

## Pengaruh *Precooling* Dan *Coating* Terhadap *Chilling Injury* Buah Nanas ‘Queen’ (*Ananas comosus* L.)

Precooling and Coating Effect on Chilling Injury of ‘Queen’ Pineapple (*Ananas comosus* L)

Indira Prabasari<sup>1</sup>, Nafi A. Utama<sup>1</sup>, Mutiara I. Lestari<sup>1</sup>, Titiek F. Djaafar<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Agroteknologi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jl. Brawijaya, Tamantirto, Kec. Kasihan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta 55183 Indonesia

<sup>2</sup>Pusat Riset Teknologi dan Proses Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Jl. Yogya-Wonosari KM 31,5 Gading Playen, 174 WNO Gunungkidul, Yogyakarta, Indonesia

\*Penulis korespondensi: Titiek F. Djaafar, email: titi033@brin.go.id

### ABSTRACT

Pineapple (*Ananas comosus* L.) ‘Queen’ is very sensitive to chilling injury when stored at low temperatures. Symptoms of chilling injury are characterized by the appearance of a brown color on the fruit's flesh (blackheart, black spot, internal browning). Post-harvest treatments such as coating and precooling can prevent chilling injury. The research aimed to determine the effect of coating using 2% chitosan and precooling at 18°C before coating on the chilling injury of pineapple ‘Queen’. The research was carried out using experimental methods and arranged in a completely randomized design with six treatment levels, namely (P1) control, (P2) 1 day precooling without coating, (P3) 2 days precooling without coating, (P4) coating without precooling, (P5) coating preceded by one day of precooling, and (P6) coating preceded by two days of precooling. Parameter analysis includes firmness, total soluble solids, reducing sugars, total phenolic compounds, and percentage of chilling injury during 24 days of storage. Organoleptic tests were also carried out to see the effect of treatment on the taste and texture of ‘Queen’ pineapple. The results showed that pineapple fruit treated with precooling for one day without coating (P2) was the best treatment for preventing chilling injury during 24 days of storage.

**Keywords:** Internal browning; postharvest; temperature

### ABSTRAK

Nanas (*Ananas comosus* L.) kelompok ‘Queen’ merupakan buah yang rentan akan *chilling injury* apabila disimpan dalam suhu dingin. Gejala *chilling injury* ditandai dengan munculnya warna coklat (*blackheart*, *black spot*, *internal browning*) pada daging buah. Terjadinya *chilling injury* akan sangat merugikan penjual, dan hal ini dapat dicegah dengan perlakuan pasca panen seperti *coating* atau pun *precooling*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *coating* dengan kitosan 2% dan *precooling* pada suhu 18°C sebelum *coating*, terhadap munculnya *chilling injury* pada buah nanas ‘Queen’. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental dan disusun dalam rancangan acak lengkap dengan enam taraf perlakuan, yaitu (P1) kontrol, (P2) *precooling* 1 hari tanpa *coating*, (P3) *precooling* 2 hari tanpa *coating*, (P4) *coating* tanpa *precooling*, (P5) *coating* didahului *precooling* 1 hari, dan (P6) *coating* didahului *precooling* 2 hari. Analisis parameter meliputi tingkat kekerasan, total padatan terlarut, gula reduksi, total senyawa fenol dan persentase *chilling injury* selama 24 hari penyimpanan. Uji organoleptik juga dilakukan untuk melihat pengaruh perlakuan terhadap rasa dan tekstur buah nanas ‘Queen’. Hasil penelitian menunjukkan bahwa buah nanas dengan perlakuan *precooling* selama 1 hari tanpa adanya *coating* (P2) lebih berpengaruh dalam menghambat terjadinya *chilling injury* selama 24 hari penyimpanan.

**Kata kunci:** Internal browning; pasca panen; suhu

## PENDAHULUAN

Buah nanas (*Ananas comosus* L.) termasuk lima buah tropis terpenting, (Maia *et al.*, 2020) dan merupakan buah dengan produksi tertinggi ketiga di dunia setelah pisang dan jeruk (Wali, 2018). Di pasar perdagangan internasional, dikenal empat kelas utama buah nanas, yaitu 'Smooth Cayenne', 'Queen', 'Red Spanish' dan 'Abacaxi' (ITFNET, 2016). Meskipun sangat populer dan banyak disukai oleh konsumen, buah nanas ini memiliki kerentanan yang tinggi terhadap *chilling injury* (CI). Gejala *chilling injury* adalah timbulnya warna coklat pada buah, baik berupa *blackheart*, *black spot*, atau pun *internal browning* (Gambar 1). Hal ini sangat tidak disukai oleh konsumen (Giné-Bordonaba *et al.*, 2016), apalagi gejala *chilling injury* ini tidak dapat dilihat dari luar. Terjadinya *chilling injury* ini dapat menurunkan peringkat buah nanas di pasar dunia (Golding, 2019; Liang *et al.*, 2020; Lo'ay & Dawood, 2019; Sangprayoon *et al.*, 2020), sehingga diperlukan penanganan pasca panen yang tepat untuk mencegah terjadinya *chilling injury*.

*Chilling injury* pada buah nanas dapat terjadi karena adanya perlakuan suhu dingin. Beberapa penelitian sebelumnya memperlihatkan kaitan antara *chilling injury* dengan variabilitas sel. Penelitian tersebut mengindikasikan bahwa intensitas tinggi dari lemak tidak jenuh dalam membran mitokondria berpengaruh kepada sensitivitas tanaman terhadap suhu dingin serta karakteristik fisik dari membran sel (Parkin *et al.*, 1989). Penelitian lain dari Nievola *et al.* (2017) terhadap sorgum menunjukkan bahwa lemak tidak jenuh yang tinggi akan melindungi sistem fotosintesis sehingga tanaman lebih tahan terhadap suhu dingin. Selain itu, beberapa penelitian dari Dolhaji *et al.* (2019, 2020), Nukuntornprakit *et al.* (2015), Phonyiam *et al.* (2016), juga mengindikasikan bahwa *chilling injury* berkaitan dengan metabolisme antioksidan.

*Precooling* dan *coating* merupakan perlakuan

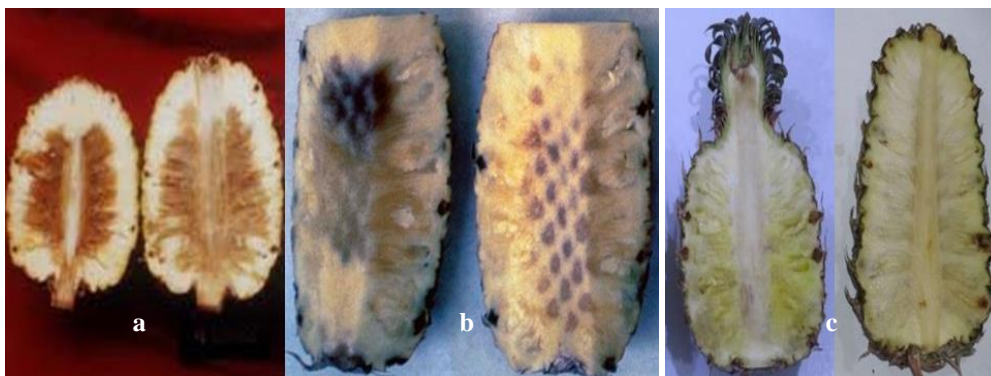
pasca panen yang dilakukan untuk mencegah terjadinya susut pasca panen dan mempertahankan kualitas buah selama penyimpanan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa *precooling* atau *coating* secara sendiri-sendiri mampu mempertahankan kualitas buah, salah satunya mencegah terjadinya *chilling injury*. Perlakuan *precooling* dapat membantu memperlambat proses respirasi yang berasal dari jaringan buah yang masih aktif setelah dilakukan pemanenan. Selain itu, *precooling* dapat memberikan waktu adaptasi kepada produk hortikultura sebelum disimpan dalam suhu rendah. *Precooling* lebih efektif dilakukan pada suhu kurang lebih 10°C, dengan lama waktu 1-2 jam. Penambahan *coating* sebagai *barrier* produk hortikultura juga dapat membantu untuk menghambat *chilling injury* dan mempertahankan kualitas buah nanas.

Meskipun perlakuan *precooling* dan *coating* sudah sering dilakukan pada komoditas hortikultura, namun kombinasi dari kedua perlakuan ini masih jarang dilakukan, terutama untuk buah nanas varietas 'Queen'. Karena itulah penelitian ini dilakukan dengan mengkombinasikan kedua perlakuan, yaitu *precooling* dan *coating* dan melihat bagaimana kedua perlakuan berpengaruh terhadap pencegahan *chilling injury* pada buah nanas 'Queen'.

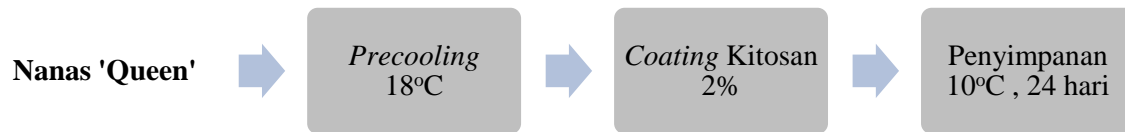
## METODE PENELITIAN

### Persiapan sampel

Penelitian ini menggunakan tingkat kematangan buah nanas varietas 'Queen' yang *mature green* (hijau kekuningan) yang diperoleh langsung dari petani nanas di daerah Sugihwaras, Ngancar, Kediri, Jawa Timur. Adapun alur penelitian dilaksanakan sebagai berikut (Gambar 2)



Gambar 1. Gejala *chilling injury*: a) *Blackheart* (Hasan *et al.*, 2010); b) *Brown spot* (Kader, 1996); c) *Internal browning* (Dolhaji, 2019).



Gambar 2. Tatacara Penelitian. Penelitian dilakukan dengan 6 perlakuan: (P1) Kontrol, (P2) *precooling* 1 hari tanpa *coating*, (P3) *precooling* 2 hari tanpa *coating*, (P4) *coating* tanpa *precooling*, (P5) *coating* didahului *precooling* 1 hari, dan (P6) *coating* didahului *precooling* 2 hari.

Pada Kontrol (P1), buah nanas tidak dilakukan *precooling* atau *coating*, dan langsung disimpan pada lemari pendingin 10°C selama 24 hari. Pada perlakuan *precooling* tanpa *coating*, buah nanas disimpan pada suhu 18°C selama 1 hari (P2), atau 2 hari (P3), kemudian disimpan pada 10°C selama 24 hari. Pada perlakuan P4, buah dilapisi dengan kitosan 2% kemudian langsung disimpan pada 10°C selama 24 hari. Adapun perlakuan kombinasi *precooling* dan *coating*, buah nanas disimpan pada suhu 18°C selama 1 hari (P5), dan 2 hari (P6), kemudian keduanya dilapisi dengan kitosan 2% dan disimpan pada suhu 10°C selama 24 hari.

### Parameter Pengamatan

Pengamatan buah nanas varietas ‘Queen’ dilakukan selama 24 hari penyimpanan, mulai hari ke ke-0, 7, 13, 21, dan 24 dengan 6 parameter, yaitu: kekerasan, total padatan terlarut, total senyawa fenol, gula reduksi, indeks *chilling injury*, dan uji organoleptik.

### Kekerasan

Kekerasan buah nanas diukur menggunakan alat *pnemometer* (Lutron, FR-520, USA) selama 24 hari penyimpanan mulai hari ke-0, 7, 13, 21 dan 24. Permukaan masing-masing sampel nanas varietas ‘Queen’ ditusuk dengan probe berdiameter 3 mm pada tiga area (atas, tengah, dan bawah) buah dan dirata-rata. Kedalaman lubang akibat tusukan menunjukkan kekerasan buah (N/mm<sup>2</sup>).

### Total Padatan Terlarut (TSS)

Pengukuran total padatan terlarut dilakukan dengan menggunakan refraktometer RA-130 (KEM, Japan) yaitu 5 g sampel yang telah dihaluskan ditambah 20 mL akuades, kemudian diambil 1 tetes dan diletakkan di lensa refraktometer. Total Padatan Terlarut (°Brix) merupakan hasil pembacaan refraktometer × faktor pengenceran.

### Total Fenol

Analisis total fenol dilakukan menggunakan metode Folin-Ciocalteu (Pourmurad *et al.*, 2006),

yaitu 1 g sampel dilarutkan ke dalam 10 mL akuades, kemudian diambil 0,5 mL, dan ditambahkan akuades 5 mL sampai homogen. Pada menit ke-5, larutan ditambahkan 1,5 mL Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 5% dan 1,5 folin, kemudian dilakukan homogenisasi sampai tercampur. Pengukuran senyawa fenol dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer (Thermo Genesis 30 USA) dengan panjang gelombang 765 nm.

### Gula Reduksi

Pengukuran Gula Reduksi dilakukan dengan metode Nelson Somogyi (AOAC, 2000).

### Penentuan Indeks *Chilling Injury*

Indeks *chilling injury* ditentukan dengan skoring persentase kerusakan akibat *chilling injury*: Skor 0 menunjukkan buah tidak mengalami *chilling injury*, skor 1 untuk tingkat *chilling injury* sebesar 15%, skor 2 tingkat *chilling injury* 30%, skor 3 tingkat *chilling injury* 50%, skor 4 tingkat *chilling injury* sebesar 75%, skor 5 tingkat *chilling injury* 90%, dan skor 6 dengan tingkat *chilling injury* 100%. Penilaian skor dilihat dari perubahan warna *internal browning* yang terjadi pada daging buah sampel (Selvarajah *et al.*, 2001).

### Uji Organoleptik

Uji organoleptik dilakukan dengan memberi penilaian tentang rasa dan tekstur buah nanas berdasarkan skoring (skor 1-5) dari 40 panelis. Adapun skor yang dipakai: (1) Sangat tidak suka, (2) Tidak suka, (3) Biasa, (4) Suka, (5) Sangat suka.

### Analisis Data

Data hasil pengamatan buah nanas ‘Queen’ dianalisis ragamnya dan dilanjutkan dengan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf kesalahan 5%. Data diolah dengan aplikasi SAS dan disajikan dalam bentuk grafik dan tabel.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kekerasan

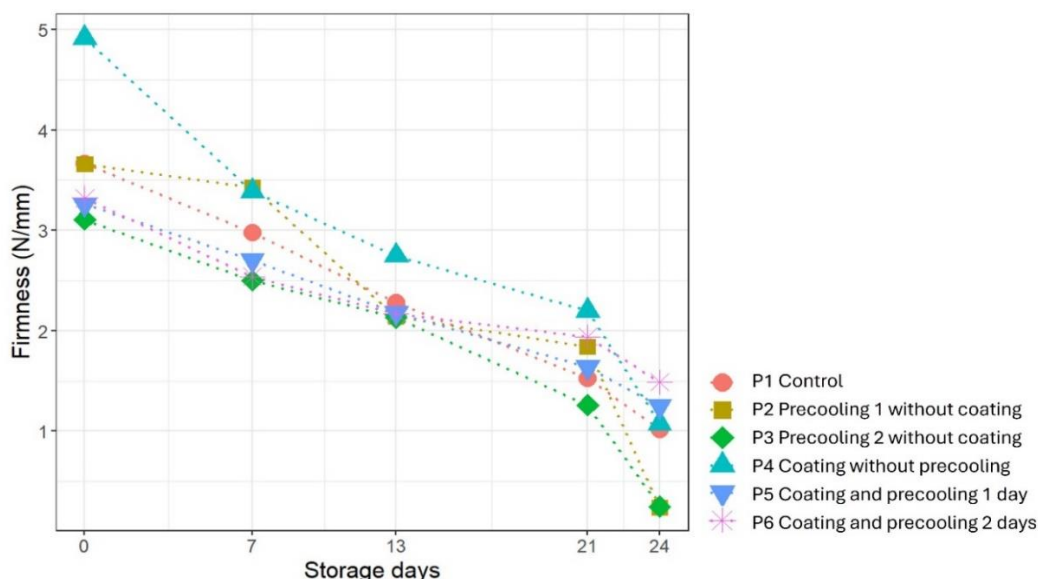
Setelah diberi perlakuan seperti diuraikan di metode penelitian, maka kekerasan pada buah nanas ‘Queen’ diukur dengan menggunakan *pneterometer* selama penyimpanan, dan hasil disajikan pada Gambar 3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah 24 hari penyimpanan, perlakuan *precooling* yang diikuti dengan *coating* (P4, P5, P6) memperlambat proses pelunakan pada buah nanas. Pelunakan ini terjadi karena degradasi pektin yang disebabkan oleh aktivitas enzim *pectin methyl esterase* (PME) dan *polygalacturonase* (PG). Degradasi pektin menjadi asam pektat menyebabkan ikatan polisakarida dalam dinding sel menjadi rapuh sehingga buah menjadi lunak, seperti yang ditemukan pada beberapa buah tropis (Prabasari *et al.*, 2022; Sun *et al.*, 2024). Selain itu, selama proses pematangan, aktivitas enzim menyebabkan melemahnya dinding sel parenkim di daerah lamela sehingga menyebabkan ikatan antar sel menurun atau pelunakan. Pelunakan buah ini mencakup pelarutan, depolimerisasi, dan hilangnya rantai samping netral pada struktur pektin (Setiawan *et al.*, 2023). Perlakuan suhu bisa memperlambat terjadinya degradasi dinding sel dan adanya lisis (Wijesinghe *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2020), dan perlakuan suhu ini bisa dilakukan dengan menyimpan buah pada suhu dingin atau pun perlakuan *precooling* untuk mencegah terjadinya perubahan suhu yang drastis secara mendadak.

*Coating* atau pelapisan merupakan salah satu cara untuk memperlambat kerusakan dengan cara menghambat difusi gas sehingga aktivitas enzim pektinase menurun (Zhang *et al.*, 2020). Penelitian ini

juga sesuai dengan penelitian Dang *et al.* (2010), bahwa pelapisan dengan alginat saja atau kombinasinya dengan senyawa anti mikrobia secara signifikan mengurangi kerusakan dan pelunakan buah. Penelitian dari Setiawan *et al.* (2023) juga menunjukkan pengaruh *edible coating* yang signifikan dalam menunda pematangan buah sawo.

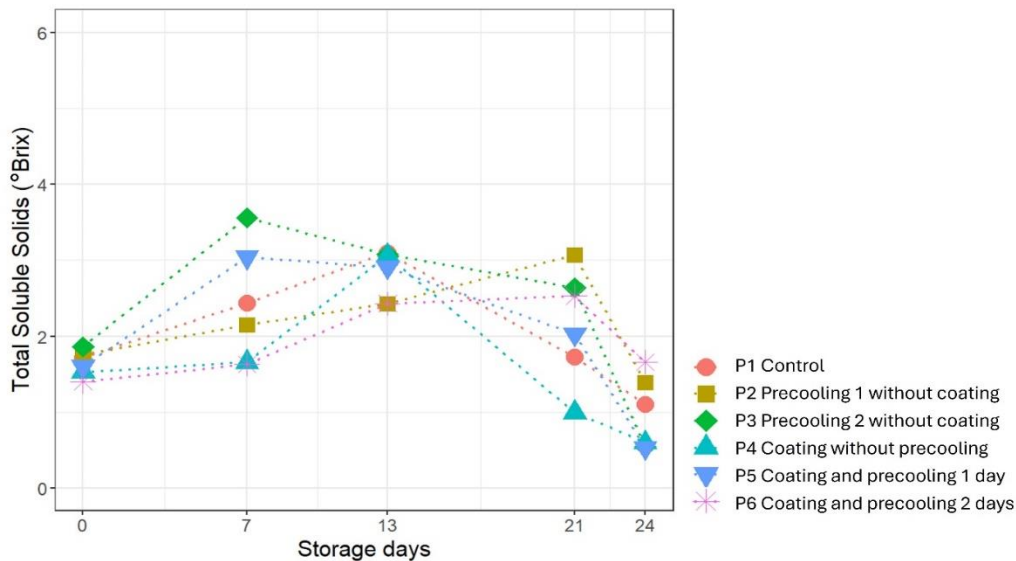
### Total Padatan Terlarut

Total padatan terlarut berperan penting terhadap kualitas buah karena menentukan tingkat kemanisan. Hasil penelitian menunjukkan peran *coating* yang lebih dominan dalam memperlambat kerusakan buah nanas (Gambar 4). Setelah 24 hari penyimpanan, maka perlakuan *coating* tanpa *precooling* (P3) dan perlakuan *coating* dengan *precooling* 1 hari (P5) lebih mampu menahan laju perombakan polisakarida. Dalam hal ini, perubahan tingkat kemanisan buah akibat proses respirasi ditunda oleh perlakuan *coating* (Qian *et al.*, 2021). Lebih jauh lagi, penggunaan *precooling* dapat menghambat terjadinya peningkatan laju respirasi sehingga enzim amilase dan maltase yang merombak senyawa pati aktivitasnya menjadi menurun yang mengakibatkan gula total juga akan menurun. Namun hasil penelitian juga menunjukkan bahwa *precooling* yang terlalu lama (P6) justru akan mempercepat kerusakan. Gula total seluruh perlakuan mengalami peningkatan di awal pengamatan hingga terjadi penurunan di pertengahan sampai hari akhir pengamatan seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Peningkatan gula total disebabkan oleh aktivitas enzim amilase yang merombak pati menjadi gula, dan akan mengalami penurunan karena substrat yang semakin berkurang (Wills *et al.*, 2007).



Gambar 3. Kurva kekerasan buah nanas varietas ‘Queen’ selama 24 hari penyimpanan





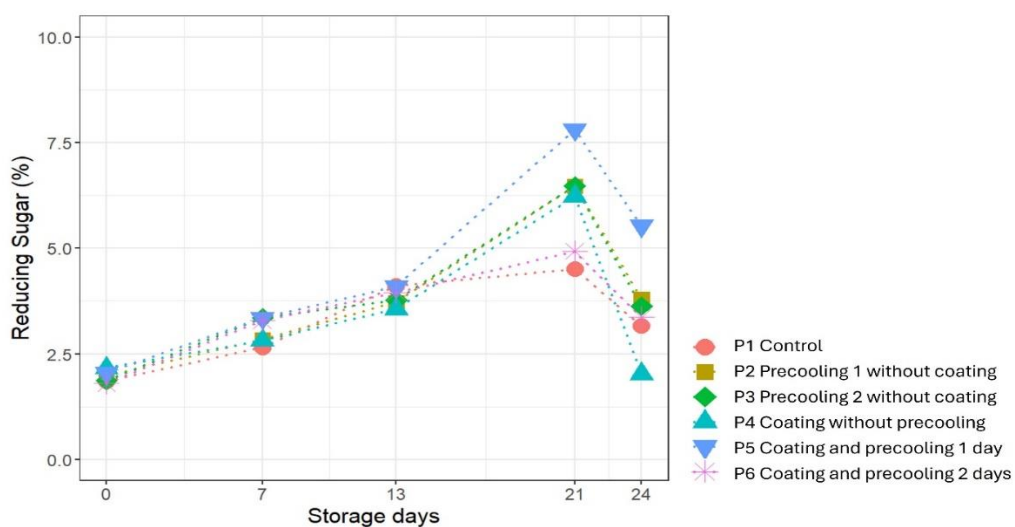
Gambar 4. Kurva total padatan terlarut buah nanas ‘Queen’ selama 24 hari penyimpanan

### Gula Reduksi

Kecenderungan yang terjadi pada proses penyimpanan buah adalah kenaikan kadar gula reduksi dan akan terjadi penurunan ketika masa masak buah sudah mencapai batas maksimum (Novita *et al.*, 2012; Wills *et al.*, 2007). Peningkatan gula reduksi tersebut disebabkan oleh pemecahan polisakarida berupa pati menjadi disakarida yaitu sukrosa dan monosakarida berupa gula pereduksi (glukosa dan fruktosa) pada proses respirasi yang dikatalisis oleh amilase. Amilase meningkatkan kadar gula tereduksi pada buah selama pemasakan, seperti yang ditunjukkan dalam penelitian sebelumnya (Al-Qarni, 2020). Selain itu, enzim lain, seperti selulase dan selobiase, memecah selulosa menjadi glukosa (Fitrieningrum *et al.*, 2013). Penurunan kadar gula reduksi yang terjadi sesudahnya terjadi akibat menurunnya kandungan pati sehingga gula sederhana

yang terbentuk pun juga menurun. Selain itu, penurunan gula reduksi dapat disebabkan oleh terurainya gula pereduksi menjadi asam piruvat dan asam organik yang menghasilkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O (Simkova *et al.*, 2024).

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa *coating* lebih dominan dalam menghambat laju respirasi sehingga kenaikan gula reduksi terjadi lebih lambat, demikian juga penurunannya (Gambar 5). Efektivitas penggunaan *coating* untuk menekan laju respirasi juga ditemukan dalam penelitian sebelumnya (Setiawan *et al.*, 2023), bahwa penggunaan *coating* dapat memperlambat pemecahan polisakarida karena aktivitas enzim amilase yang dihambat oleh *edible film*. Hal ini pernah diungkapkan juga oleh Krochta *et al.*, (2002) bahwa *coating* berguna untuk memperpanjang umur simpan buah nanas karena memperlambat terjadinya respirasi, dan mencegah kerusakan.



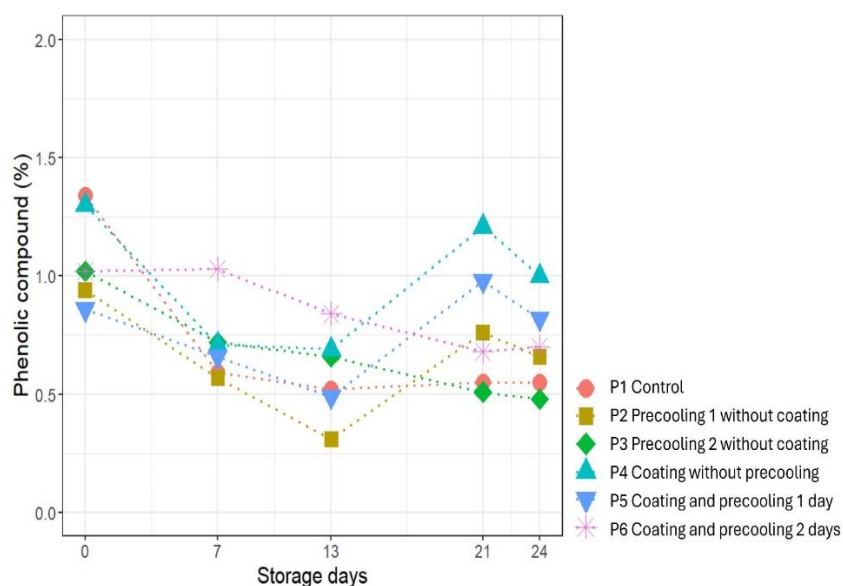
Gambar 5. Kurva gula reduksi buah nanas varietas ‘Queen’ selama 24 hari penyimpanan

### Senyawa Fenol dan *Chilling Injury*

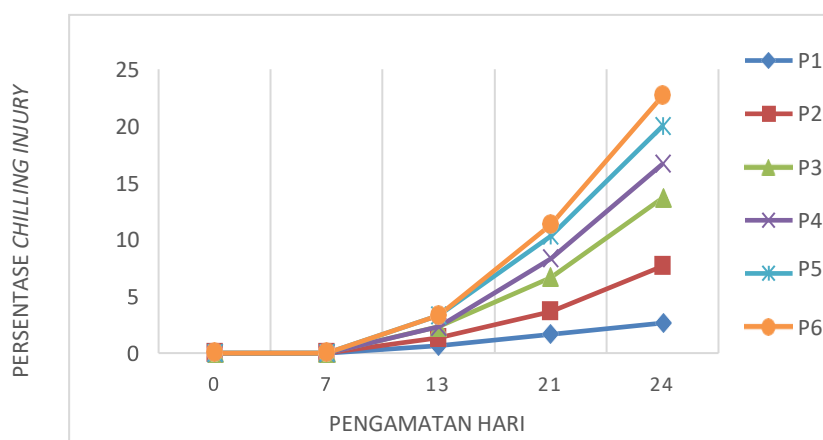
Buah nanas ‘Queen’ sangat rentan terhadap *chilling injury* dibanding kelompok nanas lainnya (Nukuntornprakit *et al.*, 2015). Hasil penelitian menunjukkan kadar fenol yang fluktuatif untuk setiap perlakuan (Gambar 6). Lebih jauh lagi dapat dilihat bahwa buah nanas mengalami penurunan senyawa fenol sampai hari 13 kemudian naik kembali di hari ke 21 dan menurun kembali sampai hari ke 24. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa penambahan *coating* kurang efektif dalam menghambat terjadinya *blackheart* meskipun kitosan 2% dikatakan memiliki permeabilitas yang baik dalam mempertahankan umur simpan komoditi saat disimpan dalam suhu yang rendah.

Gambar 7 menunjukkan grafik indeks *chilling injury* kenaikan persentase terjadinya *chilling injury*

pada nanas ‘Queen’. Perlakuan *precooling* 1 atau pun 2 hari tanpa *coating* (P2 dan P3) lebih lambat mengalami *chilling injury* dibandingkan perlakuan dengan *coating* dengan atau pun tanpa *precooling* (P4, P5, P6). Hal ini menunjukkan bahwa perubahan suhu secara mendadak lebih berperan dalam memicu terjadinya *chilling injury* daripada penambahan *coating*. Meskipun dalam penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan *coating* efektif untuk menghambat terjadinya kehilangan air dan menghambat laju respirasi (Dang *et al.*, 2010 dan Meng *et al.*, 2008), namun perubahan suhu secara perlahan lebih efektif dalam mencegah terjadinya *chilling injury*. Hal ini sejalan dengan penelitian Dolhaji *et al.*, (2020) yang menyatakan bahwa buah Nanas sangat sensitif terhadap suhu dingin atau pun perubahan suhu yang terjadi secara mendadak.

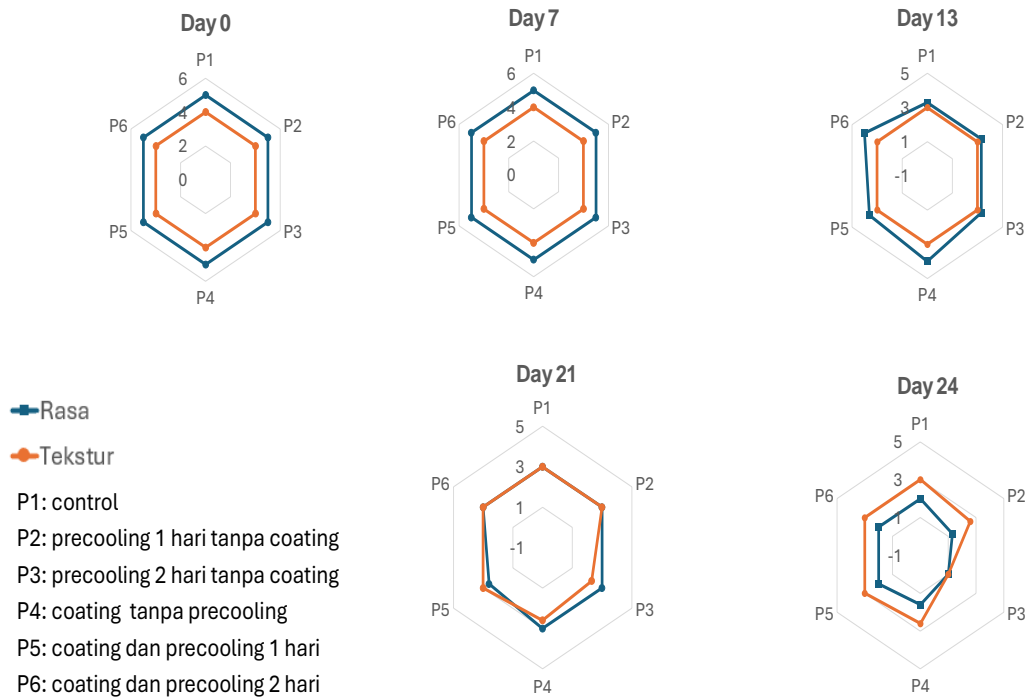


Gambar 6. Kurva senyawa fenol buah nanas varietas ‘Queen’ selama 24 hari penyimpanan



Keterangan: (P1) Kontrol, (P2) *precooling* 1 hari tanpa *coating*, (P3) *precooling* 2 hari tanpa *coating*, (P4) *coating* tanpa *precooling*, (P5) *coating* didahului *precooling* 1 hari, dan (P6) *coating* didahului *precooling* 2 hari.

Gambar 7. Grafik indeks *chilling injury*



Keterangan: (1) Sangat tidak suka, (2) Tidak suka, (3) Biasa, (4) Suka, (5) Sangat suka.

Gambar 8. Hasil organoleptik buah nanas varietas ‘Queen’ selama 24 hari penyimpanan.

## Uji Organoleptik

### Rasa

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat rasa suka panelis berkurang selama 24 hari penyimpanan (Gambar 8). Persentase perlakuan terendah adalah perlakuan tanpa *coating* + *precooling* 2 hari (P3), dan hal tersebut terjadi karna tidak adanya pelapis yang dapat menghambat laju respirasi. Menurunnya kualitas rasa buah nanas setiap harinya disebabkan karena buah sudah melewati masa pematangan dan mulai memasuki tahap senescensi. Menurut Silaban *et al.* (2013) proses katabolisme akan semakin besar membuat pati semakin banyak yang berubah menjadi gula sederhana dan rasa buah menjadi manis, tetapi untuk buah nanas varietas ‘Queen’ semakin matangnya buah diikuti pula dengan timbulnya rasa asam dikarenakan masa pertumbuhan dan panen dilakukan saat musim hujan yang mengakibatkan buah nanas mempunyai kadar asam yang tinggi.

Perlakuan menggunakan *coating* mampu menekan laju respirasi, sehingga terjadinya kehilangan air melambat dan rasa buah yang manis masih bisa dirasakan hingga hari ke-13. Sebaliknya perlakuan *precooling* tidak mampu mencegah penurunan kualitas buah nanas selama penyimpanan. Perlakuan terbaik adalah perlakuan yang menggunakan *coating*, karena kitosan memiliki sifat anti bakteri sehingga dapat menghambat terjadinya

proses pembusukan buah (Hafdani, 2011).

### Tekstur

Berdasarkan hasil dari penilaian para panelis dengan metode skoring (Gambar 8) pada hari ke-0 sampai ke-7 semua perlakuan menunjukkan kekerasan buah yang sama karena buah yang digunakan pada penelitian ini menggunakan nanas dengan tingkat kematangan 20% yang mempunyai ciri mata buah berwarna kuning. Penurunan kualitas tekstur buah terjadi di hari ke-13 hingga ke-21, dan sebagian buah di hari ke-21 masih berada pada tekstur renyah. Perlakuan menggunakan *coating* + *precooling* 1 dan 2 hari (P5 dan P6) dinilai memiliki tingkat kekerasan yang terbaik karena dapat mempertahankan kualitas renyah pada buah nanas hingga penyimpanan terakhir (hari ke-24). Menurut Ben Yehoshua (1987) laju respirasi yang rendah terjadi pada buah yang dilapisi *coating*, karena terjadi penghambatan laju respirasi yang dapat menunda terjadinya pematangan buah sehingga memperlambat degradasi tekstur buah selama 24 hari masa penyimpanan. Respirasi dapat menyebabkan terjadinya degradasi hemiselulosa dan pektin pada dinding sel yang membuat perubahan kekerasan terjadi, yang berasal dari aktivitas enzim *pectin methyl esterase* (PME) dan *poligalacturonase* (PG). Hasil uji organoleptik ini sesuai dengan hasil uji kekerasan di mana perlakuan P5 dan P6 memberikan hasil uji kekerasan yang terbaik.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa perlakuan *precooling* selama 1 hari tanpa adanya *coating* (P2) lebih berpengaruh dalam menghambat terjadinya *chilling injury* pada buah nanas 'Queen' selama 24 hari penyimpanan. Hasil penelitian ini akan sangat bermanfaat untuk menangani pasca panen buah nanas sehingga susut pasca panen karena *chilling injury* dapat dicegah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Qarni, S.S.M. (2020). Correlation between amylase activity & reducing sugar content in date fruits: A case of increased amylase activity with a proportional increase in reducing sugar content of fruits. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 10(1), 1-6.
- Association of Official Agricultural Chemists. (2000). *Official methods of analysis of AOAC Internasional*. AOAC Internasional.
- Ben-Yehoshua, S. (1987). Transpiration, Water, Stress, and Gas Exchange. *Agriculture Research Centre*. Israel.
- Dang, Q.F., Yan, J.Q, Li, Y., Cheng, X.J, Liu, C.S., & Chen, X.G. (2010). Chitosan acetate as an active coating material and its effects on the storing of *Prunus avium* LJ. *Food Science*, 75, S125-S131. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01483.x>
- Ding, P. & Syazwani, S. (2016). Physicochemical quality, antioxidant compounds and activity of MD-2 pineapple fruit at five ripening stages. *Internasional Food Research Journal*, 23(2), 549-555.
- Dolhaji, N.H., Muhamad, I.I., Ya'akub, H., & Abd Aziz, A. (2019). Evaluation of chilling injury and internal browning condition on quality attributes, phenolic content, and antioxidant capacity during sub-optimal cold storage of malaysian cultivar pineapples. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 14(4), 456-461. <https://doi.org/10.11113/mjfas.v14n4.1072>
- Dolhaji, N.H., Muhammad, I.D., Yaakob, H. & Mohd Marsin, A. (2020). Chilling injury in pineapple fruits: physical quality attributes and antioxidant enzyme activity. *Food Research*, 4(S5), 86-95. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(S5\).004](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(S5).004)
- Fitrieningrum, R., Sugiyarto, S, & Susilowaati, A. (2013). Analisis kandungan karbohidrat pada berbagai tingkat kematangan buah karika (*Carica pubescens*) di Kejajar dan Sembungan, daerah dataran tinggi Dieng, Jawa Tengah. *Asian Journal of Tropical Biotechnology*, 10 (1), 6-14. <https://smujo.id/bbs/article/view/1580>
- Giné-Bordonaba, J., Cantín, C.M., Echeverría, G., Ubach, D., & Larrigaudière, C. (2016). The effect of chilling injury-inducing storage conditions on quality and consumer acceptance of different *Prunus persica* cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, 115, 38-47. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.12.006>
- Golding, J. (2019). A review of chilling injury causes and control - Citrus Australia. Retrieved from <https://citrusaustralia.com.au/news/latest-news/a-review-of-chilling-injury-causes-and-control>
- Hafdani, F.N. & Sadeghinia, N., (2011). A review on application of chitosan as a natural antimicrobial. *World Academy of Science. Engineering and Technology*, 50.
- Hassan, A., Wills, R., Atan, R., Othman, Z., Fatt, L., & Smith, M. (2010). Blackheart disorder in fresh pineapple. *Fresh Produce*, 4(Special Issue 1), 29-35.
- ITFNET (International Tropical Fruits Network). (2016). PINEAPPLE – Common Varieties. Retrieved from <https://www.itfnet.org/v1/2016/05/pineapple-common-varieties/>.
- Kader, A.A. (1996). Fruit English-UC Postharvest Tehnology Center. Retrieved December 31, 2020, from [http://postharvest.ucdavis.edu/Commodity\\_Resources/Fact\\_Sheet/Datastores/Fruit\\_English/?uid=50&ds=798](http://postharvest.ucdavis.edu/Commodity_Resources/Fact_Sheet/Datastores/Fruit_English/?uid=50&ds=798).
- Krochta, J. M., & John M. (2002). *Edible Coatings and Film to Improve Food Quality*. Boca Raton: CRC Press LLC.
- Liang, S., Kuang, J., Ji, S., Chen, Q., Deng, W., Min, T., Shan, W., Chen, J., & Lu, W. (2020). The membrane lipid metabolism in horticultural products suffering chilling injury. *Food Quality and Safety*, 4(1), 9-14. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyaa001>
- Lo'ay, A.A. & Dawood, H.D. (2019). Chilling injury, fruit color maturity stages, and antioxidant enzyme activities of lemon "baladi CV" fruits under cold storage stress. *Scientia Horticulturae*, 257, 108676. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108676>
- Maia, V.M., Pegoraro, R.F., Aspiazú, I., Oliveira,



- F.S., & Nobre, D.A.C. (2020). Diagnosis and management of nutrient constraints in pineapple. In *Fruit Crops. Diagnosis and Management of Nutrient Constraints*, p. 739–760. Elsevier E-Book. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818732-6.00050-2>
- Meng, X, Li, B., Liu J., & Tian, S. (2008). Physiological responses and quality attributes of grape fruit to chitosan preharvest spray and postharvest coating during storage. *Food Chemistry*, 106, 501–508. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.06.012>
- Nievola, C.C., Carvalho, C.P., Carvalho, V., & Rodrigues, E. (2017). Rapid responses of plants to temperature changes. *Temperature*, 4(4), 371–405. <https://doi.org/10.1080/23328940.2017.1377812>
- Nukuntornprakit, O., Chanjirakul, K.A., van Doorn, W.G., & Siriphanich, J. (2015). Chilling injury in pineapple fruit: Fatty acid composition and antioxidant metabolism. *Postharvest Biology and Technology*, 99, 20–26. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.07.010>
- Novita, M., Satriana, & Martunis. (2012). Pengaruh pelapisan kitosan terhadap sifat fisik dan kimia tomat segar (*Lycopersicon pyriforme*) pada berbagai tingkat kematangan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*, 4(3), 1-7. <https://doi.org/10.17969/jtipi.v4i3.736>
- Parkin, K.L., Marangoni, A., Jackman, R.L., Yada, R.Y. and Stanley, D.W. (1989). Chilling injury. A review of possible mechanisms. *Journal of Food Biochemistry*, 13(2), 127–153. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.1989.tb00389.x>
- Phonyiam, O., Kongsuwan, A., & Setha, S. (2016). Effect of short-term anoxic treatment on internal browning and antioxidant ability in pineapple cv. Phulae. *International Food Research Journal*, 23(2), 521–527.
- Pourmorad, F., Hosseini-mehr, S., & Shahabimajid, N. (2006). Antioxidant activity, phenol, and flavonoid Contents of some selected Iranian medicinal plants. *African Journal of Biotechnology*, 5, 1142–1145.
- Prabasari, I., Setiawan, C.K., Utama, N.A., & Mabsyuroh, M.A. (2023). Application of 1-MCP does not slow down the ripening process of Mango (*Mangifera indica* L). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1287(1).
- Qian, C., Ji, Z., Zhu, Q., Qi, X., Li, Q., Yin, J., Liu, J., Kan, J., Zhang, M., Jin, C., & Xiao, L. (2021). Effects of 1-MCP on proline, polyamine, and nitric oxide metabolism in post harvest peach fruit under chilling stress. *Horticultural Plant Journal*, 7(3), 188-196.
- Sangprayoon, P., Supapvanich, S., Youryon, P., Wongs-Aree, C., & Boonyariththongchai, P. (2020). Chilling injury alleviation of Queen pineapple cv. ‘Sawi’ fruit by acetyl salicylate immersion. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 61(1), 83–92.
- Silaban, D. S., Prihastanti, E., Saptiningsih, E. (2013). Pengaruh suhu dan lama penyimpanan terhadap kandungan total asam, kadar gula serta kematangan terung Belanda (*Cyphomandra betacea* Sent). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. 21(1), 55-63.
- Simkova, K., Veberic, R., Hudina, M., Grohar, M. C., Pelacci, M., Smrke, T., Ivancic, T., Cvelbar Weber, N., & Jakopic, J. (2024). Non-destructive and destructive physical measurements as indicators of sugar and organic acid contents in strawberry fruit during ripening. *Scientia Horticulturae*, 327 (January), 112843.
- Selvarajah, S. & Bauchot, A. D. P. (2001). Internal browning in cold-stored pineapples is suppressed by a postharvest application of 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology of Technology*, 23, 167-170.
- Setiawan, C.K., Aini, I.Q., Widyastuti, T., Djaafar, T., & Prabasari, I. (2023). Green grass jelly edible coating maintain shelf life of sapota fruit (Manilkara zapota). *IOP Conference series: Earth and Environmental Science*, 1172 (1).
- Sun, G.M., Zhang, X.M., Soler, A., & Marie-Alphonsine, P.A. (2024). Nutritional composition of pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.). In Simmonds, M.S.J. and Preddy, V.R. (Eds.) *Nutritional Composition of Fruit Cultivars*, p. 609– 637. USA: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408117-8.00025-8>.
- Wali, N. (2018). Pineapple (*Ananas comosus*). In Nabavi, M. and Silva, A.S. (Eds.) *Non vitamin and non mineral nutritional supplements*. USA: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812491-8.00050-3>.
- Wills R, McGlasson B, Graham D., & Joyce D. (2007). *Postharvest, an introduction to the physiology and handling of fruits, vegetables and ornamentals*. 4th ed. UNSW Press.
- Wijesinghe, G.P.M., Kumara, G.D.K., & Kumara, J.B.D.A.P. (2021). Effect of 1-MCP on shelf-

life and postharvest quality of four annona species in Sri Lanka. *Journal of Food and Agriculture*, 14(1).

Zhang, J., Ma, Y., Dong, C., Terry, L. A., Watkins, C.

B., Yu, Z., & Cheng, Z. M. (2020). Meta-analysis of the effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on climacteric fruit ripening. *Horticulture Research*, 7(1).

Copyright © The Author(s)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)