

INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS EM EMBALAGENS DE PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL: EMBALAGENS INTELIGENTES E ATIVAS

Rafaela Assis Machado¹, Emília Maricato Pedro dos Santos²

RESUMO: No contexto das Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar, a segurança de alimentos tornou-se uma preocupação constante para o consumidor que, ao mudar o seu comportamento, potencializou o desenvolvimento de novos conceitos de embalagens. Nesse sentido, o presente estudo objetivou realizar uma revisão de literatura sobre as inovações tecnológicas de embalagens de produtos de origem animal, evidenciando as tecnologias emergentes mais empregadas na forma de embalagens ativas e inteligentes. As buscas sistematizadas das informações foram realizadas em bases de dados tradicionais com o auxílio de descritores pertinentes ao tema e, em seguida, foram selecionadas publicações para leitura, discussão e síntese de informações. As embalagens convencionais de alimentos foram desenvolvidas a fim de garantir a proteção, porém, os avanços tecnológicos permitiram o desenvolvimento de embalagens com características adicionais e, nesse contexto, inserem-se as embalagens inteligentes e ativas, as quais são capazes de interagir com o alimento e com o ambiente, fornecendo informações sobre a qualidade e segurança do alimento. Apesar de contribuírem ativamente para a segurança do alimento, algumas dessas ferramentas ainda não são economicamente viáveis, sendo esse um gargalo para sua introdução em grande escala na indústria de alimentos. O desenvolvimento de sistemas de embalagens inteligentes e ativas é um campo emergente cujo foco é a segurança do alimento e, em virtude da sua capacidade em monitorar as condições dos alimentos durante a cadeia de abastecimento, tornou-se uma ferramenta necessária para a gestão de qualidade e segurança.

Palavras-chave: Conservação do alimento, Qualidade sensorial, Segurança de alimentos.

Área Temática: Tecnologia de alimentos.

ABSTRACT: Considering the importance of the food borne diseases, food safety has become a constant concern for consumers who, by changing their behaviour, promoted the development of new packaging systems. Therefore, this study aimed to conduct a literature review on innovations in packaging technology of food of animal origin, highlighting the emerging technologies most used as smart and active packaging systems. Systematized searches of information were carried out in traditional databases with the support of descriptors relevant to the topic, and then publications were selected for reading, discussion and synthesis of information. Traditional food packaging was developed in order to ensure protection, however, technological advances have enable the development of packaging with additional features and, in this context, smart and active packaging are included. They are capable of interacting with food, providing information about your quality and safety. Although their strongly contribution to food safety, some of these tools are not economically viable yet, what makes it difficult to their large-scale introduction in the food industry. The development of smart and active packaging systems is an emerging field focused on food safety and due to its ability to monitor food conditions throughtout the supply chain, it has become a necessary tool for the guarantee of food's quality and safety.

Keywords: Food conservation, Food safety, Sensory quality.

¹Departamento de Medicina Veterinária, Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais.

²Departamento de Medicina Veterinária, Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Juiz de Fora.

INTRODUÇÃO

No contexto das Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA), a segurança de alimentos ganha notoriedade, representando uma preocupação constante para o consumidor, pois além de possibilidade da adulteração e da contaminação, outra grande ameaça é a deterioração espontânea de produtos perecíveis, basicamente inevitável e altamente dependente do histórico de temperatura durante as etapas produtivas da cadeia. E, em se tratando de produtos de origem animal, esse quadro fica ainda mais acentuado, considerando as características particulares de tais alimentos que contribuem para sua deterioração mais acelerada. (ZHANG *et al.*, 2013).

Nesse sentido, a globalização e o dinamismo da vida de trabalho, aliados ao crescente interesse pela segurança higiênico-sanitária dos alimentos, mudaram as perspectivas dos consumidores, que se tornaram ainda mais exigentes quanto aquilo que consomem. Essa mudança de comportamento por parte do mercado consumidor potencializou o desenvolvimento de novos conceitos de embalagens, com estratégias de otimização para redução do desperdício de alimentos, bem como para auxiliar os consumidores no momento da compra. Assim, o controle da qualidade da fabricação de alimentos mostra-se intrinsecamente relacionado com o emprego de novas tecnologias, atributos físico-químicos e sensoriais, segurança microbiológica e ao valor nutricional dos produtos (LIM *et al.*, 2014; WIKSTRÖM *et al.*, 2014).

Diante dessa perspectiva, nos últimos anos, foram desenvolvidas uma série de embalagens ativas, inteligentes, biodegradáveis, com revestimentos comestíveis e até mesmo fabricadas a partir de nanomateriais. Essas tecnologias têm como potencial garantir a qualidade e a segurança dos alimentos, prolongar sua vida útil, reduzir o impacto ambiental e aumentar a atratividade do produto embalado para varejistas e consumidores (GHAANI *et al.*, 2016).

Considerando a fundamental importância da garantia da qualidade e segurança dos produtos de origem animal, aliada a necessidade de atendimento às exigências do mercado consumidor, o presente trabalho objetivou realizar uma revisão de literatura sobre as inovações tecnológicas em embalagens de produtos de origem animal, evidenciando as tecnologias emergentes mais empregadas na forma de embalagens ativas e inteligentes, bem como a sua contribuição para aquisição de segurança e atributos sensoriais aos alimentos.

METODOLOGIA

O presente estudo consiste em uma revisão de literatura integrativa sobre as inovações tecnológicas dentro do contexto de embalagens de produtos de origem animal. Para isso, foi realizada uma busca sistematizada das informações por meio das bases de dados *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO), Portal de Periódicos CAPES/MEC e PUBMED, em setembro de 2021, utilizando os descritores “Embalagem ativa”, “Embalagem inteligente”, “Embalagem sustentável” e “Inovações em embalagens”.

Preconizaram-se os estudos publicados em língua portuguesa e inglesa, no período de 2015 a 2021, obtendo-se, aproximadamente, 1.500 publicações, que passaram por seleção com base na presença dos descritores nos títulos, sendo então selecionados 40 trabalhos para leitura e discussão do tema. A síntese das informações obtidas foi organizada a fim de evidenciar as tecnologias emergentes empregadas na forma de embalagens ativas e inteligentes na indústria de alimentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As embalagens convencionais de alimentos foram desenvolvidas com o objetivo de garantir a proteção e a contenção do produto, sendo também um meio de comunicação com o mercado consumidor. No entanto, os avanços tecnológicos permitiram ao desenvolvimento de embalagens que as suas características fossem muito além dos atributos convencionais, criando um segmento inteiramente novo, que envolve embalagens inteligentes e ativas (KUSWANDI *et al.*, 2012a; WU *et al.*, 2015).

Embalagem inteligente é qualquer tipo de recipiente que seja capaz de exercer alguma funcionalidade específica, além da tradicional barreira física entre o alimento e o ambiente. Essa categoria de tecnologia de embalagens é capaz de monitorar a interação entre o alimento, a embalagem e o ambiente, processando e apresentando as informações referentes à qualidade daquele produto ao consumidor. Nesse cenário, as principais tecnologias inteligentes são os indicadores de tempo e temperatura, os indicadores de integridade, os indicadores de frescor e as etiquetas de identificação por radiofrequência (BIJI *et al.*, 2015).

Em alguns países, os indicadores de tempo e temperatura, por se tratarem de uma tecnologia relativamente simples, de baixo custo, acessível e eficiente, são largamente utilizados para monitorar e mensurar a qualidade do alimento. Esses indicadores, por exemplo, podem ser colocados em contêineres como um pequeno adesivo que indicará se o alimento for exposto a uma temperatura diferente da recomendada por meio de uma

mudança química irreversível. Essa é uma tecnologia extremamente importante no que tange à manutenção da qualidade e da segurança de alimentos resfriados e congelados, tendo em vista que o armazenamento é um ponto crítico de controle e a sua realização de forma correta representa um gargalo em todas as etapas da cadeia produtiva de alimentos (ZHANG *et al.*, 2013; KIM *et al.*, 2016).

Os indicadores de integridade podem determinar a composição dos gases presentes na embalagem, a qual é passível de mudanças de acordo com a interação dos alimentos com o meio e, por isso, os indicadores de gases são um meio útil para controlar a composição dos gases produzidos a partir da decomposição dos alimentos. Como medida de controle, quando ocorre a liberação de gases, automaticamente, há uma mudança na cor do indicador que acontece em virtude de reações químicas ou enzimáticas, recomendando, assim, que tal alimento não seja consumido (MATINDOUST *et al.*, 2016).

O indicador de frescor está diretamente relacionado com a qualidade do produto e, geralmente, também é apresentado na forma de etiquetas na embalagem. Normalmente, esses indicadores concentram-se na detecção do primeiro tipo de alteração que o alimento sofre, como, por exemplo, mudança de pH e produção de gases, as quais são detectadas pelos indicadores e transformadas em uma resposta de cor. Esse indicador está correlacionado com o grau de frescor do alimento, indicando, de forma indireta, há quanto tempo tal alimento foi produzido (ARVANITOYANNIS & STRATAKOS, 2012).

Aliando as tecnologias inteligentes de embalagens à pluralidade de espécies nativas brasileiras, o estudo de Silva *et al.* (2020) teve como objetivo desenvolver um biofilme ativo à base de soro de leite e extrato da casca de jaboticaba como indicador de pH, cuja embalagem primária apresentasse características de interação com a qualidade do queijo Prato, demonstrando a vida útil do produto. A jaboticaba é uma fruta que apresenta alto teor de antocianinas, que são pigmentos vegetais associados a moléculas de açúcar, que, por sua vez, apresentam grande sensibilidade às variações de pH.

Desse modo, as mudanças de cor do filme indicador de pH representam um método simples e totalmente visual para detectar alterações de qualidade no queijo, uma vez que a variação dessa característica decorre a partir de processos deteriorantes naturais do alimento. Assim, tal ferramenta demonstra-se extremamente eficaz na transmissão da informação acerca da qualidade do produto para o consumidor no momento da compra (CHOI *et al.*, 2017).

Ainda existem as etiquetas de identificação por radiofrequência (RFID), que são uma forma avançada de informações capazes de identificar e localizar um produto por meio da emissão de ondas de rádio, podendo estar acopladas a uma caixa, contêiner ou palete, permitindo o seu rastreamento. Para essa tecnologia, nota-se um aumento de velocidade expressiva no processamento dos dados, facilitando e otimizando a compra dos produtos que empreguem esse sistema de identificação (FUERTES *et al.*, 2016).

A embalagem ativa, por sua vez, é um sistema inovador que permite que haja uma interação entre o produto e o ambiente de modo a estender a sua vida de prateleira ou até mesmo a fim de garantir a sua segurança microbiológica. Esse tipo de embalagem é capaz de absorver produtos químicos produzidos pelos alimentos durante o seu processo de deterioração, além de também ser capaz de liberar substâncias, como conservantes e aromatizantes, contribuindo tanto para o ganho em segurança quanto para o ganho sensorial. Para a indústria de carnes, os sistemas mais importantes são as embalagens antimicrobianas, antioxidantes e emissoras de dióxido de carbono (FANG *et al.*, 2017).

A embalagem antimicrobiana é um dos conceitos mais importantes em embalagens ativas de carne em virtude do ambiente propício, gerado pelo próprio alimento, para o crescimento dos microrganismos. O objetivo do uso do antimicrobiano é estender a vida de prateleira, mas, de forma a continuar garantindo a segurança do alimento. Esse composto pode ser incorporado em um sachê, diretamente no filme da embalagem, por polímeros ou no próprio revestimento da embalagem, sendo liberado gradativamente no interior da embalagem (OTONI *et al.*, 2016).

As embalagens com antioxidantes ativos podem ser empregadas como forma de melhorar a qualidade do produto e estender a sua vida útil por meio do controle do nível de oxigênio ao qual o alimento é exposto. Os dispositivos antioxidantes independentes podem se apresentar na forma de sachês, absorventes ou etiquetas que contenham eliminadores de oxigênio. Já em materiais de embalagem antioxidante o agente ativo é incorporado na própria embalagem, absorvendo os compostos indesejáveis ou liberando compostos antioxidantes (RIZZOLO *et al.*, 2016).

Embalagens ativas emissoras de dióxido de carbono atuam por meio da liberação desse gás que apresenta efeitos inibitórios para uma série de bactérias e fungos. Além disso, esse sistema também é visto como uma técnica complementar ao de redução da concentração de oxigênio no interior da embalagem (embalagem sob baixa tensão de oxigênio)

popularmente conhecido como embalagem “à vácuo”, contribuindo também para a redução do espaço de empacotamento dos produtos (REALINI & MARCOS, 2014).

Outro exemplo de tecnologia ativa é a embalagem DSM Pack-Age®. Tal tecnologia é compreendida por uma membrana em multicamadas, que apresenta alta permeabilidade seletiva a vapor de água e média intensidade ao oxigênio. O emprego dessa embalagem em queijos durante o período de maturação permite o desenvolvimento de aroma e textura acrescido do maior rendimento, tendo em vista a menor perda de água durante o processo (DSM, 2019).

Ainda no cenário dos produtos lácteos e considerando a intolerância à lactose como um problema de saúde pública, incorporou-se a enzima lactase em um filme de base celulósica junto a embalagem do alimento a fim de reduzir o teor de lactose presente no leite. Os resultados, além de satisfatórios para a redução do teor do carboidrato no produto, ainda facilitam o fluxograma de processamento do leite, tendo em vista que a partir da incorporação da enzima não são mais necessárias duas linhas de processamento diferentes para leites com e sem lactose (CUNHA *et al.*, 2007).

Todas essas novas técnicas empregadas como sistemas de embalagens de alimentos, tanto na forma inteligente quanto ativa, contribuem fortemente para a manutenção da garantia da qualidade e segurança dos alimentos. Entretanto, essas ferramentas ainda precisam se tornar viáveis do ponto de vista econômico para poderem ser introduzidas em grande escala nas indústrias de alimentos, especialmente no Brasil. Uma alternativa para esse alcance em um curto espaço de tempo seria por meio de ações governamentais tanto em financiamentos de pesquisas, para avaliar quais alternativas seriam melhores aplicadas no contexto brasileiro, quanto em aspectos de incentivo a adoção dessa tecnologia (WU *et al.*, 2021).

CONCLUSÃO

Em um cenário mundial em que as Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar caracterizam-se como um grave problema de saúde pública, o avanço tecnológico em sistemas de embalagens para produtos de origem animal representa um alto potencial benéfico para a sociedade e, em especial, para a indústria de alimentos. O desenvolvimento de sistemas de embalagens inteligentes e ativas é um campo emergente cujo foco é a segurança do alimento, e em virtude da sua capacidade em monitorar as condições dos alimentos durante a cadeia de abastecimento, tornou-se uma ferramenta necessária para a

gestão de qualidade e segurança. Entretanto, alia-se também a possibilidade de conferir atributos sensoriais aos alimentos, tornando-os mais atrativos para os consumidores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARVANITOYANNIS, I. S.; STRATAKOS, A. C. Application of modified atmosphere packaging and active/smart technologies to red meat and poultry: a review. **Food and Bioprocess Technology**, v. 5, n. 5, p. 1423-1446, 2012.

BIJI, K. B.; RABISHANKAR, C. N.; MOHAN, C. O.; GOPAL, T. K. S. Smart packaging systems for food applications: a review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 10, p. 6125-6135, 2015.

CHOI, I.; LEE, J. Y.; LACROIX, M.; HAN, J. Intelligent pH indicator film composed of agar/potato starch and anthocyanin extracts from purple sweet potato. **Food Chemistry**, v. 218, p. 122-128, 2017.

CUNHA, L. R.; SOARES, N. F. F.; ASSIS, F. C. C.; MELO, N. R.; PEREIRA, A. F.; SILVA, C. B. Desenvolvimento e avaliação de embalagem ativa com incorporação de lactase. **Food Science and Technology**, v. 27, p. 23-26, 2007.

DSM Pack-Age® **Product specification sheet**. 2019. Disponível em: https://www.dsm.com/food-specialties/en_US/products/dairy/package.html. Acesso em: 30 set. 2021.

376

FANG, Z.; ZHAO, Y.; WARNER, R.; JOHNSON, S. Active and intelligent packaging in meat industry. **Trends in Food Science & Technology**, v. 61, p. 60-71, 2017.

FUERTES, G.; SOTO, I.; CARRASCO, R.; VARGAS, M.; SABATTIN, J.; LAGOS, C. Intelligent packaging systems: sensors and nanosensors to monitor food quality and safety. **Journal of Sensors**, v. 2016, p. 1-8, 2016.

GHAANI, M.; COBIANU, C.; DUMITRU, V. G. An overview of the intelligent packaging technologies in the food sector. **Trends in Food Science & Technology**, v. 51, p. 1-11, 2016.

KIM, J. U.; GHAFOOR, K.; AHN, J.; SHIN, S.; LEE, S. H.; SHAHBAZ, H. M.; SHIN, H. H.; KIM, S.; PARK, J. Kinetic modeling and characterization of a diffusion-based time-temperature indicator (TTI) for monitoring microbial quality of non-pasteurized angelica juice. **Food Science and Technology**, v. 67, p. 143-150, 2016.

KUSWANDI, B.; JAYUS; RESTYANA, ANGGI, ABDULLAH A.; HENG, L. T.; AHMAND, M. A novel colorimetric food package label for fish spoilage based on polyaniline film. **Food Control**, v. 25, n. 1, p. 184-189, 2012a.

LIM, S. A. H.; ANTONY, J.; ALBLIWI, S. Statistical Process Control (SPC) in the food industry–A systematic review and future research agenda. **Trends in Food Science & Technology**, v. 37, n. 2, p. 137-151, 2014.

MATINDOUST, S.; BAGHEI-NEJAD, M. H.; ABADI, Z. S.; ZOU, Z.; ZHENG, L. Food quality and safety monitoring using gas sensor array in intelligent packaging. **Sensor Review**, v. 36, n. 2, p. 169-183, 2016.

OTONI, C. G.; ESPITIA, P. J. P.; BUSTILLOS, R. J. A.; MCHUGH, T. H. Trends in antimicrobial food packaging systems: Emitting sachets and absorbent pads. **Food Research International**, v. 83, p. 60-73, 2016.

REALINI, C. E.; MARCOS, B. Active and intelligent packaging systems for a modern society. **Meat science**, v. 98, n. 3, p. 404-419, 2014.

RIZZOLO, A.; BIANCHI, G.; POVOLO, M.; MIGLIORI, C. A.; CONTARINI, G.; PELIZZOLA, V.; CATTANEO, T. M. P. Volatile compound composition and antioxidant activity of cooked ham slices packed in propolis-based active packaging. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 8, p. 41-49, 2016.

SILVA, N. M.; SANDRE, M. F. B.; SOUZA, D. G.; FERREIRA, S. V.; SILVA, J. A. G.; MESQUITA, A. A.; EGEA, M. B.; SILVA, M. A. P. Adição de extrato de casca de jaticaba no desenvolvimento de embalagem inteligente para queijo Prato. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 19512-19532, 2020.

377

WIKSTRÖM, F.; WILLIAMS, H.; VERGHESE, K.; CLUNE, S. The influence of packaging attributes on consumer behaviour in food-packaging life cycle assessment studies-a neglected topic. **Journal of Cleaner Production**, v. 73, p. 100-108, 2014.

WU, D.; HOU, S.; CHEN, J.; SUN, Y.; YE, X.; LIU, D.; MENG, R.; WANG, Y. Development and characterization of an enzymatic time-temperature indicator (TTI) based on *Aspergillus niger* lipase. **Food Science and Technology**, v. 60, n. 2, p. 1100-1104, 2015.

WU, D.; ZHANG, M.; CHEN, H.; BHANDARI, B. Freshness monitoring technology of fish products in intelligent packaging. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 61, n. 8, p. 1279-1292, 2021.

ZHANG, C.; YIN, A. X.; JIANG, R.; RONG, R.; RONG, J.; ZHAO, T.; SUN, L. D.; WANG, J.; CHEN, X.; YAN, C. H. Time-Temperature indicator for perishable products based on kinetically programmable Ag overgrowth on Au nanorods. **ACS nano**, v. 7, n. 5, p. 4561-4568, 2013.