

**PENERAPAN PENGEMASAN MODIFIKASI ATMOSFER UNTUK
MEMPERTAHANKAN KUALITAS SENSORIK ASPARAGUS
(*Asparagus Officinalis* L.)**

Diterima: 1 April 2024
Revisi: 28 Mei 2024
Terbit: 31 Mei 2024

¹ Sohnif Nurwicahyo Putra, ² Henik Sukorini, ³ Erfan Dani Septia
^{1,2,3}Fakultas Pertanian-Peternakan, Universitas Muhammadiyah
Malang
E-mail: ¹sohnifnurwicahyo@webmail.umm.ac.id, ²henik@umm.ac.id
³erfandani@umm.ac.id,

ABSTRAK

Asparagus (*Asparagus officinalis* L.) adalah salah satu sayuran yang paling diminati di berbagai negara. Produksi asparagus dipimpin oleh China dengan 7,8 juta *metric ton* diikuti oleh Peru, Meksiko, dan Jerman. Asparagus memiliki berbagai kultivar, tetapi yang paling banyak dikonsumsi adalah asparagus hijau. Kandungan nutrisi asparagus meliputi air, karbohidrat, protein, vitamin C, serat, dan kalori. Kualitas asparagus dipengaruhi oleh standar kualitasnya, termasuk ukuran, warna, dan kesegaran. Asparagus termasuk tanaman non-klimaterik dengan umur simpan pendek karena tingkat respirasinya yang tinggi, respirasi yang masih berlangsung tinggi ini dikarenakan usia tanaman masih muda saat pemanenan. Tujuan dari penulisan jurnal review ini untuk mengetahui bagaimana efek pengemasan modifikasi atmosfer dalam memperlambat laju respirasi dan mempertahankan kualitas asparagus. Pengemasan modifikasi atmosfer memiliki potensi untuk menjaga bobot segar, perubahan warna, dan kualitas asparagus secara keseluruhan. Konsentrasi gas dalam kemasan, seperti O₂ dan CO₂, berperan penting dalam mempengaruhi laju respirasi dan kualitas asparagus. Selain itu, pengemasan modifikasi atmosfer dapat mempengaruhi aktivitas enzimatik, perubahan bobot segar, dan perubahan warna. Oleh karena itu, penggunaan pengemasan modifikasi atmosfer yang tepat diperlukan untuk memperpanjang umur simpan dan menjaga kualitas asparagus.

Kata Kunci: Karbondioksida, Oksigen, Respirasi

ABSTRACT

Asparagus (Asparagus officinalis L.) is one of the most demanded vegetables in different countries. Asparagus production is led by China with 7.8 million metric tons followed by Peru, Mexico, and Germany. Asparagus has various cultivars, but the most widely consumed is green asparagus. The nutritional content of asparagus includes water, carbohydrates, protein, vitamin C, fiber, and calories. The quality of asparagus is affected by its quality standards, including size, color, and freshness. Asparagus is a non-climatic crop with a short shelf life due to its high respiration rate, this ongoing high respiration is due to the young age of the plant when harvesting. The purpose of this journal review is to determine the effect of modified atmosphere packaging in slowing down the respiration rate and maintaining the quality of asparagus. Atmospheric modified packaging has the potential to maintain fresh weight, discoloration, and overall quality of asparagus. The concentration of gases in the packaging, such as O₂ and CO₂, plays an important role in influencing respiration rate and asparagus quality. In addition, atmosphere-modified packaging can affect enzymatic activity, fresh weight change, and discoloration. Therefore, proper use of modified atmosphere packaging is necessary to extend the shelf life and maintain the quality of asparagus.

Keyword: Carbon Dioxide, Oxygen, Respiration

PENDAHULUAN

Asparagus (*Asparagus officinalis* L.) adalah salah satu sayuran yang paling banyak diminati di berbagai negara. Dalam produksi asparagus setiap tahun, China menempati urutan teratas dengan jumlah 7,8 juta MT (*metric ton*) diikuti oleh Peru 0,38 MT, Meksiko 0,24 MT, Jerman 0,13 MT (Statistica, 2019) dalam (Chitrakar *et al.*, 2019). Asparagus mempunyai banyak kultivar, ada asparagus yang berwarna hijau (*Asparagus officinalis Mary Washington*'), putih (*Asparagus officinalis White Asparagus*) dan ungu (*Asparagus officinalis Jersey Giant*') (Guo *et al.*, 2020). Asparagus hijau (*Asparagus officinalis Mary Washington*') saja yang populer dan umum dikonsumsi (Susanto *et al.*, 2018). Asparagus ini memiliki harga jual yang cukup tinggi dikarenakan asparagus segar mengandung lebih dari 90% air, dan sisanya memiliki kandungan karbohidrat 3,8% (Slatnar *et al.*, 2018), protein 2,2% (C. Lan. *et al.*, 2013), vitamin C 9% (Ku *et al.*, 2018), serat 2,1% (Dong *et al.*, 2019) dan rendah kalori sebesar 20 (Ayu *et al.*, 2016). Kandungan asparagus juga dipengaruhi standar mutu dan kualitas asparagus, menurut (Siomos, 2018) asparagus memiliki tinggi batang sekitar 27 cm berbentuk lurus dan berujung runcing, berdiameter minimal 3 mm hingga 28 mm untuk klasifikasinya dilakukan sortasi. Warnanya hijau cerah dan segar, tidak memiliki bintik-bintik coklat atau kekuningan, memiliki kondisi segar dan tidak layu, pada kulit luarnya harus bebas dari goresan dan kerusakan fisik lainnya.

Asparagus termasuk tanaman non-klimaterik (Kou *et al.*, 2020), yang memiliki umur simpan pendek sekitar 3–5 hari karena tingkat respirasinya yang tinggi yang dikarenakan adanya beberapa faktor yang mempengaruhi laju respirasi tinggi ini seperti suhu, kelembaban, perlakuan pasca panen, dan waktu pemanenan di usia muda. Pemanenan asparagus ini dilakukan saat masih tunas di usia sekitar 7 bulan. Hal ini mengakibatkan laju respirasi yang tinggi pada asparagus. Laju respirasi yang tinggi mengakibatkan penurunan sensitivitas asparagus selama penyimpanan, menyebabkan penurunan kualitas dengan cepat (Rux *et al.*, 2015). Akan tetapi respirasi tidak sepenuhnya dihilangkan karena respirasi juga diperlukan yang berperan penting menghasilkan energi atau ATP (*Adenosine Triphosphate*) yang dibutuhkan untuk kelangsungan hidup sel dan menjaga proses metabolisme. Oleh karena itu diperlukan penerapan pengemasan modifikasi atmosfer untuk mengurangi dan mengontrol tingkat respirasi yang tinggi pada asparagus (Sergio *et al.*, 2018). Pada beberapa hasil penelitian pengemasan modifikasi atmosfer ini bisa mempertahankan kualitasnya seperti bobot segar, tekstur, warna, dan rasa. Menurut (Gantner *et al.*, 2020) komposisi gas dalam kemasan yang direkomendasikan untuk asparagus sebesar 3–21% O₂ untuk melakukan respirasi. Namun, terlalu banyak O₂ dapat mempercepat penuaan dan menyebabkan kehilangan kualitas asparagus. Lalu untuk CO₂ 5–14% dalam konsentrasi yang cukup tinggi dapat menghambat respirasi anaerob, yaitu proses produksi asam laktat dari glukosa, yang sering menyebabkan penuaan dan pembusukan asparagus. O₂ dan CO₂ memiliki peran penting dalam menjaga kualitas dan kesegaran asparagus yang dikemas dengan pengemasan modifikasi atmosfer.

Pengemasan modifikasi atmosfer memiliki berbagai solusi yang sesuai dengan kebutuhan pasar, juga memberikan tampilan kemasan yang tidak menutupi wujud asli asparagus. Oleh karena itu, penggunaan sistem pengemasan yang tepat sangat penting dalam meningkatkan kualitas dan keamanan produk pangan sampai ke tangan konsumen (Warto & Samsuri, 2020). Pemakaian sistem pengemasan yang memiliki biaya pemrosesan rendah dan mudah diterapkan ke lokasi distribusi, sehingga dianggap sebagai metode penyimpanan yang paling efektif untuk mempertahankan kualitas asparagus yang baik (Yi *et al.*, 2016). Pengemasan pada produk segar memiliki beberapa persyaratan antara lain adalah memiliki permeabilitas yang tinggi terhadap gas, tembus pandang, didesain dengan baik sehingga transpirasi dari produk dapat diatur dan proses pelayuan dapat ditekan (Anggraini & Sugianti, 2019). Selain itu ada kombinasi perlakuan pengemasan modifikasi atmosfer, antara lain, penelitian (Kongpatjirak *et al.*, 2016), mangga yang diproses dengan disiram gas nitrogen selama 24 jam sebelum proses pengemasan modifikasi atmosfer akan lebih lambat matangnya. Selain itu, sifat antioksidan dari mangga tersebut dapat bertahan lebih baik selama penyimpanan berikutnya pada suhu 14°C selama kurang lebih 25 hari

dibandingkan dengan yang tidak diberi perlakuan serupa. Sementara itu, (Techavuthiporn & Boonyariththongchai, 2016) menemukan bahwa asparagus yang direndam dalam nitrogen selama 8 jam pada suhu ruang sebelum diproses dalam pengemasan modifikasi atmosfer memiliki tingkat respirasi yang lebih rendah dan mempertahankan fitokimia dengan lebih baik daripada asparagus tanpa perlakuan serupa. Penerapan teknologi pascapanen dapat mengurangi kehilangan kuantitas dan kualitas buah dan sayuran segar serta menjaga kualitas asparagus hingga konsumsi akhir. Mencapai hasil pertanian yang higienis harus difokuskan pada varietas umur panjang pasca panen yang lebih tinggi (Wasala *et al.*, 2014). Pascapanen memerlukan penanganan yang tepat, beberapa faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban dan atmosfer gas bertanggung jawab atas kerugian pasca panen (Singh *et al.*, 2014).

PENGEMASAN ASPARAGUS (*Asparagus Officinalis* L.) MELALUI TEKNIK MODIFIKASI ATMOSFER

Prinsip kerja dalam Pengemasan Modifikasi Atmosfer merupakan metode penyimpanan yang melibatkan modifikasi atau perubahan komposisi O₂ dan CO₂ di sekitar asparagus untuk tujuan mengurangi tingkat respirasi, memperlambat pertumbuhan mikroba yang memerlukan O₂ untuk berkembang biak, dan menghambat kerusakan enzimatik (Saputri *et al.*, 2019). Mekanisme pengemasan ini melibatkan penggantian udara dalam kemasan dengan campuran gas yang diinginkan, biasanya dengan mengurangi konsentrasi O₂ dan meningkatkan konsentrasi CO₂. Setelah mencapai kondisi atmosfer yang diinginkan, kemasan disegel rapat untuk mencegah masuknya udara dari luar. Proses ini selanjutnya dipantau secara berkala untuk menjaga kondisi optimal selama penyimpanan. Secara alami, kandungan O₂ dalam asparagus akan berkurang karena proses respirasi, diikuti oleh peningkatan konsentrasi CO₂ sebagai hasil dari reaksi respirasi. Teknik demikian dikenal sebagai modifikasi pasif (Caleb *et al.*, 2013), yang mengubah komposisi gas bergantung pada interaksi laju respirasi asparagus dengan pertukaran gas melalui bahan kemasan, tanpa mengubah komposisi gas awal (Pardede, 2020).

Pengemasan modifikasi atmosfer secara aktif disarankan karena menggunakan komponen aktif yang sengaja ditambahkan untuk melepaskan atau menyerap gas tertentu seperti O₂ dan CO₂. Tujuannya adalah memperpanjang masa simpan makanan serta menjaga kualitas dan karakteristik sensoriknya (Yildirim *et al.*, 2018). Komposisi gas di dalam kemasan diatur sedemikian rupa dimana kandungan O₂ diturunkan di bawah komposisi atmosfer normal, dan menaikkan kandungan gas-gas yang dapat memperlambat laju respirasi seperti CO₂ dan CO. Namun, penggunaan CO terkendala masalah keamanan karena sifatnya yang beracun dan berpotensi meledak apabila tidak ditangani dengan hati-hati (Soltani *et al.*, 2015).

Teknik pengemasan modifikasi atmosfer aktif beroperasi efektif dengan cara mengubah atmosfer dalam kemasan melalui penggunaan bahan-bahan pemerangkap atau penyerap gas O₂ atau CO₂ (Wani *et al.*, 2014). Pertukaran gas terjadi melalui bahan pengemas, karena kemasan modifikasi atmosfer bukanlah sistem yang sepenuhnya tertutup, O₂ dan CO₂ ini masih dapat berdifusi melalui bahan kemasan, memungkinkan pertukaran gas antara asparagus dan lingkungan di luar kemasan. Kondisi atmosfer dalam kemasan setelah pengemasan tidak statis, melainkan terus berubah seiring waktu berjalan (Mattos *et al.*, 2013).

Dapat dilihat pada (Gambar 1) penelitian (Benyathiar *et al.*, 2020) asparagus yang sudah dipotong dan dikering anginkan sebelum dikemas dalam wadah. Kualitas sensorik asparagus hijau segar yang disimpan dalam MAP termasuk bau, warna ujung, warna tangkai, tekstur, dan penampilan keseluruhan terbukti masih diminati konsumen di hari ke-21. Meskipun terjadi perubahan pada beberapa atribut, kualitas asparagus masih dapat diterima hingga hari ke-21. Berbeda dengan perlakuan VSP, yang mana menghilangkan semua gas yang ada didalamnya, yang akan berakibat asparagus cepat mengalami kerusakan terutama pada tekstur. Penggunaan berbagai jenis film polimer juga harus dipertimbangkan karena memiliki sifat penghalang fisik, mekanik, kimia, dan gas yang berbeda (Hussein *et al.*, 2015).



Gambar 1. Pengemasan Asparagus

(A) Batang asparagus hijau segar yang dikemas dalam nampan Dupont® menggunakan pengemasan modifikasi atmosfer (MAP) dan (B) nampan Cryovac® menggunakan pembungkus kulit vakum (VSP). Disimulasikan oleh (Benyathiar *et al.*, 2020).

EFEK GAS O₂ DAN CO₂ PADA PENGEMASAN MODIFIKASI ATMOSFER ASPARAGUS

Tabel 1. Pengaruh O₂ dan CO₂ Pada Asparagus Yang Disimpan Pada Pengemasan Modifikasi Atmosfer

No	Perlakuan		Mekanisme Perlakuan	Mutu	Referensi
	O ₂	CO ₂			
1	3-21 %	5-14 %	Menghasilkan ATP	Dapat menjaga kualitas (bobot segar, tekstur, dan warna) tetapi umur simpan tidak lama (5-10 hari)	Gantner <i>et al.</i> , 2020
2	4-6 %	5-10 %	Menghambat respirasi	Dapat menjaga kualitas (bobot segar, tekstur, dan warna) serta umur simpan lebih lama (≥14 hari)	L. X. Wang <i>et al.</i> , 2020b
3	-	60 %	Menghambat penurunan bobot segar dan tekstur	Dapat menjaga kualitas bobot segar dan tekstur (21 hari)	J. Wang & Fan, 2019
4	-	20 %	Menghambat penguningan	Dapat menjaga kualitas warna (≥14 hari)	L. X. Wang <i>et al.</i> , 2020b

Berdasarkan data dari beberapa penelitian yang dikutip, atmosfer dengan kisaran O₂ antara 3-21% dan CO₂ antara 5-14% mampu menghasilkan ATP dan menjaga kualitas segar, tekstur, dan warna asparagus, meskipun umur simpannya relatif singkat, sekitar 5-10 hari. Namun, atmosfer dengan kisaran O₂ antara 4-6% dan CO₂ antara 5-10% dapat menghambat respirasi dan memperpanjang umur simpan asparagus hingga minimal 14 hari, juga tetap bisa menjaga kualitas segar, tekstur, dan warna asparagus. Kondisi atmosfer dengan konsentrasi CO₂ sekitar 60%, tanpa penurunan kadar O₂ yang signifikan, mampu menghambat penurunan bobot segar dan tekstur asparagus selama 21 hari, menunjukkan kemampuan untuk menjaga kualitas segar dan tekstur asparagus dalam jangka waktu yang lebih lama. Selain itu, atmosfer dengan CO₂ sekitar 20% efektif menghambat proses perubahan warna penguningan asparagus, mempertahankan kualitas warna asparagus selama minimal 14 hari. Dengan demikian, pengaturan kondisi atmosfer yang tepat, khususnya dengan mengatur konsentrasi O₂ dan CO₂, dapat secara signifikan mempengaruhi kualitas dan umur simpan asparagus, menjaga segar, tekstur, dan warna asparagus lebih lama untuk memenuhi persyaratan pasar dan meningkatkan nilai komersialnya.

O₂ berperan penting dalam penyimpanan asparagus karena berkaitan dengan laju respirasi, yang menghasilkan produk sampingan CO₂ dan senyawa NADH (*Nikotinamida Adenia Dinukleotida Reduksi*) dan FADH₂ (*Flavin Adenin Dinukleotida Reduksi*) yang digunakan untuk menghasilkan ATP melalui fosforilasi oksidatif. O₂ selanjutnya berfungsi sebagai akseptor akhir elektron dalam rantai transport elektron yang menghasilkan H₂O (Millar *et al.*, 2011). Tingkat respirasi asparagus dalam kemasan terkait dengan kandungan CO₂ dan O₂. Kondisi atmosfer dalam kemasan mempengaruhi kualitas asparagus, seperti rasa, warna, tekstur, gula, dan keasaman (Kahramanoğlu, 2019). Dalam penelitian (Tudela *et al.*, 2017) juga menegaskan komposisi atmosfer menentukan tingkat respirasi dari asparagus yang telah dipanen, yang dapat menyebabkan penurunan kualitas. Konsentrasi gas yang direkomendasikan untuk penyimpanan asparagus hijau pada suhu 5 °C adalah 5–10% CO₂, mirip dengan komposisi udara sekitar dan konsentrasi O₂ sebesar 4–6% kemungkinan mengurangi tingkat respirasi dan menghambat metabolisme anaerob. CO₂ dapat mempengaruhi sensitivitas jaringan tumbuhan terhadap hormon pematangan etilen melalui pengaturan konsentrasi CO₂ di sekitar jaringan tersebut (L. X. Wang *et al.*, 2020b). Tingginya konsentrasi CO₂ juga dapat berpengaruh negatif pada kualitas buah dengan mempercepat perubahan warna, tekstur, meningkatkan pelarutan senyawa pektin serta meningkatkan akumulasi etilen, yang dapat mempercepat proses penuaan asparagus (Teixeira *et al.*, 2016). Namun, respons ini dapat bervariasi untuk setiap produk segar yang dikemas dalam kemasan modifikasi atmosfer. Oleh karena itu, penting untuk melakukan pengukuran terhadap efek atmosfer yang diterapkan pada setiap produk segar spesifik (Lu *et al.*, 2018).

Pada penelitian lainnya (L. X. Wang *et al.*, 2020b), konsentrasi O₂ dalam kemasan hanya bergantung pada jenis kemasan yang digunakan, menunjukkan bahwa penggunaan CO₂ dalam konsentrasi tinggi tidak menyebabkan kerusakan permanen pada asparagus. Menurut (Teixeira *et al.*, 2016) penggantian udara dengan komposisi gas yang diinginkan yang mengurangi konsentrasi O₂ untuk menghambat laju oksidasi, memperlambat laju respirasi, menunda pematangan buah, dan mengurangi kecepatan degradasi komponen rasa dan warna. Ketika konsentrasi O₂ meningkat, produksi O₂ reaktif seperti superoksida, hidrogen peroksida, dan radikal hidroksil juga meningkat. Oksigen reaktif ini dapat menyebabkan kerusakan pada sitoplasma dan menghambat berbagai aktivitas metabolisme, yang pada akhirnya menyebabkan penurunan kualitas asparagus (Choudhury *et al.*, 2017).

Asparagus menunjukkan tingkat respirasi yang tinggi dan aktivitas metabolisme yang terkait dengan pengaturan etilen (Kou *et al.*, 2020). Etilen dapat dihasilkan oleh jaringan tanaman hidup pada waktu tertentu. Senyawa etilen dapat mengakibatkan perubahan penting dalam hal proses pematangan hasil pertanian (Dahlia *et al.*, 2016). Etilen mengatur perubahan warna dan reduksi kadar klorofil, peningkatan karotenoid atau antosianin, gula dan biosintesis senyawa organik yang mudah menguap (Iqbal *et al.*, 2017). Etilen yang tinggi akan menyebabkan perubahan warna, pematangan lebih cepat, penguraian sel dan penurunan kualitas nutrisi. Penting untuk mengontrol sintesis etilen endogen dalam produk segar dan memastikan penghilangannya dari lingkungan selama penyimpanan (Patiño *et al.*, 2018). Penelitian (Liu *et al.*, 2020) pada teratai menyatakan bahwa CO₂ berfungsi sebagai penghambat kompetitif etilen, tingkat CO₂ yang tinggi telah terbukti memiliki korelasi yang signifikan dengan tingkat pemerahan pada teratai. Dengan waktu penyimpanan yang lebih lama, kerusakan jaringan menjadi lebih serius dan menginduksi produksi etilen (L. X. Wang *et al.*, 2020a). Oleh karena itu perlu penerapan pengemasan modifikasi atmosfer aktif, (L. X. Wang *et al.*, 2020a) yang menunjukkan bahwa kemasan modifikasi atmosfer bermanfaat untuk menjaga kesegaran asparagus dengan mengurangi respirasi dan produksi etilen, menghambat perubahan tekstur yang lunak, dan mengurangi pembusukan asparagus. Kemasan modifikasi atmosfer dapat dicapai secara aktif, dengan mengalirkan campuran gas ke dalam kemasan, atau secara pasif, melalui sinergi permeabilitas film dengan laju respirasi produk pertanian yang mengubah komposisi gas di dalam kemasan (Ghidelli & Pérez-Gago, 2018). Kemasan modifikasi atmosfer aktif lebih efektif

daripada kemasan modifikasi atmosfer pasif karena efek atmosfer pada produk bersifat langsung (Gil, 2016).

EFEK PENGEMASAN MODIFIKASI ATMOSFER PADA BOBOT SEGAR ASPARAGUS

Pengendalian penurunan bobot segar dengan pengemasan modifikasi atmosfer, sangat berpengaruh untuk mengendalikan respirasi dan transpirasi pada asparagus, yang berdampak buruk pada kualitas seperti penampilan, tekstur, rasa, dan nilai gizi. Ini dapat dilakukan dengan pendekatan dalam memilih komposisi gas yang diinginkan dan permeabilitas kemasan yang dapat mengatur kelembaban di dalamnya. Salah satu faktor yang perlu diperhatikan yaitu adanya konsentrasi CO₂ maupun O₂, yang nilai optimumnya spesifik untuk setiap jenis produk pertanian. Pengemasan modifikasi atmosfer menciptakan atmosfer dengan meningkatkan CO₂ sehingga dapat mengurangi tingkat O₂ yang dapat menjaga penurunan bobot segar dan memperpanjang umur simpan asparagus, dengan mengurangi laju respirasi, pembusukan, kehilangan air, dan perubahan fisiologis lainnya (Wilson *et al.*, 2019). Penelitian (J. Wang & Fan, 2019) menyatakan bahwa konsentrasi utama 60% CO₂ selama penyimpanan asparagus mencegah penurunan bobot segar dan asparagus menunjukkan kualitas terbaik saat disimpan pada suhu 2 °C. Akan tetapi jika konsentrasi O₂ dan CO₂ di lingkungan melewati ambang batas toleransinya, asparagus dapat mengalami respirasi anaerob (Pardede, 2020). Dalam respirasi normal, asparagus menggunakan O₂ untuk menguraikan glukosa menjadi energi melalui proses aerob. Namun, jika konsentrasi O₂ menurun di bawah batas tertentu, tanaman akan beralih ke respirasi anaerob. Dalam respirasi anaerob, karena oksigen terbatas, asam piruvat hasil glikolisis tidak dapat sepenuhnya diurai. Sebagai hasilnya, asam piruvat akan mengalami fermentasi anaerob, di mana akan diubah menjadi produk fermentasi seperti etanol atau asam laktat untuk mendapatkan energi. Proses ini kurang efisien dalam menghasilkan energi, walaupun memungkinkan tanaman bertahan dalam kondisi tanpa oksigen, akan tetapi kondisi ini dapat menurunkan bobot segar asparagus yang akan mengakibatkan penurunan kualitas pada asparagus, seperti kerusakan tekstur dan perubahan rasa. Pada penelitian lainnya (J. Wang & Fan, 2019) telah menunjukkan bahwa asparagus dengan penurunan bobot yang tinggi cenderung mengalami penurunan tekstur yang lebih signifikan. Pada batang asparagus, yang mengalami penurunan bobot yang tinggi, justru terjadi kebalikan dari penurunan tekstur secara umum. Batang asparagus menjadi lebih keras dan berserat seiring berjalannya waktu, berkaitan dengan tingkat lignifikasi serat perisiklik dan mengakibatkan peningkatan dalam pembentukan polimer sel. Polimer sel ini mengisi ruang di dinding sel, membuat batang asparagus menjadi lebih keras dan berserat.

Penurunan bobot segar sebagian besar juga terkait dengan kehilangan air atau kelembaban tergantung pada karakteristik fisiologis dan morfologis masing-masing tanaman (Manolopoulou & Varzakas, 2013). Perubahan bobot segar pada asparagus selama penyimpanan disebabkan karena sebagian air dalam jaringan asparagus akan menguap atau mengalami transpirasi yang menyebabkan terjadinya pelayuan dan kekeringan pada asparagus (Pan & Sasanatayart, 2016). Transpirasi ini mempengaruhi keseimbangan air dalam tumbuhan dan dapat menyebabkan perubahan bobot segar tumbuhan dari waktu ke waktu. Proses penguapan air ini menyebabkan berkurangnya kandungan air dalam tumbuhan, yang pada akhirnya menyebabkan penurunan bobot segar asparagus (Silaen, 2021). Faktor lain yang mempengaruhi transpirasi yaitu kelembaban dalam kemasan dan suhu penyimpanan, ini bertanggung jawab untuk mengontrol akumulasi atau transmisi uap air di dalam kemasan (Mahajan *et al.*, 2015). Kelembaban yang disarankan 85±5% relatif pada suhu 4°C (L. X. Wang., *et al.*, 2020a). Kelembaban dalam kemasan yang rendah dapat meningkatkan transpirasi dan respirasi, sedangkan kelembaban dalam kemasan yang tinggi dikaitkan dengan kondensasi dan pada akhirnya kedua kondisi ini menghasilkan asparagus yang tidak dapat dipasarkan (Hussein *et al.*, 2015). Selain itu, perbedaan dalam penurunan berat antara jenis tanaman juga bisa dipengaruhi oleh perbedaan bentuk dan struktur tanaman tersebut. Dalam hal ini, asparagus termasuk dalam jenis tanaman yang tidak memiliki membran pelindung, seperti halnya tanaman lainnya seperti jeruk, pisang, dan polong-polongan.

Sebagai ilustrasi, produk pertanian yang dilindungi oleh membran cenderung mengalami kehilangan air yang lebih sedikit daripada produk pertanian yang memiliki membran pelindung yang lebih tipis atau bahkan tidak memiliki membran pelindung sama sekali (Manolopoulou & Varzakas, 2013).

EFEK PENGEMASAN MODIFIKASI ATMOSFER PADA PERUBAHAN WARNA ASPARAGUS

Parameter warna adalah titik kualitas pertama yang terlihat yang dinilai oleh konsumen, dan menunjukkan waktu pembusukan serta adanya perubahan rasa (Mastropasqua *et al.*, 2016). Perubahan warna sepanjang bagian batang hingga pucuk asparagus menunjukkan efek yang dipicu oleh proses respirasi seluler dan umumnya terkait dengan kerusakan kloroplas seluler, kromoplas, pigmen alami dan merupakan faktor utama dalam menentukan kualitas batang asparagus (Yin *et al.*, 2016). Perubahan warna juga dikarenakan pencoklatan enzimatis, yang terkait dengan aktivitas enzim polifenol oksidase, asam askorbat oksidase, dan asam glikolat oksidase (X. Li *et al.*, 2014). Penghubung antara perubahan warna dan efek pencoklatan enzimatis dalam atmosfer yang dimodifikasi, tinggi O₂ telah dikaitkan dengan penghambatan aktivitas enzim polifenol oksidase sebagai substratnya, dimana enzim polifenol oksidase berperan dalam oksidasi senyawa fenolik yang ada dalam jaringan asparagus, mengubahnya menjadi senyawa yang berwarna coklat (Molinu *et al.*, 2016). Keuntungan dari O₂ rendah adalah untuk mempertahankan atribut warna yang berbeda dari buah atau sayur segar (Belay *et al.*, 2017a).

Penurunan kualitas pascapanen juga terkait dengan degradasi klorofil pada pucuk tanaman asparagus, yang terjadi akibat paparan cahaya dan perubahan suhu (T. Li & Zhang, 2015). Dengan penerapan kemasan modifikasi atmosfer yang dapat menekan O₂ dan CO₂ yang ditinggikan pada suhu tertentu dapat menghambat degradasi klorofil. Pada penelitian (L. X. Wang *et al.*, 2020b) asparagus dalam kemasan modifikasi atmosfer dengan perlakuan CO₂ yang ditinggikan yang disimpan pada suhu 4°C perlakuan CO₂ 20% dapat menghambat degradasi klorofil, suhu tinggi lebih cenderung menyebabkan asparagus menguning dan degradasi klorofil. *Pretreatment* MA (Modifikasi Atmosfer) dengan 20% CO₂ terbukti menghambat penguningan yang lebih besar selama penyimpanan dingin asparagus (L. X. Wang *et al.*, 2020b). Jika komposisi gas internal yang tidak memadai dapat menyebabkan respirasi anaerob dan produksi bau tak sedap disertai dengan hilangnya penampilan visual (Belay *et al.*, 2019). Penurunan aktivitas klorofilase yang menunda degradasi klorofil karena penurunan aktivitas metabolik juga terkait dengan keadaan klorofil dalam penyimpanan pascapanen buah stroberi (D. Li *et al.*, 2019). Pemecahan klorofil terkait erat dengan mobilisasi protein kloroplas, lipid dan logam selama penuaan (Christ & Hörtensteiner, 2014). Demikian juga, cold shock menunda degradasi klorofil dengan menekan aktivitas klorofilase pada mentimun (Zhao *et al.*, 2018). Namun, hilangnya warna mungkin tidak semata-mata disebabkan oleh reaksi kimia, tetapi lebih merupakan penjumlahan dari banyak cacat penampilan, beberapa di antaranya mungkin disebabkan oleh kehilangan air yang berlebihan (Paniagua *et al.*, 2013). Aktivitas enzimatis dapat dikontrol dengan mengurangi konsentrasi O₂, sedangkan, kehilangan warna terkait dengan kehilangan air dapat dikontrol dengan memilih film kemasan yang tepat, yang dapat mengatur kelembaban dalam kemasan (Belay *et al.*, 2017b).

KESIMPULAN

Kajian literatur menunjukkan bahwa penerapan pengemasan modifikasi atmosfer memberi manfaat dan sangat mempengaruhi kualitas asparagus, dengan kondisi atmosfer kisaran O₂ antara 4-6% dan CO₂ antara 5-10% merupakan perlakuan terbaik yang mampu menghambat respirasi, memperpanjang umur simpan asparagus hingga minimal 14 hari, menjaga kualitas segar, tekstur, dan warna, serta meningkatkan nilai komersial asparagus. Dibandingkan dengan perlakuan CO₂ yang ditinggikan hingga 60% yang mana bisa menghambat respirasi dengan maksimal hingga lebih dari 21 hari tetapi tidak bisa menjaga kualitas asparagus secara keseluruhan. Walaupun saat ini asparagus sering didistribusikan tanpa kemasan, yang diikat

dengan isolasi plastik, oleh karena itu penting untuk mengevaluasi potensi bahan kemasan yang umum digunakan untuk buah dan sayuran untuk memperpanjang umur simpan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, R., & Sugiarti, T. (2019). Analisis Pengemasan Jagung Manis (*Zea Mays* L. Saccharata Sturt) Berkelobot Dengan Berbagai Bahan Pengemas. *FoodTech: Jurnal Teknologi Pangan*, 1(1), 25. <https://doi.org/10.26418/jft.v1i1.30344>
- Ayu, G., Triani, L., & Tuningrat, I. A. M. (2016). Pengaruh Pencucian dan Perebusan terhadap Residu Insektisida pada Asparagus (*Asparagus Officinalis*) yang Dihasilkan di Kabupaten Badung. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian AGROTECHNO*, 1(1), 51–55.
- Belay, Z. A., Caleb, O. J., & Opara, U. L. (2017a). Impacts of low and super-atmospheric oxygen concentrations on quality attributes, phytonutrient content and volatile compounds of minimally processed pomegranate arils (cv. Wonderful). *Postharvest Biology and Technology*, 124, 119–127. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.10.007>
- Belay, Z. A., Caleb, O. J., & Opara, U. L. (2017b). Impacts of low and super-atmospheric oxygen concentrations on quality attributes, phytonutrient content and volatile compounds of minimally processed pomegranate arils (cv. Wonderful). *Postharvest Biology and Technology*, 124, 119–127.
- Belay, Z. A., Caleb, O. J., & Opara, U. L. (2019). Influence of initial gas modification on physicochemical quality attributes and molecular changes in fresh and fresh-cut fruit during modified atmosphere packaging. *Food Packaging and Shelf Life*, 21(February). <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100359>
- Benyathiar, P., Harte, B., & Harte, J. (2020). Shelf life extension of fresh asparagus using modified atmosphere packaging and vacuum skin packaging in microwavable tray systems. *Packaging Technology and Science*, 33(10), 407–415. <https://doi.org/10.1002/pts.2511>
- C. Lan, L. Hua, L. Bao, S. H. (2013). Effect of Color, Thickness and Part on Free Amino Acid Contents in Asparagus. *基础研究*, 34(01), 65–68.
- Caleb, O. J., Mahajan, P. V., Al-Said, F. A. J., & Opara, U. L. (2013). Modified Atmosphere Packaging Technology of Fresh and Fresh-cut Produce and the Microbial Consequences-A Review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(2), 303–329. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0932-4>
- Chitrakar, B., Zhang, M., & Adhikari, B. (2019). Asparagus (*Asparagus officinalis*): Processing effect on nutritional and phytochemical composition of spear and hard-stem byproducts. *Trends in Food Science and Technology*, 93(May), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.08.020>
- Choudhury, F. K., Rivero, R. M., Blumwald, E., & Mittler, R. (2017). Reactive oxygen species, abiotic stress and stress combination. *Plant Journal*, 90(5), 856–867. <https://doi.org/10.1111/tpj.13299>
- Christ, B., & Hörtensteiner, S. (2014). Mechanism and significance of chlorophyll breakdown. *Journal of Plant Growth Regulation*, 33, 4–20.
- Dahlia, A., Haryanto, A., & Suhandy, D. (2016). Pisang Muli Studies On The Use Of Kmn To Extend The Shelf Life Of. *Teknik Pertanian Lampung*, 5(2), 67–72.
- Dong, T., Han, R., Yu, J., Zhu, M., Zhang, Y., Gong, Y., & Li, Z. (2019). Anthocyanins accumulation and molecular analysis of correlated genes by metabolome and

Sohnif Nurwicahyo Putra, Henik Sukorini, & Erfan Dani Septia. Penerapan Pengemasan Modifikasi Atmosfer untuk Mempertahankan Kualitas Sensorik Asparagus (*Asparagus officinalis* L). *Journal Viabel Pertanian*. (2024), 18(1) 76-87

- transcriptome in green and purple asparagus (*Asparagus officinalis*, L.). *Food Chemistry*, 271, 18–28. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.120>
- Gantner, M., Król, K., & Kopczyńska, K. (2020). Application of MAP and ethylene–vinyl alcohol copolymer (EVOH) to extend the shelf-life of green and white asparagus (*Asparagus officinalis* L.) spears. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(4), 2030–2039. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00449-6>
- Ghidelli, C., & Pérez-Gago, M. B. (2018). Recent advances in modified atmosphere packaging and edible coatings to maintain quality of fresh-cut fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(4), 662–679. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1211087>
- Gil, M. I. (2016). Preharvest factors and fresh-cut quality of leafy vegetables. *Acta Horticulturae*, 1141, 57–64. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1141.6>
- Guo, Q., Wang, N., Liu, H., Li, Z., Lu, L., & Wang, C. (2020). The bioactive compounds and biological functions of *Asparagus officinalis* L. – A review. *Journal of Functional Foods*, 65(October), 103727. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103727>
- Hussein, Z., Caleb, O. J., Jacobs, K., Manley, M., & Opara, U. L. (2015). Effect of perforation-mediated modified atmosphere packaging and storage duration on physicochemical properties and microbial quality of fresh minimally processed ‘Acco’ pomegranate arils. *LWT-Food Science and Technology*, 64(2), 911–918.
- Iqbal, N., Khan, N. A., Ferrante, A., Trivellini, A., Francini, A., & Khan, M. I. R. (2017). Ethylene role in plant growth, development and senescence: interaction with other phytohormones. *Frontiers in Plant Science*, 8(April), 1–19. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00475>
- Kahramanoğlu, İ. (2019). Effects of lemongrass oil application and modified atmosphere packaging on the postharvest life and quality of strawberry fruits. *Scientia Horticulturae*, 256, 108527.
- Kongpatjirak, P., Safitri, A. A., & Seta, S. (2016). Pre-storage anoxia treatment affects fruit quality, antioxidant properties, and shelf life of mango. *Journal of Food Science and Agricultural Technology (JFAT)*, 2.
- Kou, J., Wei, C., Zhao, Z., Guan, J., & Wang, W. (2020). Effects of ethylene and 1-methylcyclopropene treatments on physiological changes and ripening-related gene expression of ‘Mopan’ persimmon fruit during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 166(May), 111185. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111185>
- Ku, Y. G., Bae, J. H., Namieśnik, J., Barasch, D., Nemirovski, A., Katrich, E., & Gorinstein, S. (2018). Detection of Bioactive Compounds in Organically and Conventionally Grown Asparagus Spears. *Food Analytical Methods*, 11(1), 309–318. <https://doi.org/10.1007/s12161-017-1074-0>
- Li, D., Zhang, X., Li, L., Aghdam, M. S., Wei, X., Liu, J., Xu, Y., & Luo, Z. (2019). Elevated CO₂ delayed the chlorophyll degradation and anthocyanin accumulation in postharvest strawberry fruit. *Food Chemistry*, 285(December 2018), 163–170. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.150>
- Li, X., Jiang, Y., Li, W., Tang, Y., & Yun, J. (2014). Effects of ascorbic acid and high oxygen modified atmosphere packaging during storage of fresh-cut eggplants. *Food Science and Technology International*, 20(2), 99–108. <https://doi.org/10.1177/1082013212472351>
- Liu, E. C., Niu, L. F., Yi, Y., Wang, L. M., Ai, Y. W., Zhao, Y., Wang, H. X., & Min, T. (2020). Expression analysis of ERFs during storage under modified atmosphere packaging (High-

Sohnif Nurwicahyo Putra, Henik Sukorini, & Erfan Dani Septia. Penerapan Pengemasan Modifikasi Atmosfer untuk Mempertahankan Kualitas Sensorik Asparagus (*Asparagus officinalis* L).
Journal Viabel Pertanian. (2024), 18(1) 76-87

- concentration of CO₂) of fresh-cut lotus root. *HortScience*, 55(2), 216–223. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14609-19>
- Lu, H., Wang, K., Wang, L., Li, D., Yan, J., Ban, Z., Luo, Z., Li, L., & Yang, D. (2018). Effect of superatmospheric oxygen exposure on strawberry (*Fragaria × ananassa* Fuch.) volatiles, sensory and chemical attributes. *Postharvest Biology and Technology*, 142(March), 60–71. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.04.007>
- Mahajan, P., Rux, G., Caleb, O., Linke, M., Herppich, W., & Geyer, M. (2015). Mathematical model for transpiration rate at 100% humidity for designing modified humidity packaging. *III International Conference on Fresh-Cut Produce: Maintaining Quality and Safety 1141*, 269–274.
- Manolopoulou, E., & Varzakas, T. H. (2013). Effect of modified atmosphere packaging (MAP) on the quality of ‘ready-to-eat’ shredded cabbage. *International Journal of Agricultural and Food Research*, 2(3).
- Mastropasqua, L., Tanzarella, P., & Paciolla, C. (2016). Effects of postharvest light spectra on quality and health-related parameters in green *Asparagus officinalis* L. *Postharvest Biology and Technology*, 112, 143–151. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.10.010>
- Mattos, L. M., Moretti, C. L., & da Silva, E. Y. Y. (2013). Effects of modified atmosphere packaging on quality attributes and physiological responses of fresh-cut crisphead lettuce. *CyTA-Journal of Food*, 11(4), 392–397.
- Millar, A. H., Whelan, J., Soole, K. L., & Day, D. A. (2011). Organization and regulation of mitochondrial respiration in plants. *Annual Review of Plant Biology*, 62, 79–104.
- Molinu, M. G., Dore, A., Palma, A., D’Aquino, S., Azara, E., Rodov, V., & D’hallewin, G. (2016). Effect of superatmospheric oxygen storage on the content of phytonutrients in “Sanguinello Comune” blood orange. *Postharvest Biology and Technology*, 112, 24–30. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.09.037>
- Pan, X. C., & Sasanatayart, R. (2016). Effect of plastic films with different oxygen transmission rate on shelf-life of fresh-cut bok choy (*Brassica rapa* var. *chinensis*). *International Food Research Journal*, 23(5), 1865–1871.
- Paniagua, A. C., East, A. R., Hindmarsh, J. P., & Heyes, Ja. (2013). Moisture loss is the major cause of firmness change during postharvest storage of blueberry. *Postharvest Biology and Technology*, 79, 13–19.
- Pardede, E. (2020). Pengemasan Buah Dan Sayur Dengan Atmosfir Termodifikasi. *Jurnal Visi Eksakta*, 1(1), 11–20. <https://doi.org/10.51622/eksakta.v1i1.52>
- Patiño, L. S., Castellanos, D. A., & Herrera, A. O. (2018). Influence of 1-MCP and modified atmosphere packaging in the quality and preservation of fresh basil. *Postharvest Biology and Technology*, 136(October 2017), 57–65. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.10.010>
- Rux, G., Mahajan, P. V., Geyer, M., Linke, M., Pant, A., Saengerlaub, S., & Caleb, O. J. (2015). Application of humidity-regulating tray for packaging of mushrooms. *Postharvest Biology and Technology*, 108, 102–110. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.06.010>
- Saputri, C. W. E., Pudja, I. A. R. P., & Kencana, P. K. D. (2019). Pengaruh Perlakuan Waktu dan Suhu Penyimpanan Dingin terhadap Mutu Kubis Bunga (*Brassica Oleracea* Var. *Botrytis* L.). *Jurnal BETA (Biosistem Dan Teknik Pertanian)*, 8(1), 138.

Sohnif Nurwicahyo Putra, Henik Sukorini, & Erfan Dani Septia. Penerapan Pengemasan Modifikasi Atmosfer untuk Mempertahankan Kualitas Sensorik Asparagus (*Asparagus officinalis* L).
Journal Viabel Pertanian. (2024), 18(1) 76-87

<https://doi.org/10.24843/jbeta.2020.v08.i01.p17>

- Sergio, L., Cantore, V., Spremulli, L., Pinto, L., Baruzzi, F., Di Venere, D., & Boari, F. (2018). Effect of cooking and packaging conditions on quality of semi-dried green asparagus during cold storage. *Lwt*, 89, 712–718. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.11.037>
- Silaen, S. (2021). Pengaruh Transpirasi Tumbuhan Dan Komponen Didalamnya. *Agroprimatech*, 5(1), 14–20. <https://doi.org/10.34012/agroprimatech.v5i1.2081>
- Singh, V., Hedayetullah, M., Zaman, P., & Meher, J. (2014). Postharvest Technology of Fruits and Vegetables: An Overview. *Journal of Post-Harvest Technology*, 2(2), 124–135.
- Siomos, A. S. (2018). The quality of asparagus as affected by preharvest factors. *Scientia Horticulturae*, 233(June 2017), 510–519. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.031>
- Slatnar, A., Mikulic-Petkovsek, M., Stampar, F., Veberic, R., Horvat, J., Jakse, M., & Sircelj, H. (2018). Game of tones: Sugars, organic acids, and phenolics in green and purple asparagus (*Asparagus officinalis* L.) cultivars. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 42(1), 55–66. <https://doi.org/10.3906/tar-1707-44>
- Soltani, M., Alimardani, R., Mobli, H., & Mohtasebi, S. S. (2015). Modified atmosphere packaging: a progressive technology for shelf-life extension of fruits and vegetables. *Journal of Applied Packaging Research*, 7(3), 2.
- Susanto, A., Supriyadi, Y., Tohidin, T., & Iqbal, M. (2018). Keragaman Serangga Hama pada Tanaman Asparagus (*Asparagus officinalis* L.) di Sentra Budidaya Tanaman Agroduta Lembang Jawa Barat. *Agrikultura*, 29(1), 48. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v29i1.17869>
- Techavuthiporn, C., & Boonyariththongchai, P. (2016). Effect of prestorage short-term Anoxia treatment and modified atmosphere packaging on the physical and chemical changes of green asparagus. *Postharvest Biology and Technology*, 117, 64–70. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.01.016>
- Teixeira, G. H. A., Cunha Júnior, L. C., Ferraudo, A. S., & Durigan, J. F. (2016). Quality of guava (*Psidium guajava* L. cv. Pedro Sato) fruit stored in low-O₂ controlled atmospheres is negatively affected by increasing levels of CO₂. *Postharvest Biology and Technology*, 111, 62–68. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.07.022>
- Tudela, J. A., Hernández, N., Pérez-Vicente, A., & Gil, M. I. (2017). Growing season climates affect quality of fresh-cut lettuce. *Postharvest Biology and Technology*, 123, 60–68. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.08.013>
- Wang, J., & Fan, L. (2019). Effect of ultrasound treatment on microbial inhibition and quality maintenance of green asparagus during cold storage. *Ultrasonics Sonochemistry*, 58(May), 104631. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104631>
- Wang, L. X., Choi, I. L., & Kang, H. M. (2020a). Correlations among quality characteristics of green asparagus affected by the application methods of elevated CO₂ combined with MA packaging. *Horticulturae*, 6(4), 1–15. <https://doi.org/10.3390/horticulturae6040103>
- Wang, L. X., Choi, I. L., & Kang, H. M. (2020b). Effect of high CO₂ treatment and MA packaging on sensory quality and physiological-biochemical characteristics of green asparagus (*Asparagus officinalis* L.) during postharvest storage. *Horticulturae*, 6(4), 1–15. <https://doi.org/10.3390/horticulturae6040084>
- Wani, A. A., Singh, P., Gul, K., Wani, M. H., & Langowski, H.-C. (2014). Sweet cherry (*Prunus avium*): Critical factors affecting the composition and shelf life. *Food Packaging and Shelf Life*, 1(1), 86–99.

Sohnif Nurwicahyo Putra, Henik Sukorini, & Erfan Dani Septia. Penerapan Pengemasan Modifikasi Atmosfer untuk Mempertahankan Kualitas Sensorik Asparagus (*Asparagus officinalis* L). *Journal Viabel Pertanian*. (2024), 18(1) 76-87

- Warto, W., & Samsuri, S. (2020). Sertifikasi Halal dan Implikasinya Bagi Bisnis Produk Halal di Indonesia. *Al Maal: Journal of Islamic Economics and Banking*, 2(1), 98. <https://doi.org/10.31000/almaal.v2i1.2803>
- Wasala, W., Dissanayake, C. A. K., Dharmasena, D. A. N., Gunawardane, C. R., & Dissanayake, T. M. R. (2014). Postharvest losses, current issues and demand for postharvest technologies for loss management in the main banana supply chains in Sri Lanka. *Journal of Postharvest Technology*, 2(1), 80–87.
- Wilson, M. D., Stanley, R. A., Eyles, A., & Ross, T. (2019). Innovative processes and technologies for modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(3), 411–422. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1375892>
- Yi, J., Feng, H., Bi, J., Zhou, L., Zhou, M., Cao, J., & Li, J. (2016). High hydrostatic pressure induced physiological changes and physical damages in asparagus spears. *Postharvest Biology and Technology*, 118, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.03.015>
- Yildirim, S., Röcker, B., Pettersen, M. K., Nilsen-Nygaard, J., Ayhan, Z., Rutkaite, R., Radusin, T., Suminska, P., Marcos, B., & Coma, V. (2018). Active Packaging Applications for Food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(1), 165–199. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12322>
- Yin, X. R., Xie, X. L., Xia, X. J., Yu, J. Q., Ferguson, I. B., Giovannoni, J. J., & Chen, K. S. (2016). Involvement of an ethylene response factor in chlorophyll degradation during citrus fruit degreening. *The Plant Journal : For Cell and Molecular Biology*, 86(5), 403–412. <https://doi.org/10.1111/tpj.13178>
- Zhao, S., Yang, Z., Zhang, L., Luo, N., & Wang, C. (2018). Effects of different direction of temperature jump treatment on cucumbers. *Journal of Food Process Engineering*, 41(1). <https://doi.org/10.1111/jfpe.12600>.