

Peningkatan Kualitas Produk Basreng *Salted-Egg* melalui Teknologi *Nitrogen Filling Band Sealer* bagi UMKM Mina Karya Mandiri

Widiyanti¹, Imam Sudjono², Agus Suyetno³, Fahru Riza⁴

widiyanti.ft@um.ac.id¹, imam.sudjono.ft@um.ac.id², agus.suyetno.ft@um.ac.id³,

fahru.riza.2305518@students.um.ac.id⁴

^{1,4}Program Studi Pendidikan Kejuruan

²Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur

³Program Studi Pendidikan Teknik Mesin

^{1,2,3,4}Universitas Negeri Malang

Received: 02 10 2024. Revised: 05 12 2024. Accepted: 07 01 2025.

Abstract : This community service activity aims to improve the quality and competitiveness of salted basreng products at UMKM Mina Karya Mandiri by implementing the Nitrogen Filling Band Sealer (NFBS) Machine. The implementation method involves several stages, namely partner surveys, idea and information exploration, work preparation and planning, tool design, tool trials, as well as socialization, tool operational training, and mentoring. The results of the analysis show that the use of NFBS increases the shelf life of products from 1 month to 6-12 months, reduces the damage rate from 20% to 2%, and reduces the product return rate from 15% to 3%. In addition, consumer satisfaction increased from 60% to 90%, and average sales increased by 50%, from 100 units to 150 units per month. The implementation of NFBS increases profit margins by 167%, from IDR 3,000,000 to IDR 8,000,000 per month, thereby increasing the competitiveness of UMKM.

Keywords : Technology, Nitrogen Filling Band Sealer, Quality Improvement, UMKM Mina Karya Mandiri.

Abstrak : Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan daya saing produk basreng salted di UMKM Mina Karya Mandiri dengan menerapkan Mesin *Nitrogen Filling Band Sealer* (NFBS). Metode pelaksanaan melibatkan beberapa tahapan, yaitu survei pada mitra, penggalian ide dan informasi, persiapan dan perencanaan kerja, perancangan alat, uji coba alat, serta sosialisasi, pelatihan operasional alat, dan pendampingan. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan NFBS meningkatkan umur simpan produk dari 1 bulan menjadi 6-12 bulan, mengurangi tingkat kerusakan dari 20% menjadi 2%, dan menurunkan tingkat pengembalian produk dari 15% menjadi 3%. Selain itu, kepuasan konsumen meningkat dari 60% menjadi 90%, dan rata-rata penjualan naik 50%, dari 100 unit menjadi 150 unit per bulan. Penerapan NFBS ini meningkatkan margin laba sebesar 167%, dari Rp. 3.000.000 menjadi Rp. 8.000.000 per bulan, sehingga meningkatkan daya saing UMKM.

Kata kunci : Teknologi, *Nitrogen Filling Band Sealer*, Peningkatan Kualitas, UMKM Mina Karya Mandiri.

ANALISIS SITUASI

Peningkatan kualitas pengolahan makanan di sektor Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) menghadapi berbagai tantangan yang memerlukan perhatian komprehensif. Salah satu isu kritis adalah ketiadaan kontrol kualitas yang terstandarisasi sepanjang proses produksi, mulai dari pemilihan bahan baku hingga produk akhir. Kurangnya langkah-langkah kontrol kualitas yang tepat telah diidentifikasi sebagai tantangan signifikan di sektor UMKM (Martini et al., 2022). Selain itu, pengetahuan, sikap, dan praktik yang kurang memadai terkait kebersihan dan sanitasi di antara penangan makanan dapat mengancam keamanan dan kualitas pangan (Firdani, 2022).

UMKM Mina Karya Mandiri, yang bergerak di bidang pengolahan hasil perikanan menjadi snack kekinian, menghadapi tantangan serupa, terutama terkait dengan pengemasan produk. Permasalahan utama yang dihadapi UMKM ini adalah masa simpan produk yang hanya mencapai satu bulan. Setelah itu, kualitas produk mengalami penurunan yang tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan. Berdasarkan wawancara dengan pemilik UMKM, ditemukan beberapa alasan yang menjadi kendala dalam memilih kemasan yang dapat memperpanjang umur simpan produk mereka. Pertama, keterbatasan pengetahuan mengenai jenis-jenis kemasan yang inovatif dan teknologi terkini menjadi hambatan utama, terutama karena pemahaman yang terbatas mengenai bahan-bahan yang dapat memperpanjang masa simpan. Kedua, kendala biaya produksi menjadi pertimbangan utama, karena kemasan yang dirancang khusus untuk meningkatkan umur simpan cenderung lebih mahal, dan pemilik UMKM dengan anggaran terbatas mungkin merasa sulit untuk mengalokasikan sumber daya tambahan untuk investasi dalam kemasan berkualitas tinggi. Ketiga, kesulitan dalam mendapatkan akses ke sumber daya dan konsultasi yang tepat mengenai teknologi dan bahan terbaru dalam dunia kemasan turut mempersulit pemilik UMKM dalam mengambil keputusan yang tepat (Artanto, 2022).

Salah satu solusi yang diusulkan untuk meningkatkan umur simpan produk adalah penggunaan kemasan jenis ziplock. Kemasan ini memiliki keunggulan karena memungkinkan produk yang sudah dibuka dan belum habis dapat disimpan kembali dengan mudah. Namun, berdasarkan penelitian di lapangan, kemasan ziplock juga memiliki beberapa kelemahan. Penggunaan kemasan ziplock dapat menyebabkan beberapa keterbatasan yang memengaruhi umur simpan dan kualitas produk pangan. Pertama, permeabilitas kemasan ziplock terhadap gas seperti oksigen dan karbon dioksida dapat mempengaruhi pengawetan makanan. Studi menunjukkan bahwa pengemasan atmosfer termodifikasi (*Modified Atmosphere Packaging*, MAP) dan vakum menunjukkan *oksidasi lipid* yang lebih rendah dibandingkan dengan kemasan

ziplock selama penyimpanan dingin (Hur et al., 2013). Hal ini menunjukkan bahwa kemasan ziplock mungkin tidak memberikan tingkat perlindungan yang sama terhadap oksidasi, yang berpotensi mengakibatkan umur simpan yang berkurang dan kualitas makanan yang terpengaruh (Huang & Wang, 2022). Peningkatan paparan terhadap faktor eksternal ini dapat mempercepat kerusakan dan degradasi makanan (Omerović et al., 2021; Vieira et al., 2022).

Selain aspek produk, UMKM Mina Karya Mandiri juga menghadapi kendala dalam hal manajemen tim. Permasalahan manajemen tim memberikan dampak serius terhadap efisiensi dan inovasi, terutama dalam menghadapi kendala pengemasan. Tim yang kurang terkoordinasi dapat menyebabkan keterlambatan dalam implementasi solusi teknologi pengemasan yang lebih baik (Jakaria dan Mulyadi, 2018). Komunikasi yang tidak efektif antar tim juga dapat menghambat perubahan proses pengemasan dan pelatihan karyawan terkait teknologi baru. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk meningkatkan koordinasi antar tim, memperbaiki komunikasi internal, dan menyelaraskan tujuan manajemen dengan implementasi teknologi pengemasan yang efisien untuk mengatasi secara holistik tantangan yang dihadapi oleh UMKM ini.

SOLUSI DAN TARGET

Berdasarkan analisis situasi, UMKM Mina Karya Mandiri menghadapi dua permasalahan utama: pertama, kendala dalam memilih kemasan yang dapat memperpanjang umur simpan produk, di mana keterbatasan pengetahuan, kendala biaya produksi, dan kesulitan akses ke teknologi menjadi hambatan utama. Kedua, tantangan dalam aspek manajemen tim, terutama dalam hal koordinasi, komunikasi, dan efisiensi, yang dapat mempengaruhi implementasi solusi teknologi pengemasan yang lebih baik. Sebagai solusi, implementasi mesin *Nitrogen Filling Band Sealer* dapat menjadi pendekatan inovatif bagi UMKM Mina Karya Mandiri. Mesin ini memungkinkan pengemasan dengan atmosfer nitrogen, yang dapat mengurangi tingkat oksigen yang mempengaruhi oksidasi lipid dan mempercepat degradasi makanan. Dengan penggunaan teknologi ini, umur simpan produk dapat ditingkatkan hingga satu tahun, sehingga meningkatkan kualitas dan daya tahan produk. Selain itu, penggunaan kemasan yang tahan lama juga penting untuk menjaga kebersihan dan mencegah kontaminasi produk (Han et al., 2018; Jamróz & Kopel, 2020; Harahap et al., 2023).

Di sisi lain, untuk mengatasi permasalahan manajemen tim, diperlukan pendampingan dalam pembuatan dan pembaharuan sistem manajemen kerja di UMKM Mina Karya Mandiri. Ini melibatkan identifikasi dan peningkatan prosedur kerja, pelatihan karyawan terkait

penggunaan teknologi baru, dan peningkatan komunikasi internal. Pendampingan ini dapat dilakukan oleh ahli manajemen atau konsultan yang berpengalaman untuk memastikan implementasi perubahan yang efektif, serta peningkatan koordinasi tim, komunikasi yang lebih efisien, dan penyelarasan tujuan manajemen dengan perubahan teknologi pengemasan. Dengan demikian, diharapkan akan tercapai peningkatan efisiensi dan inovasi dalam proses pengemasan di UMKM Mina Karya Mandiri.

METODE PELAKSANAAN



Gambar 1. Metode Pelaksanaan Kegiatan Pengabdian

Survei Masyarakat Sasaran. Kegiatan ini bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan utama yang dihadapi UMKM Mina Karya Mandiri terkait pengemasan dan manajemen tim. Survei dilakukan melalui kuesioner dan wawancara untuk mengumpulkan data mengenai pengetahuan, kendala biaya, dan kebutuhan teknologi pengemasan. Penggalian Ide dan Informasi. Diskusi kelompok terfokus (FGD) dengan pemilik UMKM untuk mengeksplorasi solusi seperti penggunaan mesin Nitrogen Filling Band Sealer. Tahap ini bertujuan untuk memberikan pemahaman komprehensif mengenai teknologi yang tersedia dan potensi implementasinya. Persiapan dan Perencanaan Kerja. Menyusun rencana implementasi termasuk pengadaan alat, penyusunan materi pelatihan, serta analisis biaya dan manfaat. Tahap ini memastikan kesiapan sumber daya, tim, dan jadwal untuk penerapan solusi yang efektif.

Perancangan Alat. Merancang mesin Nitrogen Filling Band Sealer yang sesuai dengan kebutuhan UMKM, dengan mempertimbangkan kapasitas produksi, jenis produk, dan efisiensi. Simulasi dan penyesuaian dilakukan untuk memastikan alat memenuhi standar keamanan dan kualitas. Uji coba mesin dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas pengurangan oksigen dan memperpanjang umur simpan produk. Analisis data uji coba digunakan untuk melakukan penyesuaian dan penyempurnaan alat sebelum penerapan penuh. Sosialisasi, Pelatihan Operasional Alat, dan Pendampingan. Memberikan pelatihan kepada pemilik dan karyawan UMKM tentang penggunaan dan perawatan mesin. Pendampingan berkelanjutan dilakukan untuk memastikan penggunaan alat yang optimal dan peningkatan efisiensi manajemen tim dalam pengelolaan produksi.

HASIL DAN LUARAN

Gambaran Teknologi *Nitrogen Filling Band Sealer* Teknologi *Nitrogen Filling Band Sealer* (NFBS) merupakan inovasi yang mendorong kemajuan dalam pengemasan produk pangan. Mesin ini memadukan prinsip pengemasan atmosfer nitrogen dengan fitur khusus dari Band Sealer, menciptakan suatu sistem yang efisien dan efektif dalam menjaga umur simpan dan kualitas produk. Pertama-tama, NFBS dirancang dengan sistem pengemasan atmosfer nitrogen yang memanfaatkan nitrogen sebagai gas pelindung. Nitrogen dipilih karena sifatnya yang inert, tidak reaktif, dan tidak berwarna. Penerapannya dalam atmosfer kemasan membentuk lapisan pelindung yang efektif terhadap oksigen, kelembaban, dan cahaya yang dapat menyebabkan degradasi produk pangan. Dengan mengurangi kandungan oksigen dalam kemasan, mesin NFBS secara signifikan mengurangi risiko oksidasi lipid, yang merupakan salah satu faktor utama dalam penurunan kualitas dan umur simpan produk.



Gambar 2. Teknologi Nitrogen Filling Band Sealer

Fitur utama dari NFBS adalah kemampuannya untuk melakukan pengelasan atau pengeleman kemasan menggunakan suatu pita pengelas atau band. Proses ini dikenal sebagai

"Band Sealing," dan mesin ini dilengkapi dengan elemen pemanas dan pengontrol suhu yang sangat akurat. Ketika pita pengelas diaplikasikan pada kemasan, mesin menciptakan penyegelan yang kuat dan rapat, menjaga kondisi atmosfer nitrogen di dalamnya. Pilihan penggunaan *band sealing* ini tidak hanya berkontribusi pada keamanan kemasan, tetapi juga memungkinkan penggunaan kemasan *ziplock* untuk meningkatkan kemudahan penggunaan produk. Mesin NFBS dilengkapi dengan sistem kontrol otomatis yang canggih untuk memastikan pengaturan dan pemeliharaan kondisi atmosfer nitrogen yang konsisten. Sensor gas dan tekanan secara terus-menerus memantau dan mengatur kadar nitrogen dalam kemasan, memberikan tingkat presisi yang tinggi. Pemantauan ini juga memastikan bahwa setiap kemasan yang dihasilkan sesuai dengan standar keamanan dan kualitas yang diinginkan. Salah satu keunggulan teknis dari NFBS adalah fleksibilitasnya dalam menangani berbagai jenis kemasan.

Mesin ini dapat disesuaikan untuk berbagai ukuran dan bentuk kemasan, memungkinkan UMKM untuk menyesuaikan pengemasan sesuai dengan produk mereka. Dari kemasan sachet hingga kantong besar, NFBS dapat memberikan hasil yang konsisten dan efektif. Kemampuan untuk menggabungkan sistem *ziplock* dengan pengemasan atmosfer nitrogen adalah fitur tambahan yang memberikan nilai tambah. Kemasan *ziplock* memungkinkan konsumen untuk membuka dan menutup kemasan dengan mudah, menjaga kualitas produk setelah pembukaan pertama. Kombinasi ini menciptakan solusi yang inovatif dan memenuhi tuntutan pasar akan kemasan yang tidak hanya menjaga keamanan dan kualitas produk tetapi juga memberikan kenyamanan pengguna. Dengan mengimplementasikan teknologi NFBS, UMKM Mina Karya Mandiri dapat memperoleh keuntungan dari efisiensi produksi yang tinggi, peningkatan umur simpan produk, dan pemenuhan standar keamanan pangan yang ketat. Dalam konteks teknis, NFBS menjadi solusi komprehensif yang memadukan keunggulan pengemasan atmosfer nitrogen dengan kehandalan dan fleksibilitas dari *Band Sealer*, menciptakan alat yang memacu peningkatan kualitas dan daya saing produk pangan.

Peningkatan Hasil Produksi Menggunakan Teknologi Nitrogen *Filling Band Sealer*. Penerapan teknologi Nitrogen Filling Band Sealer dalam proses produksi bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil produksi. Penggunaan teknologi ini tidak hanya mampu menjaga kesegaran produk lebih lama, tetapi juga mempercepat proses pengemasan secara signifikan. Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai dampak penggunaan

teknologi ini, berikut disajikan data perbandingan hasil produksi sebelum dan sesudah implementasi Nitrogen *Filling Band Sealer*.

Tabel 1. Perbandingan Hasil Produksi Mitra

Parameter	Sebelum Menggunakan Teknologi NFBS	Sesudah Menggunakan Teknologi NFBS	Peningkatan
Umur Simpan Produk	1 bulan	6-12 bulan	Hingga 12 kali lipat
Kerusakan Produk per Bulan	20% dari total produksi	2% dari total produksi	90% lebih sedikit
Kepuasan Konsumen	60% (puas)	90% (puas)	30% lebih tinggi
Penjualan Rata-Rata per Bulan	100 unit	150 unit	50% peningkatan
Pengembalian Produk (Retur)	15% dari penjualan	3% dari penjualan	80% lebih sedikit
Biaya Produksi Tambahan	Tidak ada	Rp. 5.000.000/bulan (untuk NFBS)	Biaya tambahan
Margin Laba	Rp. 3.000.000/bulan	Rp. 8.000.000/bulan	167% peningkatan

Penggunaan Mesin *Nitrogen Filling Band Sealer* (NFBS) terbukti memberikan peningkatan signifikan terhadap kualitas dan daya saing produk basreng salted di UMKM Mina Karya Mandiri. Berdasarkan hasil analisis kuantitatif, penggunaan mesin ini berdampak langsung terhadap peningkatan umur simpan produk dari sebelumnya hanya 1 bulan menjadi 6 hingga 12 bulan. Peningkatan umur simpan ini sangat penting karena berkaitan dengan kualitas produk yang tetap terjaga dalam jangka waktu yang lebih lama. Hal ini dimungkinkan karena pengemasan dengan nitrogen mengurangi oksidasi dan penyerapan kelembaban yang biasanya menyebabkan produk cepat basi atau tengik. Selain itu, penggunaan NFBS juga berkontribusi dalam menurunkan tingkat kerusakan produk secara drastis, dari 20% menjadi hanya 2% per bulan. Penurunan tingkat kerusakan ini menunjukkan bahwa penggunaan NFBS tidak hanya meningkatkan umur simpan tetapi juga menjaga kualitas produk dari kerusakan selama penyimpanan. Dengan kerusakan yang lebih rendah, UMKM ini dapat meminimalkan kerugian akibat produk yang rusak atau kedaluwarsa, sehingga meningkatkan efisiensi produksi secara keseluruhan.

Dari sisi kepuasan konsumen, terlihat adanya peningkatan signifikan dari 60% menjadi 90% setelah penerapan teknologi pengemasan NFBS. Peningkatan ini dapat dikaitkan dengan kualitas produk yang lebih baik dan umur simpan yang lebih panjang, yang secara langsung meningkatkan kepercayaan konsumen terhadap produk. Kepuasan konsumen yang tinggi merupakan indikator penting bagi keberlanjutan bisnis, karena dapat memicu pembelian ulang

dan meningkatkan loyalitas pelanggan. Selain itu, kepuasan konsumen yang lebih tinggi juga berpotensi mengurangi jumlah pengembalian produk (retur), yang dalam analisis ini menurun dari 15% menjadi hanya 3% dari total penjualan. Dampak lain dari penggunaan NFBS adalah peningkatan penjualan rata-rata per bulan sebesar 50%, dari 100 unit menjadi 150 unit. Peningkatan ini menunjukkan bahwa produk yang lebih tahan lama dan berkualitas tinggi lebih diminati oleh pasar, terutama karena produk yang dikemas dengan NFBS tetap renyah dan segar dalam waktu yang lebih lama.

Dengan peningkatan penjualan yang signifikan ini, UMKM Mina Karya Mandiri dapat mencapai margin laba yang lebih tinggi. Dari data yang ada, margin laba meningkat 167%, dari Rp. 3.000.000 per bulan menjadi Rp. 8.000.000 per bulan. Meskipun terdapat biaya tambahan untuk penggunaan NFBS sebesar Rp. 5.000.000 per bulan, peningkatan pendapatan ini jauh melebihi biaya operasional tambahan yang diperlukan. Secara keseluruhan, penggunaan Mesin *Nitrogen Filling Band Sealer* (NFBS) memberikan berbagai manfaat yang signifikan, mulai dari peningkatan kualitas dan umur simpan produk, penurunan tingkat kerusakan dan pengembalian produk, peningkatan kepuasan konsumen, hingga peningkatan penjualan dan margin laba. Oleh karena itu, adopsi teknologi ini dapat dianggap sebagai investasi strategis yang sangat menguntungkan bagi UMKM yang ingin meningkatkan daya saing dan pertumbuhan bisnisnya di pasar yang semakin kompetitif.

SIMPULAN

Penerapan Mesin *Nitrogen Filling Band Sealer* (NFBS) pada UMKM Mina Karya Mandiri memberikan dampak positif yang signifikan terhadap kualitas dan daya saing produk basreng salted. Dengan peningkatan umur simpan dari 1 bulan menjadi 6-12 bulan, teknologi ini berhasil memperpanjang periode konsumsi produk tanpa mengorbankan kualitas. Penurunan tingkat kerusakan dari 20% menjadi 2% serta pengurangan tingkat pengembalian produk dari 15% menjadi 3% menunjukkan efektivitas NFBS dalam menjaga integritas produk selama penyimpanan. Selain itu, kenaikan kepuasan konsumen dari 60% menjadi 90% dan peningkatan penjualan rata-rata sebesar 50% mengindikasikan bahwa teknologi ini memenuhi ekspektasi pasar dan meningkatkan permintaan. Peningkatan margin laba sebesar 167%, dari Rp. 3.000.000 menjadi Rp. 8.000.000 per bulan, mencerminkan keuntungan finansial yang signifikan bagi UMKM. Secara keseluruhan, implementasi NFBS tidak hanya memperbaiki efisiensi operasional tetapi juga memperkuat daya saing UMKM dalam pasar yang kompetitif.

Dengan demikian, NFBS terbukti sebagai investasi yang menguntungkan dalam meningkatkan kualitas produk dan kinerja bisnis.

DAFTAR RUJUKAN

- Artanto, A., Haryono, N., & Sholihatin, E. (2022). Digitalisasi usaha mikro kecil dan menengah dalam membangun ketahanan bisnis di era new normal. *Journal of Governance and Administrative Reform*, 3(2), 163-180. <https://doi.org/10.20473/jgar.v3i2.41772>
- Firdani, F. (2022). Knowledge, attitudes and practices of hygiene and sanitation implementation on food handlers. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 21(2), 131-136. <https://doi.org/10.14710/jkli.21.2.131-136>
- Han, J., Ruiz-García, L., Qian, J., & Yang, X. (2018). Food packaging: a comprehensive review and future trends. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(4), 860-877. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12343>
- Harahap, A., Zakaria, M., Syukriah, S., & Fadilla, M. (2023). Design of safe and quality potato chips product packaging using quality function deployment method. *International Journal of Engineering Science and Information Technology*, 3(2), 8-16. <https://doi.org/10.52088/ijesty.v3i2.430>
- Huang, K. and Wang, Y. (2022). Recent advances in self-healing materials for food packaging. *Packaging Technology and Science*, 36(3), 157-169. <https://doi.org/10.1002/pts.2701>
- Hur, S., Jin, S., Park, J., Jung, S., & Lyu, H. (2013). Effect of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on quality characteristics of low grade beef during cold storage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26(12), 1781-1789. <https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13225>
- Jakari, R.B. dan Mulyadi. (2018). Efektifitas Produksi Krupuk pada Home Industri Di Sidoarjo. *Jurnal ABDINUS : Jurnal Pengabdian Nusantara*, 2(1), 1-6. <https://doi.org/10.29407/ja.v2i1.11820>
- Jamróz, E. and Kopel, P. (2020). Polysaccharide and protein films with antimicrobial/antioxidant activity in the food industry: a review. *Polymers*, 12(6), 1289. <https://doi.org/10.3390/polym12061289>
- Martini, N., Sudrajat, A., Rahayu, Y., E, E., & Maulana, B. (2022). Sosialisasi pengendalian mutu pada umkm produk pengolahan ikan bandeng. *Jurnal Abdi Insani*, 9(4), 1311-1318. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v9i4.741>

- Omerović, N., Djisalov, M., Živojević, K., Mladenović, M., Vunduk, J., Milenkovic, I., ... & Vidić, J. (2021). Antimicrobial nanoparticles and biodegradable polymer composites for active food packaging applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(3), 2428-2454. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12727>
- Vieira, I., Carvalho, A., & Conté-Júnior, C. (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. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12990>