

## TOTAL PLATE COUNT (TPC) PADA JAMUR TIRAM PUTIH SELAMA PENYIMPAN DENGAN MODIFIED ATMOSFER PACKAGING (MAP)

*(Total Plate Count (TPC) of White Oyster Mushroom During Storage with Modified Atmosphere Packaging (MAP)*

Ias Marroha Doli Siregar<sup>1\*</sup>, Filli Pratama<sup>2</sup>, Basuni Hamzah<sup>2</sup>, Wulandari<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Tanaman Perkebunan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya

<sup>2</sup>Program Pasca Sarjana, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya

<sup>3</sup>Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Peternakan, Universitas Jambi

\*Penulis koresponden: ias.marroha.doli@polsri.ac.id

Naskah Diterima : 18-06-2023

Naskah Disetujui : 21-09-2023

Naskah Diterbitkan: 07-10-2023



This is an open-access article under the CC-BY 4.0 License. Copyright © 2023 by authors

### ABSTRACT

White oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) is a perishable food ingredient. This study aimed to determine the total plate count in white oyster mushrooms during storage with MAP. This study consisted of two stages of the process: the first stage was sample preparation, and the second stage was the analysis of the total plate count and the determination of the reaction order. The results showed that the TPC in white oyster mushrooms stored in MAP with PE plastic and the addition of 30% CO<sub>2</sub>, the storage temperature of 10°C on day 0 to 10 days of storage was an increase of 3.34 – 11.49 log cfu/mg. White oyster mushrooms stored for 24 hours (day 1) experienced a significant increase in TPC of 6.32 log cfu/mg. Changes in the TPC of white oyster mushrooms during storage under MAP conditions at 10°C tended to increase.

**Keywords:** *bacteria; carbon dioxide (CO<sub>2</sub>); modified atmosfer packaging; reaction order*

### ABSTRAK

Jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) merupakan salah satu bahan pangan yang bersifat *perisable food*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan jumlah total mikroba (*total plate count*) pada jamur tiram putih selama penyimpanan dengan MAP. Penelitian ini terdiri dari dua tahapan proses, tahap pertama adalah preparasi sampel dan tahap kedua adalah analisis jumlah mikroba (*total plate count*) serta penentuan ordo reaksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa TPC pada jamur tiram putih yang disimpan secara MAP dengan plastik PE dan penambahan 30% CO<sub>2</sub>, suhu penyimpanan 10°C pada hari ke 0 sampai dengan 10 hari penyimpanan mengalami peningkatan yaitu 3.34 – 11.49 log cfu/mg. Jamur tiram putih yang disimpan selama 24 jam (hari 1) mengalami peningkatan TPC yang signifikan yaitu 6.32 log cfu/mg. Perubahan TPC Jamur tiram putih selama penyimpanan dalam kondisi MAP pada suhu 10°C cenderung mengalami peningkatan.

**Kata Kunci:** *bakteri; karbondioksida (CO<sub>2</sub>); MAP; ordo reaksi*

## PENDAHULUAN

Jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) merupakan salah satu bahan pangan yang jumlah permintaannya meningkat dari tahun ke tahun. Produksi dan konsumsi jamur tiram saat ini menduduki peringkat ketiga paling banyak diminati diberbagai dunia (Ventura-Aguilar, Colinas-Leon, & Bautista-Banos, 2017). Peningkatan jumlah konsumsi jamur dikarenakan kesadaran masyarakat akan nutrisi yang terkandung dalam jamur tersebut. Jamur tiram putih mengandung nutrisi protein  $28.85 \pm 0.04\%$  (*dry base*), lemak  $2.47 \pm 0.01\%$  (*dry base*), serat  $12.87 \pm 0.02\%$  (*dry base*), abu  $9.76 \pm 0.02\%$  (*dry base*), karbohidrat  $48.16 \pm 0.03\%$  (*dry base*), dan air  $88.75 \pm 0.02\%$  (Tolera & Abera, 2017). Selain itu, jamur tiram putih juga mengandung asam amino alanin, arginin, aspartat, glisin, glutamat, prolin, serin, dan asam amino esensial yang terdiri dari fenilalanin, histidin, leusin, lisin, threonin dan valin (Siregar, Pratama, Hamzah, & Wulandari, 2020). Manfaat jamur bagi kesehatan sangat banyak diantara sebagai agen imunomodulator, senyawa antikarsinogenik, antioksidan, antiinflamasi dan berperan sebagai antivirus (Assemie, Anmut; Abaya, 2022) (Seo & Choi, 2021) (Rahi & Malik, 2016) (Das et al., 2021).

Jamur tiram putih setelah dipanen hingga sampai pada konsumen melalui proses panjang sehingga mempengaruhi tingkat kesegarannya. Proses jamur setelah panen hingga ke konsumen terdiri dari tahapan sortasi, pemotongan, pengemasan, dan pengangkutan/transportasi (Onggo, Panadero, Corlu, & Juan, 2019). Kemunduran mutu jamur tiram putih sangat cepat karena jamur tiram merupakan produk yang bersifat *perisable food*. Penyimpanan suhu ruang (27°C), jamur tiram putih hanya dapat mempertahankan kesegaran selama 1 hari (Susilo, Agustiningrum, & Indriani, 2016) (D. Li, Qin, Tian, & Wang, 2015).

Kerusakan jamur tiram setelah dipanen disebabkan oleh tingginya kadar air, proses respirasi yang masih berlangsung, dan

struktur epidermis yang tipis (Wei et al., 2017). Kemunduran mutu jamur tiram ditandai dengan penurunan kualitas sensoris dan komposisi kimia (Siregar et al., 2020) (Guo et al., 2023). Kerusakan mutu sensoris jamur tiram putih dapat dilihat dari tekstur jamur yang mengalami pelunakan dan perubahan warna jamur menjadi kecoklatan yang disebabkan oleh enzim polifenol oksidase (D. Li et al., 2015). Selain parameter sensoris dan kimia, jumlah mikroba (*total plate count*) pada jamur tiram juga menjadi indikator kemunduran mutu. Jumlah mikroba yang terdapat pada jamur tiram putih akan meningkat seiring dengan lama penyimpanan (Siyoun, Surridge, Linde, & Korsten, 2016). Penurunan mutu jamur tiram selama penyimpanan dapat ditentukan dengan pengamatan parameter kinetik laju perubahan reaksi (*k*) dan ordo reaksi (Martins, Jongen, & Boekel, 2008). Selain itu, penggunaan metode akselerasi harus disesuaikan dengan keadaan dan faktor yang mempercepat kerusakan produk.

Penanganan jamur tiram putih pasca panen perlu dilakukan secara tepat dan cepat agar mampu mempertahankan kesegaran dan memperpanjang umur simpan. Salah satu penanganan pasca panen yang dapat dilakukan untuk memperpanjang umur simpan jamur tiram yaitu dengan pengemasan termodifikasi (*Modified Atmosfer Packaging/MAP*) (Lyn, Adilah, Nor-khaizura, Jamilah, & Hanani, 2020). MAP merupakan metode pengemasan bahan pangan dengan memodifikasi komposisi gas O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> untuk menghambat laju respirasi produk yang dikemas (Belay, Caleb, & Linus, 2016) (Reinas, Oliveira, Pereira, Mahajan, & Poças, 2016).

Beberapa penelitian aplikasi MAP dengan modifikasi O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> pada jamur telah dilakukan sebelumnya, diantaranya pada jamur kancing (*Agaricus bisporus*) (Oliveira, Sousa-gallagher, Mahajan, & Teixeira, 2012b) (Oliveira, Sousa-gallagher, Mahajan, & Teixeira, 2012a) (Wrona, Bentayeb, & Nerín, 2015), jamur shitake

(*Lentinus edodes*) (Y. Li, Ishikawa, Satake, & Kitazawa, 2014), jamur matsutake (*Tricholoma matsutake* Sing.) (Wei et al., 2017), dan jamur tiram (Susilo et al., 2016) (Siregar et al., 2020) (Siregar, Pratama, Hamzah, & Wulandari, 2023) (Lyn et al., 2020). Penelitian (Siregar et al., 2020) menunjukkan bahwa perlakuan terbaik untuk penyimpanan jamur tiram putih dengan MAP yaitu perlakuan konsentrasi gas CO<sub>2</sub> 30% dan suhu penyimpanan 10°C.

Saat ini penelitian kemunduran mutu jamur tiram sebagian besar fokus pada kadar air, susut bobot, tekstur, warna, kandungan gizi, dan rasa (Siregar et al., 2020) (Siregar et al., 2023). Penelitian jumlah mikroba (*total plate count*) pada jamur tiram putih selama penyimpanan pada suhu refrigerasi (10 °C) dengan pengemasan termodifikasi (MAP) belum pernah dilaporkan sebelumnya. Berdasarkan uraian tersebut maka penelitian *total plate count* pada jamur tiram putih selama penyimpanan ini penting dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan jumlah total mikroba (*total plate count*) pada jamur tiram putih selama penyimpanan dengan MAP.

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini antara lain Erlenmeyer, tabung reaksi, cawan petri, pipet ukur, jarum ose, beker gelas, spatula, autoclave, inkubator, *colony counter*, dan *hotplate*. Sedangkan alat yang digunakan untuk preparasi dan penyimpanan jamur tiram putih terdiri dari pisau, box styrofoam, sealer, neraca analitik, dan refrigerator.

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah jamur tiram putih dari PT Ventrue Tropiko, Indralaya (*Premium organic mushroom*), kemasan plastik polietilen (PE) dengan ukuran 20 cm x 20 cm, ketebalan 78 µm, WVTR 2,9684 g/m<sup>2</sup>/24 jam, dan gas CO<sub>2</sub> dari PT. Samator Gas, Palembang. Bahan analisa *total plate count*

antara lain alkohol 70%, akuadest, dan *plate count agar* (PCA).

### Prosedur Penelitian

Penelitian ini terdiri dari dua tahapan proses, tahap pertama adalah preparasi sampel dan tahap kedua adalah analisis jumlah mikroba (*total plate count*) serta penentuan ordo reaksi.

### Preparasi sampel

Jamur tiram putih terlebih dahulu disortasi, dipilih yang berwarna putih, bersih dan tidak ada kerusakan fisik. Sampel jamur tiram putih kemudian ditimbang sebanyak 100gram selanjutnya dimasukkan ke dalam kemasan PE dan ditambahkan gas CO<sub>2</sub> sebanyak 30%. Konsentrasi gas CO<sub>2</sub> yang ditambahkan ke dalam kemasan dihitung berdasarkan berat jamur tiram putih, volume kemasan dan *free space*. Setelah didapat nilai volume dan *free space* kemasan, kemudian gas CO<sub>2</sub> ditambahkan ke dalam kemasan. Tekanan gas dalam kemasan diatur menggunakan *flowmeter*. Plastik yang berisi jamur tiram putih dan gas CO<sub>2</sub> di-*seal*. Jamur tiram putih yang telah dikemas dengan MAP kemudian disimpan pada suhu 10 °C. Pengujian *total plate count* dilakukan selama 10 hari.

### Uji jumlah mikroba (*total plate count*) (Badan Standardisasi Nasaional, 2008)

Prinsip pengujian *Total Plate Count* (TPC) untuk menentukan jumlah mikroba yang terdapat dalam bahan pangan dengan cara menghitung jumlah koloni bakteri yang dikultur pada media agar. Sampel jamur tiram putih diambil sebanyak 5gram lalu ditambahkan akuadest sebanyak 45 mL dan dihomogenkan. Pindahkan 1 mL sampel jamur tiram yang homogen pada pengenceran 10<sup>-1</sup> tersebut menggunakan pipet steril ke dalam tabung reaksi yang diisi 9 mL akuadest untuk mendapatkan pengenceran 10<sup>-2</sup> sampai dengan pengenceran 10<sup>-8</sup>. Medium yang digunakan untuk uji *total plate count* adalah *plate count agar* yang telah disterilkan dan didinginkan. Medium selanjutnya dituangkan ke dalam cawan petri steril sebanyak 15 mL.

Setelah medium padat, larutan pengencer dimasukkan sebanyak 0,1 mL ke dalam cawan petri dan ratakan sampelnya. Cawan petri diinkubasi dalam inkubator selama 48 jam. Sel-sel bakteri dapat tumbuh dan membentuk koloni. Selanjutnya dilakukan penghitungan jumlah koloni pada masing-masing cawan di bawah *colony counter*.

#### Penentuan ordo reaksi (Boekel, 2001)

Penggunaan metode *integrated rate law* dengan membandingkan nilai R2 (dipilih nilai R2 yang paling mendekati satu) merupakan cara dalam menentukan ordo reaksi. Selanjutnya melalui persamaan diperoleh nilai  $k$  (*rate of constant*) untuk parameter mutu produk (slope persamaan menunjukkan nilai  $k$ ). Kemudian dengan nilai  $k$  dan ordo reaksi dapat diprediksi umur simpan jamur tiram putih, dimana nilai  $C_t$  (parameter mutu) adalah hasil analisis dari titik kritis mutu. Nilai TPC di plotkan dengan berbagai kondisi yaitu  $[C]$ ,  $\ln [C]$ , dan  $1/[C]$  pada suhu yang sama. Persamaan untuk perhitungan umur simpan berdasarkan persamaan model kinetika sebagai berikut:

ordo reaksi nol

$$t = \frac{C_t - C_o}{k}$$

ordo reaksi satu

$$t = \frac{\ln C_t - \ln C_o}{k}$$

ordo reaksi dua

$$t = \frac{\frac{1}{C_t} - \frac{1}{C_o}}{k}$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Total Plate Count Pada Jamur Tiram Putih

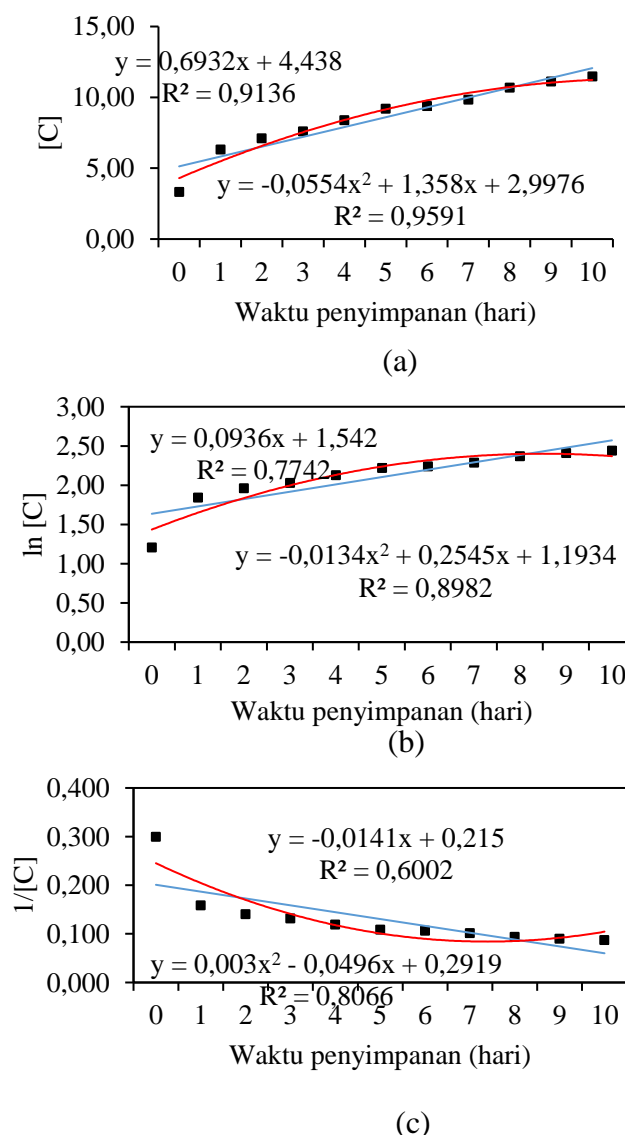
Jamur segar secara umum sangat berpotensi terkontaminasi berbagai jenis bakteri. Jumlah bakteri pada bahan pangan yang melebihi ambang batas dapat menyebabkan keracunan pangan (*food borne illness*). Sampai saat ini informasi jumlah kelimpahan bakteri pada jamur tiram segar dan yang telah disimpan masih sangat terbatas. Kontaminasi bakteri pembusuk dan bakteri patogen pada jamur dapat terjadi pada saat jamur dikultur (Viswanath et al., 2013) (Pennone, Leahy, Coffey, McAuliffe, & Jordan, 2018) dan pada saat pemasaran di retail (Zhang, Yamamoto, Murphy, & Locas, 2020) (Chen et al., 2018). Berdasarkan hasil penelitian jumlah kelimpahan bakteri/ *total plate count* (TPC) jamur tiram putih dengan penyimpanan *modified atmosfer packaging* (MAP) perlakuan penambahan gas CO<sub>2</sub> 30% serta disimpan pada suhu 10°C selama 10 hari dapat dilihat pada Tabel 1. TPC pada jamur tiram putih pada hari ke 0 sampai dengan 10 hari penyimpanan mengalami peningkatan yaitu 3.34 – 11.49 log cfu/mg.

Tabel 1. TPC pada jamur tiram putih

Waktu penyimpanan (hari)	Kelimpahan bakteri log cfu/mg
0	3.34
1	6.32
2	7.12
3	7.61
4	8.40
5	9.20
6	9.40
7	9.85
8	10.70
9	11.14
10	11.49

Jumlah TPC pada jamur segar secara umum yaitu 2.5 - 5.8 log cfu/g (Siyoun et al., 2016). Pada penelitian ini, TPC jamur tiram putih setelah dipanen (hari ke 0) yaitu 3.34 log cfu/mg. Total mikroba pada penelitian sesuai dengan beberapa penelitian sebelumnya, diantaranya jumlah mikroba pada jamur kancing segar yaitu 3.1 - 5.8 log cfu/g (Xu, Tian, Ma, Liu, & Zhang, 2016), jamur tiram 3.5 log cfu/g (Wang, Chu, & Kou, 2017), dan jamur shitake 4.0 to 4.5 log cfu/g (Tejedor-Calvo, Garcia-Barreda, Sánchez, & Marco, 2020).

Jamur tiram putih yang disimpan selama 24 jam (hari 1) mengalami peningkatan TPC yang signifikan yaitu 6.32 log cfu/mg. Hal ini diduga karena bakteri berada pada fase logaritma (eksponensial). Pertumbuhan bakteri pada fase logaritma artinya bakteri membelah sel dengan cepat. Menurut (Schill et al., 2021) jamur merupakan media yang cocok untuk pertumbuhan mikroba karena memiliki kadar air 80-90%, aktivitas air 0.98 dan nilai rata-rata pH mendekati netral 6.9 (6.6 – 7).



Gambar 1. Ordo reaksi perubahan TPC Jamur tiram putih selama penyimpanan dalam kondisi MAP; (a) reaksi ordo 0; (b) reaksi ordo 1; (c) reaksi ordo 2

### Ordo Reaksi Jamur Tiram Putih

Pemilihan kinetika ordo reaksi TPC pada jamur tiram kondisi MAP dengan cara membandingkan nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ) tiap persamaan regresi linier dan kurva pada suhu yang sama dari reaksi ordo. Ordo reaksi dengan nilai  $R^2$  yang lebih besar merupakan ordo reaksi yang digunakan (Boekel, 2001).

Perubahan TPC Jamur tiram putih selama penyimpanan dalam kondisi MAP pada suhu  $10^{\circ}\text{C}$  cenderung mengalami peningkatan (Gambar 1). Model kinetik menggambarkan perubahan mutu dengan

model matematika yang mengandung karakteristik parameter kinetik seperti energi aktivasi ( $E_a$ ) dan laju konstanta ( $k$ ) (Martins et al., 2008). Penentuan ordo reaksi merupakan tahap awal untuk mengevaluasi perubahan mutu Jamur tiram putih, yang didasarkan pada nilai  $R^2$  dari persamaan regresinya. Semakin tinggi nilai  $R^2$ , maka dapat diartikan semakin tinggi linieritasnya yang juga menunjukkan bahwa model matematika dapat lebih akurat dalam memprediksi nilai mutu yang sebenarnya.

Tabel 2. Hubungan Ordo Reaksi Jamur tiram terhadap TPC Selama penyimpanan

Grafik	Nilai $R^2$ persamaan		Kesimpulan
	Linear	Kurva	
$[C]$ vs $t$	0,9136	0,9591	Ordo 1
$\ln [C]$ vs $t$	0,7742	0,8982	
$1/[C]$ vs $t$	0,6002	0,8066	

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa koefisien korelasi ordo nol linear lebih kecil daripada koefisien korelasi ordo nol kurva ( $R^2$  linear  $<$   $R^2$  kurva) sehingga diperoleh non linear (bukan ordo nol), selanjutnya kita melihat koefisien korelasi linear ordo 1 lebih besar dari koefisien korelasi ordo 2 maka laju kelimpahan TPC mengikuti reaksi ordo satu. Peningkatan nilai TPC tersebut berhubungan dengan ordo reaksi karena peningkatan nilai TPC terjadi cepat pada awal dikarenakan kandungan  $\text{O}_2$  masih tinggi (Lyn et al., 2020). Ini berarti nilai  $k$  bergantung pada konsentrasi reaktan dimana laju raksi akan cepat jika konsentrasi reaktan tinggi. Masson *et al.* (2002) menyatakan lag time meningkat dengan peningkatan persentase  $\text{CO}_2$  di atmosfer. Penggunaan kemasan MAP dengan perlakuan konsentrasi  $\text{CO}_2$  tinggi dan suhu rendah akan menyebabkan penurunan tingkat pertumbuhan dan jumlah mikroorganisme (Antmann, Ares, Lema, & Lareo, 2008).

### KESIMPULAN

TPC pada jamur tiram putih pada hari ke 0 sampai dengan 10 hari penyimpanan mengalami peningkatan yaitu 3.34 – 11.49 log cfu/mg. Jamur tiram putih yang disimpan selama 24 jam (hari 1) mengalami peningkatan TPC yang signifikan yaitu 6.32 log cfu/mg. Perubahan TPC Jamur tiram putih selama penyimpanan dalam kondisi MAP pada suhu  $10^{\circ}\text{C}$  cenderung mengalami peningkatan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Antmann, G., Ares, G., Lema, P., & Lareo, C. (2008). Influence of modified atmosphere packaging on sensory quality of shiitake mushrooms. *Postharvest Biology and Technology*, 49(1), 164–170. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.01.020>
- Assemie, Anmut; Abaya, G. (2022). The

- Effect of Edible Mushroom on Health and Their Biochemistry. *Hindawi International Journal of Microbiology*, 1–7.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Metode pengujian cemaran mikroba dalam daging, telur dan susu, serta hasil olahannya. SNI 2897:2008*.
- Belay, Z. A., Caleb, O. J., & Linus, U. (2016). Modelling approaches for designing and evaluating the performance of modified atmosphere packaging (MAP) systems for fresh produce: A review. *Food Packaging and Shelf Life*, 10, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.001>
- Boekel, M. A. J. S. Van. (2001). *Kinetic Modelling Fermentation.Pdf*.
- Chen, M., Cheng, J., Wu, Q., Zhang, J., Chen, Y., Zeng, H., ... Ding, Y. (2018). Prevalence, Potential Virulence, and Genetic Diversity of *Listeria monocytogenes* Isolates From Edible Mushrooms in Chinese Markets. *Frontiers in Microbiology*, 9(July), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01711>
- Das, A. K., Nanda, P. K., Dandapat, P., Bandyopadhyay, S., Gull, P., Sivaraman, G. K., ... Lorenzo, J. M. (2021). Edible Mushrooms as Functional Ingredients for Development of Healthier and More Sustainable Muscle Foods : A Flexitarian Approach. *Molecules*, 26, 1–25.
- Guo, Y., Chen, X., Gong, P., Wang, R., Qi, Z., Deng, Z., & Han, A. (2023). Advances in Postharvest Storage and Preservation Strategies for *Pleurotus eryngii*. *Food*, 12(5), 12–28. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods12051046>
- Li, D., Qin, X., Tian, P., & Wang, J. (2015). Toughening and its association with the postharvest quality of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) stored at low temperature. *FOOD CHEMISTRY*, 10(196:), 92–100. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.060>
- Li, Y., Ishikawa, Y., Satake, T., & Kitazawa, H. (2014). Effect of active modified atmosphere packaging with different initial gas compositions on nutritional compounds of shiitake mushrooms (*Lentinus edodes*). *Postharvest Biology and Technology*, 92, 107–113. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.12.017>
- Lyn, F. H., Adilah, Z. A. M., Nor-khaizura, M. A. R., Jamilah, B., & Hanani, Z. A. N. (2020). Application of modified atmosphere and active packaging for oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Food Packaging and Shelf Life*, 23, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.100451>
- Martins, S. I. F. S., Jongen, W. M. F., & Boekel, M. A. J. S. Van. (2008). The damnation of Faust. *Trends Food Sci. Tech.*, 73(6), 364–373. <https://doi.org/10.2307/3717028>
- Masson, Y., Ainsworth, P., Fuller, D., Bozkurt, H., & Ibanoglu, S. (2002). Growth of *Pseudomonas fluorescens* and *Candida sake* in homogenized mushrooms under modified atmosphere. *Journal of Food Engineering*, 54(2), 125–131. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00193-5](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00193-5)
- Oliveira, F., Sousa-gallagher, M. J., Mahajan, P. V., & Teixeira, J. A. (2012a).

- Development of shelf-life kinetic model for modified atmosphere packaging of fresh sliced mushrooms. *Journal of Food Engineering*, 111(2), 466–473. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.013>
- Oliveira, F., Sousa-gallagher, M. J., Mahajan, P. V., & Teixeira, J. A. (2012b). Evaluation of MAP engineering design parameters on quality of fresh-sliced mushrooms. *Journal of Food Engineering*, 108(4), 507–514. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.09.025>
- Onggo, S. B., Panadero, J., Corlu, C. G., & Juan, A. A. (2019). Simulation Modelling Practice and Theory Agri-food supply chains with stochastic demands: A multi-period inventory routing problem with perishable products. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 97, 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2019.101970>
- Pennone, V., Leahardy, A., Coffey, A., McAuliffe, O., & Jordan, K. (2018). Diversity of *Listeria monocytogenes* strains isolated from *Agaricus bisporus* mushroom production. *Journal of Applied Microbiology*, 125(2), 586–595. <https://doi.org/10.1111/jam.13773>
- Rahi, D. K., & Malik, D. (2016). Diversity of Mushrooms and Their Metabolites of Nutraceutical and Therapeutic Significance. *Journal of Mycology*, 1–18.
- Reinas, I., Oliveira, J., Pereira, J., Mahajan, P., & Poças, F. (2016). A quantitative approach to assess the contribution of seals to the permeability of water vapour and oxygen in thermosealed packages. *Food Packaging and Shelf Life*, 7, 34–40. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2016.01.003>
- Schill, S., Stessl, B., Meier, N., Tichy, A., Wagner, M., & Ludewig, M. (2021). Microbiological safety and sensory quality of cultivated mushrooms (*Pleurotus eryngii*, *pleurotus ostreatus* and *lentinula edodes*) at retail level and post-retail storage. *Foods*, 10(4), 1–14. <https://doi.org/10.3390/foods10040816>
- Seo, D. J., & Choi, C. (2021). Antiviral Bioactive Compounds of Mushrooms and Their Antiviral Mechanisms: A Review. *Viruses*, 13, 1–12.
- Siregar, I. M. D., Pratama, F., Hamzah, B., & Wulandari. (2020). *Perubahan Mutu Jamur Tiram Putih (Pleurotus ostreatus) selama Penyimpanan pada Berbagai Suhu dan Konsentrasi CO<sub>2</sub>*. 25(2), 129–138.
- Siregar, I. M. D., Pratama, F., Hamzah, B., & Wulandari, W. (2023). Perubahan Kadar Air dan Susut Bobot Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) selama Penyimpanan. *Jurnal Pertanian*, 14(1), 15–22.
- Siyoun, N. A., Surridge, K., Linde, E. J. Van Der, & Korsten, L. (2016). Microbial succession in white button mushroom production systems from compost and casing to a marketable packed product. *Ann Microbiol*, 66, 151–164. <https://doi.org/10.1007/s13213-015-1091-4>
- Susilo, B., Agustiningrum, D. A., & Indriani, D. W. (2016). Pengaruh Penyimpanan Atmosfer Termodifikasi (Modified Atmosphere Storage/MAS) terhadap Karakteristik Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*). *AGRITECH*, 36(4), 4–12.



- Tejedor-Calvo, E., Garcia-Barreda, S., Sánchez, S., & Marco, P. (2020). Effect of Bacterial Strains Isolated from Stored Shiitake (*Lentinula edodes*) on Mushroom. *Agronomy*, (10), 1–12.
- Tolera, K. D., & Abera, S. (2017). Nutritional quality of Oyster Mushroom (*Pleurotus Ostreatus*) as affected by osmotic pretreatments and drying methods. *Food Science and Nutrition*, 5(5), 989–996. <https://doi.org/10.1002/fsn3.484>
- Ventura-Aguilar, R. I., Colinas-Leon, M. T., & Bautista-Banos, S. (2017). Combination of sodium erythorbate and citric acid with MAP, extended storage life of sliced oyster mushrooms. *LWT - Food Science and Technology*, 79, 437–444. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.01.053>
- Viswanath, P., Murugesan, L., Knabel, S. J., Verghese, B., Chikthimmah, N., & Laborde, L. F. (2013). Incidence of *listeria monocytogenes* and *listeria* spp. in a small-scale mushroom production facility. *Journal of Food Protection*, 76(4), 608–615. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-12-292>
- Wang, Q., Chu, L., & Kou, L. (2017). UV-C Treatment maintains quality and delays senescence of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Scientia Horticulturae*, 225(March), 380–385. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.07.019>
- Wei, W., Lv, P., Xia, Q., Tan, F., Sun, F., Yu, W., ... Cheng, J. (2017). Fresh-keeping effects of three types of modified atmosphere packaging of. *Postharvest Biology and Technology*, 132, 62–70. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.05.020>
- Wrona, M., Bentayeb, K., & Nerín, C. (2015). A novel active packaging for extending the shelf-life of fresh mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Food Control*, 54, 200–207. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.02.008>
- Xu, Y., Tian, Y., Ma, R., Liu, Q., & Zhang, J. (2016). Effect of plasma activated water on the postharvest quality of button mushrooms, *Agaricus bisporus*. *Food Chemistry*, 197, 436–444. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.144>
- Zhang, H., Yamamoto, E., Murphy, J., & Locas, A. (2020). Microbiological safety of ready-to-eat fresh-cut fruits and vegetables sold on the Canadian retail market. *International Journal of Food Microbiology*, 335(September), 108855. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108855>