

The Effect of Basil Essential Oil Addition on the Functional Properties of Gelatin-Based Edible Film

Dwi Ayu Lestari¹ & Fahrullah Fahrullah^{1*}

¹Program Studi Peternakan, Fakultas Peternakan, Universitas Mataram, Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia;

Article History

Received : June 19th, 2025

Revised : June 26th, 2025

Accepted : July 02th, 2025

*Corresponding Author:

Fahrullah Fahrullah,

Program Studi Peternakan,

Fakultas Peternakan,

Universitas Mataram, Mataram,

Nusa Tenggara Barat,

Indonesia;

Email: fahrullah@unram.ac.id

Abstract: Edible film is a thin film that can be consumed immediately and can be used as a food packaging material. The incorporation of basil essential oil is anticipated to enhance the functional characteristics of edible film. The objective of this study is to evaluate the impact of incorporating basil essential oil on the water vapor transmission rate, gelation time, and the chemical structure of gelatin-based edible films. The research method employed a completely randomized design, incorporating three distinct treatments and three replications to ensure the robustness of the findings. The treatments comprised K1, which did not include the addition of basil essential oil; K2, which incorporated 4% basil essential oil; and K3, which incorporated 8% basil essential oil. The results demonstrated that the incorporation of basil essential oil led to a significant ($P < 0.05$) increase in the WVTR value, with elevated concentrations resulting in increased WVTR. However, the incorporation of basil essential oil did not demonstrate a statistically significant impact on the gelation duration ($P > 0.05$). FTIR analysis revealed an interaction between essential oil and gelatin that affected the film structure, thereby increasing the flexibility and antibacterial potential of the film. In conclusion, the incorporation of basil essential oil has been demonstrated to enhance the functional properties of gelatin-based edible films.

Keywords: Basil, essential oil, gelatin, film.

Pendahuluan

Kemasan pangan memiliki peran krusial dalam menjaga kualitas, keamanan dan daya simpan produk. Saat ini, sebagian besar industri makanan masih mengandalkan kemasan berbahan dasar plastik sintesis (Reichert et al., 2020). Namun penggunaan plastik ini menimbulkan permasalahan lingkungan yang serius. Plastik membutuhkan penguraian yang sangat lama dan dalam proses produksinya juga menghasilkan emisi berbahaya yang memperparah pencemaran lingkungan (Garrido et al., 2019). Solusi untuk mencegah pencemaran lingkungan dilakukanlah berbagai inovasi, salah satunya adalah edible film.

Edible film merupakan lapisan tipis yang dapat langsung dikonsumsi dan dapat

digunakan sebagai bahan pengemas makanan. Edible film pada umumnya berbahan dasar biopolimer alami seperti protein, polisakarida, lipid dan kombinasi antar ketiganya (Fahrullah et al., 2021, 2020, 2023; Fahrullah, 2021; Fahrullah, Kisworo, et al., 2024; Fahrullah, Noersidiq, et al., 2024). Diantara berbagai jenis biopolimer tersebut, protein gelatin menonjol dikarenakan memiliki kemampuan dalam membentuk film yang fleksibel, transparan, dan bersifat biodegradable (Herrera-vázquez et al., 2022; Kaewprachu et al., 2016; Rahmi et al., 2022; Wang et al., 2020). Selain itu juga gelatin memiliki sifat fungsional sebagai pengental, penstabil, pembusa dan mikroenkapsulan (Sutra et al., 2020). Dengan sifat-sifat tersebut, gelatin menjadi pilihan yang baik dalam pembuatan edible film yang ramah lingkungan

dan efektif dalam pengemasan produk pangan

Edible film berbasis gelatin ini masih memiliki kekurangan, terutama dalam hal ketahanan terhadap uap air dan kelembapan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa film berbasis protein umumnya bersifat hidrofilik sehingga memiliki permeabilitas uap air yang tinggi dan kurang efektif dalam menghalangi transmisi kelembapan (Azevedo et al., 2015; Guerrero & de la Caba, 2017). Oleh karena itu, diperlukan inovasi lebih lanjut untuk dapat meningkatkan kinerja edible film dalam mengatasi masalah kelembapan dan ketahanan terhadap uap air.

Untuk meningkatkan kinerja edible film, berbagai pendekatan telah dilakukan, salah satunya adalah dengan penambahan senyawa bioaktif seperti minyak atsiri yang bersifat antimikroba dan antioksidan (Al-Hashimi et al., 2020; Yeddes et al., 2020). Minyak kemangi (*Ocimum basilicum* L) adalah salah satu yang potensial dikarenakan mengandung senyawa aktif seperti eugenol yang diketahui memiliki aktivitas antibakteri dan dapat memperkuat struktur film (Murrieta-Martinez et al., 2018). Meskipun potensi tersebut telah diketahui, pengaruh penambahan minyak kemangi terhadap karakteristik fungsional edible film berbasis gelatin, terutama dalam hal struktur kimia, kemampuan menghambat transmisi uap air dan waktu pembentukan gel masih belum banyak dikaji secara komprehensif.

Penelitian ini bertujuan untuk mengintegrasikan analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR) guna mengetahui perubahan struktur kimia, pengukuran *Water Vapor Transmission Rate* (WVTR) untuk mengevaluasi fungsi sebagai penghalang dan pengamatan terhadap lama gelasi untuk menilai performa dari film yang dihasilkan.

Bahan dan Metode

Materi Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi gelatin, minyak kemangi, gliserol, silika gel, aquades, dan kertas label. Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain wadah datar, pengaduk pelat magnetik panas, pengaduk magnetik, erlenmeyer, gelas ukur, tabung ukur, termometer, desikator, ATR-FTIR (*Perkin*

Elmer/Spectrum Two), *stopwatch*, timbangan digital, gunting, dan oven.

Pembuatan Edible Film

Larutan edible film disiapkan dengan mencampurkan 15 g bubuk gelatin ke dalam aquades hingga volume total mencapai 100 ml. Campuran tersebut kemudian dipanaskan menggunakan pengaduk pelat magnetik panas pada suhu 90°C dan diaduk dengan pengaduk magnetik selama 30 menit. Setelah 25 menit, sebanyak 25 ml gliserol sebagai plasticizer ditambahkan sesuai perlakuan, dan pada menit ke-29, minyak atsiri kemangi dimasukkan. Setelah pemanasan selesai, larutan dituangkan ke dalam wadah datar dan dikeringkan di oven pada suhu 50°C selama 2 hari, kemudian disimpan pada suhu kamar selama 24 jam sebelum pengujian dilakukan. (Modifikasi Fahrullah et al., 2020).

WVTR

WVTR diukur dengan cara memotong edible film dan menempatkannya dalam gelas yang berisi silica gel, lalu dimasukkan ke dalam desikator. Selanjutnya, penimbangan dilakukan setiap 24 jam selama 5 hari. Nilai WVTR dihitung dalam satuan g/mm²/hari menggunakan persamaan 1 (ASTM E 96, 1995).

$$WVTR = \frac{n}{t \times A} \quad (1)$$

Keterangan:

n: perubahan berat (gram)

t: waktu (hari)

A: luas permukaan edible film (mm²)

Lama Gelasi

Lama gelasi diukur dengan cara mengamati durasi waktu yang dibutuhkan untuk membentuk gel dalam satuan menit.

Analisis FTIR

Edible film ditempatkan pada jendela optik yang berada di atas kristal ZnSe dan dikompresi dengan tekanan sebesar 15 gauge untuk memastikan kontak yang erat antara sampel dan kristal. Pengujian dilakukan menggunakan spektrofotometer IR pada rentang bilangan gelombang 4000 cm⁻¹ dengan 16 kali pembacaan dan resolusi 4 cm⁻¹.

Analisis Data

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 perlakuan dan 3 kali pengulangan. Perlakuan yang diterapkan terdiri dari K1: tanpa penambahan minyak kemangi, K2: penambahan minyak kemangi 4%, dan K3: penambahan minyak kemangi 8%. Data hasil pengujian WVTR dan lama gelasi dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Jika ditemukan perbedaan yang signifikan, analisis akan dilanjutkan dengan pengujian *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Sedangkan untuk pengujian FTIR, digunakan analisis deskriptif.

Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian terhadap nilai WVTR dan lama gelasi edible film gelatin dengan penambahan minyak atsiri kemangi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai WVTR dan Lama Gelasi Edible Film Gelatin dengan Penambahan Minyak Atsiri Kemangi

Parameter	Perlakuan		
	K1	K2	K3
WVTR	5,14±0,47 ^a	5,96±0,46 ^{ab}	7,31±1,40 ^b
Lama Gelasi	12,34±0,79	11,58±0,53	11,60±2,18

Ket: Superskrip ^{ab} pada baris yang sama menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$)

WVTR

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan minyak atsiri kemangi memberikan adanya perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$) terhadap nilai WVTR edible film yang dihasilkan. Rata-rata nilai WVTR yang dihasilkan berkisar antara 5,14-7,31 g/mm²/hari. Nilai ini masih masuk *Japanese Industrial Standard* (JIS, 1975) yaitu maksimal 10 g/mm²/hari. Penambahan minyak atsiri pada edible berbasis gelatin terbukti dapat memberikan dampak terhadap laju transmisi uap air. Hal ini dapat terjadi dikarenakan beberapa mekanisme yang saling berhubungan. Mihalca et al, (2021) menunjukkan bahwa minyak atsiri dapat meningkatkan permeabilitas film dengan cara memperbesar ukuran pori-pori pada struktur film gelatin, dengan adanya pori-pori ini dapat memudahkan molekul uap air dapat menembus film.

Minyak atsiri dapat mengubah interaksi antar molekul gelatin yang biasanya membentuk struktur yang lebih padat menjadi lebih longgar serta dapat meningkatkan kemampuan film untuk mentransmisikan molekul air (Atarés & Chiralt, 2016). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa komposisi penambahan minyak atsiri dapat mempengaruhi laju transmisi uap air (Yu et al., 2023). Pada konsentrasi yang lebih tinggi minyak atsiri kemangi ini memberikan gangguan pada matriks edible film sehingga menghasilkan struktur yang heterogen dan dapat menciptakan jalur difusi yang lebih mudah dilalui uap air yang pada nantinya akan meningkatkan laju transmisi uap air (Noori & Marashi, 2023).

Lama Gelasi

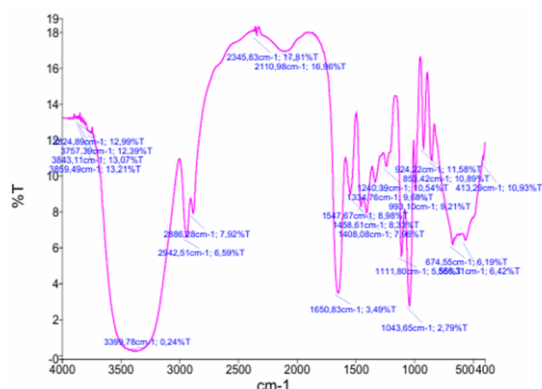
Berdasarkan hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan minyak atsiri kemangi tidak memberikan perbedaan ($P > 0,05$) terhadap lama gelasi edible film yang dihasilkan. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh adanya titik jenuh dalam perubahan viskositas setelah penambahan minyak atsiri pada konsentrasi yang lebih tinggi yang tidak membawa perubahan lebih lanjut pada lama gelasi. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun ada hubungan antara penambahan minyak atsiri pada percepatan pembentukan gel, efeknya menjadi lebih terbatas setelah mencapai tingkat tertentu.

Minyak atsiri dapat mempengaruhi viskositas larutan gelatin, dimana minyak atsiri ini bersifat lebih volatile dan dapat menurunkan viskositas campuran gelatin. Viskositas yang lebih rendah berarti molekul gelatin lebih mudah bergerak dan berinteraksi satu sama lain yang mengarah pada proses gelasi yang lebih cepat. Namun seperti yang dijelaskan oleh (Antonino et al., 2024) yang menyatakan bahwa peningkatan penambahan minyak atsiri tidak selalu mengarah pada peningkatan yang sebanding dengan lama gelasi yang dihasilkan. Pada konsentrasi penambahan minyak atsiri yang lebih tinggi, seperti pada perlakuan K2 perubahan dalam viskositas sudah mencapai titik jenuh sehingga lama gelasi tidak mengalami peningkatan dibandingkan dengan perlakuan K1.

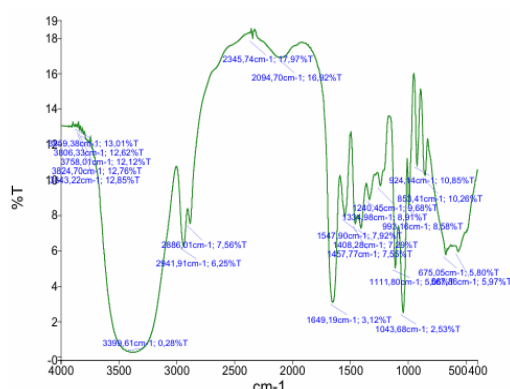
Analisis FTIR

Pengujian FTIR dilakukan menggunakan spektrofotometer IR. Analisis ini memiliki tujuan mengidentifikasi perubahan-perubahan pada

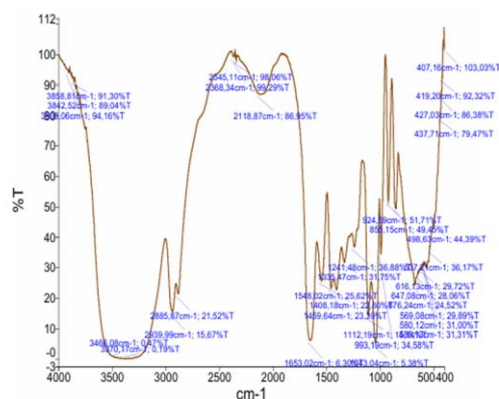
gugus fungsional dari suatu bahan yang dihasilkan (Handayani & Nurzanah, 2018). Sebagian besar edible film mengandung kelompok fungsional seperti O-H, C-H, C=O, dan membentuk ikatan baru berupa Ca-O (Darni et al., 2017). Spektrum FTIR direkam menggunakan spektrofotometer pada suhu ruang.



Gambar 1. FTIR tanpa penambahan minyak atsiri kemangi



Gambar 2. FTIR dengan penambahan minyak atsiri kemangi 4%



Gambar 3. FTIR dengan penambahan minyak atsiri kemangi 8%

Spektrum FTIR pada Gambar 1 menunjukkan serapan dari edible film berbasis gelatin, dengan puncak-puncak utama yang mencerminkan gugus fungsional dalam gelatin. Puncak di sekitar 3400 cm⁻¹ menunjukkan peregangan O-H, yang mengindikasikan keberadaan gugus hidroksil yang berkaitan dengan kandungan air atau kelembapan dalam gelatin. Puncak pada 2900 cm⁻¹ menunjukkan peregangan C-H alifatik yang berasal dari rantai protein atau senyawa karbon dalam gelatin. Di daerah 1650-1550 cm⁻¹, puncak amida I dan amida II mencerminkan keberadaan gugus amida, yang merupakan ciri khas struktur protein gelatin. Amida I (1650 cm⁻¹) berhubungan dengan peregangan C=O, sedangkan amida II (1550 cm⁻¹) terkait dengan kombinasi peregangan N-H dan geseran C-N. Puncak di sekitar 1040 cm⁻¹ menunjukkan peregangan C-O yang berhubungan dengan polisakarida atau gula yang mungkin ada dalam formulasi film. Secara keseluruhan, spektrum ini mengonfirmasi bahwa gelatin sebagai bahan utama edible film mengandung komponen protein dengan gugus amida dan hidroksil. Untuk memastikan identifikasi lebih lanjut, spektrum ini dapat dibandingkan dengan spektrum gelatin murni atau dengan formulasi yang mengandung aditif tambahan.

Gambar 2, spektrum FTIR menunjukkan karakteristik edible film berbasis gelatin yang telah ditambahkan minyak kemangi sebanyak 4%. Beberapa puncak dalam spektrum menunjukkan perubahan intensitas akibat penambahan minyak ini. Puncak sekitar 3400 cm⁻¹ (O-H stretching) masih menunjukkan adanya gugus hidroksil, namun intensitasnya mungkin sedikit terpengaruh karena minyak kemangi mengandung senyawa dengan gugus hidroksil yang dapat berinteraksi dengan gelatin. Puncak di sekitar 2900 cm⁻¹ (C-H stretching) masih terlihat meskipun ada perubahan kecil dalam intensitasnya, yang menunjukkan adanya interaksi antara gelatin dan senyawa hidrokarbon dalam minyak kemangi.

Rentang 1650-1550 cm⁻¹, puncak yang berkaitan dengan amida I dan II masih dominan, namun mungkin mengalami sedikit perubahan akibat interaksi antara minyak kemangi dan protein gelatin. Puncak sekitar 1040 cm⁻¹ yang menunjukkan peregangan C-O tetap ada, meskipun intensitasnya sedikit berkurang, yang

mengindikasikan interaksi antara senyawa polar dalam minyak kemangi dengan gelatin. Secara keseluruhan, perbandingan spektrum sebelum dan sesudah penambahan minyak kemangi menunjukkan adanya perubahan intensitas puncak, yang mengindikasikan interaksi fisik atau kimia antara keduanya, serta kemungkinan pengaruhnya terhadap sifat fungsional film, seperti peningkatan antibakteri atau fleksibilitas.

Gambar 3, spektrum FTIR menunjukkan perubahan lebih signifikan pada edible film berbasis gelatin dengan penambahan minyak kemangi 8%. Puncak di sekitar 3400 cm^{-1} (O-H stretching) menunjukkan intensitas yang lebih rendah, yang mengindikasikan adanya interaksi yang lebih kuat antara gugus hidroksil pada gelatin dengan senyawa dalam minyak kemangi, seperti alkohol atau fenol, yang mungkin membentuk ikatan hidrogen. Pada daerah sekitar 2900 cm^{-1} (C-H stretching), intensitasnya tetap terlihat, namun lebih terpengaruh dibandingkan dengan penambahan 4% minyak kemangi, menunjukkan dominasi senyawa hidrokarbon dari minyak kemangi dalam struktur film. Puncak pada rentang $1650\text{--}1550\text{ cm}^{-1}$, yang berkaitan dengan amida I dan II, menunjukkan perubahan intensitas yang mencerminkan interaksi antara protein gelatin dan senyawa dalam minyak kemangi, yang kemungkinan besar mempengaruhi struktur dan plastisasi gelatin.

Puncak di sekitar 1040 cm^{-1} yang berhubungan dengan peregangan C-O masih ada, namun dengan intensitas yang lebih rendah, menunjukkan interaksi senyawa polar dalam minyak kemangi dengan struktur film. Selain itu, munculnya puncak baru di area $400\text{--}600\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan pola yang lebih kompleks, yang kemungkinan berasal dari senyawa khas dalam minyak kemangi, seperti eugenol dan linalool, yang memiliki gugus fungsional aromatik atau halida. Secara keseluruhan, penambahan minyak kemangi sebesar 8% menyebabkan perubahan signifikan pada spektrum FTIR, terutama dalam intensitas dan pola puncaknya, yang mengindikasikan pengaruh besar terhadap sifat mekanik dan struktural edible film berbasis gelatin.

Kesimpulan

Penambahan minyak atsiri kemangi secara signifikan meningkatkan nilai WVTR, dengan

konsentrasi yang lebih tinggi menghasilkan laju transmisi uap air yang lebih besar akibat perubahan struktur film menjadi lebih longgar dan terbentuknya pori-pori yang mempermudah difusi uap air. Meskipun minyak atsiri dapat mempengaruhi viskositas, tidak ada perbedaan signifikan dalam lama gelasi film, yang menunjukkan bahwa efek peningkatan gelasi terbatas setelah mencapai titik jenuh pada konsentrasi minyak atsiri tertentu. Analisis FTIR mengungkapkan perubahan pada gugus fungsional, seperti hidroksil, C-H dan C-O, yang menunjukkan interaksi antara minyak atsiri dan gelatin, yang mengubah struktur film dan meningkatkan sifat fleksibilitas serta potensi antibakteri film. Secara keseluruhan, penambahan minyak atsiri kemangi dapat meningkatkan sifat fungsional edible film berbasis gelatin.

Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin menyampaikan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan kontribusi yang sangat berarti dalam proses penelitian dan penulisan artikel ini.

Referensi

- Al-Hashimi A. G., Ammar A. B., Lakshmanan G., Cacciola F., & Lakhssassi N. (2020). Development of a millet starch edible film containing clove essential oil. *Foods*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/foods9020184>
- Antonino C., Difonzo G., Faccia M., & Caponio F. (2024). Effect of edible coatings and films enriched with plant extracts and essential oils on the preservation of animal-derived foods. *Journal of Food Science*, 89(2). <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16894>
- ASTM E 96. (1995). Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials, E 96/E 96M - 05. *ASTM International*.
- Atarés L., & Chiralt A. (2016). Essential oils as additives in biodegradable films and coatings for active food packaging. *Trends in Food Science and Technology*, 48. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.12.001>
- Azevedo V. M., Silva E. K., Pereira, C. F. G., da Costa J. M. G., & Borges S. V. (2015).

- Whey protein isolate biodegradable films: Influence of the citric acid and montmorillonite clay nanoparticles on the physical properties. *Food Hydrocolloids*, 43. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.05.027>
- Darni Y., Utami H., Septiana R., & Fitriana R. A. (2017). Comparative studies of the edible film based on low pectin methoxyl
 with glycerol and sorbitol plasticizers. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 6(2). <https://doi.org/10.15294/jbat.v6i2.9707>
- Fahrullah F., Ervandi M., Indrianti M. A., Suparwata D. O., Yasin I. A., Gobel Y. A., Mokoolang S., & Mokoginta M. M. (2021). Mechanical properties of whey composite edible film with the addition of clove essential oil and different types of plasticizer. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 755(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/755/1/012004>
- Fahrullah, F. (2021). Penggunaan minyak cengkeh dalam aplikasi edible film whey terhadap karakteristik kimiawi dan mikrobiologis keju gouda. *AGROINTEK*, 15(2). <https://doi.org/10.21107/agrointek.v15i2.10060>
- Fahrullah F., Radiati L. E., Purwadi P., & Rosyidi D. (2020). The physical characteristics of whey based edible film added with konjac. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 8(1). <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.8.1.31>
- Fahrullah F., Kisworo D., Bulkaini B., Yulianto W., Wulandani B. R. D., Ulkiyah K., Kartika K., & Rahmawati L. (2024). Optimization of the Thickness , Water Vapour Transmission Rate and Morphology of Protein-Based Films Incorporating Glycerol and Polyethylene Glycol Plasticizers. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*, 34(1): 11–20. <https://doi.org/10.21776/ub.jiip.2024>
- Fahrullah F., Kisworo D., & Noersidiq A. (2023). Edible film based on whey-chia seed: physical characterization with addition of different plasticizers. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(10): 8554–8562. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i10.497>
- 8
- Fahrullah F., Noersidiq A., Kisworo D., & Maruddin F. (2024). Evaluating physicochemical properties of whey-chia seed edible films for biodegradable packaging. *Tropical Animal Science Journal*, 47(4): 519–528. <https://doi.org/10.5398/TASJ.2024.47.4.519>
- Garrido T., Peñalba M., de la Caba K., & Guerrero P. (2019). A more efficient process to develop protein films derived from agro-industrial by-products. *Food Hydrocolloids*, 86. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.11.023>
- Guerrero P., & de la Caba K. (2017). Protein-based films and coatings. *Edible Food Packaging: Materials and Processing Technologies*. <https://doi.org/10.1201/b19468>
- Handayani R., & Nurzanah H. (2018). Karakteristik edible film pati talas dengan penambahan antimikroba dari minyak atsiri lengkuas. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 10(1). <https://doi.org/10.15294/jkomtek.v10i1.17337>
- Herrera-vázquez S. E., Dublán-garcía O., Arizmendi-cotero D., Gómez-oliván L. M., Islas-flores H., Hernández-navarro M. D., & Ramírez-durán N. (2022). Optimization of the physical, optical and mechanical properties of composite edible films of gelatin, whey protein and chitosan. *Molecules*, 27(3). <https://doi.org/10.3390/molecules27030869>
- Kaewprachu P., Osako K., Benjakul S., Tongdeesoontorn W., & Rawdkuen S. (2016). Biodegradable protein-based films and their properties: A Comparative Study. *Packaging Technology and Science*, 29(2). <https://doi.org/10.1002/pts.2183>
- Mihalca V., Kerezsi A. D., Weber A., Grubertraub C., Schmucker J., Vodnar D. C., Dulf, F. V., Socaci S. A., Fărcaș A., Mureșan C. I., Suharoschi R., & Pop O. L. (2021). Protein-based films and coatings for food industry applications. *Polymers*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/polym13050769>

- Murrieta-Martínez C. L., Soto-Valdez H., Pacheco-Aguilar R., Torres-Arreola W., Rodríguez-Felix F., & Ríos, E. M (2018). Edible protein films: Sources and behavior. *Packaging Technology and Science*, 31(3). <https://doi.org/10.1002/pts.2360>
- Noori S. M. A., & Marashi, S. M. H. (2023). Chitosan-based coatings and films incorporated with essential oils: Applications in food models. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17(4). <https://doi.org/10.1007/s11694-023-01931-7>
- Rahmi Q. F., Wulandari E., & Gumilar J. (2022). Pengaruh konsentrasi gliserol pada gelatin kulit kelinci terhadap kadar air, ketebalan film, dan laju transmisi uap air edible film. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 3(1). <https://doi.org/10.24198/jthp.v3i1.39444>
- Reichert C. L., Bugnicourt E., Coltelli M. B., Cinelli P., Lazzeri A., Canesi I., Braca F., Martínez B. M., Alonso R., Agostinis L., Verstichel S., Six L., de Mets S., Gómez E. C., Ißbrücker C., Geerinck R., Nettleton D. F., Campos I., Sauter E., ... Schmid M. (2020). Bio-based packaging: Materials, modifications, industrial applications and sustainability. *Polymers*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/polym12071558>
- Sutra L. U., Hermalena L., & Salihat R. A. (2020). Karakteristik edible film dari pati jahe (*Zingiber officinale*) dengan perbandingan gelatin kulit ikan tuna. *Journal of Scientech Research and Development*, 2(2). <https://doi.org/10.56670/jsrd.v2i2.13>
- Wang P., Li, Y., Zhang C., Que F., Weiss J., & Zhang H. (2020). Characterization and antioxidant activity of trilayer gelatin/dextran-propyl gallate/gelatin films: Electrospinning versus solvent casting. *LWT*, 128. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109536>
- Yeddes W., Djebali K., Wannes, W. A., Horchani-Naifer K., Hammami M., Younes I., & Tounsi M. S. (2020). Gelatin-chitosan-pectin films incorporated with rosemary essential oil: Optimized formulation using mixture design and response surface methodology. *International Journal of Biological Macromolecules*, 154. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.03.092>
- Yu X., Yang Y., Liu Q., Jin Z., & Jiao A. (2023). A hydroxypropyl methylcellulose / hydroxypropyl starch nanocomposite film reinforced with chitosan nanoparticles encapsulating cinnamon essential oil: Preparation and characterization. *International Journal of Biological Macromolecules*, 242. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.124605>