

## INOVAÇÕES E ATUALIDADES EM TECNOLOGIA DE EMBALAGENS PARA ALIMENTOS: UMA REVISÃO

Bárbara Camila Firmino Freire <sup>1</sup>  
José Lucas Girão Rabelo <sup>2</sup>  
Renata Cristina Borges da Silva Macêdo <sup>3</sup>  
Karoline Mikaelle de Paiva Soares <sup>4</sup>

### RESUMO

As embalagens desempenham um papel fundamental na tecnologia dos alimentos contribuindo para aspectos sensoriais, de conservação e de intenção de compra dos produtos alimentícios. Neste sentido, vários avanços vêm sendo alcançados nessa área com contribuições inovadoras, beneficiando não só a indústria, como também o consumidor final. Assim, têm-se as embalagens ativas e inteligentes, responsáveis por interações benéficas entre alimento e consumidor, representando estratégias de melhoria de qualidade e agregação de valor dos produtos. Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo realizar uma revisão de literatura sobre inovações e atualidades em tecnologia de embalagens para alimentos.

**Palavras-chave:** Qualidade, Agregação de valor, Indústria de alimentos.

### INTRODUÇÃO

Pelo contexto histórico, as embalagens foram essenciais ao desenvolvimento do comércio e, aos poucos, sua função foi incrementada, passando de objetos para conter e transportar produtos a “vendedores”. Desse modo, foram elas tornando-se visivelmente atraentes e despertando o interesse do consumidor para embalagens autênticas. Além da atratividade e a facilitação na transação das mercadorias, as embalagens também precisavam permitir a conservação do produto até o receptor final, garantindo o mínimo de perdas, e sendo esta sua real finalidade, o que consentiu o aumento na segurança pela não contaminação por micro-organismos e o contato com fatores ambientais (LANDIM et al., 2016).

As embalagens convencionais procuram preservar ao máximo as características do produto pela criação de condições resultantes em alterações químicas, bioquímicas e microbiológicas mínimas, mas estão gradualmente sendo postas à parte pelo emprego de

<sup>1</sup> Mestra pelo Curso de Ambiente Tecnologia e Sociedade da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, [bcamila.ffreire@gmail.com](mailto:bcamila.ffreire@gmail.com);

<sup>2</sup> Graduado pelo Curso de Biotecnologia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, [joclucasrabelo@gmail.com](mailto:joclucasrabelo@gmail.com);

<sup>3</sup> Mestranda do Curso de Ambiente Tecnologia e Sociedade da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, [rehmacedo@hotmail.com](mailto:rehmacedo@hotmail.com);

<sup>4</sup> Doutora pelo Curso de Ciência Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, [karolinesoares@ufersa.edu.br](mailto:karolinesoares@ufersa.edu.br);

embalagens mais tecnológicas, capazes de interagir com o produto e, dentre outros pontos, fornecer conhecimento quanto a sua condição final (BRAGA; PERES, 2010).

Assim, têm-se as “embalagens ativas”, possuidoras de grande potencial na indústria alimentícia graças à sua capacidade de aumentar a vida de prateleira e segurança dos alimentos pela inibição ou retardo do crescimento microbiano e das reações que ocorrem em sua superfície, como é o caso dos filmes comestíveis, formados, comumente, por biopolímeros (CARVALHO et al., 2017; MELO et al., 2017). Outro grupo de embalagens que vem ganhando espaço no mercado é o de embalagens inteligentes. Estas possuem indicador externo ou interno capaz de fornecer informações ao consumidor sobre o produto, registrando alterações que podem revelar sua qualidade (PACMAN, 2013).

Em síntese, enquanto as embalagens ativas surgiram da necessidade de prolongar a vida útil e proteger os alimentos das influências ambientais, as embalagens inteligentes vieram auxiliar a indústria de alimentos, importadora e exportadora de produtos, pela implantação de sistemas de rastreabilidade, indicação de violação e sustentabilidade (KUSWANDI et al., 2011).

Nessa perspectiva, tem surgido a necessidade de um maior número de pesquisas quanto o desenvolvimento e aplicação de embalagens mais tecnológicas, capazes de suprir a atual necessidade dos consumidores e do mercado.

Com base no que foi exposto, a revisão a seguir tem por finalidade conhecer as inovações no setor de embalagens alimentícias, com enfoque nas embalagens ativas e inteligentes.

## **TECNOLOGIA DE EMBALAGENS DE ALIMENTOS: ASPECTOS GERAIS**

Convencionalmente, as embalagens são produzidas com materiais inertes, que possuam mínima interação com o alimento que acondicionam, já que reações capazes de interferir na qualidade do produto são geradas. Essas reações podem resultar em perdas que estarão relacionadas não apenas com as características da embalagem, mas também com a composição e condições de estocagem do produto (AZEREDO et al., 2000; BATALHA et al., 2009).

Tratando sobre as características da própria embalagem, observa-se que a proteção oferecida por ela vai de encontro com a natureza do material empregado, que pode consistir em um único elemento ou na combinação de matérias como metal, vidro, papel e polímeros plásticos, o que a classifica como embalagem secundária ou terciária, ou seja, aquela que possui várias embalagens primárias ou secundárias, respectivamente (ROBERTSON, 2015).

As embalagens devem apresentar uma estética atrativa ao consumidor, praticidade na forma e tamanho, conveniência na retenção do alimento, fácil descarte, reciclagem e/ ou reutilização. Além desses fatores, a embalagem deve atender os requisitos legais preconizados pelas legislações (FELLOWS, 2006).

No entanto, essa obrigatoriedade da embalagem de “interação mínima” com o produto tem sido transformada ao longo dos anos, e a exploração de embalagens capazes de interagir de modo desejável com o alimento tem aumentado significativamente, resultando em uma grande evolução na tecnologia de embalagens.

O mercado de embalagens tem apresentado crescimento rápido, estando o Brasil entre os países de destaque, perdendo apenas para Estados Unidos, China, Japão, Alemanha, França e Canadá. Dia após dia as indústrias têm se preocupado em produzir embalagens a partir de novos materiais, que gerem menos impacto ambiental e sejam mais leves (SOARES, 2016). Na realização de observações sobre o assunto, percebe-se que os impactos ambientais gerados pela utilização de embalagens descartáveis são inúmeros. Como exemplo tem-se o lixo doméstico gerado, considerado um problema, já que a grande variedade de componentes que pode ser encontrada nesse grupo não permite uma solução universal de recuperação e reciclagem. Outro ponto é a redução da quantidade de materiais a serem utilizados na sua produção, o que permitiria um número menor de resíduos e a produção de embalagens com conseqüente economia durante a etapa de transporte, maximizando a necessidade de pensar e desenvolver embalagens mais ambientais (ROBERTSON, 2015).

Além disso, tais matérias devem possuir a capacidade de agregar valor ao produto final, o que requer maior investimento em inovação. Em âmbito mundial, além das matérias-primas, tem-se investido em equipamentos mais sofisticados e no aperfeiçoamento de processos produtivos (SOARES, 2016).

Apesar de ser este um mercado que vem ganhando força, algumas dificuldades impedem a aceitação global das novas tecnologias de embalagens ou mesmo o seu avanço, inclusive o custo em pesquisa e desenvolvimento, já que o aumento no preço das tecnologias impede a agregação de valor do produto (MELARE, 2014).

## **EMBALAGENS ATIVAS**

Por definição, as embalagens ativas consistem em embalagens que preservam os alimentos por meio de funções adicionais, não apenas de barreira, como acontece com as

embalagens passivas, interagindo, assim, com o alimento (AZEREDO et al., 2000), e apresentando alguma característica tecnológica adicional.

Apesar das inúmeras funções aplicadas à embalagem ativa, pode se dizer que sua atuação se encontra resumida na absorção de compostos deteriorantes e liberação de outros que permitam uma maior vida de prateleira ao alimento, podendo ser comestível do tipo filme ou revestimento, onde uma é pré-formada para posterior aplicação e outra, aplicada para ser formada sobre o alimento, respectivamente, e cujo desempenho se dará pela composição do material, processo de formação e método de aplicação. Em suma, a aplicação de tais filmes busca evitar a perda das propriedades do alimento bem como a incorporação de compostos, características típicas de embalagens ativas (FERREIRA et al., 2009; SOUZA et al., 2017), e funções básicas que as define.

As embalagens ativas permitem a interação com o alimento, como também entre os componentes presentes na própria embalagem, visando à entrega de um produto com qualidade nutricional inalterada e inibindo o crescimento de micro-organismos patogênicos e deteriorantes, o que resulta em segurança quanto à ingestão do alimento. São inúmeras as variedades de embalagens ativas, dentre elas estão as capazes de absorver oxigênio, etileno, umidade, além das emissoras de dióxido de carbono, etanol e filmes antimicrobianos, aromáticos, entre outros (Tabela 1) (OZDEMIR; FLOROS, 2004).

**Tabela 1.** Aplicações para embalagens ativas.

<b>Embalagem ativa</b>	<b>Definição/Finalidade</b>
<i>Filmes antimicrobianos</i>	Incorporação de compostos antimicrobianos na embalagem, não diretamente no alimento.
<i>Absorvedores de etileno</i>	Utilizados para aumento da vida útil de vegetais.
<i>Absorvedores de oxigênio</i>	Incorporação de compostos reativos com o O <sub>2</sub> na forma de sachê.
<i>Absorvedores de umidade</i>	Incorporação de umectantes no sistema.
<i>Liberadores ou absorvedores de sabor e odor</i>	Incorporação de aromas visando a melhoria da qualidade sensorial do alimento.

**Fonte:** Vasconcelos & Melo Filho, 2010.

Graças ao conceito de interação destas embalagens, não só promovendo barreiras, mas atuando na melhoria da qualidade e tempo de prateleira do alimento, as substâncias incorporadas a elas, para segurança do consumidor, devem estar inseridas na categoria de não tóxicas e adequadas aos limites estabelecidos pela legislação vigente (REBELLO, 2009).

Na embalagem antimicrobiana, uma das mais difundidas, tem-se a inclusão de substâncias antimicrobianas ao material polimérico utilizado como embalagem visando o retardo ou inibição do crescimento de micro-organismos em alimentos, o que interfere na vida útil do produto, prolongando-a (GÓMEZ-HEINCKE et al., 2016). Esse tipo de embalagem vem ganhando destaque e constante interesse de pesquisadores e indústrias devido ao potencial benéfico que possui, incluindo qualidade e segurança na ingestão de alimentos, disponibilizando novas formulações e materiais, vistos como inovadores à indústria de alimentos (GORRASI et al., 2016).

Tratando sobre a atividade antioxidante, avalia-se a oxidação como um dos mecanismos mais frequentes de degradação do alimento, sendo capaz de alterar suas propriedades e impossibilitar o consumo. Objetivando a redução dos efeitos oxidativos, as indústrias têm desenvolvido métodos capazes de conferir estabilidade ao alimento, como é o caso da incorporação de agentes antioxidantes em embalagens, configurando as embalagens ativas antioxidantes. Estas atuam na conservação e conseqüente aumento da vida de prateleira do alimento pela redução ou inibição das reações de oxidação (MONTES et al., 2013).

Na tabela 2 podem ser observados alguns trabalhos desenvolvidos para embalagens ativas antimicrobianas e antioxidantes.

**Tabela 2.** Estudos sobre embalagens ativas com funções antimicrobianas e antioxidantes, e suas respectivas aplicações práticas.

<b>Embalagem antimicrobiana</b>	
<i>Gómez-Heincke et al. (2016)</i>	Buscou a incorporação de agentes biocidas naturais, constando de óleos essenciais e agentes ativos, carvacrol e cinamaldeído, em bioplásticos à base de glúten de trigo com a finalidade de obter embalagens alimentares sustentáveis. Por resultado, observou-se que os bioplásticos formulados com canela, cravo, carvacrol, cinamaldeído e tomilho branco demonstraram atividade antimicrobiana adequada.
<i>Gorrasi et al. (2016)</i>	Com o intuito de acelerar os fenômenos de deterioração, utilizou de abuso térmico (18 °C) para armazenamento de <i>Mozzarella</i> com revestimento em Poli(Tereftalato de Etileno), tendo como molécula antimicrobiana o salicilato. Foram obtidos com tal experimento resultados experimentais satisfatórios no aumento da vida útil do queijo.
<i>Carvalho et al. (2017)</i>	Avaliou a incorporação de curcumina em filmes de acetato de celulose visando à mensuração das alterações decorridas da inserção, já que a curcumina, composto utilizado como corante, apresenta atividade antimicrobiana.
<b>Embalagem antioxidante</b>	
<i>Carvalho et al. (2017)</i>	Avaliou a incorporação de curcumina em filmes de acetato de celulose visando à mensuração das alterações decorridas da inserção, já que a curcumina, composto utilizado como corante, apresenta atividade antioxidante.

<p><i>Benito-Peña et al.</i> (2016)</p>	<p>A pesquisa traz uma nova opção de embalagem pela síntese de hidrogéis impressos molecularmente contendo ácido ferúlico, um antioxidante natural, que foi aplicado a manteiga para a prevenção da oxidação lipídica e gerou resultados promissores de proteção.</p>
<p><i>Calatayud et al.</i> (2013)</p>	<p>Novos filmes de copolímero de etileno-álcool vinílico (EVOH) acrescidos de cacau, rico em flavonoides, foram desenvolvidos e constatou-se uma liberação prolongada dos agentes usados como antioxidantes, resultando também em efeitos antimicrobianos e de enriquecimento nutricional, demonstrando a utilização segura do material como embalagem de produtos alimentícios.</p>
<p><i>Moudache et al.</i> (2017)</p>	<p>Produziu uma embalagem antioxidante constituída por multicamadas de polietileno nas quais foram imobilizadas diferentes concentrações de extrato de folhas de oliva. A embalagem foi aplicada a carne de porco fresca que permaneceu a 4° C durante 16 dias. De acordo com o que foi observado a película ativa contendo antioxidantes naturais contribuiu para o aumento da estabilidade do produto.</p>
<p><i>Ogiwara et al. (2015)</i></p>	<p>Produziu uma embalagem ativa de quelação de ferro não-migratório por imobilização covalente de polihidroxamato, que atuou no atraso da oxidação lipídica, introduzindo uma interessante proposta à redução do uso de aditivos sintéticos em formulações de produtos, tendo em vista o potencial maléfico de alguns à saúde do consumidor.</p>

## FILMES E REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS

Graças às preocupações ambientais que dizem respeito aos impactos causados pela utilização de recursos não biodegradáveis na produção de embalagens, têm-se intensificado as pesquisas sobre a aplicação de polímeros produzidos a partir de produtos agrícolas e/ou de

resíduos alimentares, que incluem os amidos, derivados de celulose, quitosana/quitina, proteínas e lipídios (ELSABEE; ABDU, 2013).

Características importantes são as suas capacidades na redução de transpiração e perda de peso em frutas, por exemplo, e de incorporação de aditivos funcionais como antimicrobianos e/ou antioxidantes, melhorando a qualidade do alimento, seja no quesito sensorial, microbiano, físico ou/e químico, e são produzidos, principalmente, a partir de polissacarídeos e proteínas, por fim, considerados pelas regulamentações internacionais como parte do próprio alimento (MURMU; MISHRA, 2018). Além das já citadas, outras vantagens na utilização de filmes e revestimentos comestíveis estão na sua biocompatibilidade, aparência estética, barreira contra a passagem de gases, não serem tóxicos ou poluentes e o baixo custo para a obtenção, permitindo o contato direto com alimentos frescos ou processados, o que garante estender sua vida útil (ELSABEE; ABDU, 2013).

Em suma, além de promoverem a proteção dos alimentos, os filmes e revestimentos podem atuar como ingrediente ativo ou como material de embalagem, demonstrando um excelente potencial na preservação de frutas e hortaliças, onde são comumente empregados (SOUZA et al., 2017).

Por princípio, além de serem feitos de um biopolímero, o que garante a insolubilidade e estabilidade da matriz da embalagem em meio aquoso, os filmes e revestimentos comestíveis devem ser formados por compostos reconhecidos como GRAS (geralmente reconhecidos como seguros) pelo FDA (Food and Drug Administration). Os filmes são diferenciados dos revestimentos pela forma de aplicação ao produto; o filme é pré-formado, resultando em uma fina película, e depois de seco é aplicado no alimento, enquanto o revestimento é formado no produto (VILLADIEGO et al., 2005).

## **EMBALAGENS INTELIGENTES**

A validade e os sentidos da degustação ainda são os pontos mais usados na avaliação de qualidade de um alimento, mas ainda assim são, por vezes, insuficientes para garantir a adequação do alimento a se ingerir. Nesse escopo, as informações geradas pelas embalagens inteligentes permitem um maior detalhamento sobre o produto (MELARE, 2014).

As embalagens inteligentes são incorporadas de indicadores e sensores, que se diferenciam, basicamente, pelo primeiro permitir a passagem de informações necessárias através da mudança visual facilmente observável, enquanto o segundo caracteriza-se por ser constituído por um receptor e um transdutor. No entanto, a obtenção de um sistema ideal

envolve vários fatores, como custo-benefício, já que após sua aplicação haverá o descarte, a reação ser irreversível e contínua e ser composto de materiais atóxicos (PARK et al., 2015).

O sensor é um dispositivo capaz de transformar sinais físicos ou químicos em informações úteis, observadas na forma de um sinal elétrico. Apesar do princípio bastante instigante dos sensores, sua aplicação em embalagens alimentícias não é permitida. De modo contrário, a utilização de biossensores pode ser observada, sendo representados por um elemento de reconhecimento biológico, que pode ser um anticorpo ou uma enzima, por exemplo, e um elemento de transdução de sinal, seja ele eletroquímico, óptico, piezoelétrico ou calorimétrico. Ao final do processo são obtidos dados consistentes, como é o caso da detecção de patógenos em alimentos (MOHEBI; MARQUEZ, 2015).

O grupo de embalagens inteligentes, simples e de eficiente monitoramento sobre a qualidade do alimento graças ao seu íntimo contato com ele, pode ser dividido em: embalagens carreadoras de dados e embalagens indicadoras. Na categoria de carreadoras de dados estão inseridos os códigos de barras e etiquetas RFID (SOARES et al., 2009).

A codificação de materiais é capaz de facilitar sua gestão, interferindo positivamente nas várias etapas que a envolvem, seja ela por métodos de gravação, etiquetas adesivas de códigos de barra ou etiquetas Identificadoras por Rádio frequência. O rastreamento de produtos contribui para a eficiência dos processos utilizando-se um número serial ou lote, e tem sido realizado por inúmeras empresas através de tecnologias como de leitura de código de barras e de RFID (MARQUES et al., 2009). No entanto, o sistema de código de barras possui uma capacidade muito restrita de armazenamento de dados, úteis ao real conhecimento do produto, o que favoreceu a atual busca por novos modelos que poderão ser utilizados em associação com indicadores, diferente da etiqueta RFID, que já possui tal característica (SOARES et al., 2009).

A Identificação por Rádio Frequência (RFID) é vista como inteligente graças à alta capacidade de armazenamento de informações que a etiqueta possui. A ação da tecnologia pode permear toda a cadeia produtiva, indo desde a produção até sua chegada ao mercado (ROCHA et al., 2013), visando, em suma, a identificação e rastreamento de produtos. Uma etiqueta RFID anexada à superfície de um item serve como rótulo e seu reconhecimento é feito por meio de um leitor. Apesar das vantagens da sua utilização, etiquetas RFID são capazes de identificar tags ao invés dos produtos presentes no interior da embalagem. Assim, para garantir a integridade e segurança dos sistemas de gerenciamento automático se fazem necessários testes do status interno dos pacotes e isso foi proposto por Wang et al. (2016).

Sobre as embalagens indicadoras, segunda categoria explanada como inteligente, tem-se os indicadores de temperatura. A temperatura é um fator crucial à qualidade do alimento

perecível, e seu controle é importante desde a etapa de produção até a sua comercialização, influenciando diretamente na deterioração do produto, seja ela por meio físico, químico ou microbiológico (SOARES et al., 2009).

O oxigênio é outro fator relevante e essencial aos processos biológicos, desempenhando também um papel importante em muitos procedimentos químicos industriais. Porém, sua presença no interior de embalagens pode resultar na perda do alimento, cuja remoção é fundamental à indústria alimentícia. Nesse intuito, pesquisadores têm trabalhado no desenvolvimento de sensores de gás para determinação e quantificação rápida deste elemento, nos quais a presença pode ser avaliada por meio da mudança de coloração do indicador, fornecendo informações que viabilizam ou não o consumo do produto (DOBRUCKA, 2014). Exemplos para ambos os tipos de embalagens inteligentes encontram-se relatados na tabela 3.

**Tabela 3.** Estudos sobre embalagens inteligentes com aplicação em alimentos, e suas respectivas aplicações práticas.

<b>Embalagem carreadora de dados</b>		<b>Denominação</b>
<i>Wang et al. (2016)</i>	Investigação sobre a possibilidade do uso de sistemas RFID passivos na detecção de mudanças anormais no interior de embalagens.	Echoscope
<i>Tanguy et al. (2015)</i>	Objetivou a melhoria na eficiência e rentabilidade de biossensores na qualidade de alimentos <i>in situ</i> , trabalhando no uso de novas etiquetas RFID na quantificação de putrescina, composto liberado durante a deterioração dos alimentos.	-
<b>Embalagens indicadoras</b>		<b>Denominação</b>
<i>Maciel et al. (2012)</i>	Produzida com o intuito de obter um indicador a partir de material biodegradável e proveniente de fonte natural. Nele, a clorofila foi inserida à matriz de filmes de quitosana, resultando em um indicador	-

	colorimétrico, do verde para o amarelo, a uma faixa de temperatura de 50 °C a 75 °C.	
<i>3M MICROBIOLOGIA (2012)</i>	Monitora o produto de acordo com a variação de sua temperatura, alertando quando esta é ultrapassada e fornecendo um sinal visual que permite a identificação do tempo decorrido desde a temperatura excedida.	3M™ MonitorMark™
	Indicador de congelamento que objetiva manter adequada à temperatura de armazenamento de produtos sensíveis, que podem ser danificados a temperaturas muito baixas.	3M™ Freeze Watch™
<i>Gillanders et al. (2010)</i>	Descobriram novos materiais fosforescentes sensíveis ao oxigênio de características melhoradas, baseados em substratos poliolefínicos nanoestruturados, sendo economicamente mais interessantes para aplicação na forma de embalagem.	-

## CONCLUSÃO

O investimento em embalagens que atendam às necessidades dos consumidores vem crescendo dia a dia, disponibilizando alternativas interessantemente viáveis à conservação dos mais variados tipos de alimentos. Os papéis iniciais dados às embalagens (acondicionamento e transporte) já não são suficientes ao mercado, que prioriza a redução das perdas e ampliação das novas tecnologias. Neste contexto, as embalagens ativas recebem destaque frente a utilização das embalagens inteligentes, em teoria, por motivos econômicos, recebendo um maior investimento em pesquisa, especialmente as acrescidas de componentes antimicrobianos, visto o benefício gerado pela tecnologia.

## REFERÊNCIAS

- 3M MICROBIOLOGIA. Soluções para cadeia de frio. Boletim técnico, 2012.
- AZEREDO, H. M. C. de; FARIA, J. de A. F.; AZEREDO, A. M. C. de. Embalagens ativas para alimentos. Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 20, n.3, 2000.
- BATALHA, M. O.; GOMIDE, L. A. M.; CÉSAR, A. S. Tecnologias Emergentes para o Setor de Alimentos (segmento de carnes). Modelo SENAI de prospecção. Série Estudos Tecnológicos e Organizacionais. Brasília, 2009.
- BENITO-PEÑA, E.; GONZÁLEZ-VALLEJO, V.; RICO-YUSTE, A.; BARBOSA-PEREIRA, L.; CRUZ, J. M.; BILBAO, A.; ALVAREZ-LORENZO, C.; MORENO-BONDI, M. C. Molecularly imprinted hydrogels as functional active packaging materials. Revista Food Chemistry, v. 190, p. 487–494, 2016.
- BRAGA, L. R.; PERES, L. Novas tendências em embalagens para alimentos: revisão. Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos, Curitiba, v. 28, n. 1, p. 69-84, jan./jun. 2010.
- CALATAYUD, M.; LÓPEZ-DE-DICASTILLO, C.; LÓPEZ-CARBALLO, G.; VÉLEZ, D.; MUÑOZ, P. H.; GAVARA, R. Active films based on cocoa extract with antioxidant, antimicrobial and biological applications. Revista Food Chemistry, v. 139, p. 51-58, 2013.
- CARVALHO, D. M.; TAKEUCHI, K. P.; GERALDINE, R. M.; MOURA, C. J. de; SILVEIRA, M. F. A. Filme ativo de acetato de celulose incorporado com nanosuspensão de curcumina. Revista Polímeros [online], 2017. ISSN 0104-1428.
- DOBRUCKA, R. The use of oxygen indicators - elements of intelligent packaging for monitoring of food quality. LogForum, v. 10, n. 2, p. 183-190, 2014.
- ELSABEE, M. Z.; ABDU, E. S. Chitosan based edible films and coatings: A review. Materials Science and Engineering C, 33, p. 1819–1841, 2013.
- FELLOWS, P. J. Tecnologia do processamento de alimentos: Princípios e prática. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602p.
- FERREIRA, M. L. A.; MENDES, H. S.; SOUZA, C. G.; PAIVA, I. M.; SPRITZER, A. Embalagens ativas: estado da arte e da técnica a partir do monitoramento de informações tecnológicas. XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, p. 2-14, 2009.
- GÓMEZ-HEINCKE, D.; MARTÍNEZ, I.; PARTAL, P.; GUERRERO, A.; GALLEGOS, C. Development of antimicrobial active packaging materials based on gluten proteins. Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 96, n. 10, p. 3432-3438, 2016.

- GORRASI, G.; BUGATTI, V.; TAMMARO, L.; VERTUCCIO, L.; VIGLIOTTA, G.; VITTORIA, V. Active coating for storage of Mozzarella cheese packaged under thermal abuse. *Food Control*, 64, 10-16, 2016.
- GILLANDERS, R. N.; ARZHAKOVA, O. V.; HEMPEL, A.; DOLGOVA, A.; KERRY, J. P.; YARYSHEVA, L. M.; BAKEEV, N. F.; VOLYNSKII, A. L.; PAPKOVSKY, D. B. Phosphorescent Oxygen Sensors Based on Nanostructured Polyolefin Substrates. *Analytical Chemistry*, v. 82, n. 2, 2010.
- KUSWANDI, B.; WICAKSONO, Y.; JAYUS; ABDULLAH, A.; HENG, L. Y.; AHMAD, M. Smart packaging: sensors for monitoring of food quality and safety. *Sensing and instrumentation for food quality and safety*, v. 5, p. 137–146, 2011.
- LANDIM, A. P. M.; BERNARDO, C. O.; MARTINS, I. B. A.; FRANCISCO, M. R.; SANTOS, M. B.; MELO, N. R. Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. *Polímeros [online]*, v. 26, n. spe, p. 82-92, 2016.
- MACIEL, V. B. V.; FRANCO, T. T.; YOSHIDA, C. M. P. Sistemas inteligentes de embalagens utilizando filmes de quitosana como indicador colorimétrico de temperatura. *Polímeros*, v. 22, n. 4, 2012.
- MARQUES, C. A.; FURLAN JR., V.; MUNIZ, J.; CHAVES, C. A.; URIAS, A. A tecnologia de identificadores de rádio frequência (RFID) na logística interna industrial: pesquisa exploratória numa empresa de usinados para o setor aeroespacial, GEPROS. *Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, v. 4, n. 2, p. 109-122, 2009.
- MELARE, J. Embalagem inteligente visa redução de perdas, mas ainda esbarra em obstáculos. *Revista Ciência e Cultura [online]*, v. 66, n. 1, p. 0-18, 2014.
- MOHEBI, E.; MARQUEZ, L. Intelligent packaging in meat industry: An overview of existing solutions. *Journal of Food Science and Technology*, v. 52, n. 7, p. 3947–3964, 2015.
- MELO, P. T. S.; AOUADA, F. A.; MOURA, M. R. Fabricação de filmes bionanocompósitos à base de pectina e polpa de cacau com potencial uso como embalagem para alimentos. *Química Nova*, v. 40, n. 3, 2017.
- MONTES, S. S.; SANTANA NETA, L. G.; CRUZ, R. S. Óleos essenciais em embalagens para alimentos – revisão de literatura de 2000 a 2012. *Perspectivas da Ciência e Tecnologia*, v. 5, n. 1/2, 2013.
- MOUDACHE, M.; NERÍN, C.; COLONB, M.; ZAIDI, F. Antioxidant effect of an innovative active plastic film containing olive leaves extract on fresh pork meat and its evaluation by Raman Spectroscopy. *Food Chemistry*, 2017. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.023>

MURMU, S. B.; MISHRA, H. N. The effect of edible coating based on Arabic gum, sodium caseinate and essential oil of cinnamon and lemon grass on guava. *Food Chemistry*, 245, p. 820–828, 2018.

OGIWARA, Y.; ROMAN, M. J.; DECKER, E. A.; GODDARD, J. M. Iron chelating active packaging: Influence of competing ions and pH value on effectiveness of soluble and immobilized hydroxamate chelators. *Food Chemistry*, 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.029>

OZDEMIR, M.; FLOROS, J. D. Active Food Packaging Technologies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 44, n. 3, p. 185-193, 2004.

PACMAN. Embalamento ativo e inteligente: Inovações para o futuro. 2013. Disponível em: [http://www.pacmanproject.eu/page/newsletters/pdf/pt/newsletter\\_11\\_2013.pdf](http://www.pacmanproject.eu/page/newsletters/pdf/pt/newsletter_11_2013.pdf). Acesso em: 06 maio 2018.

PARK, Y. W.; KIM, S. M.; LEE, J. Y.; JANG, W. Application of biosensors in smart packaging. *Molecular & Cellular Toxicology*, v. 11, p. 277-285, 2015.

ROBERTSON, G. L. Embalagens de alimentos. In: CAMPBELL-PLATT, G. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Barueri, SP: Manole, 2015. p. 289.

REBELLO, F. de F. P. Novas tecnologias aplicadas às embalagens de alimentos. *Revista Agrogeoambiental*, dezembro, 2009.

ROCHA, A.; BIANCHINI, C.; KUPTY, H. J.; GOVIER, J. H. Contribuições da implementação de etiquetas inteligentes no ambiente organizacional. *Revista Inovação Tecnológica*, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 29-41, 2013.

SOARES, N. DE F. F.; SILVA, W. A. da; PIRES, A. C. dos S.; CAMILLOTO, G. P.; SILVA, P. S. Novos desenvolvimentos e aplicações em embalagens de alimentos. *Revista Ceres*, v. 56, n. 4, p. 370-378, 2009.

SOARES, A. G. Embalagens para frutas e hortaliças – inovação e sustentabilidade. *Embrapa Agroindústria de Alimentos*. 2016. Disponível em: <http://tmeventos.com.br/frut2016/pdfs/C4ANTONIOGOMESSOARES.pdf>. Acesso em: 06 maio 2018.

SOUZA, L. B.; MOURA, A. A. C.; SILVA, J. B. A. Embalagens para alimentos: tendências e inovações. *Higiene Alimentar*, v. 31, n. 270/271, p. 25-29, 2017.

TANGUY, N. R.; FIDDES, L. K.; YAN, N. Enhanced Radio Frequency Biosensor for Food Quality Detection Using Functionalized Carbon Nanofillers. *Acs Applied Materials & Interfaces*, v. 7, p. 11939–11947, 2015.

VASCONCELOS, M. A. S.; MELO FILHO, A. B. Conservação dos Alimentos. Programa Escola Técnica Aberta do Brasil (ETEC – Brasil). Recife: EDUFRPE, 2010, 122 p.

VILLADIEGO, A. M. D.; SOARES, N. F. F.; ANDRADE, N. J.; PUSCHMANN, R.; MINIM, V. P. R.; CRUZ, R. Filmes e revestimentos comestíveis na conservação de produtos alimentícios. Revista Ceres, 52, 300, p. 221-244, 2005.

WANG, G.; QIAN, C.; HAN, J.; XI, W.; DING, H.; JIANG, Z.; ZHAO, J. Verifiable Smart Packaging with Passive RFID. UBIComp '16, 12–16, 2016.