

PEMBUATAN BIOPLASTIK RAMAH LINGKUNGAN BERBASIS PLA-PCL DENGAN COMPOSITE CATECHIN DAN KITOSAN SEBAGAI BAHAN BARU PENGGANTI PLASTIK BERBASIS PETROLEUM

Suryani*¹, Teuku Rihayat¹, Fitria², Aida Safitri³

¹Department of Chemical Engineering, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Lhokseumawe, Aceh 24301, Indonesia.

²Department of Dermato Venereology, Medical Faculty, Syiah Kuala University, Aceh 23111, Indonesia

³Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Sumatera Utara, Kota Medan 20222, Indonesia

Email: suryanisalim@yahoo.com

ABSTRAK

Kemasan aktif, juga dikenal sebagai Kemasan Cerdas dan Kemasan Cerdas, dimaksudkan untuk mendeteksi dan memperingatkan pembusukan atau kemungkinan masalah dalam makanan kemasan. Sistem ini berfungsi sebagai indikator kualitas untuk menjamin keamanan pangan dan dibagi menjadi dua jenis: langsung (kelembaban, waktu-suhu, kesegaran, kerusakan, dan biosensor) dan pasif (ketertelusuran dan pelacakan). Karena perbedaan kimia, informasi kualitatif yang diberikan oleh penanda ini berbeda. Reaksi atau perkembangan mikrobiologi sebagai akibat dari waktu dan proses. Interaksi antara metabolit yang dihasilkan oleh pertumbuhan mikroba dan bahan kimia indikator memberikan sinyal visual serta informasi tentang degradasi. Bahan polimer telah menjadi bagian dari peradaban kontemporer selama beberapa dekade, memungkinkan pengembangan bidang kegiatan baru dan penerapan bidang kerja baru. Komposisi 0,9 g Kitosan: 0,1 g Katekin dengan gugus C - H, O - H, C = O, dan C - O memberikan hasil terbaik. Tes SEM menunjukkan permukaan yang halus dengan ikatan antarmuka yang baik terbentuk antara matriks dan pengisi; namun masih terdapat residu kitosan yang tidak larut karena proses pencampuran yang tidak homogen dan penggunaan pelarut yang tidak kompatibel.

Kata kunci : *PLA; PCL; Kitosan; katekin; FT-IR*

ABSTRACT

Active packaging, also known as Smart Packaging and Smart Packaging, is intended to detect and warn of spoilage or possible problems in packaged foods. These systems serve as quality indicators to ensure food safety and are divided into two types: direct (humidity, time-temperature, freshness, spoilage, and biosensors) and passive (traceability and tracking). Due to chemical differences, the qualitative information provided by these markers is different. Reaction or microbiological development as a result of time and process. Interactions between metabolites produced by microbial growth and indicator chemicals provide visual signals as well as information about degradation. Polymer materials have been a part of contemporary civilization for decades, enabling the development of new fields of activity and the application of new fields of work. Composition of 0.9 g Chitosan: 0.1 g Catechins with C - H, O - H, C = O, and C - O groups gave the best results. The SEM test showed a smooth surface with good interfacial bonds formed between the matrix and filler; but there is still an insoluble chitosan residue due to the inhomogeneous mixing process and the use of incompatible solvents.

Keywords: *PLA; PCL; Chitosan; Catechins; FT-IR*

PENDAHULUAN

Kekhawatiran tentang sampah plastik non-biodegradable dan sumber daya minyak bumi yang terbatas telah meningkatkan minat global dalam menggunakan bahan berbasis bio, biodegradable, terutama dalam kemasan [1]. Bahan kemasan biodegradable merupakan alternatif yang layak untuk bahan kemasan sintetis berbasis produk petrokimia [2]. Karena polimer biodegradable menjadi lebih terjangkau, mereka memiliki potensi untuk digunakan sebagai alternatif kemasan plastik yang ramah lingkungan. Polimer seperti asam polilaktat (PLA) dan polikaprolakton (PCL) dapat digunakan sebagai bahan kemasan biodegradable untuk menggantikan plastik tradisional. PLA dan PCL adalah biopolimer dengan potensi tinggi untuk menggantikan plastik tradisional [3-5].

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa PLA, PCL, dan polimer lainnya semuanya dapat terurai secara hayati. Namun, masih belum banyak digunakan karena sejumlah kelemahan. Memasukkan polimer daripada modifikasi kimia atau sintesis makromolekul yang disesuaikan adalah salah satu metode untuk meningkatkan ketahanan termal dan kekuatan mekanik polimer biodegradable, menghasilkan sifat yang seimbang [6-7]. PLA (polylactide) adalah polimer biodegradable yang terbuat dari sumber terbarukan. PLA terbuat dari polimer asam laktat, sedangkan asam laktat dapat dibuat melalui proses enzimatis menggunakan pati sebagai bahan baku. PLA memiliki berbagai aplikasi (biomedis, pengemasan, serat tekstil, dan barang-barang teknis). Di bawah pengaruh panas, bakteri, dan cahaya, degradasi PLA dapat terjadi secara alami [8-9]. Selanjutnya, PLA dapat terdegradasi di dalam tubuh tanpa menyebabkan kerusakan. Tanaman seperti jagung dan kentang dapat digunakan sebagai bahan baku untuk produksi PLA. Sifat PLA sebanding dengan polimer berbasis fosil [10].

Polimerisasi pembukaan cincin (ROP) ϵ -kaprolakton dan polikondensasi asam 6-hidroksiheksanoat adalah dua metode untuk memproduksi polikaprolakton [11]. Metode ROP lebih disukai karena menghasilkan polimer dengan nilai indeks polidispersitas (PDI) yang lebih rendah dan berat molekul

yang lebih tinggi, serta sifat mekanik yang lebih baik. PCL biasanya disintesis tanpa katalis menggunakan polimerisasi pembukaan cincin, tetapi titik lelehnya yang rendah menghasilkan biaya produksi yang tinggi dan keterbatasan komersial [12-13]. Karena PCL digunakan terutama di bidang biomedis dan farmasi, maka harus diproduksi dengan hati-hati untuk menghindari adanya senyawa toksik yang dapat menyebabkan efek samping pada pengguna atau organisme. Akibatnya, menggabungkan PLA - PCL dengan biofiller lain dapat menyebabkan deformasi dan mempengaruhi karakteristik akhir masa pakainya dalam berbagai kondisi lingkungan. Kitosan merupakan polisakarida yang berasal dari deasetilasi kitin yang terdapat pada limbah laut, khususnya cangkang krustasea (udang, tiram, kepiting, dan lobster).

Karena sifatnya yang tidak beracun dan biodegradable, kitosan telah banyak digunakan dalam produksi edible film. Ini memiliki kemampuan pembentukan film yang tinggi, aktivitas antimikroba yang luas, permeabilitas selektif terhadap gas (CO₂ dan O₂), dan kompatibel dengan vitamin, mineral, dan agen antimikroba. Dengan penambahan kitosan, kemampuan PCL mekanik PLA untuk mengkristal dan sifat antibakteri dapat ditingkatkan. Penelitian oleh [15] Katekin digunakan sebagai antioksidan plastik alami untuk melindungi matriks polimer dari perlakuan termal. Karena katekin memiliki gugus hidroksil yang tinggi, katekin dapat berinteraksi dengan gugus polimer, termasuk PLA dan PCL, melalui interaksi ikatan hidrogen.

Berdasarkan keunggulan polimer PLA dan beberapa penelitian, penambahan filler pada matriks PLA dan matriks PCL belum menghasilkan karakteristik yang kuat, sehingga pada penelitian ini akan dilakukan inovasi dengan menambahkan kombinasi filler baik katekin maupun kitosan ke dalam bahan pengisi. matriks PLA-PCL, yang diharapkan dapat menghasilkan biokomposit baru yang memiliki karakteristik kuat dan mengatasi kekurangan komposit Biodegradable.

TEORI

Plastik biodegradable merupakan terobosan plastik terbaru yang terus dikembangkan dan diteliti mengingat alasan-alasan penggunaannya yang memberikan manfaat bagi manusia dan lingkungan. Salah satu bahan baku alami untuk pembuatannya yaitu pati [7]. Poly lactic acid (PLA) merupakan suatu polimer berbahan baku alami (asam laktat hasil fermentasi glukosa) disebut juga sebagai plastik biodegradable (bioplastik), Glukosa berasal dari hidrolisis pati.

Hal ini dapat menjadi solusi permasalahan lingkungan sekaligus produk alternatif pengganti plastik sintetis yang berbahan baku minyak bumi. Terlebih lagi terkait plastik kemasan makanan yang sangat sensitif dengan aspek kesehatan. [8] PLA atau poli asam laktat merupakan poliester linier alifatik yang diproduksi dari polikondensasi asam laktat dari fermentasi glukosa. Pada awalnya polikondensasi akan membentuk senyawa siklis laktida, kemudian dengan ROP (Ring Opening Polymerization) menjadi PLA. Glukosa berasal dari pati diperoleh dari produk pertanian, seperti jagung, kentang, beras, sagu dan lainnya yang mudah dicerna oleh mikroba [7,8,9] Plastik konvensional yang sering digunakan di masyarakat luas mengandung zat karsinogenik yang dapat menurunkan gangguan kesehatan. Oleh karena itu khususnya untuk kemasan makanan dibuat dari bahan plastik biodegradable. Misalnya pengemas daging, produk susu, atau roti menggunakan bahan bentuk film dan bentuk foam, dapat juga digunakan dalam bentuk botol dan cangkir sekali pakai untuk kemasan air, susu, jus, dan minuman lainnya [8]. Piring, mangkok, nampan, tas, dan lainnya merupakan penggunaan lain dari jenis plastik ini. Menurut [8], kelebihan PLA dibandingkan dengan plastik yang terbuat dari minyak bumi adalah sebagai berikut:

1. Biodegradable, yang artinya PLA dapat terurai secara alami di lingkungan oleh mikroorganisme tanah.

2. Biocompatible, yaitu pada kondisi normal jenis plastik ini dapat diterima oleh sel atau jaringan biologi.

3. Bersumber dari bahan yang dapat diperbarui dan bukan bahan yang berasal dari minyak bumi.

4. 100% recyclable, melalui hidrolisis asam laktat dapat diperoleh dan digunakan kembali untuk aplikasi yang berbeda atau bisa digabungkan untuk menghasilkan produk yang lain.

5. Produksi PLA tidak menggunakan pelarut organik/bersifat racun.

6. Dapat dibakar sempurna dan menghasilkan gas CO₂ serta air. Disamping berbagai kelebihan yang dimilikinya, PLA juga memiliki beberapa kekurangan,

seperti densitasnya yang lebih tinggi (1.25 g/cc) dibanding PP (Poly Propylene) dan PS (Poly Styrene) serta mempunyai polaritas lebih tinggi pula sehingga sulit direkatkan dengan yang non polar dalam sistem film multi lapis. Sifat PLA yang juga tahan terhadap panas, sifat moisture dan gas barriernya kurang bagus dibanding dengan PET. Hal lain yang paling penting adalah harganya yang masih tinggi yaitu 2.6 usd per kg [9]. Sifat barrier terhadap uap air, oksigen dan CO₂ lebih rendah dibanding PET, PP, atau PVC. Dengan itu perlu adanya cara untuk mengatasi kekurangan-kekurangan tersebut menjadi daya guna yang lebih optimal salah satunya telah memodifikasi montmorillonite (MMT) atau biasa juga disebut dengan montmorillonite untuk didispersikan kedalam matrik PLA, karena dari rujukan serta penelitian yang terdahulu diperoleh bahwa hanya dengan penambahan maksimum 10% berat montmorillonite akan meningkatkan kemampuan mekanik dan termal komposit material secara signifikan [9,10].

METODOLOGI PENELITIAN

PLA, PCL, Kitosan, Katekin, Aluminium foil, Neraca Analitik, Gelas Beaker, Hotpress, Cawan Petri, dan Cetakan Batang. PLA 6 g dan PCL 4 g dicampur menggunakan co-rotating extruder DSM Xplore pada temperatur leleh 180oC dan kecepatan ulir 100 rpm dengan variasi pengisi kitosan 0 g; 0,9 gram; 0,8 gram; 0,7 gram; 0,6 gram; 0,5 gram. Sedangkan

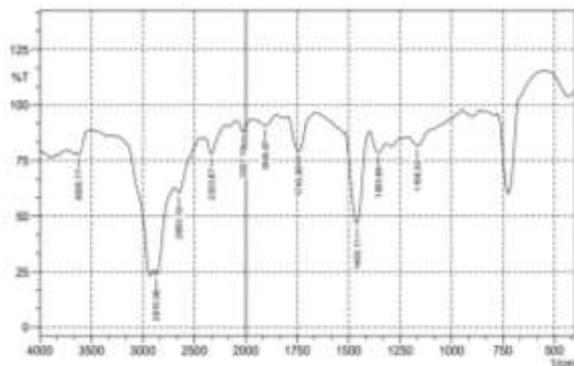
variasi filler catechin 1 gr; 0,1 gram; 0,2 gram; 0,3 gram; 0,4 gram; 0,5 g untuk setiap sampel. Selanjutnya dimasukkan ke dalam cetakan spesimen Standar ASTM 638 D Tipe I yang dilapisi aluminium foil, kemudian dikompresi menggunakan hot press pada suhu 180oC selama 20 menit di bawah tekanan atmosfer. Biokomposit yang terbentuk didiamkan pada suhu kamar hingga memadat sempurna untuk pengujian FTIR dan SEM selanjutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Telah dilakukan penelitian pembuatan plastik biodegradable berbasis PLA-PCL dengan bahan pengisi kitosan-katekin dan analisis sifat kimia menggunakan FT-IR untuk menentukan gugus fungsi dari bioplastik yang dihasilkan kemudian dianalisis dengan mikroskop elektron scanning.

3.1 FTIR bioplastik

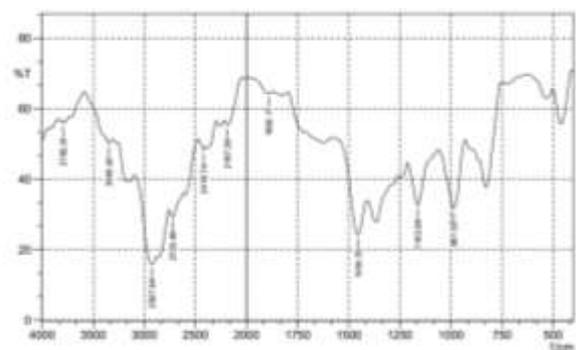
FT-IR merupakan instrumen yang menggunakan prinsip spektroskopi. Spektroskopi inframerah/FTIR digunakan untuk identifikasi senyawa organik karena spektrumnya yang sangat kompleks yang terdiri dari banyak puncak (analisis kualitatif). FTIR juga untuk menentukan jenis gugus fungsi yang dapat menunjukkan komposisi umum suatu bahan.



Gambar 1. Spektrum FT-IR pada Plastik Konvensional sebagai Data Perbandingan

Analisis ini dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang ada pada sampel PLA-PCL/Chitosan-Catechin yang dihasilkan dan plastik konvensional sebagai perbandingan menggunakan Spektrofotometer Fourier Transform Infrared (FT-IR). FT-IR adalah metode yang banyak digunakan untuk menyelidiki interaksi antarmolekul dan perilaku

fase antara polimer. Pada Gambar 1 sampel berupa plastik konvensional sebagai perbandingan menunjukkan karakteristik daerah bilangan gelombang 2870,06 cm⁻¹, 1743,65 cm⁻¹ dan 1166,93 cm⁻¹ yang menunjukkan C – H dan C = O dan C - O kelompok. Pada Gambar 2 dengan sampel PLA-PCL, kitosan 0,9 g dan katekin 0,1 g yang merupakan hasil terbaik dari penelitian yang telah dilakukan menunjukkan karakteristik daerah bilangan gelombang 3348,42 cm⁻¹, 2927,94 cm⁻¹ dan 1163,08 cm⁻¹ yang menunjukkan golongan O – H, C – H, dan C – O, sedangkan untuk golongan C = O terjadi peningkatan yang seharusnya berada pada kisaran 1640-1820 namun hasil yang diperoleh adalah 1892,17 cm⁻¹. Pada penelitian ini ditunjukkan bahwa penambahan gugus fungsi baru berupa O – H yang tidak ditemukan pada sampel plastik digunakan sebagai perbandingan.



Gambar 2. Spektrum FT-IR pada bioplastik

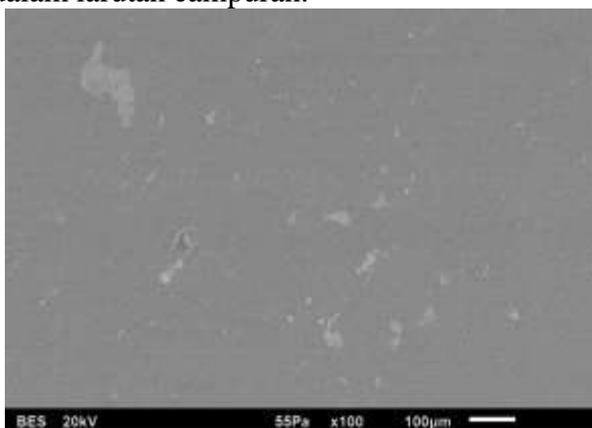
Berdasarkan perbandingan antara plastik biasa dan plastik biodegradable didapatkan hasil FTIR plastik biodegradable sangat mendekati dengan plastik yang digunakan sebagai perbandingan, sehingga produk yang dihasilkan memiliki sifat yang sangat mirip dengan plastik biasa, walaupun terdapat fungsi baru. kelompok yaitu O-H. Hal ini dikarenakan bahan penyusun dan komposisi yang digunakan berbeda sehingga tidak akan menghasilkan gugus fungsi dan bilangan gelombang yang sama.

3.2 SEM bioplastik

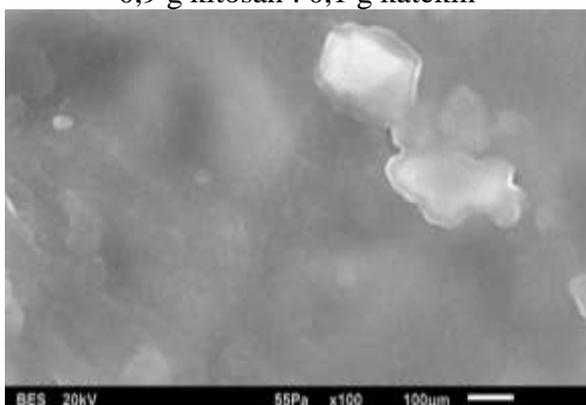
Pengujian SEM sebagai pengujian tambahan pada penelitian ini bertujuan untuk mendukung hasil sampel terbaik yang diambil dari pengujian utama yaitu uji tarik dan uji degradasi termal. Sampel yang diuji adalah sampel dengan variasi 0,9 g kitosan: 0,1 g

katekin. Pengujian ini bertujuan untuk melihat struktur morfologi biokomposit PLA-PCL menggunakan mikroskop yang mengandalkan berkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan bahan yang dianalisis. Berikut adalah gambar hasil analisis di bawah mikroskop elektron (SEM).

Gambar di atas menunjukkan struktur permukaan sampel pada perbesaran x100, yang menunjukkan permukaan halus dan ikatan antarmuka yang baik antara matriks dan pengisi. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa ketika polimer PLA dikombinasikan dengan polimer PCL, ia memiliki sifat mekanik dan permukaan yang unggul, menghasilkan pengelupasan atau penyatuan yang baik dengan polimer PLA dan daya larut yang tinggi. Kemampuan satu cairan untuk larut sepenuhnya dalam pelarut cair lain disebut sebagai miscibility. Ketika kita memiliki larutan yang dapat bercampur, tidak ada lapisan yang berbeda di antara kedua cairan yang terbentuk. Dengan demikian, immiscibility terjadi ketika lapisan yang berbeda terbentuk dalam larutan campuran.



Gambar 3. Hasil Uji SEM Pada rasio pengisi 0,9 g kitosan : 0,1 g katekin



Gambar 4. Hasil Uji SEM Pada rasio pengisi 0,6 g kitosan : 0,4 g katekin

Hasil SEM menunjukkan bahwa strukturnya rapat, padat, dan teratur, tidak ada retakan, tetapi permukaannya kurang halus dan masih terdapat kitosan yang tidak larut. Permukaan yang kurang halus disebabkan oleh ukuran partikel yang berupa butiran, dan permukaan yang tidak rata menunjukkan bahwa lapisan plastik kurang homogen dalam pencampuran dengan bahan lain selama proses pencampuran.

KESIMPULAN

Komposisi 0,9 g Kitosan: 0,1 g Katekin dengan gugus C - H, O - H, C = O, dan C - O memberikan hasil terbaik. Tes SEM menunjukkan permukaan yang halus dengan ikatan antarmuka yang baik terbentuk antara matriks dan pengisi; namun masih terdapat residu kitosan yang tidak larut karena proses pencampuran yang tidak homogen dan penggunaan pelarut yang tidak kompatibel.

DAFTAR PUSTAKA

- Siracusa, V., & Blanco, I. (2020). Bio-Polyethylene (Bio-PE), Bio-Polypropylene (Bio-PP) and Bio-Poly (ethylene terephthalate)(Bio-PET): recent developments in bio-based polymers analogous to petroleum-derived ones for packaging and engineering applications. *Polymers*, 12(8), 1641.
- Sid, S., Mor, R. S., Kishore, A., & Sharanagat, V. S. (2021). Bio-sourced polymers as alternatives to conventional food packaging materials: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 115, 87-104.
- Patti, A., & Acierno, D. (2022). Towards the Sustainability of the Plastic Industry through Biopolymers: Properties and Potential Applications to the Textiles World. *Polymers*, 14(4), 692.
- Mohamed, R. M., & Yusoh, K. (2016). A review on the recent research of polycaprolactone (PCL). *Advanced materials research*, 1134, 249-255.
- Temesgen, S., Rennert, M., Tesfaye, T., & Nase, M. (2021). Review on spinning of

- biopolymer fibers from starch. *Polymers*, 13(7), 1121.
6. Luckachan, G. E., & Pillai, C. K. S. (2011). Biodegradable polymers-a review on recent trends and emerging perspectives. *Journal of Polymers and the Environment*, 19(3), 637-676.
7. Ganewatta, M. S., Wang, Z., & Tang, C. (2021). Chemical syntheses of bioinspired and biomimetic polymers toward biobased materials. *Nature Reviews Chemistry*, 5(11), 753-772.
8. Martinez Villadiego, K., Arias Tapia, M. J., Useche, J., & Escobar Macías, D. (2021). Thermoplastic starch (TPS)/polylactic acid (PLA) blending methodologies: a review. *Journal of Polymers and the Environment*, 1-17.
9. Ashothaman, A., Sudha, J., & Senthilkumar, N. (2021). A comprehensive review on biodegradable polylactic acid polymer matrix composite material reinforced with synthetic and natural fibers. *Materials Today: Proceedings*.
10. Termizi, M. N. H., Rasidi, M. S. M., Zainuddin, F., & Masa, A. H. (2022, May). Mechanical and morphological properties of pure α -cellulose-filled polylactic acid (PLA) biocomposite. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2496, No. 1, p. 020008). AIP Publishing LLC.
11. Nabgui, A., El Assimi, T., El Meziane, A., Luinstra, G. A., Raihane, M., Gouhier, G., ... & Lahcini, M. (2021). Synthesis and antibacterial behavior of bio-composite materials-based on poly (ϵ -caprolactone)/bentonite. *European Polymer Journal*, 156, 110602.
12. El Assimi, T., Beniazza, R., Raihane, M., Youcef, H. B., El Meziane, A., Kricheldorf, H., & Lahcini, M. (2022). Overview on progress in polysaccharides and aliphatic polyesters as coating of water-soluble fertilizers. *Journal of Coatings Technology and Research*, 1-19.
13. Lin, C., Liu, L., Liu, Y., & Leng, J. (2021). Recent developments in next-generation occlusion devices. *Acta Biomaterialia*, 128, 100-119.
14. Joseph, S. M., Krishnamoorthy, S., Paranthaman, R., Moses, J. A., & Anandharamkrishnan, C. (2021). A review on source-specific chemistry, functionality, and applications of chitin and chitosan. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 2, 100036.
15. Vieira, I. R. S., de Carvalho, A. P. A. D., & Conte - Junior, C. A. (2022). Recent advances in biobased and biodegradable polymer nanocomposites, nanoparticles, and natural antioxidants for antibacterial and antioxidant food packaging applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(4), 3673-3716.