

ARTIGO TÉCNICO

APLICAÇÕES DA NANOTECNOLOGIA EM EMBALAGENS DE ALIMENTOS NA PROMOÇÃO DA SEGURANÇA ALIMENTAR

Autores: Karine Silva Amorim; Celso Martins Belisário; Alessandra

Cristina Tomé; Marco Antônio Pereira da Silva

Instituição ou Empresa: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia

Goiano- Campus Rio Verde

Autor para correspondência (email): kamorim25@hotmail.com



DESTAQUE

A nanotecnologia aprimora a conservação e a segurança alimentar por meio de embalagens ativas e nanossensores de monitoramento rápido em tempo real.

1. INTRODUÇÃO

Conservar o valor nutricional, as características sensoriais e a estabilidade físico-química dos alimentos ao longo da cadeia produtiva é um desafio constante para a indústria. Embora consolidadas, as técnicas convencionais de conservação frequentemente limitam-se ao controle microbiano primário, falhando na retenção de compostos voláteis e nutrientes termossensíveis. Nesse cenário, a nanotecnologia tem sido amplamente empregada ao oferecer sistemas de proteção mais precisos e eficazes do que as embalagens tradicionais passivas. O avanço dessa ciência apoia-se

na manipulação intencional da matéria na escala atômica e molecular, atuando estritamente na faixa de 1 a 100 nm. Nessa dimensão, os materiais adquirem propriedades físicas, químicas e mecânicas diferenciadas, que não existem na escala convencional (Duncan 2011).

Esse comportamento único explica o interesse crescente da indústria alimentícia pelo desenvolvimento de nanoestruturas funcionais. Os materiais selecionados como base para a síntese de nanopartículas são escolhidos por critérios práticos, tais como baixa toxicidade, elevada estabilidade química e resistência mecânica frente a temperaturas e pressões elevadas, condições comuns nos processos industriais de conservação de alimentos (Roselli *et al.*, 2003). Diante disso, o objetivo deste trabalho é apresentar e analisar as principais aplicações da nanotecnologia no desenvolvimento de embalagens ativas e no uso de nanossensores para o monitoramento de patógenos, destacando seu impacto direto na segurança alimentar e no prolongamento da vida útil dos produtos.

2. DESENVOLVIMENTO E DISCUSSÃO

2.1. Nanopartículas em embalagens ativas e de barreira

A nanotecnologia contribui diretamente para a redução do desperdício alimentar ao prolongar a vida útil dos produtos por meio de duas vias principais de ação. A primeira via consiste no estabelecimento de barreiras físicas eficientes contra a permeabilidade de gases, vapor de água e oxigênio, retardando a deterioração microbiológica e oxidativa na superfície dos alimentos. A segunda via envolve a liberação progressiva e controlada de compostos bioativos a partir de matrizes nanopoliméricas, que atuam no momento e no local mais adequados durante o armazenamento (Duncan, 2011).

A incorporação de nanofillers como nanoclay e quitosana, estabelece um caminho na matriz polimérica, reduzindo a permeabilidade ao vapor de água, Water Vapor Transmission Rate (WVTR) e ao oxigênio, Oxygen Transmission Rate (OTR), além de aumentar a resistência mecânica e térmica (Duncan, 2011). Além disso, nanopartículas inorgânicas como prata, cobre, óxido de titânio e óxido de zinco destacam-se pelo elevado potencial antimicrobiano em baixas concentrações, apresentando estabilidade em condições severas de processamento e atuando ativamente contra a contaminação superficial (Bradley *et al.*, 2011).

2.2. Sistemas de encapsulação e aplicação de nanossensores

Além do ganho estrutural nas embalagens, as técnicas de nanoencapsulação desempenham papel fundamental no mascaramento de odores e sabores indesejados, na proteção de ingredientes ativos contra a degradação por umidade e calor, e na garantia de uma liberação direcionada que

aumenta a biodisponibilidade dos nutrientes (Ubbink; Kruger, 2006). A Figura 1 mostra as principais rotas de aplicação da nanotecnologia no processamento e acondicionamento de alimentos e na tabela 1 os benefícios e desafios das embalagens com nanosensores.

Figura 1- Principais rotas de aplicação da nanotecnologia no processamento e acondicionamento de alimentos.



Fonte: Elaborado pelos autores, com auxílio do Gemini, 2026.

Paralelamente às funções estruturais e ativas, os nanosensores representam uma ferramenta importante para o controle de qualidade e a rastreabilidade na indústria. Esses dispositivos permitem a detecção rápida e ultra-sensível de patógenos como *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*, bem como de micotoxinas, diretamente nas linhas de processamento e em tempo real, sem a necessidade de ensaios laboratoriais demorados. Eles também respondem com precisão a variações térmicas e de umidade em câmaras frigoríficas (Singh *et al.*, 2017). Contudo, a expansão industrial dessas tecnologias requer rigorosa avaliação da toxicidade e dos fenômenos de migração de nanopartículas para a matriz alimentar, contribuindo para a conformidade regulatória e a segurança do consumidor final (Bradley *et al.*, 2011). O Quadro 1 descreve os principais benefícios e desafios na utilização de embalagens com nanosensssores para alimentos.

Quadro 1 – Benefícios e desafios das embalagens com nanossensores.

Categoria	Descrição / Funcionalidade	Benefícios Principais	Desafios
Indicadores de Frescor	-Detectam metabólitos voláteis (amônia, CO ₂ , aminas) da decomposição.	-Leitura direta do frescor real. -Previne consumo de alimentos estragados.	-Calibração contra falsos positivos. -Custo de produção em escala Duncan (2011)
Deteção de Patógenos	-Bio-nanossensores com anticorpos/DNA para capturar bactérias e toxinas.	-Alta sensibilidade e resposta rápida. - Reduz surtos e recalls de produtos.	-Estabilidade biológica no polímero. - Exigência de regulação específica Singh <i>et al.</i> (2017)
Indicadores TTI (Temperatura)	-Nanomateriais sensíveis a variações térmicas na cadeia logística.	-Garante a integridade da cadeia de frio. Identifica falhas de transporte.	-Padronização industrial. -Sensibilidade à luz/umidade Bradley <i>et al.</i> (2011)
Sensores de Estanqueidade	-Detectam vazamentos de O ₂ ou umidade em vácuo/atmosfera modificada.	-Previne oxidação e degradação precoce. -Assegura a selagem da embalagem.	-Garantir zero migração de partículas. -Descarte e reciclagem do material Duncan (2011)

Fonte: Autores, com auxílio do Gemini, 2026.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da nanotecnologia na indústria alimentícia representa um avanço expressivo para a conservação e extensão da vida útil dos produtos, aprimorando as propriedades mecânicas e de barreira térmica de embalagens nanocompósitas. Paralelamente, a incorporação de antimicrobianos e o uso da nanoencapsulação protegem compostos sensíveis e elevam a segurança microbiológica ao longo da distribuição. Adicionalmente, nanossensores viabilizam o monitoramento em tempo real de patógenos, elevando o padrão de controle de qualidade e rastreabilidade na indústria. Para a consolidação industrial e comercialização segura dessas tecnologias, é importante o avanço de regulamentações técnicas e a avaliação do potencial migração de nanomateriais para os alimentos, garantindo a proteção ao consumidor.

REFERÊNCIAS

BRADLEY, E. L.; CASTLE, L.; CHAUDHRY, Q. Applications of nanomaterials in food packaging with a consideration of opportunities for developing countries. **Trends in Food Science & Technology**, v. 22, n. 11, p. 604–610, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.01.002>.

DUNCAN, T. V. Applications of nanotechnology in food packaging and food safety: barrier materials, antimicrobials and sensors. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 363, n. 1, p. 1–24, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2011.07.017>

ROSELLI, M. *et al.* Zinc oxide protects cultured enterocytes from the damage induced by Escherichia coli. **Journal of Nutrition**, v. 133, n. 12, p. 4077–4082, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jn/133.12.4077>.

SINGH, T. et al. Application of nanotechnology in food science: perception and overview. **Frontiers in Microbiology**, v. 8, p. 1501, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01501>.

UBBINK, J.; KRUGER, J. Physical approaches for the delivery of active ingredients in foods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 17, n. 5, p. 244–254, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.01.007>.