



## ENKAPSULASI MINYAK ATSIRI DENGAN KITOSAN SEBAGAI AGEN ANTIBAKTERI PADA KEMASAN MAKANAN: REVIEW

*[Encapsulation of Essential Oils with Chitosan as an Antibacterial Agent in Food Packaging: A Review]*

**Ramiz Hasbi<sup>1\*</sup>, Randu Cahya Putra<sup>1</sup>, Asep Kadarohman<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Kimia, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

\*Email: [ramizhasbi76@upi.edu](mailto:ramizhasbi76@upi.edu) (Telp: +6281320311641)

Diterima tanggal 9 Juni 2025  
Disetujui tanggal 6 Agustus 2025

### ABSTRACT

*The demand for safe food packaging capable of extending product shelf life through antibacterial properties has driven the development of essential oil encapsulation in chitosan. This article aims to review studies on the application of various essential oils incorporated into chitosan matrices for food packaging and their effectiveness as antibacterial agents. The review was conducted using literature data collected from national and international journal articles published between 2012 and 2025 through Google Scholar, Sciencedirect, and PubMed. An initial search identified 214,837 articles, of which 33 were selected after screening for relevance to the topic. A descriptive analysis was carried out to discuss the mechanisms of essential oil encapsulation in chitosan, particularly its ability to inhibit bacterial growth and its role in food packaging applications. The findings indicate that encapsulating essential oils within the chitosan biopolymer, either as edible coatings or edible films, enhances antibacterial activity through controlled release mechanisms and electrostatic interactions between chitosan and bacterial cell walls. Several essential oils, including peppermint, citrus, lemongrass, oregano, cardamom, ginger, cumin, Artemisia fragrans, Paulownia tomentosa, cinnamon, rosemary, Allium sativum (garlic), black pepper, thyme, and basil, have demonstrated potential as antibacterial agents for use in food packaging such as fruits, fish fillets, and processed meat products.*

**Keywords:** essential oils, encapsulation, antibacterial activity, chitosan, food packaging.

### ABSTRAK

Kebutuhan akan kemasan pangan yang aman serta mampu memperpanjang umur simpan produk melalui sifat antibakteri mendorong pengembangan teknologi enkapsulasi minyak atsiri dalam kitosan. Artikel ini bertujuan membahas penelitian terkait pemanfaatan berbagai jenis minyak atsiri dalam matriks kitosan sebagai kemasan pangan dan efektivitasnya sebagai agen antibakteri. Artikel ini disusun menggunakan metode tinjauan pustaka dengan sumber data dari artikel jurnal nasional dan internasional yang diperoleh melalui *Google Scholar*, *Sciencedirect*, dan *PubMed*, terbitan tahun 2012–2025. Hasil penelusuran awal menemukan 214.837 artikel, kemudian setelah proses penyaringan diperoleh 33 artikel yang relevan dengan topik kajian. Analisis deskriptif dilakukan untuk membahas mekanisme kerja enkapsulasi minyak atsiri dalam kitosan, khususnya dalam menghambat pertumbuhan bakteri serta peranannya pada kemasan pangan. Hasil kajian menunjukkan bahwa enkapsulasi minyak atsiri dalam biopolimer kitosan, baik dalam bentuk edible coating maupun edible film, dapat meningkatkan aktivitas antibakteri melalui mekanisme pelepasan terkontrol serta interaksi elektrostatis antara kitosan dan dinding sel bakteri. Beberapa minyak atsiri yang berpotensi sebagai agen antibakteri antara lain *peppermint*, *citrus*, *lemongrass*, *oregano*, *cardamom*, jahe, jintan, *Artemisia fragrans*, *Paulownia tomentosa*, kayu manis, *rosemary*, bawang putih (*Allium sativum*), lada hitam, *thyme*, dan basil, yang dapat diaplikasikan pada kemasan pangan seperti buah-buahan, fillet ikan, dan daging olahan.

**Kata kunci:** minyak atsiri, enkapsulasi, aktivitas antibakteri, kitosan, kemasan makanan.



## PENDAHULUAN

Kebutuhan industri pangan akan kemasan makanan yang aman, ramah lingkungan, dan mampu memperpanjang umur simpan produk terus meningkat seiring dengan kesadaran konsumen terhadap keamanan pangan dan dampak kesehatan dari bahan sintetik. Penggunaan pengawet sintesis telah diteliti dapat meningkatkan risiko toksisitas dan resistensi bakteri, sehingga diperlukan alternatif alami yang lebih berkelanjutan (Hyldgaard *et al.*, 2012). Minyak atsiri, yang berasal dari ekstrak bahan alam, memiliki potensi dapat menjadi alternatif solusi karena sifat antibakteri yang luas terhadap patogen seperti *E. coli* dan *Staphylococcus aureus* (Prakash, 2018).

Minyak atsiri dari tumbuhan aromatik telah digunakan sejak zaman dahulu sebagai agen antibakteri. Aktivitas antibakteri pada minyak atsiri dapat dikaitkan dengan kandungan senyawa monoterpen di dalamnya, yang bekerja dengan cara merusak membran sitoplasma bakteri akibat minyak atsiri yang bersifat lipofilik (Nisyak *et al.*, 2022). Namun, aplikasi minyak atsiri secara langsung dalam kemasan makanan seringkali menimbulkan masalah karena sifat volatilitas, ketidakstabilan, dan aroma tajam yang dimiliki minyak atsiri. Untuk mengatasi permasalahan tersebut telah dikembangkan teknologi enkapsulasi sebagai edible coating, sehingga pelepasan senyawa aktif minyak atsiri dapat terkontrol. Enkapsulasi minyak atsiri dapat mengoptimalkan efikasi aktivitas antibakteri (Donsi and Ferrari, 2016). Penelitian terbaru menunjukkan bahwa integrasi mikrokapsul minyak atsiri ke dalam material kemasan aktif dapat menjadi solusi inovatif untuk mengurangi ketergantungan pada bahan kimia sintetik, sekaligus menjaga kualitas dan mutu pangan (Gaikwad *et al.*, 2018).

Pemilihan bahan yang tepat untuk enkapsulasi sangat penting untuk mencegah kerusakan minyak atsiri selama proses enkapsulasi. Ada berbagai sistem enkapsulasi yang mampu mengatasi kelemahan minyak atsiri dalam produk makanan, seperti liposom, siklodekstrin, nanopartikel kitosan, silikon dioksida, dan nano-emulsi. Kitosan merupakan biopolimer yang tersusun atas unit berulang antara D-glukosamin dan N-asetil-D-glukosamin yang terhubung oleh ikatan  $\beta$ -(1,4) dan memiliki sifat antibakteri yang cocok digunakan pada aplikasi medis, farmasi, makanan, kosmetik, dan pakan (Negi and Kesari, 2022). Kitosan memiliki kelimpahan yang banyak, biokompatibilitas dan biodegradabilitas yang baik, dan tidak beracun bagi tubuh sehingga memiliki potensi yang kuat sebagai nanopartikel untuk enkapsulasi (Hadidi *et al.*, 2020).

Enkapsulasi minyak atsiri dengan kitosan dapat meningkatkan sifat antibakteri minyak atsiri. Penelitian yang dilakukan oleh Milagres de Almeida *et al.* (2023) menunjukkan peningkatan sifat antibakteri terhadap patogen makanan dari minyak atsiri oregano yang dilapisi oleh mikrokapsul berbasis kitosan dan *Arabic Gum*. Penelitian lain dilakukan terhadap daging sapi yang dilapisi oleh minyak atsiri *Chrysanthemum* yang dimasukkan kedalam nanofiber berbasis kitosan menunjukkan nilai inhibisi hingga 99,97% terhadap bakteri *L. monocytogenes* dan dapat



memperpanjang umur simpan daging sapi, sehingga memiliki potensi yang besar di bidang pengemasan makanan (Lin *et al.*, 2019).

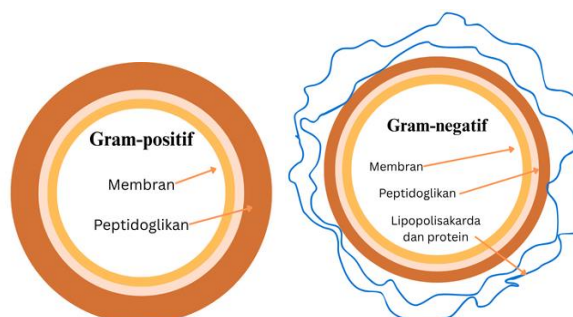
Artikel ini akan mengkaji beberapa studi terkait pemanfaatan enkapsulasi senyawa minyak atsiri dalam biopolimer kitosan sebagai kemasan produk pangan, efektivitas sebagai agen antibakteri, dan mekanismenya.

## METODE

Artikel review ini disusun menggunakan metode studi literatur pada berbagai artikel dari jurnal nasional maupun internasional yang diperoleh melalui platform Google Scholar, Sciencedirect, dan PubMed. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian meliputi *essential oils*, *encapsulation*, *antibacterial activity*, *chitosan*, dan *edible food package*. Kriteria literatur mencakup artikel terbitan tahun 2012-2025. Artikel yang terkumpul kemudian diseleksi berdasarkan relevansi topik, fokus pada teknik enkapsulasi minyak atsiri menggunakan kitosan, efektivitas antibakteri, dan aplikasinya dalam pengemasan makanan. Hasil penelusuran pustaka awal diperoleh 214.837 artikel, kemudian setelah dilakukan skrining terdapat 33 artikel yang sesuai dengan topik kajian. Analisis dilakukan secara deskriptif untuk membahas mekanisme enkapsulasi minyak atsiri menggunakan kitosan, mengkaji beberapa jenis senyawa atsiri dalam kemampuannya untuk menghambat pertumbuhan bakteri, serta peranannya untuk dijadikan kemasan *edible coating/edible film* produk pangan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

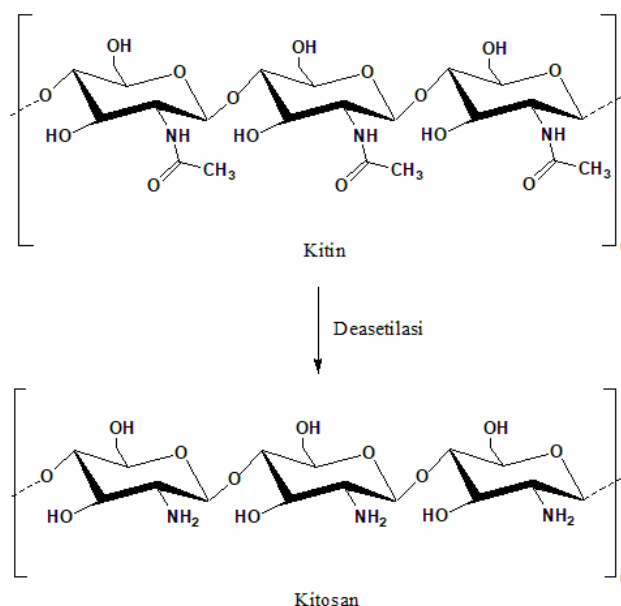
Minyak atsiri mengandung senyawa bioaktif seperti fenol, terpenoid, dan aldehid yang berperan penting dalam aktivitas antibakterinya. Senyawa-senyawa ini berinteraksi dengan membran sel bakteri, menyebabkan destabilisasi struktur lipid membran, kebocoran ion, dan kerusakan protein intraseluler (Muñoz-Tebar *et al.*, 2023). Komponen minyak atsiri seperti karvakrol (dalam oregano) dan timol (dalam thyme) mampu menembus dinding sel bakteri Gram-positif dan Gram-negatif, mengganggu gradien proton, dan menghambat sintesis ATP, sehingga menyebabkan kematian sel (Siddiqui *et al.*, 2023). Selain itu, minyak atsiri dapat menghambat enzim esensial pada bakteri untuk replikasi DNA dan sintesis dinding sel (Muñoz-Tebar *et al.*, 2023).



Gambar 1. Ilustrasi jenis sel bakteri gram-positif dan gram-negatif (Muñoz-Tebar *et al.*, 2023)



Kitosan merupakan polimer alami hasil deasetilasi kitin (Gambar 2.). kitosan telah banyak digunakan sebagai matriks mikro- dan nano-enkapsulasi minyak atsiri melalui teknik *ionotropic gelation* (penambahan tripolifosfat sebagai *cross-linker*) untuk membentuk nano partikel (CSNPs) yang melindungi minyak atsiri dari oksidasi dan volatilisasi, sekaligus memberikan pelepasan terkontrol. Dalam penelitian De Carvalho *et al.* (2021) melaporkan bahwa karakteristik kitosan (berat molekul, derajat deasetilasi) sangat memengaruhi efisiensi enkapsulasi dan ukuran partikel, dengan efisiensi enkapsulasi mencapai 74-89% untuk minyak *Syzygium aromaticum* dan *Cinnamomum spp.* pada nanogel kitosan yang dimodifikasi asam sinamat. Selanjutnya, Negi dan Kesari, (2022) menunjukkan bahwa minyak atsiri *Carum coptium* yang dienkapsulasi dalam CSNPs (rasio kitosan:EO 1:1) mencapai efisiensi enkapsulasi ~80-83% dan *loading capacity* ~26-27%, serta meningkatkan aktivitas antibakteri terhadap *S. aureus* dan *E. coli* dibandingkan minyak atsiri bebas.

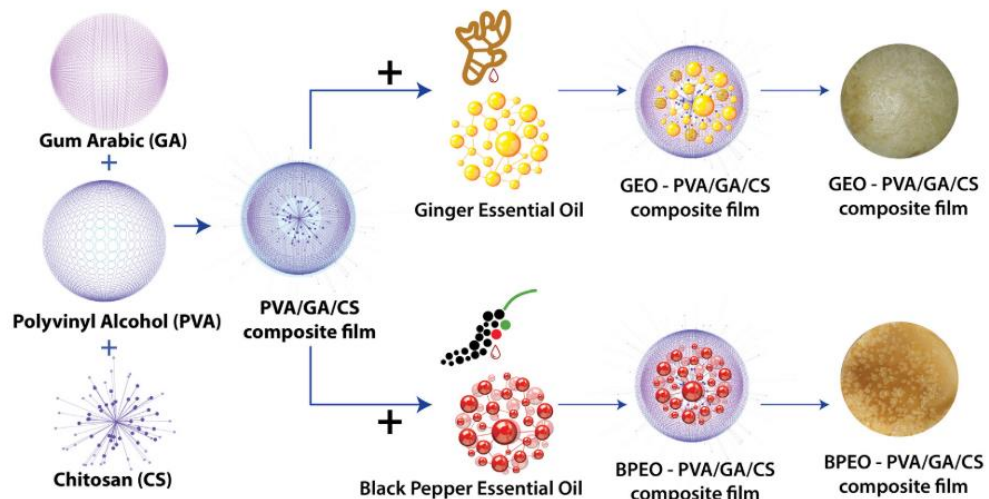


Gambar 2. Reaksi deasetilasi senyawa kitin menjadi kitosan

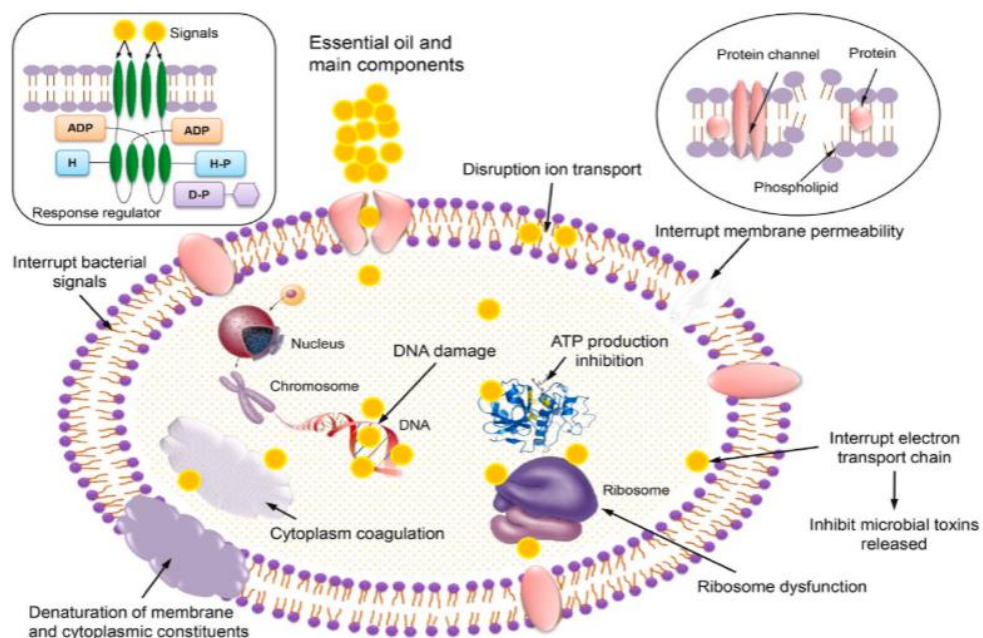
Enkapsulasi minyak atsiri dengan edible coating atau edible film terhadap efeknya sebagai agen antibakteri bekerja melalui dua mekanisme utama, yakni penghalang fisik dimana lapisan kitosan membentuk jaringan polimer padat yang menghambat pergerakan oksigen, uap air, dan kontaminan mikroba ke permukaan makanan. Kedua, pelepasan terkontrol senyawa aktif dimana minyak atsiri terperangkap dalam matriks kitosan dilepaskan secara bertahap melalui difusi atau respons terhadap kondisi lingkungan (pH, kelembaban) (Rochima *et al.*, 2018; Suharto *et al.*, 2024). Seperti yang diilustrasikan pada Gambar 3a, enkapsulasi minyak atsiri dapat berkerja tidak hanya sebagai sistem pengangkut, tetapi dapat juga berfungsi untuk meningkatkan stabilitas dan efektivitas antibakteri melalui pelepasan secara bertahap. Minyak atsiri yang lepas secara bertahap kemudian dapat menyerang sel



bakteri dengan cara berintegrasi ke dalam membran, meningkatkan permeabilitas, anti-quorum sensing, penghambatan sintesis protein, dan menyebabkan lisis sel, serta proses intraseluler, yakni menghambat DNA gyrase, penghambatan dehidratase (HpFabZ), inaktivasi sekresi tipe III, dan penghambatan protein kinase seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3b (Sobhy *et al.*, 2025).



(a)



(b)

Gambar 3. Ilustrasi enkapsulasi minyak atsiri (a) dan mekanisme minyak atsiri dalam menhgalau bakteri (b). (Sumber: Amalraj *et al.*, 2020; Sobhy *et al.*, 2025)





Berikut akan dibahas beberapa jenis minyak atsiri yang dienkapsulasi menggunakan polimer kitosan, aktivitas antibakteri, dan jenis bakteri yang dilawannya dari berbagai hasil penelitian. Selanjutnya, juga akan dibahas contoh aplikasinya sebagai kemasan pada jenis-jenis makanan atau bahan pangan tertentu berdasarkan metode enkapsulasi edible coating dan edible film.

### Edible coating

Tabel 1. Hasil penelitian efektivitas antibakteri berbagai jenis minyak atsiri menggunakan teknik kemasan *edible coating*

| Minyak Atsiri                               | Efektivitas Antibakteri                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Referensi                      |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Minyak <i>Peppermint</i>                    | Hasil penelitian menunjukkan ekstrak peppermint saja hanya menghambat <i>S. aureus</i> dengan zona hambat (14,3 mm), tidak menghambat Gram-negatif. Kemudian dengan pelapis (coating) kitosan 1,5 % (ECCh) saja: <i>S. aureus</i> (17,6 mm), <i>S. typhimurium</i> (17,1 mm), <i>E. coli</i> (16,5 mm), dan kitosan 1,5 % + Peppermint 5 % (ECChP) menunjukkan nilai zona inhibisi sebesar: <i>S. aureus</i> (22 mm), <i>S. typhimurium</i> (17 mm), <i>E. coli</i> (16,8 mm).                                                                                                                       | (Morachis-Valdez et al., 2021) |
| Minyak <i>Citrus</i>                        | Diameter zona hambat kitosan terhadap <i>E. coli</i> dan <i>monocytogenes</i> adalah $12.24 \pm 1.03$ mm dan $13.35 \pm 0.79$ mm sedangkan untuk kitosan-minyak citrus diameter hambatnya terhadap <i>E. coli</i> dan <i>L. monocytogenes</i> sebesar $17.23 \text{ mm} \pm 1.2$ mm dan $19.19 \text{ mm} \pm 1.27$ mm, secara berturut-turut.                                                                                                                                                                                                                                                       | (Li et al., 2019)              |
| Minyak <i>Lemongrass</i>                    | Zona inhibisi pada pengujian dengan minyak lemongrass saja terhadap bakteri <i>Bacillus cereus</i> dan <i>E. coli</i> sebesar $5.67 \text{ mm} \pm 0.1$ mm dan $5.91 \text{ mm} \pm 0.78$ mm. Minyak lemongrass yang dienkapsulasi dengan kitosan dengan perbandingan (kitosan: minyak lemongrass) 1:2 memiliki zona inhibisi sebesar $5.83 \text{ mm} \pm 0.1$ mm ( <i>Bacillus cereus</i> ); $6.67 \text{ mm} \pm 0.47$ mm ( <i>E. coli</i> ), sedangkan untuk perbandingan 2:1 diperoleh sebesar $6.04 \text{ mm} \pm 0.48$ mm ( <i>Bacillus cereus</i> ); $6.05 \pm 0.41$ mm ( <i>E. coli</i> ). | (Putra et al., 2025)           |
| Minyak <i>Origanum vulgare</i> L. (Oregano) | Nanoenkapsulasi kitosan yang mengandung minyak oregano menunjukkan peningkatan yang signifikan ( $P < 0.05$ ) terhadap aktivitas antibakteri (ragi dan bakteri <i>psychrophilic</i> ) dengan parameter pengukuran pertumbuhan bakteri (log CFU/g) dalam penyimpanan dingin $4^\circ\text{C}$ ayam fillet patty selama 25 hari menunjukkan efektivitas antibakteri dan parameter kualitas lainnya yang lebih baik dibandingkan sampel dengan nanoenkapsulasi kitosan tanpa minyak esensial dan edible coating kitosan dengan minyak oregano tanpa nanoenkapsulasi.                                    | (Sonar et al., 2023)           |



|                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                    |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Minyak <i>Cardamom</i> (kapulaga)               | Berdasarkan hasil penelitian, minyak cardamom saja tidak berhasil menghambat kedua patogen ( <i>E. coli</i> dan <i>S. aureus</i> karena minyak cardamom dimasukkan di bawah kadar MIC ( <i>minimum inhibitory concentration</i> ). Baik nanopartikel kitosan kosong (CSNPs kosong) maupun CSNPs yang mengandung minyak cardamom (EOs-loaded CSNPs) secara efektif mengendalikan pertumbuhan patogen selama 48 jam pertama. Namun, setelah 48 jam, pertumbuhan muncul pada CSNPs kosong, sedangkan CSNPs yang mengandung minyak cardamom mempertahankan potensi antimikrobanya hingga 7 hari.                                                   | (Jamil <i>et al.</i> , 2016)       |
| Minyak <i>Zingiber Officinale</i> (Jahe)        | Nanopartikel kitosan yang dimuat dengan minyak jahe menunjukkan aktivitas antibakteri yang lebih tinggi terhadap <i>S. aureus</i> , <i>B. cereus</i> , <i>E. coli</i> , dan <i>S. typhimurium</i> dengan rata-rata zona hambat masing-masing sebesar 19–35,19; 17,28–29,54; 12,46–23,17; dan 9,78–17,48 mm <sup>2</sup> , dibandingkan dengan minyak jahe bebas.                                                                                                                                                                                                                                                                               | (Yousefi <i>et al.</i> , 2022)     |
| Minyak Jintan                                   | Dalam pengukuran Total Pseudomonads Count (TPC, Log CFU/g) kelompok yang diberi nanopartikel kitosan dengan nanoenkapsulasi minyak jintan (NCh + NanoCCEO) berhasil menahan populasi <i>Pseudomonads</i> di bawah 4 Log CFU/g hingga hari ke-1 sementara kelompok kontrol dan kelompok yang hanya menggunakan nanopartikel kitosan tanpa minyak (NCh saja) menunjukkan kenaikan TPC melebihi 7 Log CFU/g pada hari ke-1. Perlakuan dengan nanopartikel kitosan ditambah minyak jintan bebas (NCh + CCEO) juga mampu menekan pertumbuhan <i>Pseudomonads</i> , tetapi konsentrasinya sedikit lebih tinggi dibandingkan kelompok NCh + NanoCCEO. | (Homayonpour <i>et al.</i> , 2021) |
| Minyak <i>Artemisia Fragens</i>                 | Sampel daging ayam yang dilapisi kitosan + 1500 ppm AFEC (minyak artemisia fragrans) menunjukkan efek penghambatan yang signifikan secara statistik ( $p < 0,05$ ) terhadap kapang dan khamir selama penyimpanan. Pada awal penyimpanan, jumlah kapang dan khamir sebesar 1,0 Log CFU/g (kitosan + 1500 ppm AFEOs) dan 3,66 Log CFU/g (air suling/kontrol). Sampel berlapis kitosan + 1500 ppm AFEOs dan air suling (kontrol), kemudian meningkat secara signifikan ( $p < 0,05$ ) mencapai nilai 4,27 Log CFU/g (kitosan + 1500 ppm AFEOs) dan 8,02 Log CFU/g (air suling) pada hari ke-12.                                                   | (Yaghoubi <i>et al.</i> , 2022)    |
| Minyak <i>Paulownia Tementosa</i> (pohon putih) | Hasil penelitian menunjukkan jumlah bakteri asam laktat (LAB) pada sampel kontrol meningkat dari 2,13 log CFU/g menjadi 7,14 log CFU/g setelah 16 hari penyimpanan. Perlakuan pelapisan CH-E (kitosan - minyak paulownia tementosa) dan CHEONF                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | (Zhang <i>et al.</i> , 2019)       |



(nanopartikel kitosan - minyak paulownia tementosa) pada potongan daging menyebabkan penurunan jumlah LAB masing-masing sebesar 2,15 dan 2,61 log CFU/g ( $p < 0,05$ ) pada akhir penyimpanan.

|                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                   |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Minyak <i>Cinnamon</i> (Kayu Manis) | Hasil penelitian menunjukkan bakteri <i>L. monocytogenes</i> berkurang sebesar 1,94; 2,44; dan 2,92 log cfu/g pada lapisan edibel berbasis kitosan yang mengandung 0,2 %, 0,4 %, dan 0,6 % minyak kayu manis secara berturut-turut, dibandingkan dengan kelompok kontrol selama penyimpanan ( $p < 0,05$ ). Dalam penelitian ini, aktivitas antibakteri yang lebih tinggi ditunjukkan pada lapisan edibel yang ditambahkan minyak kayu manis (penurunan 2,92 log cfu/g) dibandingkan hanya lapisan edibel tanpa minyak (penurunan 2,1 log cfu/g) terhadap <i>L. monocytogenes</i> . | (Sarengaowa <i>et al.</i> , 2022) |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|

*Edible coating* (EC) berbasis kitosan yang mengandung minyak atsiri telah terbukti efektif dalam memperpanjang umur simpan dan menjaga kualitas berbagai produk pangan seperti kentang, buah-buahan, fillet ikan, dan daging olahan. Kombinasi kitosan dan minyak atsiri menunjukkan aktivitas antibakteri yang sangat baik, dengan penurunan signifikan pada pertumbuhan mikroorganisme patogen dan spoilage selama penyimpanan. Efektivitas ini didukung oleh nilai zeta potensial positif pada permukaan nanopartikel kitosan, yang memfasilitasi interaksi elektrostatis dengan membran sel bakteri bermuatan negatif, sehingga meningkatkan penetrasi dan pelepasan terkontrol minyak atsiri di dekat dinding sel bakteri (Jamil *et al.*, 2016). Nilai zeta potensial yang tinggi ( $\geq +30$  mV) juga menunjukkan stabilitas koloid yang baik, memastikan distribusi partikel yang homogen dalam sistem pelapis (*coating*) (Shao *et al.*, 2018).

### Edible Film

Tabel 2. Hasil penelitian efektivitas antibakteri berbagai jenis minyak atsiri menggunakan teknik kemasan edible film

| Minyak Atsiri                                   | Efektivitas Antibakteri                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Referensi                          |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Minyak <i>Rosmarinus officinalis</i> (Rosemary) | Sifat antibakteri ditentukan dengan metode <i>minimum inhibitory concentration</i> (MIC) minyak esensial ter kapsul dalam nanogel CS-BA (Kitosan-Asam Benzoid) terhadap bakteri <i>S. aureus</i> kekeuh standar 0,5 MacFarland disiapkan dari kultur cair. Sampel diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam. Hasil menunjukkan adanya penurunan nilai MIC dari nanogel CS-BA, yakni 80 µg/ml menjadi 4 µg/ml setelah minyak esensial di enkapsulasi oleh nanogel CS-B. | (Mohsenabadi <i>et al.</i> , 2018) |





|                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                 |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Minyak <i>Allium sativum</i> (Bawang putih)     | Sifat antibakteri ditentukan dengan menggunakan metode PC ( <i>Plate Count Agar</i> ) pada bakteri aerobik, bakteri asam laktat (LAE), bakteri psikotropik (PSY), <i>Staphylococcus aureus</i> , dan koliform. Hasil menunjukkan adanya peningkatan pada jumlah awal AP adalah 2,3 CFU/g dan mencapai 3,69–6,21 CFU/g pada hari terakhir penyimpanan. Mengenai APC, sejak hari ke-7 perbedaan antara APC sampel kontrol dan sampel sosis lain yang diperlakukan dengan film aktif signifikan ( $P < 0.05$ ).                                                                     | (Esmaeili <i>et al.</i> , 2020) |
| Minyak <i>Zingiber officinale</i> Roscoe (Jahe) | Aktivitas antibakteri dari film dievaluasi menggunakan metode difusi cakram terhadap empat spesies bakteri, yaitu <i>Bacillus cereus</i> ( <i>B. cereus</i> ), <i>Staphylococcus aureus</i> ( <i>S. aureus</i> ), <i>Escherichia coli</i> ( <i>E. coli</i> ), dan <i>Salmonella typhimurium</i> ( <i>S. typhimurium</i> ). Hasil menunjukkan zona penghambatan signifikan ( $p < 0.05$ ) ( $17,83 \pm 1,7$ mm, $16,34 \pm 1,54$ mm, $14,59 \pm 1,14$ mm dan $15,21 \pm 1,74$ mm untuk <i>B. cereus</i> , <i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i> , dan <i>S. typhimurium</i> )         | (Amalraj <i>et al.</i> , 2020)  |
| Minyak <i>Piper nigrum</i> L (Lada Hitam)       | Sifat antibakteri ditentukan menggunakan metode difusi cakram terhadap empat spesies bakteri, yaitu <i>Bacillus cereus</i> ( <i>B. cereus</i> ), <i>Staphylococcus aureus</i> ( <i>S. aureus</i> ), <i>Escherichia coli</i> ( <i>E. coli</i> ), dan <i>Salmonella typhimurium</i> ( <i>S. typhimurium</i> ). Hasil menunjukkan zona penghambatan terbesar yang signifikan ( $P < 0.05$ ) adalah 20,43 mm, $18,73 \pm 1,76$ mm, $16,82 \pm 1,27$ mm dan $17,43 \pm 1,36$ mm untuk <i>B. cereus</i> , <i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i> , dan <i>S. typhimurium</i> masing-masing. | (Amalraj <i>et al.</i> , 2020)  |
| Minyak <i>Thyme</i> (Timi)                      | Sifat antibakteri terhadap spesies bakteri <i>Bacillus subtilis</i> spp dan <i>Escherichia coli</i> dilakukan dengan metode kultur bakteri. Hasil menunjukkan perbandingan dengan kelompok kontrol, penurunan nilai <i>bacterial count</i> sebesar 3,6 dan 4,8 log CFU/mL untuk <i>Bacillus subtilis</i> dan <i>E. coli</i> spp., masing-masing, tanpa perbedaan signifikan ( $P > 0.05$ )                                                                                                                                                                                       | (Elshamy <i>et al.</i> , 2021)  |
| Minyak <i>Origanum vulgare</i> L (Oregano)      | <i>Minimum Inhibitory Count</i> (MIC) untuk bakteri gram positif dan gram negatif, yakni 0,0625% untuk <i>S. aureus</i> , <i>E. faecalis</i> , <i>E. coli</i> , dan 0,06% untuk <i>Y. enterocolitica</i> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | (Yoncheva <i>et al.</i> , 2020) |
| Minyak <i>Ocimum basilicum</i> (Basil/Selasil)  | Aktivitas antibakteri dari film diteliti terhadap bakteri Gram-positif <i>B. subtilis</i> 3S dan Gram-negatif <i>E. coli</i> 32. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa film berbasis kitosan yang mengandung 3% minyak basil mampu mengurangi total populasi awal <i>E. coli</i> 32.                                                                                                                                                                                                                                                                                            | (Amor <i>et al.</i> , 2021)     |



sebanyak 3 Log CFU/mL dan *S. saprophyticus* sebanyak 2 Log CFU/mL.

|                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                           |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Minyak <i>Cinnamon</i> (Kay Manis) | Escherichia coli, Staphylococcus aureus, dan Aspergillus niger diinokulasikan dalam medium kaldu infus otak-jantung dan medium kultur kentang. Plat olesan medium kultur diinokulasikan dengan 0 mL inokulum yang mengandung $10^8$ CFU/mL setiap mikroorganisme dengan pertumbuhan 24 jam. Hasil menunjukkan, pada penambahan konsentrasi minyak esensial sebesar 6% zona inhibisi meningkat sebesar $39,03 \pm 0,58$ ( <i>E. coli</i> ), $40,08 \pm 0,12$ ( <i>S. aureus</i> ) dan $55,20 \pm 0,09$ ( <i>A. niger</i> ). | (Wu <i>et al.</i> , 2017) |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|

Selain edible coating, edible film berbasis kitosan yang mengandung minyak atsiri memberikan peningkatan aktivitas antibakteri secara signifikan. Hal ini terbukti dengan adanya penurunan signifikan terhadap nilai *minimum inhibitory concentration* (MIC), penurunan terhadap nilai *bacterial count*, dan peningkatan terhadap nilai zona inhibisi pada media agar. Adanya peningkatan terhadap sifat antibakteri dari variabel kontrolnya disebabkan karena kandungan minyak atsiri seperti terpena yang memengaruhi permeabilitas dan fungsi lain membran bakteri. Monoterpena akan meningkatkan konsentrasi peroksida lipid, seperti radikal hidroksil, alkoksil, dan alkoperoksil, yang menyebabkan kematian sel (Amor *et al.*, 2021).

Baik edible coating maupun edible film berbasis kitosan yang ditambahkan minyak atsiri, keduanya merupakan teknologi yang sangat menjanjikan untuk memperpanjang umur simpan bahan pangan seperti buah-buahan, daging segar, produk olahan daging, dan fillet ikan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan tinjauan literatur ini, dapat disimpulkan bahwa enkapsulasi minyak atsiri dalam matriks kitosan baik sebagai kemasan *edible coating* ataupun *edible film* merupakan kombinasi yang menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan keamanan dan kualitas produk pangan. Kitosan, sebagai polimer alami dengan sifat antimikroba, ketika digunakan untuk mengenkapsulasi minyak atsiri, tidak hanya melindungi komponen aktif dari degradasi tetapi juga memungkinkan pelepasan terkontrol dan memperpanjang aktivitas antimikroba selama penyimpanan. Senyawa minyak atsiri yang banyak mengandung senyawa terpen dan fenolik menyebabkan destabilisasi struktur lipid membran, kebocoran ion, dan kerusakan protein intraseluler bakteri, kemudian nilai zeta potensial positif pada permukaan nanopartikel kitosan juga berperan penting dalam interaksi elektrostatis dengan membran sel bakteri, sehingga meningkatkan efektivitas antibakteri. Beberapa jenis minyak atsiri yang memiliki



potensi sebagai agen antibakteri, yaitu minyak *peppermint*, *citrus*, *lemongrass*, oregano, *cardamom*, jahe, jintan, *artemisia fragrans*, *paulownia tomentosa*, *cinnamon*, rosemary, *Allium sativum* (bawang putih), lada hitam, *thyme*, dan basil yang dapat diterapkan dalam kemasan berbagai produk pangan, seperti buah-buahan segar, fillet ikan, dan produk daging olahan yang dapat memperpanjang umur simpan produk.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amalraj, A., Haponiuk, J.T., Thomas, S., Gopi, S., 2020. Preparation, Characterization and Antimicrobial Activity of Polyvinyl Alcohol/Gum Arabic/Chitosan Composite Films Incorporated with Black Pepper Essential Oil and Ginger Essential Oil. *Int. J. Biol. Macromol.* 151: 366–375. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.02.176>
- Amor, G., Sabbah, M., Caputo, L., Idbella, M., De Feo, V., Porta, R., Fechtali, T., Mauriello, G., 2021. Basil Essential Oil: Composition, Antimicrobial Properties, and Microencapsulation to Produce Active Chitosan Films for Food Packaging. *Foods* 10(1): 121. <https://doi.org/10.3390/foods10010121>
- De Carvalho, S.Y.B., Almeida, R.R., Pinto, N.A.R., De Mayrinck, C., Vieira, S.S., Haddad, J.F., Leitão, A.A., Guimarães, L.G.D.L., 2021. Encapsulation of Essential Oils Using Cinnamic Acid Grafted Chitosan Nanogel: Preparation, Characterization and Antifungal Activity. *Int. J. Biol. Macromol.* 166: 902–912. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.10.247>
- Donsì, F., Ferrari, G., 2016. Essential Oil Nanoemulsions as Antimicrobial Agents In Food. *J. Biotechnol.* 233: 106–120. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2016.07.005>
- Elshamy, S., Khadizatul, K., Uemura, K., Nakajima, M., Neves, M.A., 2021. Chitosan-based Film Incorporated with Essential Oil Nanoemulsion Foreseeing Enhanced Antimicrobial Effect. *J. Food Sci. Technol.* 58: 3314–3327. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04888-3>
- Esmaili, H., Cheraghi, N., Khanjari, A., Rezaeigolestani, M., Basti, A.A., Kamkar, A., Aghaee, E.M., 2020. Incorporation of Nanoencapsulated Garlic Essential Oil Into Edible Films: A Novel Approach for Extending Shelf Life of Vacuum-Packed Sausages. *Meat Sci.* 166: 108135. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108135>
- Gaikwad, K.K., Singh, S., Lee, Y.S., 2018. Oxygen Scavenging Films in Food Packaging. *Environ. Chem. Lett.* 16: 523–538. <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0705-z>
- Hadidi, M., Pouramin, S., Adinepour, F., Haghani, S., Jafari, S.M., 2020. Chitosan Nanoparticles Loaded with Clove Essential Oil: Characterization, Antioxidant and Antibacterial Activities. *Carbohydr. Polym.* 236: 116075. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116075>
- Homayonpour, P., Jalali, H., Shariatifar, N., Amanlou, M., 2021. Effects of Nano-chitosan Coatings Incorporating with Free /Nano-encapsulated Cumin (*Cuminum cyminum* L.) Essential Oil on Quality Characteristics of Sardine Fillet. *Int. J. Food Microbiol.* 341: 109047. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109047>
- Hyldgaard, M., Mygind, T., Meyer, R.L., 2012. Essential Oils in Food Preservation: Mode of Action, Synergies, and Interactions with Food Matrix Components. *Front. Microbiol.* 3: 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00012>
- Jamil, B., Abbasi, R., Abbasi, S., Imran, M., Khan, S.U., Ihsan, A., Javed, S., Bokhari, H., Imran, M., 2016. Encapsulation of Cardamom Essential Oil in Chitosan Nano-composites: In-vitro Efficacy on Antibiotic-



- Resistant Bacterial Pathogens and Cytotoxicity Studies. *Front. Microbiol.* 7: 1580. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01580>
- Li, Y., Wu, C., Wu, T., Yuan, C., Hu, Y., 2019. Antioxidant and Antibacterial Properties of Coating With Chitosan–Citrus Essential Oil and Effect on the Quality of Pacific Mackerel During Chilled Storage. *Food Sci. Nutr.* 7: 1131–1143. <https://doi.org/10.1002/fsn3.958>
- Lin, L., Mao, X., Sun, Y., Rajivgandhi, G., Cui, H., 2019. Antibacterial Properties of Nanofibers Containing Chrysanthemum Essential Oil and Their Application as Beef Packaging. *Int. J. Food Microbiol.* 292: 21–30. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.12.007>
- Milagres de Almeida, J., Crippa, B.L., Martins Alencar de Souza, V.V., Perez Alonso, V.P., da Motta Santos Júnior, E., Siqueira Franco Picone, C., Prata, A.S., Cirone Silva, N.C., 2023. Antimicrobial Action of Oregano, Thyme, Clove, Cinnamon and Black Pepper Essential Oils Free and Encapsulated Against Foodborne Pathogens. *Food Control* 144: 109356. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109356>
- Mohsenabadi, N., Rajaei, A., Tabatabaei, M., Mohsenifar, A., 2018. Physical and Antimicrobial Properties of Starch-Carboxy Methyl Cellulose Film Containing Rosemary Essential Oils Encapsulated in Chitosan Nanogel. *Int. J. Biol. Macromol.* 112: 148–155. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.01.034>
- Morachis-Valdez, A.G., Santillán-Álvarez, Á., Gómez-Oliván, L.M., García-Argueta, I., Islas-Flores, H., Dublán-García, O., 2021. Effects of Peppermint Extract and Chitosan-Based Edible Coating on Storage Quality of Common Carp (*Cyprinus carpio*) Fillets. *Polymers* 13: 3243. <https://doi.org/10.3390/polym13193243>
- Muñoz-Tebar, N., Pérez-Álvarez, J.A., Fernández-López, J., Viuda-Martos, M., 2023. Chitosan Edible Films and Coatings with Added Bioactive Compounds: Antibacterial and Antioxidant Properties and Their Application to Food Products: A Review. *Polymers* 15: 396. <https://doi.org/10.3390/polym15020396>
- Negi, A., Kesari, K.K., 2022. Chitosan Nanoparticle Encapsulation of Antibacterial Essential Oils. *Micromachines* 13: 1265. <https://doi.org/10.3390/mi13081265>
- Nisyak, K., Hisbiyah, A., Haqqo, A., 2022. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol dan Minyak Atsiri Sirih Hijau Terhadap Methicillin Resistant *Staphylococcus aureus*. *Journal of Pharmaceutical Care Anwar Medika (J-PhAM)*. 5(1): 1-14.
- Prakash, B., 2018. Nanoencapsulation: An Efficient Technology to Boost the Antimicrobial Potential of Plant Essential Oils in Food System. *Food Control* 89: 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.01.018>
- Putra, P.S.U., Adhika, D.R., Genecya, G., Al Madanie, M.S., Asri, L.A.T.W., 2025. Evaluation of Chitosan-Encapsulated Lemongrass (*Cymbopogon citratus*) Essential Oil Nanoemulsion for Fruit Edible Coating. *OpenNano* 24: 100246. <https://doi.org/10.1016/j.onano.2025.100246>
- Rochima, E., Fiyani, E., Afrianto, E., Joni, I.M., Subhan, U., Panatarani, C., 2018. Efek Penambahan Suspensi Nanokitosan pada Edible Coating terhadap Aktivitas Antibakteri. *J. Pengolah. Has. Perikan. Indones.* 21: 127. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v21i1.21461>
- Sarengaowa, Wang, L., Liu, Y., Yang, C., Feng, K., Hu, W., 2022. Screening of Essential Oils and Effect of a Chitosan-Based Edible Coating Containing Cinnamon Oil on the Quality and Microbial Safety of Fresh-Cut Potatoes. *Coatings* 12: 1492. <https://doi.org/10.3390/coatings12101492>
- Shao, Y., Wu, C., Wu, T., Li, Y., Chen, S., Yuan, C., Hu, Y., 2018. Eugenol-Chitosan Nanoemulsions by Ultrasound-Mediated Emulsification: Formulation, Characterization and Antimicrobial Activity. *Carbohydr. Polym.* 193: 144–152. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.03.101>
- Siddiqui, S.A., Singh, S., Bahmid, N.A., Mehany, T., Shyu, D.J.H., Assadpour, E., Malekjani, N., Castro-Muñoz, R., Jafari, S.M., 2023. Release of Encapsulated Bioactive Compounds from Active Packaging/Coating



- Materials and Its Modeling: A Systematic Review. Colloids Interfaces 7: 25. <https://doi.org/10.3390/colloids7020025>
- Sobhy, M., Abdelkarim, E.A., Hussein, M.A., Aziz, T., Al-Asmari, F., Alabbosh, K.F., Cui, H., Lin, L., 2025. Essential Oils as Antibacterials Against Multidrug-Resistant Foodborne Pathogens: Mechanisms, Recent Advances, and Legal Considerations. Food Biosci. 64: 105937. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.105937>
- Sonar, E., Shukla, V.H., Vaidya, V.M., Zende, R.J., Ingole, S.D., 2023. Nanoparticles of Chitosan and Oregano Essential Oil: Application as Edible Coatings on Chicken Patties. J. Food Sci. Technol. 60: 2868–2880. <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05804-1>
- Suharto, S., Purnamayati, L., Sumardianto, Arifin, M.H., 2024. Aplikasi Edible Coating Karagenan dengan Penambahan Kunyit dan Kitosan pada Bandeng Cabut Duri: Application of Edible Coating Carrageenan with Curcuma and Chitosan Addition on the Bone-Pulled Milkfish. J. Pengolah. Has. Perikan. Indones. 27: 511–525. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v27i6.52898>
- Wu, J., Sun, X., Guo, X., Ge, S., Zhang, Q., 2017. Physicochemical Properties, Antimicrobial Activity and Oil Release of Fish Gelatin Films Incorporated with Cinnamon Essential Oil. Aquac. Fish. 2: 185–192. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2017.06.004>
- Yaghoubi, M., Ayaseh, A., Alirezalu, K., Nemati, Z., Pateiro, M., Lorenzo, J.M., 2021. Effect of Chitosan Coating Incorporated with Artemisia fragrans Essential Oil on Fresh Chicken Meat during Refrigerated Storage. Polymers 13: 716. <https://doi.org/10.3390/polym13050716>
- Yoncheva, K., Benbassat, N., Zaharieva, M.M., Dimitrova, L., Kroumov, A., Spasova, I., Kovacheva, D., Najdenski, H.M., 2021. Improvement of the Antimicrobial Activity of Oregano Oil by Encapsulation in Chitosan—Alginate Nanoparticles. Molecules 26: 7017. <https://doi.org/10.3390/molecules26227017>
- Yousefi, M., Mohammadi, V.G., Shadnough, M., Khorshidian, N., Mortazavian, A.M., 2022. Zingiber officinale Essential Oil-Loaded Chitosan-Tripolyphosphate Nanoparticles: Fabrication, Characterization and In-Vitro Antioxidant and Antibacterial Activities. Food Sci. Technol. Int. 28: 592–602. <https://doi.org/10.1177/10820132211040917>
- Zhang, H., Li, X., Kang, H., 2019. Chitosan Coatings Incorporated with Free or Nano-encapsulated Paulownia Tomentosa Essential Oil to Improve Shelf-Life of Ready-to-Cook Pork Chops. LWT 116: 108580. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108580>