

---

## A utilização de compostos bioativos em Embalagens Ativas como uma estratégia sustentável

Francine Novack Victoria

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-994457-7-4.c13>

### Resumo

As perdas e o desperdício de alimentos são um dos principais problemas atuais da sociedade, estimativas apontam que 1/3 da produção mundial de alimentos é desperdiçada, o que equivale a aproximadamente 1,3 bilhões de toneladas, e que destes, 50% são alimentos de origem vegetal, como frutas e hortaliças. Os alimentos de origem vegetal são fontes ricas de compostos bioativos, como compostos fenólicos, flavonoides, carotenoides e terpenos, compostos que podem apresentar potencial antioxidante, antimicrobiano, antiviral, anti-inflamatório, entre outros e, por isso, são o foco da pesquisa de vários centros e universidades, que buscam a aplicação deles em diversos setores, como o setor de alimentos e farmacêutico, por exemplo. Além disso, a utilização destes “resíduos” provenientes da produção de alimentos é uma forma de agregar valor aos mesmos e cumprir alguns dos objetivos do desenvolvimento sustentável. Neste sentido, a utilização de resíduos da cadeia alimentícia em embalagens de alimentos vem sendo muito estudada, pois tanto as macromoléculas presentes nos alimentos, como proteínas, carboidratos e lipídeos, como os fitoquímicos presentes, podem ser utilizados no desenvolvimento de embalagens biodegradáveis e ativas, que é uma tendência no mercado. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é discutir os principais pontos e publicações científicas relacionadas a utilização de compostos bioativos em embalagens biodegradáveis e ativas de alimentos.

**Palavras-chave:** sustentabilidade, produtos naturais, fitoquímicos, embalagens alimentícias.

### 1. Introdução

Em setembro de 2015, a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura criou a Agenda 2030, a qual inclui 17 objetivos

globais de sustentabilidade, com o objetivo de promover o crescimento econômico, integração social e proteção ambiental. O objetivo 12, Consumo e Produção Responsáveis, se conecta diretamente com o conceito de Perdas e Desperdício de Alimentos (PDA). O plano é reduzir pela metade o desperdício alimentar global per capita, nos níveis de varejo e consumidor, além de reduzir as perdas de alimentos ao longo das cadeias de produção e abastecimento, o que inclui as perdas pós-colheita.

Estima-se um aumento na demanda por produção de alimentos, de 60% para 110%, até 2050 (estimativas de 2011 a 2012) (GARNETT, 2013), o que está diretamente relacionado com a necessidade de expansão da produção global de alimentos, no entanto, os índices de PDA crescem em todo o mundo (RICHTER; BOKELMANN, 2016) e, como uma das consequências, a desnutrição persiste nos países em desenvolvimento (PINGALI *et al.*, 2017).

A redução das PDA é uma questão emergencial e crítica, dadas as consequências econômicas, sociais, ecológicas e de ordem de saúde pública (GOBEL *et al.*, 2015). Através da minimização das PDA pode-se gerar um impacto positivo no setor econômico, através da relação renda do produtor x despesas dos consumidores, de acordo com Lipinski *et al.* (2013); na segurança alimentar (INGRAM *et al.*, 2013) e na luta contra a fome (GARRONE *et al.*, 2014). Entre os alimentos que mais são perdidos e desperdiçados no mundo, destacam-se as frutas e hortaliças e seus resíduos.

Estas matérias-primas, seus coprodutos e resíduos possuem uma atividade biológica expressiva, pois são fontes de vários compostos bioativos, os quais podem ser aplicados em diferentes materiais dentro da indústria de alimentos, incluindo embalagens alimentícias. Estes compostos podem ser componentes ativos de embalagens, atuando sinergicamente com a embalagem e potencializando o sistema de proteção do alimento.

Outro ponto interessante da aplicação de compostos bioativos em embalagens alimentícias é que a deterioração microbiana e as reações de oxidação, são um grande problema para a indústria de alimentos, estando estas relacionadas à redução da qualidade e do tempo de prateleira de alimentos embalados, desta maneira, contribuindo para o aumento dos índices de PDA. Além disso, a utilização de matérias-primas ricas em compostos bioativos, derivadas de resíduos ou partes não comestíveis ou utilizadas de

alimentos pela indústria é uma alternativa para um melhor aproveitamento de matérias-primas vegetais, contribuindo assim na busca pela sustentabilidade.

Sendo assim, este capítulo irá apresentar uma discussão sobre os principais pontos das perdas e desperdícios de alimentos, compostos bioativos e embalagens ativas, relacionando estes temas com a busca da sustentabilidade.

## 2. Perdas e Desperdício de Alimentos

Na última década têm-se observado um aumento no interesse pelos assuntos relacionados às perdas e ao desperdício de alimentos em diferentes setores da sociedade, como círculos políticos, meio acadêmico e no setor privado.

As PDAs são frequentemente utilizadas nas literaturas científicas para descrever materiais destinados à alimentação humana que são subsequentemente desperdiçados, perdidos, degradados ou contaminados. De acordo com a FAO (*Food and Agricultural Organization*) as perdas de alimentos (PA) são quaisquer mudanças na disponibilidade ou qualidade de partes comestíveis dos alimentos, as quais impedem o seu consumo por humanos (FAO, 2011). Esta definição foi pensada e proposta para o intervalo de obtenção das matérias-primas alimentícias até o período pós-colheita, ou seja, antes das operações de distribuição, comercialização e consumo. Gustavsson *et al.* (2011) propuseram um conceito semelhante ao da FAO, porém as PA incluem os estágios de produção de alimentos e, não somente o período pós-colheita. O desperdício de alimentos (DA) é definido como as perdas de alimentos que ocorrem durante os estágios de comercialização e de consumo. Östergren *et al.* (2014) conceituou DA como “qualquer alimento ou partes não comestíveis de alimentos, removidos (perdidos ou desviados) da cadeia de abastecimento alimentar para serem eliminados ou reutilizados (compostagem, safras perdidas, produção de biomassa, incineração, descartada em aterros etc.).

As PDAs são um problema mundial, incluindo países desenvolvidos e não desenvolvidos, porém de acordo com Parfitt *et al.* (2010) e Gustavsson *et al.* (2011) existe um padrão entre estes, em países em desenvolvimento ou

subdesenvolvidos, a maior parte das PDAs correspondem às perdas de alimentos, as quais ocorrem nas fases iniciais das cadeias de abastecimento, como o transporte, armazenamento e processamento; enquanto em países desenvolvidos, os dados mostram que existe uma predominância de desperdício de alimentos, relacionado à distribuição dos alimentos e comportamento dos consumidores. Estes dados demonstram uma relação clara com padrões de renda das populações, enquanto em países de baixa renda as limitações da falta de investimento em tecnologias aplicadas à área refletem em maiores valores de perda, em países de renda média ou alta, os quais possuem investimento em tecnologia, o que resulta em uma redução nas perdas, o que se observa é um aumento do desperdício.

De acordo com dados do *Unep Food Waste Index Report 2021*, aproximadamente 931 milhões de toneladas de alimentos foram desperdiçados em 2019, destes 61% são provenientes de residências, 26% de serviços de alimentação e 13% de varejistas. Estes dados sugerem que em torno de 17% da produção mundial de alimentos é desperdiçada por ano. Além disso, de acordo com esta publicação os dados de desperdício de alimentos domiciliares per capita são bastante semelhantes entre países desenvolvidos, em desenvolvimento e subdesenvolvidos, contrapondo alguns dados anteriormente publicados.

A cadeia produtiva de alimentos inicia com a produção de alimentos a partir do setor agrícola, onde tanto as atividades de agricultura, quanto de pecuária estão relacionadas com as PDA, como por exemplo: frutas ou vegetais de baixa qualidade, culturas danificadas deixadas no campo, produtos ou coprodutos com um valor comercial baixo ou ausente. As PDA provenientes da indústria de processamento e manufatura de alimentos estão relacionadas com diversos fatores, como: danos durante o transporte ou sistemas de transporte inadequados, problemas durante o armazenamento, perdas durante o processamento ou contaminação química ou microbiana, embalagem inadequada, entre outros. Em relação, ao sistema varejista e de consumidores, o desperdício está mais relacionado à problemas de conservação e manipulação inadequados, problemas com temperaturas de conservação ou cozimento, compras excessivas ou inadequadas, preparação excessiva,

porcionamento, bem como confusão entre os termos “melhor antes” ou “até” determinadas datas (PARTIFF *et al.*, 2010).

Com relação aos principais grupos de alimentos relacionados com às PDA, as frutas, os vegetais e os cereais se destacam. Um trabalho publicado por Lanfranchi *et al.* (2014) corrobora com esta informação, os autores identificaram que os índices mais altos de DA são observados nos setores de frutas e hortaliças, por outro lado, Cicatiello (2017) observou que em torno de 35% do total de alimentos desperdiçados corresponde à produtos de confeitaria e carne.

Toda essa matéria alimentícia perdida ou desperdiçada carrega um alto valor biológico, derivado da sua constituição química, altos valores de proteínas, lipídeos e compostos antioxidantes, como os flavonoides, carotenoides, terpenos, entre outros. Estes materiais que estão indo para o lixo, possuem um grande potencial para ser aplicado no desenvolvimento de outros produtos e/ou itens de importância no mercado atual, como em embalagens alimentícias.

O desafio para a economia circular é implementar a sustentabilidade reunindo os setores de agricultura, produção de alimentos e consumidores, promovendo um pensamento sistêmico entre estes, onde os resíduos sejam novos substratos e as matérias-primas tenham um aproveitamento integral.

Através deste pensamento de economia circular, podemos interrelacionar matérias-primas perdidas da indústria de alimentos e/ou desperdiçadas na sequência da cadeia, com o alto potencial biológico delas (composição e atividade biológica) e a necessidade de desenvolvimento de novos materiais que possam garantir a qualidade e a segurança de alimentos. Através do fechamento deste ciclo, é possível observar a relação com a sustentabilidade.

### **3. Compostos Bioativos**

O termo composto bioativo refere-se a um grupo de compostos produzidos pelas plantas, os quais exibem significativas propriedades biológicas como, atividade antioxidante, antimicrobiana, anti-inflamatória e antitumoral, com grande potencial de exploração nas indústrias farmacêuticas, alimentícias e químicas. Estes compostos variam muito em termos de estrutura e função

química e estão agrupados de acordo com as suas estruturas químicas. São considerados como não nutrientes e estão presentes em pequenas quantidades em diferentes partes das plantas.

Os compostos bioativos podem ser encontrados principalmente em frutas, vegetais, cereais, oleaginosas e óleos, como por exemplo, maçãs, frutas cítricas, uvas, cebolas, cenouras, tomates, alhos, feijões, cacau, soja, semente de gergelim, semente de algodão, amendoins, semente de mostarda, arroz, arroz selvagem, folhas de cevada e aveia, por exemplo (KRISETHERTON *et al.* 2002; SECOLIN, 2014).

A maioria destes compostos é resultante do metabolismo secundário das plantas e, além de contribuírem com a cor, aroma e sabor dos alimentos, possuem funções consideradas não essenciais para a sobrevivência das plantas, como: proteção contra os herbívoros e contra a infecção por microrganismos patogênicos; atuam como agentes de atração (odor, cor ou sabor) para animais polinizadores e dispersores de sementes e; como agentes na competição planta-planta e nas simbioses plantas-microrganismos.

Os compostos bioativos de origem vegetal, incluem uma gama de compostos chamados de fitoquímicos (fito = vegetal), extratos vegetais e óleos essenciais. Estes vêm ganhando destaque em vários setores da pesquisa e da indústria devido à sua incomparável diversidade estrutural; suas pequenas dimensões relativas (peso molecular < 2000 Da) e grande variedade de propriedades farmacológicas, como a capacidade de ser absorvida e metabolizada.

As principais classes de compostos bioativos vegetais são: carotenoides, compostos fenólicos, alcaloides, compostos nitrogenados e compostos organossulfurados.

Muitos trabalhos demonstram o potencial dos compostos bioativos em embalagens alimentícias, no desenvolvimento de embalagens ativas, como agentes antimicrobianos (antifúngico ou antibacteriano) frente à microrganismos patogênicos ou deteriorantes, de importância na área de alimentos, e como antioxidantes, os quais possuem potencial para reduzir ou inibir as reações oxidativas nos alimentos; ambos são utilizados com o objetivo de aumentar a vida útil dos produtos alimentícios.

#### 4. Embalagens ativas e sustentáveis

De acordo com os especialistas, uma embalagem alimentícia é utilizada por diferentes motivos, como: contenção de produtos, informações sobre o produto para o consumidor, impacto psicológico nos consumidores, através de uma apresentação apropriada e diferenciada da embalagem, porcionamento dos produtos alimentícios, facilitar o armazenamento e o transporte e proteção do produto frente à fatores exógenos, entre outros (JERZYK, 2014; LISIŃSKA-KUŚNIERZ; UCHEREK, 2004; MARSH; BUGUSU, 2007).

No entanto, hoje em dia, devido à globalização dos mercados e a grande competição entre as marcas, as empresas estão buscando novas formas de atrair os consumidores, entre estas pode-se citar: aumento da produtividade, aliado à manutenção da segurança alimentar e utilização de materiais sustentáveis no desenvolvimento de embalagens. Este último tem sido muito explorado pelas empresas, pois têm-se observado um maior interesse por saúde e bem-estar entre os consumidores, o que tem provocado o crescimento de um segmento específico de consumidores, rotulados como LOHAS (*Lifestyles of Health & Sustainability*), cujo estilo de vida requer produtos e serviços alinhados com seus valores e visão de mundo, configurados a partir de um maior acesso à educação e à informação. As decisões de compra dessas pessoas são influenciadas fortemente pelos critérios de saudabilidade e sustentabilidade, através de um equilíbrio entre uma vida saudável e responsável, quanto ao impacto do consumo individual sobre o meio ambiente e a coletividade.

Neste sentido, as embalagens sustentáveis têm ganhado cada vez mais espaço no mercado, pois atendem diretamente estas novas demandas dos consumidores e auxiliam na redução das PDAs. Embalagens sustentáveis são feitas de materiais orgânicos ou materiais recicláveis (ECYCLE, S/D). Estas são uma solução para as empresas que desejam ser ecologicamente sustentáveis e ainda mostrar uma consciência ambiental por meio de uma embalagem com aparência inovadora e marcante. Em geral, essas embalagens são feitas à base de materiais biodegradáveis e que, quando descartados em qualquer lugar, não oferecem riscos ao meio ambiente (ECYCLE, S/D).

Este tipo de embalagem pode ser produzido a partir de várias matérias-primas, como por exemplo: fibra de coco, cogumelos e seus resíduos, fécula de mandioca, bagaço de cana de açúcar e outros resíduos industriais. Estas matérias-primas, coprodutos e resíduos agroindustriais são fontes de vários compostos bioativos, os quais possuem um alto potencial biológico para diversas aplicações, como por exemplo, componentes ativos de embalagens, atuando sinergicamente com a embalagem no sistema de proteção do alimento e contribuindo para o alcance dos objetivos de sustentabilidade, como a redução das PDAs.

Vários grupos de pesquisa e centros tecnológicos têm se dedicado na busca de novas embalagens ativas e/ou biodegradáveis. As embalagens ativas são assim denominadas porque interagem com os produtos alimentícios, através de uma participação ativa no processo de conservação.

A utilização de matérias-primas agrícolas, o que inclui produtos, coprodutos e resíduos da produção agroindustrial, como citado anteriormente, têm sido o foco de várias pesquisas que visam o desenvolvimento de novos materiais de embalagem, pois são uma alternativa de materiais sustentáveis (MAHCENE *et al.*, 2020; NOGUEIRA *et al.*, 2018; NOGUEIRA *et al.*, 2019; RIAZ *et al.*, 2020; WU *et al.*, 2019).

Estes substratos são fontes de biomoléculas, como carboidratos, proteínas, lipídeos e, também de compostos biologicamente ativos, como carotenoides, antocianinas, terpenos, compostos fenólicos etc. (MELO *et al.*, 2019). A composição química destes materiais, que alia macromoléculas à compostos bioativos, permite a produção de biopolímeros com propriedades adicionais, os quais são caracterizados como embalagens ativas e possuem um papel protetor superior às embalagens convencionais.

Além disso, a produção de biopolímeros a partir de macromoléculas presentes em substratos agroindustriais, está relacionada à produção de biopolímeros biodegradáveis e/ou comestíveis e, o processo de incorporação de extratos vegetais e óleos essenciais, como princípio ativo de uma embalagem ativa, é mais simples nestes filmes, devido à compatibilidade das matérias-primas.

A produção de embalagens ativas tem sido muito estudada (FERREIRA NOGUEIRA *et al.*, 2019; LOMBO VIDAL *et al.*, 2020; MAHCENE *et al.*, 2020;

MATTA FAKHOURI *et al.*, 2019; SCHAEFER *et al.*, 2020; WU *et al.*, 2019), estes estudos abrangem diferentes técnicas de produção, como a produção de biopolímeros a partir de biomateriais bioativos (MANIGLIA *et al.*, 2014; MANIGLIA *et al.*, 2015; MANIGLIA *et al.*, 2017) e através da incorporação direta ou por aspersão de compostos bioativos livres ou encapsulados na solução filmogênicas (FERREIRA NOGUEIRA *et al.*, 2019; WU *et al.*, 2019). O que resulta em filmes ou biopolímeros bioativos com novas ou melhores propriedades antioxidantes (NOGUEIRA *et al.*, 2019; RIAZ *et al.*, 2020), antimicrobianas (MAHCENE *et al.*, 2020; NOGUEIRA *et al.*, 2018; WU *et al.*, 2019;), cores diferenciadas (BRITO *et al.*, 2019; FERREIRA NOGUEIRA, 2019;) e propriedades de barreira e mecânicas aperfeiçoadas (BRITO *et al.*, 2019; FERREIRA NOGUEIRA, 2019; ZARANDONA *et al.*, 2020).

#### **4.1. Embalagens ativas produzidas com materiais bioativos**

A produção de filmes partir de materiais bioativos, isto é, quando o próprio material filmogênico possui potencial biológico, possui algumas vantagens, como:

- A utilização de produtos e coprodutos agrícolas e agroindustriais, como matéria-prima, pode contribuir na redução dos problemas ambientais causados pelo descarte destes materiais;

- Eliminação da etapa de incorporação da substância bioativa durante o processo de produção;

- Desenvolvimento de biopolímeros com propriedades funcionais, como atividade antimicrobiana ou antioxidante, capazes de controlar as alterações de qualidade e segurança em alimentos embalados;

- Redução dos custos do processo, através da eliminação de etapas do processo e utilização de matérias-primas de baixo custo (muitas vezes provenientes de resíduos do processamento de produtos de origem vegetal).

Estudos realizados com filmes produzidos com farinha de açafrão, obtida a partir da extração dos resíduos da produção do corante de açafrão, demonstraram potencial antioxidante, de acordo com os autores a atividade antioxidante está relacionada com a presença de curcuminoides no filme (MANIGLIA *et al.*, 2015).

Maniglia *et al.* (35) utilizaram o mesocarpo de babaçu, um coproduto da extração do óleo de babaçu, para produzir filmes bioativos. Os filmes produzidos apresentaram teores significativos de compostos fenólicos e atividade antioxidante.

#### **4.2. Biopolímeros ativos produzidos através da incorporação de compostos bioativos**

A incorporação do composto bioativo, livres ou encapsulados, pode ocorrer em dois estágios diferentes do processo de produção do biopolímero: durante o processo de solubilização ou antes do processo de solubilização. O estágio de incorporação depende das características do material bioativo, como: solubilidade, concentração e quantidade utilizada, umidade e instabilidade nas condições de produção (pH, temperatura, entre outros).

Um dos métodos mais utilizados na produção destes biopolímeros é a incorporação de compostos bioativos encapsulados nos filmes. O processo de encapsulação é uma alternativa para aumentar a estabilidade, manter a viabilidade e garantir a vida de prateleira dos produtos. O processo de encapsulação consiste em isolar o composto bioativo em um micro-sistema (micropartículas) ou nano-sistema (nanopartículas) com uma estrutura física capaz de desenvolver uma barreira física e termodinâmica, que protege o composto de condições adversas (umidade, calor, umidade, oxidação, reações químicas e mudanças extremas) e permite a liberação controlada do composto (SOUKOULIS *et al.*, 2018). O processo de produção de filmes ativos através da incorporação de compostos encapsulados apresenta algumas vantagens, como:

- Melhora da compatibilidade entre o material polimérico e o composto bioativo, como por exemplo a melhora da miscibilidade entre um composto lipofílico e um material polimérico hidrofílico);
- Manutenção da estabilidade e viabilidade do composto ativo, quando expostos a condições desfavoráveis;
- Aumento da biodisponibilidade do composto;
- Controle da liberação do composto mediante estímulos específicos.

#### 4.2.1. Embalagens ativas antioxidantes e/ou antimicrobianas

A utilização de compostos bioativos com atividade antioxidante e antimicrobiana na produção de biopolímeros é uma estratégia sustentável que visa à manutenção e a extensão da vida de prateleira de alimentos embalados (WU *et al.*, 2019). Considerando que, as reações oxidativas e o crescimento de micro-organismos patogênicos e deteriorantes em alimentos embalados são um dos grandes responsáveis pela degradação destes produtos, o que limita a sua utilização e aumenta os índices de PDA.

Outro aspecto interessante da utilização de compostos bioativos em embalagens ativas é o aproveitamento integral das matérias-primas alimentícias, pois em geral, a maioria destes compostos são extraídos de resíduos, cascas, sementes ou outras partes que seriam descartadas, o que promove agregação de valor à estas matérias-primas e, também reduz os índices de PDA.

Além disso, a utilização de compostos bioativos em embalagens ativas irá reduzir ou evitar a necessidade de utilização de aditivos sintéticos nos produtos alimentícios, os quais possuem uma ação limitada, devido à sua rápida velocidade de difusão no alimento, o que pode levar a uma redução da função protetora deste. Outro ponto interessante, é que a substituição parcial e/ou total de aditivos sintéticos por naturais, é considerada uma vantagem para o produto em relação à outras marcas por alguns consumidores. Vale ressaltar que o aditivo natural presente na embalagem ou no alimento, tem que ser autorizado pelos órgãos de fiscalização competentes, assim como ocorre com os aditivos sintéticos.

O desenvolvimento de embalagens ativas que possuam capacidade antioxidante é um fator que melhora a qualidade do alimento, uma vez que, a oxidação lipídica não é desejada pela indústria de alimentos, devido ao sabor e odor rançoso produzido no alimento (VENZEL & SCAPIM, 2015).

Soutani Fioz *et al.* (2021) observaram que a utilização de tocoferol (vitamina E) presente em nozes, sementes e seus resíduos e ácido ascórbico (vitamina C) presente em frutos cítricos e seus resíduos como absorvedores de O<sub>2</sub> em embalagens ativas, apresentou resultados significativos, o que se torna interessante, pois ambos são derivados de fontes alimentares e sabe-se que o efeito do oxigênio (O<sub>2</sub>) sobre os alimentos e produtos alimentícios, é

majoritariamente, deteriorante. Alguns exemplos desse efeito são as reações oxidativas (ação catalítica da oxidação de lipídeos e vitaminas, por exemplo), ativação de algumas enzimas (como por exemplo, a polifenoloxidase), promoção do crescimento e multiplicação de micro-organismos aeróbios e leveduras, entre outros. Logo, a presença de O<sub>2</sub> em embalagens alimentícias está diretamente relacionada com a rápida degradação deles. Todas estas reações levam ao desenvolvimento de alterações sensoriais, na cor, aroma, odor e sabor dos produtos; nutricionais, como a redução do valor nutritivo e de segurança, através da promoção do crescimento de micro-organismos patogênicos, causadores de doenças transmitidas por alimentos.

Yang *et al.* (2016) avaliaram o efeito protetor de um filme proteico e antioxidante contendo extrato de chá verde e chá preto em carne de porco. De acordo com os dados obtidos, os autores afirmaram que ambos os extratos reduziram a oxidação lipídica nas amostras e entre estes o chá verde apresentou melhores resultados.

Schimitz *et al.* (2016) avaliaram o potencial de embalagens ativas com potencial antioxidante, produzidas a base de filmes de milho, gelatina e polpa de guabiroba (componente ativo), os quais foram testados na forma de sachês. De acordo com o grupo, os resultados são promissores, pois o sachê com polpa de guabiroba reduziu significativamente os níveis de oxidação lipídica.

Venzel & Scapim (2015) desenvolveram um protótipo de embalagem biodegradável constituída de amido de mandioca e polímeros sintéticos biodegradáveis, com capacidade antioxidante devido a adição de extrato de abacate e testada em biscoitos de polvilho. O presente trabalho não observou uma ação antioxidante expressiva sobre os biscoitos, mas se mostrou eficaz no que se refere a sustentabilidade e com algumas melhorias teria uma boa aplicabilidade à indústria de alimentos, além de ser um processo de baixo custo.

A utilização de antimicrobianos de fontes naturais como parte ativa de embalagens são promissoras dentro do setor de alimentos, pois aliam várias tendências da área, como a utilização de recursos naturais, redução das perdas de alimentos e o *clean label*.

De acordo com Devlieghere *et al.* (2004) o uso de antimicrobianos naturais apresentam alta efetividade, o que permite a substituição de

antimicrobianos sintéticos. Entre os principais compostos naturais que vêm sendo estudados, destacam-se os compostos fenólicos e flavonoides, que possuem elevada eficácia contra a proliferação de micro-organismos. Além disso, estes compostos podem apresentar um potencial benéfico para a saúde dos consumidores, prevenindo doenças cardíacas e processos oxidativos (ARBOS *et al*, 2013).

Zavareze *et al.* (2019) avaliaram o potencial de um filme polimérico ativo produzido a partir de amido de milho e óleo essencial de laranja, os resultados demonstraram potencial antimicrobiano do filme frente a micro-organismos de importância na área de alimentos, como *Listeria monocytogenes*.

Em outro trabalho Tadini *et al.* (2013) demonstraram a capacidade antifúngica de um biopolímero produzido a partir de fécula de mandioca e óleo essencial de canela e de alho. De acordo com os autores, os dados foram promissores para o biopolímero ativo com óleo essencial de canela.

Os óleos essenciais extraídos de plantas aromáticas, apresentam na sua composição química diversos compostos de interesse biológico, como os terpenos, álcoois, hidrocarbonetos etc., os quais podem estar relacionados às propriedades antimicrobianas, frente a micro-organismos de interesse na área de alimentos. Exemplos de produtos que são armazenados em embalagens ativas adicionadas de óleos essenciais são queijos, carnes e peixes (BAJPAI *et al.*, 2008; JAYASENA, 2013; OLMEDO; NEPOTE; GROSSOA, 2013). É importante salientar que estes óleos possuem um caráter sensorial bastante específico, o que pode limitar a sua aplicação, apesar do potencial antimicrobiano que apresentam, logo existem produtos que permitem a adição de óleos essenciais e alguns produtos onde estes compostos podem prejudicar o perfil sensorial do alimento, o que irá impactar na aceitação dos consumidores.

## 5. Conclusão

As embalagens de alimentos, ativas e/ou biodegradáveis, são uma ferramenta importante na busca de sustentabilidade. Sendo assim, políticas públicas e investimento que busquem investir no desenvolvimento de novos materiais de embalagens irão auxiliar no alcance de alguns dos objetivos da Agenda 2030, como redução das PDA, redução dos danos ambientais,

aumento da utilização de matérias-primas agropecuárias e redução da exploração do capital natural.

## 6. Referências

AKSELB; A brief review on bioactive compounds in plants. In: Bioactive compounds in plants - benefits and risks for man and animals. **Oslo: The Norwegian Academy of Science and Letters.**11-17. 2010.

ARBOS, K. A.; STEVANNI, P. C.; CASTANHA, R. F. Atividade antimicrobiana, antioxidante e teor de compostos fenólicos em casca e amêndoa de frutos de manga. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 2, p. 161-165, abr. 2013.

BAJPAI, V. K.; BAEK, K.; KANG, S. C. Control of Salmonella in foods by using essential oils: a review. **Food Reseach International** v. 45, n. 2, p. 722-734. 2020.

BRITO, T.B.; CARRAJOLA, J.F.; GONÇALVES, E.C.B.A.; MARTELLI-TOSI, M.; FERREIRA, M.S.L. Fruit and vegetable residues flours with different granulometry range as raw material for pectin-enriched biodegradable film preparation. **Food Res. Int.**, v. 121, p. 412–421. 2019.

DEVLIEGHERE, F.; VERMEIREN, L.; DEBEVERE, J. New preservation technologies: possibilities and limitations. **International Dairy Journal**, Amsterdã, v. 14, n. 4, p. 273-285, 2004.

EVANGELHO, Jarine *et al.* Antibacterial activity, optical, mechanical, and barrier properties of corn starch films containing orange essential oil. **Carbohydrate Polymers**, v.222, p. 114981. 2019.

FERREIRA NOGUEIRA, G.; MATTA FAKHOURI, F.; DE OLIVEIRA, R.A. Incorporation of spray dried and freeze dried blackberry particles in edible films: Morphology, stability to pH, sterilization and biodegradation. **Food Packag. Shelf Life**, v. 20, p. 100313. 2019.

GARCÍA-GUILIANY, J.; DURÁN, S. E.; PARRA FERNÁNDEZ, M.; GARCÍA CALI, E. Elementos y principios de la calidad de servicio en Instituciones de Educación Superior. Marketing y Competitividad en las Organizaciones. **Enfoques y Perspectivas. Barranquilla- Colombia (1st ed.)**. Ediciones Universidad Simón Bolívar (Chapter 12). 2017.

GENG, Y. *et al.* (2017). A Jafarzadeh, S. *et al.*, Biodegradable green packaging with antimicrobial functions based on the bioactive compounds from tropical plants and their by-products. **Trends Food Sci. Technol.**, v.100, p. 262. 2020.

JERZYK, E. Design opakowania i jego elementy w procesie podejmowania decyzji zakupowych [Packaging design and its components in purchase decision-making process]. **Marketing i Rynek**, v. 4, p. 391–398. 2014.

KRIS-ETHERTON, P. M.; HECKER, K.D.; BONANOME, A.; COVAL, S.M.; BINKOSKI, A.E.; HILPERT, K. F.; GRIEL, A.E.; ETHERTON, T.D. Bioactive Compounds in Foods: Their Role in the Prevention of Cardiovascular Disease and Cancer. **The American Journal of Medicine**, v. 113, p. 71S-88S, 2002.

LISIŃSKA-KUŚNIERZ, M.; UCHEREK, M. Podstawy opakowalnictwa towarów [Rudiments of food packaging]. **Kraków: Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie**. 2004.

LOMBO VIDAL, *et al.* Production of bioactive films of carboxymethyl cellulose enriched with green coffee oil and its residues. **Int. J. Biol. Macromol.**, v. 146, p. 730–738. 2020.

MAHCENE, Z. *et al.* Development and characterization of sodium alginate based active edible films incorporated with essential oils of some medicinal plants. **Int. J. Biol. Macromol.**, v. 145, p. 124. 2020.

MAHCENE, Z.; *et al.* Development and characterization of sodium alginate based active edible films incorporated with essential oils of some medicinal plants. **Int. J. Biol. Macromol.**, v. 145, p. 124–132. 2020.

MANIGLIA, B.C.; DE PAULA, R.L.; DOMINGOS, J.R.; TAPIA-BLÁCIDO, D.R. Turmeric dye extraction residue for use in bioactive film production: Optimization of turmeric film plasticized with glycerol. **LWT Food Sci. Technol.**, v. 64, p. 1187–1195. 2015.

MANIGLIA, B.C.; DOMINGOS, J.R.; DE PAULA, R.L.; TAPIA-BLÁCIDO, D.R. Development of bioactive edible film from turmeric dye solvent extraction residue. **LWT Food Sci. Technol.**, v 56, p. 269–277. 2014.

MANIGLIA, B.C.; TESSARO, L.; LUCAS, A.A.; TAPIA-BLÁCIDO, D.R. Bioactive films based on babassu mesocarp flour and starch. **Food Hydrocoll.**, v. 70, p. 383–391, 2017.

MARSH, K.; BUGUSU, B. Food packaging-roles, materials, and environmental issues. **Journal of Food Science**, 72, v. 3, R39–R55. 2007.

MATTA FAKHOURI, F.; NOGUEIRA, G.F.; DE OLIVEIRA, R.A.; VELASCO, J.I. Bioactive Edible Films Based on Arrowroot Starch Incorporated with Cranberry Powder: Microstructure, Thermal Properties, Ascorbic Acid Content and Sensory Analysis. **Polymers**. v. 11, p.1650. 2019.

MELO, P.E.F.; *et al.* Antioxidant films from mango kernel components. **Food Hydrocoll.**, v. 95, p. 487–495. 2019.

NOGUEIRA, G.F.; FAKHOURI, F.M.; DE OLIVEIRA, R.A. Extraction and characterization of arrowroot (*Maranta arundinaceae* L.) starch and its application in edible films. **Carbohydr. Polym.**, v. 186, p. 64–72. 2018.

NOGUEIRA, G.F.; FAKHOURI, F.M.; DE OLIVEIRA, R.A. Extraction and characterization of arrowroot (*Maranta arundinaceae* L.) starch and its application in edible films. **Carbohydr. Polym.**, v. 186, p. 64–72. 2018.

NOGUEIRA, G.F.; SOARES, C.T.; CAVASINI, R.; FAKHOURI, F.M.; DE OLIVEIRA, R.A. Bioactive films of arrowroot starch and blackberry pulp: Physical, mechanical and barrier properties and stability to pH and sterilization. **Food Chemistry**. v.275, p. 417. 2019.

NOGUEIRA, G.F.; SOARES, C.T.; CAVASINI, R.; FAKHOURI, F.M.; DE OLIVEIRA, R.A. Bioactive films of arrowroot starch and blackberry pulp: Physical, mechanical and barrier properties and stability to pH and sterilization. **Food Chem.**, v. 275, p. 417. 2019.

OLMEDO, R. H.; NEPOTE, V.; GROSSO, N. R.; Preservation of sensory and chemical properties in flavoured cheese prepared with cream cheese base using oregano and rosemary essential oils. *Food Sci Technol*, v. 53, n.2 p. 409-417, out. 2013.

RIAZ, A. *et al.* Chitosan-based biodegradable active food packaging film containing Chinese chive (*Allium tuberosum*) root extract for food application. **Int. J. Biol. Macromol.**, v. 150, p. 595–604. 2020.

SCHAEFER, E.W.; PAVONI, J.M.F.; LUCHESE, C.L.; FACCIN, D.J.L.; TESSARO, I.C. Influence of turmeric incorporation on physicochemical, antimicrobial and mechanical properties of the cornstarch and chitosan films. **Int. J. Biol. Macromol.**, v. 148, p. 342–350. 2020.

SCHMITZ, A. C.; MALHERBI, N. M.; MORAES, A. F. C.; TORMEN, L.; BERTAN, L. C. Efeito do uso de embalagem ativa no acondicionamento de azeite-de-oliva extra-virgem. Chapecó/ SC. Anais VI JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA. Chapecó/SC: Universidade Federal da Fronteira Sul, 2016.

SECOLIN, V.A. Microencapsulação de compostos bioativos de *Camellia sinensis* em sistemas lipídicos por spray-drying. 113 f. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2014.

SOUKOULIS, C.; BOHN, T. A comprehensive overview on the micro- and nano-technological encapsulation advances for enhancing the chemical stability and bioavailability of carotenoids. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, v. 58, p. 1–36. 2018.

VENZEL, A. H. S.; SCAPIM, M. R. S. Desenvolvimento e avaliação de embalagem biodegradável e ativa no controle da oxidação lipídica em alimentos. Maringá. Disponível em: <[https://certificados.uenp.edu.br/propg/2015/Anais%20EAITI%202015/Agrarias/ana%20heloisa\\_agrarias.pdf](https://certificados.uenp.edu.br/propg/2015/Anais%20EAITI%202015/Agrarias/ana%20heloisa_agrarias.pdf)>. Acesso em: 10 agosto 2021.

Wu, H. *et al.* Preparation and characterization of bioactive edible packaging films based on pomelo peel flours incorporating tea polyphenol. **Food Hydrocoll.**, v. 90, p. 41. 2019.

WU, H. *et al.* Preparation and characterization of bioactive edible packaging films based on pomelo peel flours incorporating tea polyphenol. **Food Hydrocoll.**, v. 90, p. 41. 2019.

YANG, H. J.; LEE, J. H.; WON, M.; SONG, K. B. Antioxidant activities of distiller dried grains with solubles as protein films containing tea extracts and their application in the packaging of pork meat. **Food Chemistry**, v.196, p.174–179. 2016.

ZARANDONA, I.; BARBA, C.; GUERRERO, P.; DE LA CABA, K.; MATÉ, J. Development of chitosan films containing  $\beta$ -cyclodextrin inclusion complex for controlled release of bioactives. **Food Hydrocoll.**, v. 104, p. 105720. 2020.

## **Autores**

Francine Novack Victoria

1. Universidade Federal de Pelotas, Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos, Campus Universitário do Capão do Leão, Caixa postal 354, CEP 96010-900, Capão do Leão, RS, Brasil.

\* Autor para correspondência: [francinevictoria@yahoo.com.br](mailto:francinevictoria@yahoo.com.br)