebih lambat dibandingkan indeks IV.

Indeks panen buah naga yang menghasilkan mutu terbaik selama penyimpanan tidak menghasilkan umur simpan terlama. Sebaliknya indeks panen buah naga yang menghasilkan umur simpan terlama tidak menghasilkan mutu terbaik selama penyimpanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, A, Zahid, N, Manickam, S, Siddiqui, Y, Alderson, PG & Maqbool, M 2013, 'Effectiveness of submicron chitosan dispersions in controlling anthracnose and maintaining quality of dragon fruit', *Postharvest Biology and Technology*, vol. 86, pp. 147–153.
- Amalia, RR & Hairiyah, N 2018, 'Analisis kerusakan mekanis dan umur simpan pada rantai pasok buah naga di Kabupaten Tanah Laut', *Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, vol. 7, pp. 107–115.
- Awang, Y, Ghani, A, Azlan, M & Sijam, K 2011, 'Effect of calcium chloride on anthracnose disease and postharvest quality of red-flesh dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*)', *African Journal of Microbiology Research*, vol. 5, no. 29, pp. 5250–5259.
- Le Bellec, F & Vaillant, F 2006, 'Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a New fruit crop, a market with a future', *Fruits*, vol. 61, no. 4, pp. 237–250.
- Chaemsanit, S, Matan, Narumol & Matan, Nirundorn 2018, 'Effect of peppermint oil on the shelf-life of dragon fruit during storage', *Food Control*, vol. 90, pp. 172–179.
- David, B 2014, 'Chapter 11 - fruit growth, ripening and post-harvest physiology', in *Plants in Action 1st Edition*, pp. 1–22.
- Dembitsky, VM, Poovarodom, S, Leontowicz, H, Leontowicz, M, Vearasilp, S, Trakhtenberg, S & Gorinstein, S 2011, 'The multiple nutrition properties of some exotic fruits : Biological activity and active metabolites', *FRIN*, vol. 44, no. 7, pp. 1671–1701.
- Ernaini, Y, Supriadi, A & Rinto 2012, 'Pengaruh jenis pelarut terhadap klorofil dan senyawa fitokimia daun kiambang (*Salvinia molesta* Mitchell) dari perairan rawa', *Fishtech*, vol. 1, no. 1, pp. 1–13.
- Freitas, ST de & Mitcham, EJ 2013, 'Quality of pitaya fruit (*Hylocereus undatus*) as influenced by storage temperature and packaging', *Scientia Agricola*, vol. 70, no. 4, pp. 257–262.
- Gao, Y, Liu, Y, Kan, C, Chen, M & Chen, J 2019, 'Changes of peel color and fruit quality in navel orange fruits under different storage methods', *Scientia Horticulturae*, vol. 256, no. June, p. 108522.
- Hoa, TT, Clark, CJ, Waddell, BC & Woolf, AB 2006, 'Postharvest quality of dragon fruit (*Hylocereus undatus*) following disinfesting hot air treatments', *Article in Postharvest Biology and Technology*, vol. 41, pp. 62–69.
- Ilmi, N, Poerwanto, R & Sutrisno 2015, 'Perlakuan air panas dan pengaturan suhu simpan untuk mempertahankan kualitas buah mangga (*Mangifera indica* L.) cv. Gedong', *J. Hort.*, vol. 25, no. 1, pp. 78–87.
- Indriyani, NLP & Hardiyanto 2019, 'Pengaruh teknik penyerbukan terhadap pembentukan buah naga (*Hylocereus polyrhizus*)', *J. Hort.*, vol. 28, no. 2, pp. 183–190.

14. Irtwange, S V 2006, 'Maturity , quality and marketing of fruits and vegetables', *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*, vol. VIII, no. 7, pp. 1–9.
15. Ismail, NSM, Ramli, N, Hani, NM & Meon, Z 2012, 'Extraction and characterization of pectin from dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) using various extraction condition', *Sains Malaysiana*, vol. 41, no. 1, pp. 41–45.
16. Istianingsih, T & Efendi, D 2013, 'Pengaruh umur panen dan suhu simpan terhadap umur simpan buah naga Super Red (*Hylocereus costaricensis*)', *Jurnal Hortikultura Indonesia*, vol. 4, no. April, pp. 54–61.
17. Jitareerat, P, Sripong, K, Masaya, K, Aiamla-or, S & Uthairatanakij, A 2018, 'Combined effects of food additives and heat treatment on fruit rot disease and quality of harvested dragon fruit', *Agriculture and Natural Resources*, vol. 52, no. 6, pp. 543–549.
18. Jumjunidang, Yanda, RP, Rizka & Emilda, D 2019, 'Identifikasi dan karakterisasi penyakit kanker batang dan buah pada tanaman buah naga (*Hylocereus* spp.) di Indonesia', *J. Hort.*, vol. 20, no. 1, pp. 103–110.
19. Kamol, S, Howlader, J, Dhar, GS & Aklimuzzaman, M 2016, 'Effect of different stages of maturity and postharvest treatments on quality and storability of pineapple', *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, vol. 12, no. 2, pp. 251–260.
20. Li, L, Lichter, A, Chalupowicz, D, Gamrasni, D, Goldberg, T, Nerya, O, Ben-arie, R & Porat, R 2016, 'Postharvest biology and technology effects of the ethylene-action inhibitor 1-methylcyclopropene on postharvest quality of non-climacteric fruit crops', *Postharvest Biology and Technology Journal*, vol. 111, pp. 322–329.
21. Lum, MS & Norazira, MA 2011, 'Effects of hot water , submergence time and storage duration on quality of dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*)', *Journal of Agricultural Science*, vol. 3, no. 1, pp. 146–152.
22. Magalhães, DS, Mendes, D, Ramos, JD, Aparecida, L, Pio, S, Pasqual, M, Valério, E, Vilas, B, Galvão, EC & Melo, ET De 2019, 'Changes in the physical and physico-chemical characteristics of red-pulp dragon fruit during its development', *Scientia Horticulturae*, vol. 253, no. February, pp. 180–186.
23. Mizrahi, Y, Mouyal, J, Nerd, A & Sitrit, Y 2004, 'Metaxenia in the vine cacti *Hylocereus polyrhizus* and *Selenicereus* spp.', *Annals of Botany*, vol. 93, pp. 469–472.
24. Nerd, A, Gutman, F & Mizrahi, Y 1999, 'Ripening and postharvest behaviour of fruits of two *Hylocereus* species (Cactaceae)', *Postharvest Biology and Technology*, vol. 17, no. 1, pp. 39–45.
25. Obando-ulloa, JM, Moreno, E, Garc, J, Nicolai, B, Lammertyn, J, Monforte, AJ & Fern, JP 2008, 'Climacteric or non-climacteric behavior in melon fruit 1 . Aroma volatiles', *Postharvest Biology and Technology*, vol. 49, pp. 27–37.
26. Obenland, D, Cantwell, M, Lobo, R, Collin, S, Sievert, J & Lu, M 2016, 'Impact of storage conditions and variety on quality attributes and aroma volatiles of pitahaya (*Hylocereus* spp.)', *Scientia Horticulturae*, vol. 199, pp. 15–22.
27. Paull, RE 2014, 'Dragon fruit: postharvest quality-maintenance guidelines', *CTAHR*, no. May, pp. 37–39.
28. Petriccione, M, De Sanctis, F, Pasquariello, MS, Mastrobuoni, F, Rega, P, Scortichini, M & Mencarelli, F 2015, 'The effect of chitosan coating on the quality and nutraceutical traits of sweet cherry during postharvest life', *Food and Bioprocess Technology*, vol. 8, no. 2, pp. 394–408.
29. Phebe, D, Chew, MK, Suraini, AA, Lai, OM & Janna, OA 2009, 'Red-fleshed pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) fruit colour and betacyanin content depend on maturity', *International Food Research Journal*, vol. 16, pp. 233–242.
30. Poel, B Van De, Vandendriessche, T, Hertog, MLATM, Nicolai, BM & Geeraerd, A 2014, 'Detached ripening of non-climacteric strawberry impairs aroma profile and fruit quality', *Postharvest Biology and Technology*, vol. 95, pp. 70–80.
31. Priatni, S & Pradita, A 2015, 'Stability study of betacyanin extract from red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peels', *Procedia Chemistry*, vol. 16, pp. 438–444.
32. Rachmawati, M 2010, 'Chitosan coating onto Pondoh Snakefruit (*Salacca edulis* Reinw.) to extend the shelf-life and its physical characteristics study during storage', *Jurnal Teknologi Pertanian*, vol. 6, no. 2, pp. 45–49.
33. Stintzing, FC, Schieber, A & Carle, R 2003, 'Evaluation of colour properties and chemical quality parameters of cactus juices', *Eur Food Res Technol*, vol. 216, pp. 303–311.
34. Toivonen, PMA 2007, 'Fruit maturation and ripening and their relationship to quality', *Stewart Postharvest Review*, vol. 3, no. 2, pp. 1–5.
35. Wanitchang, J, Terdwongworakul, A, Wanitchang, P & Noypitak, S 2010, 'Maturity sorting index of dragon fruit: *Hylocereus polyrhizus*', *Journal of Food Engineering*, vol. 100, no. 3, pp. 409–416.
36. Wichienchot, S, Jatupornpipat, M & Rastall, RA 2010, 'Oligosaccharides of pitaya (dragon fruit) flesh and their prebiotic properties', *Food Chemistry*, vol. 120, no. 3, pp. 850–857.
37. Wilberth, MB, Enrique, SD, Joel, CG & Crescenciano, SV 2013, 'Crescenciano variaciones biquímicas-fisiológicas y físicas de las frutas de pitahaya (*Hylocereus undatus*) almacenadas en ambiente natural.', *Revista Iberoamericana de Tecnología Post- Cosecha*, vol. 14, no. 1, pp. 21–30.
38. Woo, KK, Ngou, FH, Ngo, LS, Soong, WK & Tang, PY 2011, 'Stability of betalain pigment from red dragon fruits (*Hylocereus polyrhizus*)', *American Journal of Food Technology*, vol. 6, no. 2, pp. 140–148.
39. Wybraniec, S, Nowak-Wydra, B, Mitka, K, Kowalski, P & Mizrahi, Y 2007, 'Minor betalains in fruits of *Hylocereus* species', *Phytochemistry*, vol. 68, no. 2, pp. 251–259.
40. Yang, J, FU, M Run, ZHAO, Y Ying & MAO, L chun 2009, 'Reduction of Chilling Injury and Ultrastructural Damage in Cherry Tomato Fruits After Hot Water Treatment', *Agricultural Sciences in China*, vol. 8, no. 3, pp. 304–310.
41. Zahid, N, Ali, A, Siddiqui, Y & Maqbool, M 2013, 'Efficacy of ethanolic extract of propolis in maintaining postharvest quality of dragon fruit during storage', *Postharvest Biology and Technology*, vol. 79, pp. 69–72.
42. Zee, F, Yen, C-R & Nishina, M 2004, 'Pitaya (dragon fruit, strawberry pear)', *Fruits and Nuts*, pp. 1–3.