

Rekayasa Metode Penyimpanan Terhadap Perubahan Sifat Sensoris dan Aktivitas Respirasi Jamur Tiram

Storage Method on Sensories Quality and Respiration Activities of Oyster Mushroom

Kurniawan Yuniarto*, Fitriatul Aqidah, Mi'raj Fuadi

Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram, Mataram 83551, Indonesia

*E-mail: kurniawan2006@unram.ac.id

Diterima: 20 Januari 2024; Disetujui: 5 Maret 2024

ABSTRAK

Jamur tiram digolongkan sebagai bahan pangan yang sangat mudah rusak dan termasuk ke dalam komoditas dengan nilai laju respirasi yang sangat tinggi. Pembatasan gas oksigen dalam pengemasan jamur tiram dapat mengurangi laju respirasi selama periode penyimpanan. Penelitian ini bertujuan mengukur perubahan sifat sensoris dan pola respirasi jamur tiram setelah panen melalui rekayasa model pengemasan (terbuka, berpori dan MAP Pasif). Jamur tiram terkemas dalam kondisi konsentrasi oksigen yang semakin tinggi akan mempercepat susut sensoris yang ditandai pelunakan tekstur, kecoklatan dan muncul aroma busuk. Jamur tiram yang disimpan dalam wadah terbuka, wadah berpori dan MAP pasif mengalami susut bobot berturut-turut sebesar 49%, 12,5% dan 9,9% untuk periode penyimpanan 3 hari. Kehilangan bobot sangat cepat pada kondisi jamur tiram yang kontak langsung dengan udara bebas. Respirasi jamur tiram sangat cepat pada periode 100 menit dan akan mengalami kestabilan pada periode penyimpanan berikutnya. Nilai laju respirasi pada kemasan kedap atau MAP pasif terukur sebesar RRO_2 sebesar 4,67 ml/kg.jam dan $RRCO_2$ sebesar 240,47 ml/kg.jam. Perbandingan laju respirasi yang terukur ke dalam nilai *respiratory quotient* (RQ) sebesar 51.48. Penerapan metode penyimpanan MAP Pasif dapat menjaga atribut mutu sensoris jamur tiram selama 72 jam penyimpanan dan sifat sensoris hampir sama dengan kondisi jamur tiram setelah petik.

Kata kunci: jamur tiram; MAP; mutu; oksigen; sensoris.

ABSTRACT

Oyster mushroom is classified as perishable food and classified as a very high respiration rate commodity. Free oxygen limitation method can be applied to prevent quality disorder of oyster mushrooms packaged during storage. This research is aimed to measure the sensory attribute and respiration pattern of fresh oyster mushroom under oxygen demand during storage. The packaging models were treated as open air package, ventilated package and passive modified atmosphere package (fully closed packaged). The larger oxygen concentration promoted the rate of sensory deterioration as softening, browning and off-flavor. Open air, ventilated and passive MAP packaging resulted at about 49%, 12.5% and 9.9% for 3 days storage, respectively. The optimum respiration rate occurred during the first 100 mins storage and kept stable at peak respiration until the remaining storage period (72 hours). Passive MAP respiration rate was measured as follows (RRO_2) 4.67 ml/kg.h, ($RRCO_2$) 240.47 ml/kg.h and RQ 51.48. In this research, applying passive MAP was a recommended method to prolong oyster mushroom storage at ambient temperature. The passive MAP is able to maintain the quality as fresh oyster mushroom for 72 hours storage.

Keywords: MAP; oxygene; oyster mushroom; quality; sensories.

PENDAHULUAN

Permintaan komoditas bahan pangan segar semakin meningkat dan indeks kesegaran menjadi salah satu indikator untuk konsumen. Tantangan yang dipenuhi dalam permintaan produk segar hasil pertanian adalah kehilangan mutu karena aktivitas respirasi, kehilangan bobot, kehilangan kesegaran, perubahan warna dan kerusakan mikrobiologis (Mukama et al., 2020). Komoditas hortikultura selalu menunjukkan adanya aktivitas respirasi yang akan mempercepat proses pemasakan dan dilanjutkan pembusukan selama periode penyimpanan dalam kondisi atmosferik (Caleb et al., 2013; Tanner, 2016). Respirasi yang terjadi di dalam buah dan sayur segar juga sangat kompleks karena melibatkan suatu proses biokimia dan perombakan substrat (Rubinskien & Sasnauskas, 2011) dimana reaksi metabolik untuk pemecahan oksidasi dari bahan – bahan organik menjadi molekul sederhana seperti CO_2 dan H_2O

dengan produksi energi sebagai bagian dari prosesnya (Barbosa-cánovas, 2012; Fonseca et al., 2002).

Pemahaman tentang laju respirasi buah dan sayur dapat membantu pengendalian dalam penentuan kemasakan buah dan sayur setelah panen (Barbosa-cánovas, 2012). Selain dari faktor internal, respirasi komoditas bahan pangan selama penyimpanan sangat ditentukan oleh kondisi lingkungan seperti suhu dan komposisi gas (Bhande et al., 2008). Studi penyimpanan jamur tiram dalam berbagai perlakuan seperti jamur tiram terkemas kedap dalam bahan kemasan *polyethylene* (PE) dan *ethylene vinyl acetate* (EVA) pada suhu 0,5,10 dan 20°C menunjukkan pengurangan O_2 dan pembentukan CO_2 yang sangat cepat selama penyimpanan (Choi & Kim, 2003). Penyimpanan jamur tiram dalam komposisi udara alami menunjukkan laju respirasi yang sangat cepat pada awal penyimpanan dan diikuti dengan laju respirasi stabil. Model respirasi mengikuti

kinetika ordo 1 untuk penyimpanan selama 4 hari pertama (Azevedo et al., 2015).

Jamur termasuk ke dalam bahan pangan cepat rusak karena tidak memiliki kutikula yang berfungsi sebagai pelindung. Kandungan air yang sangat tinggi cocok sebagai media untuk pertumbuhan mikroba dan laju respirasi sangat tinggi akan menyebabkan nilai kehilangan massa sangat cepat. Kontak dengan oksigen bebas memicu aktivitas enzim polifenol oksidase menghasilkan penampakan berwarna kecoklatan (Castellanos-Reyes et al., 2021). Kehilangan kadar air, perubahan warna, perubahan tekstur, degradasi mikroba dan kehilangan nutrisi sampai terbentuk aroma busuk adalah parameter kualitas jamur tiram (Farokhian et al., 2017). Umur simpan jamur tiram hanya berkisar antara 1-3 hari pada suhu ruang (Jiang, 2013) dan meningkat menjadi 7 hari apabila disimpan di dalam lemari pendingin (Singh, 2014).

Perubahan laju respirasi produk pertanian segar akan sangat bergantung dengan kondisi lingkungan sekitarnya. Pembatasan kontak dengan oksigen bebas menjadi salah satu cara untuk memperlambat laju respirasi produk. Pengemasan bahan pangan segar dengan menggunakan lubang ventilasi akan membantu dalam membuang panas yang muncul dari produk (Berry et al., 2017). Lubang mikropori yang dibuat dalam kemasan membantu dalam keseimbangan komposisi gas dan kelembaban produk (Giannoulis et al., 2017). Kemasan ventilasi atau berpori memiliki fungsi untuk mencegah respirasi anaerobik dan kondensasi dari komoditas segar bahan pangan yang dapat memicu kerusakan mutu akibat pertumbuhan mikroba. Teknik kemasan ventilasi mulai banyak digunakan untuk pengemasan bahan pangan respirasi tinggi seperti sayuran buah dan jamur (Hussein et al., 2015; Joshi et al., 2018).

Berdasarkan kondisi komposisi lingkungan penyimpanan, penelitian ini bertujuan untuk mempelajari perubahan atribut mutu sensoris jamur tiram selama penyimpanan dengan kondisi lingkungan yang terekspos udara bebas, kemasan berpori dan kemasan kedap secara realtime. Pola respirasi antara kemasan kedap dan berpori juga diamati menggunakan pengukuran laju konsumsi oksigen dan pelepasan karbondioksida. Selanjutnya, perhitungan nilai *respiration quotient* (RQ) dilakukan untuk menjelaskan jenis substrat yang digunakan untuk proses respirasi.

METODOLOGI

Penelitian dilakukan dari bulan Agustus 2022 – Februari 2023 di Laboratorium Kieworks, Kecamatan Gunung Sari, Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat. Jamur dibeli dari tempat budidaya langsung di Dusun Lekong Dendek Desa Dasan Treng, Kecamatan Narmada dan dilakukan sortasi berdasarkan keseragaman ukuran-berat. Kondisi sampel jamur untuk penelitian melalui waktu tinggal 2 jam (periode panen, transportasi dan persiapan penelitian). Menimbang jamur tiram ke dalam wadah berjumlah 9 buah dengan berat jamur tiram 100 gram. Tabung respirasi terbuat dari tabung berbahan PVC kedap dengan ketebalan 4 mm dan volume ruang tabung 2000 ml. Jamur tiram berat 100 gram dimasukkan ke dalam tabung respirasi dengan kondisi: tertutup kedap, terbuka dan tertutup dengan lobang diameter 1.25 cm (berpori). Jamur tiram disimpan selama 3 hari pada suhu lingkungan ($30^{\circ}\text{C} \pm 1$). Setiap hari jamur tiram di ambil untuk analisa susut bobot.

Bahan

Jamur tiram (Rumah budidaya jamur tiram Narmada, Lombok Barat), KOH pro analisa 0,01 N (Merck, Germany), indicator phenolphthalein, aquades, dan perasan air jamur sebanyak 5 ml.

Alat

Alat pengukuran laju respirasi meliputi sensor CO_2 infrared tipe GC-0016 dengan wilayah pembacaan antara 0,04-100% (SST Sensing, UK), sensor O_2 zirconium tipe TR250Z wilayah pembacaan 0-100% (Fujikura, Jepang). Loger suhu dan kelembaban (Kieworks, Indonesia) dengan dukungan sensor SHT 10, termokopel tipe K, micro sd, RTC, ADS 1115 dan AD9495. Suplai daya logger suhu menggunakan aki 12V. Wadah jamur untuk penyimpanan tertutup menggunakan tabung vakum yang diberi lilin di bagian penutupnya untuk mempertahankan kekedapan, dan wadah jamur untuk penyimpanan terbuka menggunakan gelas ukur dengan luas lingkaran $36,585 \text{ cm}^2$ dan wadah jamur untuk penyimpanan berpori menggunakan tabung vakum yang dilubangi penutupnya dengan luas lingkaran $5,144 \text{ cm}^2$.

Prosedur Analisa

Pengukuran Susut Berat

Perubahan berat ditentukan dengan cara menimbang jamur sebelum dan sesudah perlakuan penyimpanan selesai. Hasil nilai berat jamur dimasukkan ke dalam persamaan penghitungan susut bobot. Persamaan untuk menghitung susut bobot (Sb) seperti yang disampaikan penelitian lain (Liu et al., 2021). Di mana W_o adalah berat awal (kg), W_a adalah berat akhir (kg).

$$Sb = \frac{W_o - W_a}{W_o} \times 100\% \quad (1)$$

Laju Respirasi

Penghitungan laju respirasi oksigen dan karbondioksida berdasarkan perubahan konsentrasi atau komposisi gas (penggunaan oksigen dan pelepasan karbondioksida). Persamaan untuk menghitung laju respirasi digunakan oleh banyak peneliti respirasi buah dan sayur (Bhande et al., 2008; Castellanos et al., 2016; Lokke et al., 2011).

$$R_{O_2} = V \frac{([O_2] \cdot t_2 - [O_2] \cdot t_1)}{(t_2 - t_1)} \frac{1}{100 W} \quad (2)$$

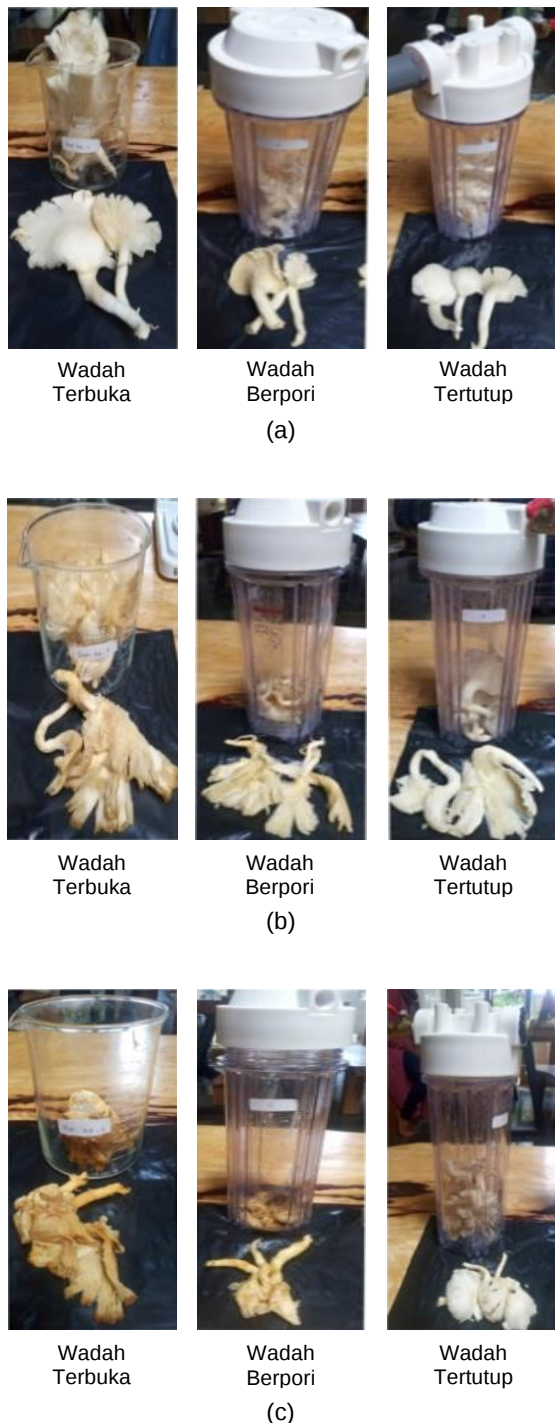
$$R_{CO_2} = V \frac{([CO_2] \cdot t_2 - [CO_2] \cdot t_1)}{(t_2 - t_1)} \frac{1}{100 W} \quad (3)$$

Di mana, $[O_2]$ and $[CO_2]$ adalah konsentrasi oksigen dan karbondioksida (%), t_2 dan t_1 adalah waktu (jam), W adalah berat bahan (Kg), and V adalah volume bebas (mL).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jamur tiram termasuk ke dalam komoditas respirasi sangat tinggi atau mengalami proses kebusukan yang cepat apabila kondisi lingkungannya terpenuhi seperti suhu lingkungan tinggi, kesediaan oksigen sangat banyak dan kelembaban udara tinggi. Kondisi penyimpanan yang disetting dalam penelitian ini adalah suhu ruang dengan perubahan suhu antara 28°C - 30°C dan kelembaban udara rata-rata antara 70% sampai dengan 85%. Pengamatan perubahan nilai mutu sensoris jamur tiram selama penyimpanan meliputi perubahan warna, aroma dan tekstur. Kondisi awal jamur tiram memiliki penampakan warna putih tanpa ada warna kecoklatan, aroma khas jamur tiram dan tekstur kenyal. Perubahan sensoris jamur tiram yang terjadi dari perlakuan lingkungan penyimpanan kondisi terbuka,

kemasan berpori dan kemasan kedap dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kondisi jamur tiram putih setelah disimpan hari ke-1 (a), hari ke-2 (b), dan hari ke-3 (c).

Sesuai dengan hipotesis bahwa aktivitas metabolisme yang cepat pada jamur tiram setelah panen akan menunjukkan perubahan-perubahan sensoris selama periode waktu penyimpanan (0-72 jam). Jamur tiram tanpa terkemas (wadah terbuka) akan mengalami interaksi secara konstan terhadap komposisi gas di lingkungan penyimpanan sehingga mendukung aktivitas metabolisme (respirasi dan transpirasi) secara normal dan menunjukkan degradasi warna menuju kecoklatan yang sangat cepat. Jamur tiram termasuk ke dalam komoditas yang cepat rusak sehingga

akan mengalami kemunduran mutu yang sangat cepat dan tidak cocok untuk penyimpanan dalam waktu yang lama dalam kondisi normal (Guo et al., 2023). Perlakuan pembatasan pertukaran udara dan kelembaban (wadah berpori) lebih membatasi jumlah ketersediaan gas di dalam lingkungan penyimpanan sehingga aktivitas respirasi lebih lambat. Sedangkan, wadah tertutup terjadi penyimpanan kondisi udara termodifikasi alami atau pasif melaksanakan respirasi paling lambat yang ditunjukkan dengan fase respirasi dan oksidasi paling lambat dan ditunjukkan dengan perubahan warna yang relatif tetap seperti kondisi jamur segar. Kontak dengan udara terbuka memicu terjadinya reaksi oksidasi alami pada jamur tiram. Dampak udara terbuka pada kondisi suhu ruang 30°C juga mengalami kerusakan tekstur dan warna yang sangat parah (Siregar dkk., 2020). Kondisi kedap akan membatasi jumlah oksigen yang akan memutus reaksi oksidasi enzimatis antara fenol dengan oksigen. *Phenolics* bertanggungjawab terhadap pembentukan warna kecoklatan jamur tiram akibat adanya reaksi oksidatif yang dikatalis oleh peroksidase pada fenol atau polyphenol oxidase (Li et al., 2016).

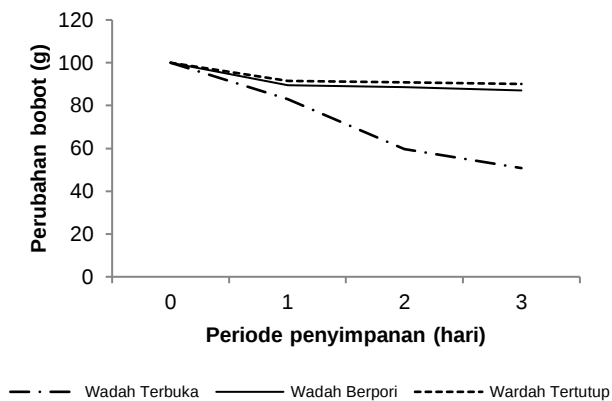
Keuntungan perlakuan kondisi penyimpanan kedap juga dapat dilihat dari aroma jamur tiram tidak menunjukkan adanya pembentukan aroma asing. Hal ini justru terjadi pada jamur tiram yang tersimpan dalam kondisi terbuka dan wadah berpori dimana muncul aroma lain yang sifatnya menyengat khas jamur yang mengalami pembusukan. Perubahan aroma terjadi karena adanya oksidasi mikronutrien yang dikandung jamur tiram seperti asam lemak dan munculnya bau menyengat (*off flavor*) ditunjukkan dengan periode penyimpanan kondisi kecukupan oksigen periode waktu yang lebih panjang. Lebih lanjut, penyimpanan udara terbuka dengan kondisi suhu ruang 30°C juga mengalami kerusakan tekstur dan warna yang sangat parah. Analisa heksana dan 1-octone-3-ol yang identik dengan aroma asam dan apek meningkat diikuti lama penyimpanan jamur tiram (Siregar dkk., 2020).

Kondisi awal jamur tiram bertekstur kenyal khas jamur segar dan akan terus mengalami kehilangan kesegaran tekstur dengan periode penyimpanan. Lignifikasi terjadi pada jamur tiram selama penyimpanan yang ditandai dengan pelunakan jaringan dan pertumbuhan (Li et al., 2016). Hasil investigasi tekstur dalam penelitian ini ditemukan tekstur jamur tiram namun cepat mengalami kehilangan sifat kekenyalan ketika kondisi penyimpanan secara terbuka dan terekspos dengan udara bebas. Kehilangan air adalah penyebab utama menurunnya fisiologis dan komersial produk segar, dalam bentuk kerutan, pelayuan, berkurangnya kesegaran dan lembek (Bovi et al., 2016). Tekstur jamur tiram yang tersimpan pada wadah berpori (*ventilated*) tidak cepat melunak dan untuk penyimpanan tertutup (MAP pasif) masih menunjukkan tekstur yang kenyal sampai periode penyimpanan selama 3 hari pada suhu ruang.

Susut Bobot Jamur Tiram Selama Penyimpanan

Parameter kehilangan berat menjadi salah satu parameter mutu dalam penyimpanan komoditas pertanian (Rux et al., 2017). Kehilangan massa jamur tiram selama penyimpanan sangat erat kaitannya dengan faktor internal dan eksternal. Jamur tiram memiliki kandungan air dan aktivitas respirasi tinggi. Kehilangan kadar air setelah panen menyebabkan kehilangan berat, layu atau berkerut, kehilangan turgor dan berdampak kepada kehilangan atribut mutu (Mahajan et al., 2008). Kondisi udara bebas akan mendukung aktivitas respirasi yang semakin cepat dan lingkungan dengan kelembaban lebih rendah meningkatkan laju transpirasi. Selain itu, morfologi dari jamur tiram dengan struktur pori besar dan tidak memiliki kutikula berdampak

kepada laju kehilangan air yang sangat cepat sampai dengan batas tertentu (*threshold*). Laju respirasi yang sangat cepat, kandungan air yang sangat tinggi dan tidak memiliki lapisan pelindung menyebabkan kehilangan berat dan umur simpan sangat pendek (Castellanos-Reyes et al., 2021).



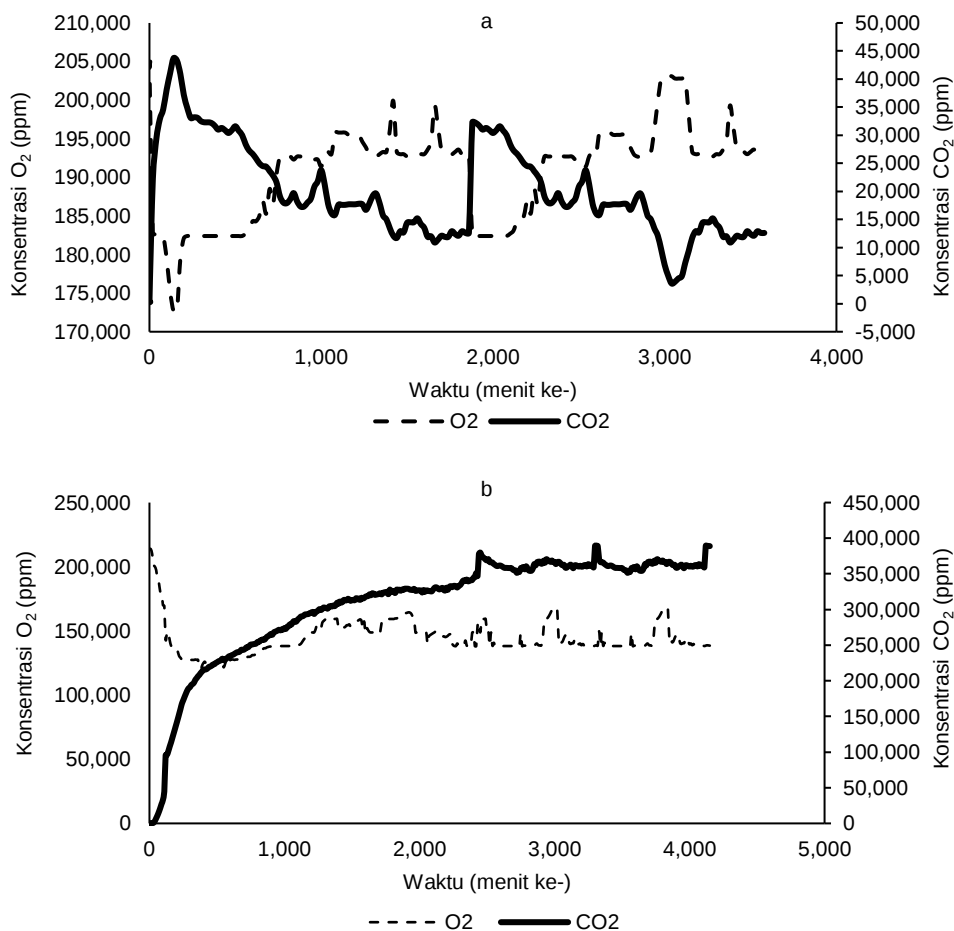
Gambar 2. Perubahan bobot pada Jamur Tiram Putih selama penyimpanan

Berdasarkan Gambar 2, penyusutan bobot jamur tiram ditemui untuk semua perlakuan model penyimpanan (terbuka, berpori dan kedap). Kehilangan susut bobot sangat besar ditemui pada kondisi penyimpanan lingkungan terbuka dibandingkan pada kondisi kemasan berpori dan kedap. Kehilangan susut bobot terkait dengan proses transpirasi karena lingkungan udara memproduksi potensial air lebih

rendah dibandingkan dengan permukaan bahan pangan yang biasa dikemas kondisi terbuka atau memiliki pori (Bovi et al., 2016; Rodov et al., 2010; Rux et al., 2017). Kehilangan berat atau susut bobot pada perlakuan penyimpanan jamur tiram sangat besar yaitu 17% untuk periode penyimpanan hari ke-1 dan meningkat menjadi 49% pada penyimpanan hari ke-3. Jamur tiram yang terkemas wadah berpori mengalami susut bobot sebesar 10%, meningkat menjadi 11,2% dan 12,5% untuk penyimpanan hari ke-1, ke-2 dan ke-3. Selanjutnya, kemasan kedap mengalami kehilangan berat sebesar 8,2% dan bertambah sedikit menjadi 9,9% pada penyimpanan hari ke-3. Membandingkan hasil pengukuran susut bobot jamur tiram yang disimpan pada kondisi suhu lingkungan (25°C RH 85%) untuk jamur tiram dalam kemasan terbuka mengalami susut bobot sebesar 32% dan kemasan plastik berpori sebesar 12% untuk penyimpanan selama 2 hari (Afetsu et al., 2021).

Respirasi Jamur Tiram

Respirasi merupakan proses perombakan senyawa-senyawa organik oleh O_2 menjadi CO_2 , H_2O dan energi. Ketersediaan gas oksigen di dalam lingkungan penyimpanan memiliki peran dalam aktivitas respirasi dan berpengaruh terhadap laju respirasi. Pengukuran aktivitas respirasi jamur tiram di dalam kemasan kedap dan kemasan berpori selama periode penyimpanan 3 hari terbaca melalui laju konsumsi oksigen dan pelepasan karbondioksida menggunakan piranti *low budget* respirometer yang dihasilkan dalam penelitian sebelumnya (Kurniawan et al., 2021). Grafik respirasi jamur tiram yang tersimpan dalam kemasan berpori dan kedap (MAP pasif) dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Konsentrasi O_2 dan CO_2 selama penyimpanan (wadah berpori (a) dan wadah kedap (b))

Pola respirasi jamur tiram dalam kondisi kedap (MAP pasif) menunjukkan pola mengikuti ordo 1 seperti hasil modelling respirasi jamur tiram pada MAP pada berbagai suhu penyimpanan (Azevedo et al., 2015). Lebih lanjut, (Azevedo et al., 2015; Choi & Kim, 2003) juga melaporkan adanya aktivitas respirasi cepat pada periode awal penyimpanan dan juga adanya periode faktor stres dari setelah pemetikan (Iqbal et al., 2009). Pengukuran akumulasi konsentrasi oksigen di dalam wadah tertutup (kedap) terbaca kondisi awal penyimpanan memiliki konsentrasi oksigen terakumulasi sebesar 21% dan konsentrasi oksigen terakumulasi turun dengan cepat sampai konsentrasi 13% untuk periode 100 menit awal penyimpanan menunjukkan respirasi jamur tiram sangat cepat. Hal ini juga terjadi pada perlakuan kemasan berpori (*ventilated packaging*) berkurang dari 20,5% menjadi 17% dalam periode penyimpanan yang sama. Jamur Tiram termasuk komoditas yang sangat cepat dan berumur pendek yang ditandai dengan aktivitas laju respirasi sangat tinggi (Castellanos-Reyes et al., 2021).

Berdasarkan Gambar 3, tergambar pola respirasi jamur tiram yang terjadi pada wadah berpori dengan wadah kedap (MAP pasif) periode penyimpanan selama 3 hari. Ketersediaan oksigen di dalam wadah penyimpanan baik berpori dan kedap langsung digunakan oleh jamur tiram untuk melakukan respirasi cepat sehingga terjadi konsumsi oksigen atau kehilangan oksigen di lingkungan penyimpanan sebesar 4,5% atau 45000 ppm (wadah berpori) dan sebesar 8,3% atau 83000 ppm (MAP pasif). Selanjutnya, periode respirasi konstan dengan menyisakan konsentrasi oksigen sekitar 13% (wadah MAP pasif). Pola ini tidak terjadi pada wadah berpori, konsentrasi oksigen berangsur meningkat karena adanya keseimbangan dengan udara luar. Difusi oksigen bebas dari lingkungan udara luar akan masuk ke dalam wadah melalui jalur pori untuk mencapai keseimbangan gas sehingga pola respirasi terlihat mengalami fluktuasi pada konsentrasi oksigen 19,3-20%.

Seperti yang diduga sebelumnya, respirasi aerobik masih berperan besar dalam periode penyimpanan jamur tiram selama 3 hari. Grafik perubahan CO₂ di dalam wadah penyimpanan menunjukkan tren meningkat secara cepat sebagai produk dari respirasi aerobik. Pembentukan CO₂ jamur tiram dalam kondisi berbagai suhu penyimpanan (Choi & Kim, 2003). Namun, penyimpanan wadah berpori justru menunjukkan adanya tren penurunan konsentrasi karbondioksida pada periode penyimpanan setelah jam ke-3 sampai jam ke-30. Pola produksi CO₂ jamur tiram di wadah berpori terulang kembali pada periode penyimpanan jam ke-31. Dugaan respirasi anaerobik wadah penyimpanan berpori mungkin tidak terjadi karena penurunan CO₂ diikuti dengan kenaikan O₂ akibat dari keseimbangan tekanan gas dengan lingkungan luar kemasan melalui jalur pori kemasan.

Penghitungan laju respirasi jamur tiram menggunakan Persamaan (2 dan 3) dengan mengukur perubahan konsentrasi oksigen dan karbondioksida di dalam lingkungan penyimpanan. Hasil pengukuran dan memasukkan ke persamaan (3 dan 4) diperoleh nilai laju respirasi jamur tiram kondisi tertutup rapat (MAP Pasif) RRO₂ sebesar 4,67 ml/kg.jam dan RRCO₂ sebesar 240,47 ml/kg.jam. Respirasi pengemasan udara terbuka atau kesediaan oksigen yang berlebih akan lebih tinggi dibandingkan kondisi penyimpanan MAP pasif yang ditandai dengan susut atribut sensoris seperti pelunakan tekstur, susut bobot pencoklatan dan aroma busuk lebih cepat terjadi. Peneliti lain mengukur respirasi jamur tiram 200–500 mg kg⁻¹ h⁻¹ pada suhu 20 ± 1 °C sehingga memicu kerusakan yang lebih cepat dan serangan mikroba (Mahajan et al., 2008).

Perhitungan laju respirasi melalui konsumsi oksigen lebih rendah pada *ventilated packaging* dibandingkan dengan

wadah tertutup karena kemasan berpori memungkinkan terjadinya penambahan oksigen dari lingkungan luar ke dalam wadah melalui mekanisme difusi tekanan. Perhitungan nilai *respiration quotient* (RQ) untuk ruang penyimpanan jamur tiram kedap sebesar 51,48 dan ruang penyimpanan udara *macroporous* adalah 10,89. Berdasarkan hasil nilai RQ terjawab bahwa substrat respirasi jamur tiram menggunakan asam-asam organik.

KESIMPULAN

Ketersediaan oksigen berhubungan erat dengan pola kerusakan dan aktivitas respirasi jamur tiram selama pengujian penyimpanan 3 hari dalam kondisi suhu ruang. Pengemasan jamur tiram pada kemasan terbuka menyebabkan tingkat kerusakan yang sangat cepat dengan ditandai pembentukan aroma *off flavor*, tekstur lembek dan warna kecoklatan. Pengemasan jamur tiram dalam wadah berpori dapat memperlambat kerusakan jamur tiram dan kerusakan dapat dihentikan menggunakan penyimpanan MAP pasif (kedap). Laju respirasi respirasi dan transpirasi pada kemasan MAP pasif lebih rendah dan laju respirasi meningkat dengan perlakuan kemasan berpori. Berdasarkan hasil perhitungan nilai RQ, asam organik menjadi substrat untuk respirasi jamur tiram.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada laboratorium Kiteworks atas peralatan respiratory chamber yang dipinjamkan untuk segala aktivitas pengambilan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Afetsu, J. Y., Dapaah, P. K., & Kyere, C. G. (2021). Determination of how to minimize postharvest losses in oyster. *World Journal of Pharmaceutical and Life Sciences*, 7(5), 16–22.
- Azevedo, S., Cunha, L. M., & Fonseca, S. C. (2015). Modelling the influence of time and temperature on the respiration rate of fresh oyster mushrooms. *Food Science and Technology International*, 21(8), 593–603. <https://doi.org/10.1177/1082013214555925>
- Barbosa-cánovas, G. V. (2012). An Introduction to Food Shelf Life: Definitions, Basic Concepts, and Regulatory Aspects. In *Shelf-Life Assessment of Food*. CRC Press, Taylor Francis Group.
- Berry, T. M., Fadji, T. S., Defraeye, T., & Opara, U. L. (2017). The role of horticultural carton vent hole design on cooling efficiency and compression strength: A multi-parameter approach. *Postharvest Biology and Technology*, 124, 62–74. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.10.005>
- Bhande, S. D., Ravindra, M. R., & Goswami, T. K. (2008). Respiration rate of banana fruit under aerobic conditions at different storage temperatures. *Journal of Food Engineering*, 87(1), 116–123. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.11.019>
- Bovi, G. G., Caleb, O. J., Linke, M., Rauh, C., & Mahajan, P. V. (2016). Transpiration and moisture evolution in packaged fresh horticultural produce and the role of integrated mathematical models: A review. *Biosystems Engineering*, 150, 24–39. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.07.013>
- Caleb, O. J., Mahajan, P. V., Al-said, F. A., & Opara, U. L. (2013). Modified Atmosphere Packaging Technology

- of Fresh and Fresh-cut Produce and the Microbial Consequences — A Review. *Food Bioprocess Technol*, 6, 303–329. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0932-4>
- Castellanos-Reyes, K., Villalobos-Carvajal, R., & Beldarrain-Iznaga, T. (2021). Fresh mushroom preservation techniques. *Foods*, 10(9), 1–25. <https://doi.org/10.3390/foods10092126>
- Castellanos, D. A., Cerisuelo, J. P., Hernandez-muñoz, P., Herrera, A. O., & Gavara, R. (2016). Modelling the evolution of O₂ and CO₂ concentrations in MAP of a fresh product : Application to tomato. *Journal of Food Engineering*, 168, 84–95. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.07.019>
- Choi, M. H., & Kim, G. H. (2003). Quality changes in pleurotus ostreatus during modified atmosphere storage as affected by temperatures and packaging material. *Acta Horticulturae*, 628, 357–362. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.628.43>
- Farokhian, F., Jafarpour, M., Goli, M., & Askari-Khorasgani, O. (2017). Quality Preservation of Air-Dried Sliced Button Mushroom (*Agaricus bisporus*) by Lavender (*Lavendula angustifolia* Mill.) Essential Oil. *Journal of Food Process Engineering*, 40(3). <https://doi.org/10.1111/jfpe.12432>
- Fonseca, S. C., Oliveira, F. A. R., & Brecht, J. K. (2002). Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: A review. *Journal of Food Engineering*, 52(2), 99–119. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00106-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00106-6)
- Giannoulis, A., Mistriotis, A., & Briassoulis, D. (2017). 3D numerical simulations as optimization tool for the design of novel EMAP systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143(September), 119–129. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.10.004>
- Guo, Y., Chen, X., Gong, P., Wang, R., Qi, Z., Deng, Z., Han, A., Long, H., Wang, J., Yao, W., Yang, W., Wang, J., & Li, N. (2023). Advances in Postharvest Storage and Preservation Strategies for *Pleurotus eryngii*. *Foods*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/foods12051046>
- Hussein, Z., Caleb, O. J., & Opara, U. L. (2015). Perforation-mediated modified atmosphere packaging of fresh and minimally processed produce-A review. *Food Packaging and Shelf Life*, 6, 7–20. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2015.08.003>
- Iqbal, T., Rodrigues, F. A. S., Mahajan, P. V., & Kerry, J. P. (2009). Mathematical modeling of the influence of temperature and gas composition on the respiration rate of shredded carrots. *Journal of Food Engineering*, 91(2), 325–332. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.09.012>
- Jiang, T. (2013). Effect of alginate coating on physicochemical and sensory qualities of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) under a high oxygen modified atmosphere. *Postharvest Biology and Technology*, 76, 91–97. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.09.005>
- Joshi, K., Warby, J., Valverde, J., Tiwari, B., Cullen, P. J., & Frias, J. M. (2018). Impact of cold chain and product variability on quality attributes of modified atmosphere packed mushrooms (*Agaricus bisporus*) throughout distribution. *Journal of Food Engineering*, 232, 44–55. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.03.019>
- Kurniawan, Y., Lastriyanto, A., Muvianto, C. M. O., & Nurtiti. (2021). Studi Respirasi Belimbing Wuluh pada Kondisi Penyimpanan Udara Termodifikasi Udara Pasif. *JTEP Jurnal Keteknikan Pertanian*, 9(2), 57–64.
- Li, D., Qin, X., Tian, P., & Wang, J. (2016). Toughening and its association with the postharvest quality of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) stored at low temperature. *Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.060>
- Liu, H., Li, D., Xu, W., Fu, Y., Liao, R., Shi, J., & Chen, Y. (2021). Application of passive modified atmosphere packaging in the preservation of sweet corns at ambient temperature. *Lwt*, 136(P1), 110295. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110295>
- Lokke, M. M., Seefeldt, H. F., Edwards, G., & Green, O. (2011). Novel Wireless Sensor System for Monitoring Oxygen, Temperature and Respiration Rate of Horticultural Crops Post Harvest. *Novel Wireless Sensor System for Monitoring Oxygen, Temperature and Respiration Rate of Horticultural Crops Post Harvest*, 11, 8456–8468. <https://doi.org/10.3390/s110908456>
- Mahajan, P. V., Rodrigues, F. A. S., Motel, A., & Leonhard, A. (2008). Development of a moisture absorber for packaging of fresh mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Postharvest Biology and Technology*, 48(3), 408–414. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.11.007>
- Mukama, M., Ambaw, A., & Opara, U. L. (2020). Advances in design and performance evaluation of fresh fruit ventilated distribution packaging: A review. *Food Packaging and Shelf Life*, 24(October 2019), 100472. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100472>
- Rodov, V., Ben-Yehoshua, S., Aharoni, N., & Cohen, S. (2010). Modified Humidity Packaging of Fresh Produce. *Horticultural Reviews*, 37, 281–329. <https://doi.org/10.1002/9780470543672.ch5>
- Rubinskien, M., & Sasnauskas, A. (2011). Changes in Apple fruit Quality During a Modified Atmosphere Storage. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 19(1), 155–165.
- Rux, G., Caleb, O. J., Fröhling, A., Herppich, W. B., & Mahajan, P. V. (2017). Respiration and Storage Quality of Fresh-Cut Apple Slices Immersed in Sugar Syrup and Orange Juice. *Food and Bioprocess Technology*, 10(11), 2081–2091. <https://doi.org/10.1007/s11947-017-1980-6>
- Singh, M. (2014). of 8 th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products Volume II. *8 Th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products, II*(November), 373–639.
- Tanner, D. (2016). Impacts of Storage on Food Quality. In *Reference Module in Food Science*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.03479-x>