

CUBIERTAS Y PELICULAS COMESTIBLES ADITIVOS BIOACTIVOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA FRUTA

COBERTURAS E FILMES COMESTÍVEIS ADITIVADOS DE COMPOSTOS BIOATIVOS PARA CONSERVAÇÃO DE FRUTAS

Sitonio Eça Kaliana¹, Menegalli Florencia Cecilia²

¹ Faculdade de Engenharia de Alimentos. EP/DEA/FEA, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP – Brasil, kali_ufpb@hotmail.com

² Faculdade de Engenharia de Alimentos. EP/DEA/FEA, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP – Brasil, fcm@fea.unicamp.br

Recibido: 23/10/2011 • Aprobado: 15 /12/2011

RESUMO

Filmes e coberturas comestíveis são aplicados em frutos por terem a capacidade de retardar a perda de compostos aromáticos, permitir a manutenção das propriedades mecânicas dos produtos e por funcionarem como barreiras a gorduras e solutos. Além disso, formam uma camada de proteção adicional para os produtos e podem criar uma atmosfera modificada ao redor dos mesmos, em função da permeabilidade seletiva aos gases O₂ e CO₂, reduzindo assim a taxa de respiração, o metabolismo e, conseqüentemente, sua senescência. Um uso potencial desta tecnologia é a capacidade das coberturas e filmes de agirem como carreadores de aditivos alimentícios, como antioxidantes e antimicrobianos, para a superfície do alimento. Esta revisão discute o uso de coberturas e filmes comestíveis aditivados de compostos com propriedades funcionais e destaca os recentes avanços obtidos pela incorporação desses agentes. As tendências futuras para a área de estudo também são apresentadas.

Palavras-chave: aditivos, coberturas, compostos bioativos, filmes

ABSTRACT

Edible films and coatings have been applied on fruit to reduce aromatic compounds and texture loss and to increase the barrier to transport of fats and solutes. Furthermore, the surface layer on the product can protect the fruit creating a modified atmosphere that by controls the O₂ and CO₂ exchange, reducing respiration rate, metabolism and, consequently, the senescence. A new potential application of this technology is the use of edible coatings and films as carriers of diverse food additives such as antioxidants and antimicrobial agents. This review discusses the incorporation of functional ingredients into the edible coatings and films and highlights of the recent advance in the search for these incorporations. The future trends for the study area are also presented.

Key words: additives, bioactive compounds, coatings, films

I. INTRODUÇÃO

As frutas são importantes fontes de vitaminas, minerais, fibras dietéticas e muitos fitoquímicos que exercem papéis importantes na saúde humana. Dietas ricas em frutas podem ajudar na prevenção de doenças, como câncer, aterosclerose, diabetes, artrite e doenças coronarianas devido aos antioxidantes contidos nas mesmas. Os antioxidantes provêm, em geral, a defesa primária ao corpo humano mediante a eliminação dos radicais livres, os quais interferem no metabolismo [1].

No entanto, quando tratadas, as frutas sofrem com os efeitos negativos causados pelas injúrias realizadas no processamento mínimo, que tem por consequência a perda de qualidade devido ao escurecimento, modificações do flavor e da textura. Além disso, a remoção da proteção epidérmica fornece condições ideais para a colonização e multiplicação de microorganismos [2].

Diversas técnicas vêm sendo desenvolvidas, baseadas na compreensão do processo de respiração de frutas frescas, a fim de prolongar sua vida de prateleira. Geralmente, recorre-se aos seguintes recursos: armazenamento a baixas temperaturas, embalagens com atmosfera controlada ou modificada, utilização de tratamentos que reduzem o metabolismo do produto. Uma alternativa atraente é o uso de biofilmes comestíveis.

Os biofilmes podem ser classificados em coberturas ou filmes comestíveis. As coberturas comestíveis são finas camadas de material digerível aplicadas sobre um produto alimentar, geralmente por imersão do alimento em uma suspensão formada por uma matriz estrutural (em geral biopolímeros de amido ou proteínas na forma de géis), enquanto os filmes comestíveis são estruturas independentes, moldadas na forma de folhas sólidas, finas e feitas de material comestível, que podem ser aplicadas como embalagem sobre o alimento ou entre seus componentes [3].

A aplicação de coberturas ou filmes comestíveis sobre vegetais ou frutas visa diminuir os

efeitos de perda de qualidade e são amplamente estudadas em função de poderem potencialmente, aumentar a vida útil destes produtos por meio da modificação e controle da atmosfera interna dos produtos [4]. Outras vantagens relacionadas a sua aplicação são a redução da umidade e migração de solutos, a diminuição de trocas gasosas e de reações oxidativas, bem como a capacidade de amenizar distúrbios fisiológicos na frutas [5]. Todavia, para desenvolver esses biofilmes, é necessário considerar suas características mecânicas, físicas e químicas relacionadas ao produto.

Além dos seus usos convencionais, os filmes e coberturas comestíveis, possuem a vantagem de poderem ser incorporadas de compostos bioativos. Estes aditivos podem possuir diferentes propriedades e modos de ação, tais como atuarem como antioxidante evitando escurecimento do produto, fornecerem sabor e cor, aumentarem a qualidade do produto através da inclusão de nutrientes, além de agirem como antimicrobianas [6], [7].

O principal objetivo deste artigo é revisar e atualizar as informações disponíveis acerca do uso de coberturas e filmes comestíveis como transportadores de componentes bioativos aplicados para melhorar a qualidade, segurança e funcionalidade dos produtos. Além disso, serão abordadas as tendências e perspectivas futuras referentes ao tema a fim de identificar o estado da arte e sua abordagem inovadora para a tecnologia de alimentos.

II. COMPOSTOS BIOATIVOS INCORPORADOS A COBERTURAS COMESTÍVEIS

Os objetivos mais comuns quando se utiliza filmes e coberturas comestíveis aplicados a alimentos são os de controlar a umidade, a troca de gases ou processos de oxidação, porém, uma maior funcionalidade por ser obtida pela incorporação de componentes bioativos como, agentes antimicrobianos

[8], [9]; antioxidantes [7], [10] e ingredientes nutracêuticos, como minerais e vitaminas [11], [12].

A Tabela 1, versão atualizada da tabela proposta por [13] destaca alguns estudos realizados nos últimos 5 anos acerca do uso de filmes e coberturas

aditivados de compostos bioativos e destaca seus resultados obtidos decorrentes desta adição. Nas seções subsequentes discute-se os principais trabalhos apresentados na Tabela 1, classificando os aditivos em antimicrobianos, antioxidantes, nutracêuticos e melhoradores de textura.

TABELA I
COBERTURAS E FILMES ADITIVADOS.

Material do Biofilme	Aditivo	Fruto	Resultados Obtidos	Referências
Hidroxipropilmetilcelulose (HPMC)	Extrato de Kiam Wood	-	Concentrações acima de 300 mg/L de extrato levaram a um efeito inibitório sobre a <i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i> e <i>L. monocytogenes</i> .	Chana-Thaworn et al. (2011) [14]
HPMC	Ác. Ascórbico; Ác. Cítrico; Óleo essencial de gengibre - (***)	Amêndoa	Os filmes com Ác. Ascórbico e Ác. Cítrico foram mais efetivos contra a oxidação das amêndoas que os aditivados com Óleo Essencial de Gengibre, em longos tempo de armazenamento.	Atares et al., (2011) [15]
HPMC	Extrato de Própolis	Uva	O Extrato de Própolis melhorou a luminosidade das frutas devido à maior opacidade da cobertura, o que contribui para padronizar a aparência das uvas.	Pastor et al., 2011 [16]
HPMC Quitosana (*)	Óleo Essencial de Bergamota	Uva	Os filmes de Quitosana aditivados de óleo formam os melhores quando comparados aos de HPMC nas mesmas condições, visto que mostraram maiores atividades antimicrobianas, maior controle das taxas de respiração e de perdas de água.	Sánchez-González et al. (2011) [17]
Caseinato de Sódio	Óleos Essenciais de Canela e de Gengibre - (*)	-	Nenhum dos óleos melhorou a capacidade dos filmes em atuar como proteção contra a oxidação lipídica, apesar de que, em método espectrofotométrico, o óleo de canela isolado se mostrou um antioxidante forte.	Atares et al., (2010) [18]
Alginato	Extrato de Ginseng	-	O Extrato do Ginseng pode ser incorporado com sucesso a filmes biodegradáveis de alginato, agregando valor, por serem excelentes antioxidantes.	Norajit et al., (2010) [19]
Galactomanana	Extrato de Semente de <i>Gleditsia Triacanthos</i>	-	Os filmes galactomanana aditivados dos extratos apresentaram maior teor de fenólicos totais quando comparado aos filmes sem extrato. Extratos de sementes <i>G. triacanthos</i> podem ser usados como uma fonte natural de compostos fenólicos e antioxidantes e são adequados para aplicação em alimentos.	Cerqueira et al., (2010) [20]
Caseinato de sódio CMC Quitosana (***)	Extratos de alecrim, orégano, azeitona, capsicum, alho, cebola e cranberry (***)	Abóbora	A adição dos extratos preveniram as reações de escurecimento. Os aditivos representaram limitados efeitos antimicrobianos contra <i>L. Monocytogenes</i> e a microbiota nativa.	Ponce et al., (2008) [21]

Continuação da Tabela 1: Coberturas e filmes aditivados.

Material do Biofilme	Aditivo	Fruto	Resultados Obtidos	Referências
Alginato Gelana Pectina (***)	N-acetilcisteína Glutaciona	Pêra	A adição de ambos os aditivos reduziram o crescimento microbiano em comparação as coberturas não aditivadas. Além disso, eles preveniram o escurecimento por 2 semanas sem afetar a firmeza da frutas.	Oms-Oliu et al., (2008a) [10]
Alginato	Óleos Essenciais de Canela, Cravo e Erva-cidreira (**)	Maçã	Os aditivos aumentaram efeito antimicrobiano, reduziram a população de E. coli em mais de 4 log UFC/g, e prolongaram a vida de prateleira microbiológica por mais de 30 dias. Além disso, mantiveram a textura inicial pelos mesmo 30 dias.	Raybaudi-Massilia et al., (2008a) [22]
Alginato	Ác. Málico Óleos Essenciais de Canela, Palmarosa e Erva-cidreira Lactato de Cálcio (**)	Melão	Os aditivos prolongaram a vida de prateleira por mais de 21 dias em alguns casos, devido a um maior efeito antimicrobiano do ácido málico juntamente com os óleos essenciais, no entanto, algumas características do melão foram afetadas, como firmeza e cor.	Raybaudi-Massilia et al., (2008b) [23]
Alginato Gelana (*)	N-acetilcisteína Cloreto de Cálcio (**)	Maçã	Os aditivos mantiveram a firmeza e a cor de fatias de maçã durante o 2 semanas de armazenamento. Eles também retardaram a ação dos micro-organismos.	Rojas-Graü, et al., (2008) [24]
Alginato Gelana Pectina (*)	N-acetilcisteína Glutaciona (**)	Pêra	Os aditivos reduziram o crescimento microbiano e preveniram o escurecimento por 2 semanas sem afetar a firmeza da frutas.	Oms-Oliu et al. (2008a) [10]
Alginato Gelana Pectina (***)	Cloreto de Cálcio	Melão	O cloreto de cálcio utilizado como um agente de reticulação ajudou a manter a firmeza dos frutos.	Oms-Oliu et al. (2008b) [25]
Alginato	Cloreto de Cálcio	Abacaxi	O perfil de textura não se alterou significativamente ao longo do tempo, sugerindo que as características estruturais de peças de abacaxi foram preservadas ao longo do tempo de armazenamento (20 dias).	Montero-Calderón et al., (2008) [26]
Alginato Gelana (*)	N-acetilcisteína Ác. Ascórbico Ác. Cítrico (**)	Mamão Maçã	Os aditivos auxiliaram na preservação do teor de Vitamina C das frutas.	Tapia et al. (2008) [27]
Quitosana	Glutamato de Cálcio	Morango	A adição do glutamato de cálcio não influenciou na retenção da firmeza dos morangos.	Hernández-Munóz et al. (2008) [28]

Continuação da Tabela 1: Coberturas e filmes aditivados.

Material do Biofilme	Aditivo	Fruto	Resultados Obtidos	Referências
Alginato Gelana (*)	N-acetilcisteína Glutaciona (**)	Maçã	Os aditivos preveniram as alterações de cor dos cortes de maçãs.	Rojas-Graü, Tapia, et al., (2007a) [7]
Cera extraída de Euphorbia antisyphilitica	Aloe Vera Ác. Elágico Ác. Gálico (*)	Avocado Banana Maçã	O revestimento Ác. Elágico reduziu a mudança de cor em maior proporção.	Saucedo-Pompa et al., (2007) [29]
Alginato Purê de maçã (**)	Cloreto de Cálcio N-acetilcisteína (**) Erva Cidreira Óleo Essencial de Orégano (**)	Maçã	Revestimentos com cloreto de cálcio e N-acetilcisteína ajudaram a manter a firmeza e cor, enquanto os revestimentos contendo erva cidreira induziram a uma perda de textura grave. Todos os revestimentos aditivados inibiram significativamente o crescimento de micro-organismos aeróbios psicofílicos e leveduras. Coberturas aditivadas de erva cidreira e óleo de orégano apresentaram a maior atividade antimicrobiana contra <i>L. innocua</i> que as coberturas não aditivadas.	Rojas-Graü, M. A. et al. (2007b) [30]
Alginato	Cloreto de Cálcio	Maçã	A firmeza das maçãs revestidas se manteve praticamente constante durante o tempo de estocagem.	Olivas et al. (2007) [31]
Alginato Gelana (*)	Bifidobacterium lactis	Maçã Mamão	Foram mantidos valores superiores a 10 ⁶ UFC /g de <i>B. lactis</i> Bb-12 por 10 dias durante o armazenamento refrigerado das frutas por ambas coberturas aditivadas.	Tapia et al. (2007) [12]

Legenda: Filmes/Coberturas :(*) uso separado / (**) uso associado / (***) associados e separados

A. Antimicrobianos

A epiderme das frutas forma uma barreira física e química que age impedindo o desenvolvimento de microrganismos na sua superfície. Quando esta proteção natural é removida, as frutas ficam sujeitas a processos de deterioração de origem microbiana que têm por consequência a perda de qualidade do produto.

Para aumentar a estabilidade microbiológica de frutas minimamente processadas, uma solução prática é a imersão das mesmas em de soluções contendo antimicrobianos. No entanto,

esta aplicação pode ter benefícios limitados devido ao fato de que as substâncias ativas são rapidamente neutralizadas ou difundidas na superfície do produto, limitando assim o efeito do composto antimicrobiano [32].

Antimicrobianos, quando incorporados às coberturas, podem apresentar ação mais efetiva do que quando aplicados diretamente no produto. Isso porque além de se evitar a inibição da atividade antimicrobiana por compostos presentes no alimento, como proteínas, lipídeos e ácidos, os

antimicrobianos podem gradualmente migrar para a superfície do produto, mantendo assim uma ação constante [33]. Filmes e coberturas aditivadas de antimicrobianos têm inovado o conceito de embalagens ativas e estão sendo desenvolvidos com o objetivo de reduzir, inibir ou retardar o crescimento de microrganismos na superfície de alimentos em contato com as embalagens. Têm se mostrado uma alternativa eficiente no controle de contaminação nos alimentos, já que o desenvolvimento de microrganismos, tanto deterioradores como patogênicos, tem sido prevenido pela incorporação de antimicrobianos aos biofilmes [8], [34].

Substâncias antimicrobianas incorporadas às coberturas podem controlar a contaminação microbiana por três mecanismos: através da redução da taxa de crescimento ou da população contaminante, pelo aumento da fase lag ou inativação dos microorganismos por contato [35].

Visando uma redução de incidência microbiológica, diversos estudos vêm sendo realizados considerando a aplicação de coberturas contendo antimicrobianos. Dentre os compostos estudados, temos: quitosana [36], [34], ácidos orgânicos (acético, benzóico, láctico, propiônico, sórbico), ésteres de ácidos graxos (gliceril monolaurato), polipeptídeos (lisozima, peroxidase, lactoferrina, nisina), óleos essenciais (canela, orégano, erva-cidreira), nitritos e sulfitos, entre outros [37].

[14] estudaram filmes de HPMC aditivados com diferentes concentrações de extratos de kiam wood e observaram que estes têm potencial de estender a vida útil dos produtos alimentares, visto o efeito inibitório obtido sobre *E. Coli*, *S. Aureus* e *L. Monocytogenes* quando utilizadas concentrações de 300 mg/L de extrato. Resultados semelhantes foram obtidos ao utilizar coberturas de alginato, gelana e pectina aditivadas de N-acetilcisteína e glutatona para revestir pêras. Os aditivos agiram reduzindo o crescimento de microrganismos psicrotóxicos e previniram o escurecimento por duas semanas sem afetar a firmeza das frutas [10].

Nos últimos anos tem havido uma pressão considerável por parte dos consumidores para reduzir ou eliminar os aditivos de síntese química em alimentos. Os óleos essenciais se destacam como uma alternativa para estes conservantes químicos e sua utilização em alimentos atende aos interesses dos consumidores que buscam por produtos naturais. A adição de óleos essenciais a filmes e coberturas comestíveis é uma alternativa que se encontra em ascensão, porém sua aplicação ainda é limitada devido sua interferência junto as propriedades organolépticas nos alimentos, a variabilidade da sua composição, e sua atividade diferenciada nos alimentos devido às interações com seus componentes [38].

A atividade dos óleos essenciais e seus componentes ativos têm sido amplamente estudados contra muitos microrganismos, incluindo vários patógenos [39], [40], [41], embora seu mecanismo de ação não tenha sido estudado em aprofundadamente [42].

Uvas revestidas por coberturas de quitosana ou HPMC aditivadas de óleo essencial de bergamota apresentaram altas atividades antimicrobianas à bolores, leveduras e mesófilos por um período de armazenamento de 19 dias. Os resultados globais obtidos mostram que o revestimento mais recomendado é a quitosana aditivada de óleo de bergamota, pois foi o que apresentou a maior atividade antimicrobiana e o maior controle das taxas de respiração, com também bons resultados para controle da perda de água durante o armazenamento [17]. Já no estudo de [23] que utilizaram coberturas de alginato aditivadas de ácido málico e óleos essenciais canela, palmarosa e erva-cidreira em pedaços de melão, mostraram que a incorporação dos óleos essenciais em combinação com o ácido málico prolongou a vida de prateleira dos frutos através da inibição do crescimento da flora nativa e redução da população de *S. Enteritidis*., no entanto, algumas propriedades físico-químicas das frutas foram afetadas.

B. Antioxidantes

A comercialização de frutas minimamente processadas é fortemente influenciada pela mudança de cor devido a reações de ordem enzimática. Além das mudanças de cor, o processamento, mesmo que mínimo, pode provocar alterações indesejáveis para as frutas, como, produção de sabores e odores indesejáveis e perda de firmeza dos tecidos [43]. O fenômeno responsável por estas mudanças é o escurecimento enzimático que geralmente é causado pela enzima polifenoloxidase na presença de oxigênio [44].

A forma mais comum de controle do escurecimento de frutas é através da imersão das mesmas em soluções de antioxidantes após o descascamento ou o corte. O ácido ascórbico é o antioxidante mais amplamente utilizado para evitar escurecimento enzimático de frutas, no entanto ele é oxidado a ácido dehidroascórbico após um tempo, permitindo assim o acúmulo de o-quinonas [12]. Como uma alternativa para o ácido ascórbico, vários compostos contendo tiol como cisteína, N-acetilcisteína e glutatona reduzida têm sido investigados como inibidores de escurecimento enzimático [45]. Além destes, ácidos carboxílicos como o ácido cítrico e ácido oxálico também têm sido sugeridos como agentes antioxidantes eficazes [27].

O uso de agentes antioxidantes associados a embalagens com atmosfera modificada e armazenamento a baixa temperatura tem por consequência o aumento da vida útil das frutas. Filmes e coberturas comestíveis também possuem a capacidade de proporcionar extensão da vida de prateleira de produtos minimamente processados [46] e sua função de proteção também pode ser aprimorada pela adição de compostos antioxidantes. Quando aditivados dos mesmos, eles têm ação efetiva na inibição do escurecimento e minimizam os efeitos indesejáveis de oxidação de nutrientes [5], [47], [16].

Diversos estudos mostram o potencial de biofilmes aditivados de antioxidantes. [19] mostraram que apesar da adição de extrato de gengibre a filmes de alginato ter afetado significativamente algumas propriedades de mecânicas do filmes, eles podem ser incorporados com sucesso por se apresentarem como excelentes atividade antioxidantes. [21], por sua vez, constataram o potencial antioxidante ao utilizarem coberturas de quitona enriquecidas de extratos de alecrim aplicada à abóbora. Foram observados que além de prevenir reações de escurecimento sobre as amostras a aceitabilidade sensorial não foi afetada negativamente.

Todavia, nem sempre a adição de antioxidantes trás bons resultados. [18] estudaram a incorporação de óleos essenciais de canela e de gengibre a filmes de caseinato de sódio e verificaram que para as concentrações estudadas nenhum dos óleos melhorou a capacidade dos filmes de atuar como proteção à oxidação lipídica, apesar de que o óleo de canela isolado tenha se mostrado um forte antioxidante.

C. Nutracêuticos

Apesar do grande interesse, por parte dos pesquisadores e pela perfil atual do mercado consumidor, ainda foram poucos os trabalhos que sugeriram a incorporação de compostos nutracêuticos a coberturas comestíveis. A adição de compostos bioativos a coberturas além estenderem a vida de prateleira do produto, através do potencial antioxidante, podem beneficiá-los pelo acréscimo da qualidade nutricional, possibilitando a produção de produtos nutracêuticos sob a forma de biofilmes comestíveis [29].

Alguns dos compostos que já foram incorporados a filmes e coberturas são: Vitamina E [48], Lactato de zinco e Vitamina E [49]; Ácido ascórbico [27], Cálcio e Vitamina E [11], Probióticos [12], entre outros. A aplicação destes aditivos são muito atraentes por se tratarem de componentes

naturais e não-tóxicos, geralmente de baixo custo, fácil disponibilidade e facilidade de manuseio. No entanto, ao desenvolver se desenvolver coberturas comestíveis para transportar altas concentrações de nutracêuticos é muito importante examinar se os estes componentes quando adicionados à fórmula alteram ou influenciam negativamente a funcionalidade básica dos revestimentos, como por exemplo, propriedades mecânicas e de barreira à umidade.

Estudos têm relatado que os tipos de materiais utilizados como matriz para a solução filmogênica, o tipo e concentração de nutracêuticos incorporados as formulações são fatores que associados influenciam fortemente as propriedades mecânicas e de barreira de coberturas e filmes comestíveis aditivados com elevadas concentrações de nutracêuticos [48].

[12] adicionaram *Bifidobacterium lactis* à coberturas de alginato e gelatina utilizados para recobrir maçã e mamão minimamente processados. Seus resultados mostraram que foram mantidos valores superiores a 106 UFC /g de *B. lactis* Bb-12 por 10 dias durante o armazenamento refrigerado das frutas por ambas coberturas aditivadas. Em trabalho posterior, [27] utilizaram N-acetilcisteína, ácido ascórbico e ácido cítrico como aditivos para as mesmas matrizes poliméricas e observaram que os aditivos auxiliaram na preservação do teor de Vitamina C das frutas.

D. Melhoradores de textura

A textura é um fator importante para definir a qualidade de frutas e influencia fortemente a aceitação pelos consumidores [50]. A textura de uma fruta é determinada pela composição da parede celular, turgescência celular, anatomia celular, e conteúdo de água [51]. As operações de transformação podem resultar em uma perda de firmeza dos tecidos de frutos devido à ação de enzimas péclicas. O compartimento subcelular é interrompido quando as superfícies são cortadas, e a

mistura de substratos e as enzimas, os quais são normalmente separados, pode iniciar reações que normalmente não ocorrem.

A forma mais comum de controlar os fenômenos de amolecimento em frutos recém-cortadas é a utilização de tratamentos com sais de cálcio [52]. A aplicação de algumas coberturas comestíveis também impede o processo de amolecimento decorrentes da hidrólise enzimática da parede celular e de componentes da membrana durante o processo corte [53].

Potenciadores textura podem também ser adicionados as coberturas comestíveis para minimizar o amolecimento frutas durante o armazenamento. Os íons de cálcio interagem com polímeros péclicos para formar uma rede de ligações cruzadas que aumenta a resistência mecânica, atrasando assim a senescência e controlando desordens fisiológicas em frutas e vegetais [54].

[25], [26], estudaram a ação do cloreto de cálcio utilizado como um agente de reticulação e verificaram que este ajudou a manter a firmeza de pedaços de melão e abacaxi, respectivamente. [26] verificou que o perfil de textura não se alterou significativamente e que as características estruturais das peças de abacaxi foram preservadas por 20 dias. [25] realizaram testes sensoriais de consumidor e verificaram que os revestimentos ajudam a manter a firmeza de melão minimamente processados não havendo diferença significativa entre as amostras aos longo dos 7 dias de testes para um $p=0,05$.

III. NOVAS TENDÊNCIAS

As novas tecnologias associadas à aplicação de coberturas comestíveis que estão em desenvolvimento envolvem três novas subáreas: nanoencapsulação, sistemas de multicamadas e secagem de frutas.

A nanotecnologia está sendo utilizados para melhorar os aspectos nutricionais dos alimentos por meio da incorporação de aditivos em nano-escala. A micro ou nanoencapsulação de compostos ativos com coberturas comestíveis podem controlar a sua liberação sob condições específicas e pode ser uma forma de protege-los contra condições adversas como luz, pH e oxigênio além de prolongar a estabilidade dos materiais [55]. Elas têm sido aplicadas para proteção contra degradação de compostos instáveis, como aromas, pigmentos, vitaminas, enzimas, microrganismos e outros [56]. [57], citam como principais motivos para seu uso indústria de alimentos os de reduzir a reatividade do material encapsulado com o ambiente; de diminuir transferência do material encapsulado para o meio; de facilitar a manipulação; promover liberação controlada; mascarar gosto e aroma desagradáveis e promover a diluição homogênea em uma formulação alimentícia.

Outra linha de estudo que é tendência na área de coberturas são as estruturas em multicamadas. Esta tecnologia consiste na preparação de coberturas estruturas através da imersão consecutiva do substrato em duas ou mais soluções de revestimento que contêm espécies de carga oposta [58]. Os biopolímeros mais utilizados para formar estas estruturas multicamadas são as poli-L-lisinas, pectinas, alginatos e quitosana [59], [60].

Alguns trabalhos estudaram a aplicação de coberturas comestíveis aplicadas a fatias de frutas, previamente ao processo de secagem. [61], [62], [63], estudaram diferentes tipos de coberturas comestíveis aplicados a diferentes frutas para analisar qual seria a melhor em termos de aparência, textura, sabor e retenções de compostos e constataram que as coberturas de influenciam positivamente na retenção de nutrientes, quando comparados as frutas secas sem aplicação de coberturas. Os resultados obtidos por estes trabalhos mostraram resultados promissores, porém pouco se estudou sobre as propriedades estruturais e de barreiras das coberturas.

IV. CONCLUSÕES

A adição de compostos bioativos para melhorar as propriedades de filmes e coberturas comestíveis e dos produtos envolvidos é uma questão importante para futuras pesquisas. Estudos sobre este assunto são bastante limitados, e maiores informações são necessárias a fim de desenvolver novas aplicações com funcionalidade melhorada e desempenho sensorial elevada.

Por fim, mais estudos são necessários para entender as interações entre ingredientes ativos e materiais de revestimento no desenvolvimento de filmes comestíveis novo e aplicações de revestimento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Capes (Brasil) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- [1] Ajila, C. M.; Naidu, K. A.; Bhat, S. G. y Rao, U. P. (2007). Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. *Food Chemistry*. vol. 3, (105), p. 982 - 988.
- [2] Nguyen-The, C. y Carlin, F. (2004). The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* vol 34, p. 371 – 401.
- [3] Krochta, J. M. y Demulder Johnston, C. (1997). Edible and biodegradable polymer films: Challenges and opportunities. *Food Technology*. vol. 51, (2), p. 61 - 74.
- [4] Maftoonazad, N.; Ramaswamy, H. S.; Moalémiyan, M. y Kushalappa, A. C. (2007). Effect of pectin-based edible emulsion coating on changes in quality of avocado exposed to *Lasiodiplodia theobromae* infection. *Carbohydrate Polymers*. vol. 68, p. 341 – 349.
- [5] Baldwin, E. A.; Nisperos, M. O.; Chen, X. y Hagenmaier, R. D. (1996). Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. *Postharvest Biology and Technology*. vol. 9, p. 151 - 163.5
- [6] Pranoto, Y.; Salokhe, V. y Rakshit, K. S. (2005). Physical and antibacterial properties of alginate-based edible film incorporated with garlic oil. *Food Research International*. vol. 38, p. 267 - 272

- [7] Rojas-Grau, M. A.; Tapia, M. S.; Rodríguez, F. J.; Carmona, A. J. y Martín-Belloso, O. (2007a). Alginate and gellan-based edible coatings as carriers of antioxidants agents applied on fresh-cut Fuji apples. *Food Hydrocolloids*. vol. 21, (1), p. 118 - 127.
- [8] Appendini, P. y Hotchkiss, J. H. (2002). Review of antimicrobial food packaging. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, vol. 3, p. 113 - 126.
- [9] Park, S.; Stan, S. D.; Daeschel, M. A. y Zhao, Y. (2005). Antifungal coatings on fresh strawberries (*Fragaria x ananassa*) to Control Mold Growth During Cold Storage. *Journal of Food Science*. v.70, (4), p. M202 - M207.
- [10] Oms-Oliu, G.; Soliva-Fortuny, R. y Martín-Belloso, O. (2008a) Edible coatings with antioxidantes agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. *Postharvest Biology and Technology*. vol. 50, p. 87 - 94.
- [11] Han, C.; Zhao, Y.; Leonard, S. W. y Traber, M. G. (2004). Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). *Postharvest Biology and Technology*. vol. 33, p. 67 - 78.
- [12] Tapia, M. S.; Rojas-Graü, M. A.; Rodríguez, F. J.; Ramírez, J.; Carmona, A. y Martín-Belloso, O. (2007). Alginate- and gellan based edible films for probiotic coatings on fresh-cut fruits. *Journal of Food Science*. vol. 72, p. 190 - 196.
- [13] Rojas-Graü, M. A.; Soliva-Fortuny, R. y Martín-Belloso, O. (2009). Edible coatings to incorporate active ingredients to freshcut fruits: a review. *Trends in Food Science & Technology*. vol. 20, p.438 - 447.
- [14] Chana-Thaworn, J.; Chanthachum, S. y Wittaya, T. (2011). Properties and antimicrobial activity of edible films incorporated with kiam wood (*Cotyleobium lanceotatum*) extract. *LWT - Food Science and Technology*. vol. 44, p. 284 - 292, 2011.
- [15] Atares, L.; Perez-Masia, R. y Chiralt, A. (2011). The role of some antioxidants in the HPMC film properties and lipid protection in coated toasted almonds. *Journal of Food Engineering*. vol. 104, p. 649-656.
- [16] Pastor, C.; Sánchez-González, L.; Marcilla, A.; Chiralt, A.; Cháfer, M. y Martínez, C. G. (2011). Quality and safety of table grapes coated with hydroxypropylmethylcellulose edible coatings containing propolis extract. *Postharvest Biology and Technology*. vol. 60, p. 64 - 70.
- [17] Sánchez-González, L.; Pastor, C.; Vargas, M.; Chiralt, A.; Gonzálezmartínez, C. y Cháfer, M. (2011). Effect of hydroxypropylmethylcellulose and chitosan coatings with and without bergamot essential oil on quality and safety of cold-stored grapes. *Postharvest Biology and Technology*. vol. 60, p. 57 - 63.
- [18] ATARES, L.; BONILLA, J. y CHIRALT, A. (2010). Characterization of sodium caseinate-based edible films incorporated with cinnamon or ginger essential oils. *Journal of Food Engineering*. vol. 100, p. 678 - 687.
- [19] Norajit, K.; Kim, K. M. y Ryu, G. H. (2010). Comparative studies on the characterization and antioxidant properties of biodegradable alginate films containing ginseng extract. *Journal of Food Engineering*. vol. 98, p. 377 - 384.
- [20] Cerqueira, M. A.; Souza, B. W. S.; Martins, J. T.; Teixeira, J. A. y Vicente, A. A. (2010). Seed extracts of *Gleditsia triacanthos*: Functional properties evaluation and incorporation into galactomannan films. *Food Research International*. vol. 43, p. 2031 - 2038.
- [21] Ponce, A. G.; Roura, S. I.; Del Valle, C. E. y Moreira, M. R. (2008). Antimicrobial and antioxidant activities of edible coatings enriched with natural plant extracts: In vitro and in vivo studies. *Postharvest Biology and Technology*. vol. 49, p. 294 - 300.
- [22] RAYBAUDI-MASSILIA, R. M.; ROJAS-GRAÜ, M. A.; MOSQUEDA-MELGAR, J.; MARTÍN-BELLOSO, O. (2008a). Comparative study on essential oils incorporated into an alginate-based edible coating to assure the safety and quality of fresh-cut Fuji apples. *Journal of Food Protection*. v. 71, p. 1150-1161.
- [23] Raybaudi-Massilia, R. M.; Mosqueda-Melgar, J. Y Martín-Belloso, O. (2008b). Edible alginate-based coating as carrier of antimicrobials to improve shelf-life and safety of fresh-cut melon. *International Journal of Food Microbiology*. vol. 121, p. 313 - 327
- [24] Rojas-Graü, M. A.; Soliva-Fortuny, R. y Martín-Belloso, O. (2008). Effect of natural antibrowning agents on color and related enzymes in fresh-cut Fuji apples as an alternative to the use of ascorbic acid. *Journal of Food Science*. vol. 73, p. 267 - 272.
- [25] Oms-Oliu, G.; Soliva-Fortuny, R., y Martín-Belloso, O. (2008b). Using polysaccharide-based edible coatings to enhance quality and antioxidant properties of fresh-cut melon. *Lwt-Food Science and Technology*. vol. 10, (41), p. 1862 - 1870.
- [26] Montero-Calderón, M.; Rojas-Graü, M. A. y Martín-Belloso, O. (2008). Effect of packaging conditions on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). *Postharvest Biology and Technology*. vol. 50, p. 182 -189.
- [27] Tapia, M. S.; Rojas-Grau, M. A.; Carmona, A.; Rodríguez, F. J.; Solivafortuny, R. y Martín-Belloso, O. (2008). Use of alginate- and gellan-based coatings for improving barrier, texture and nutritional properties of fresh-cut papaya. *Food Hydrocolloids*. vol. 22, (8), p. 1493 - 1503.
- [28] Hernández-Munóz, P.; Almenar, E.; Valle, V. D.; Velez, D. y Gavara, R. (2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry*. vol. 110, p. 428 - 435.
- [29] Saucedo-Pompa, S.; Jasso-Cantu, D.; Ventura-Sobrevilla, J.; Áenzgalindo, A.; Rodríguez-Herrera, R. y Aguilar, C. (2007). Effect of candelillawax with natural antioxidants on the shelf life quality of fresh-cut fruits. *Journal of Food Quality*. v. 30, p. 823 - 836.

- [30] Rojas-Grau, M. A., Raybaudi-Massilia, R. M., Soliva-Fortuny, R. C., Avena-Bustillos, R. J., Mchugh, T. H., & Martin-Belloso, O. (2007b). Apple puree alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples. *Postharvest Biology and Technology*. vol. 45, (2), p. 254 - 264.
- [31] Olivas, G. I.; Mattinson, D. S. y Barbosa-Cánovas, G. V. (2007). Alginate coatings for preservation of minimally processed 'Gala' apples. *Postharvest Biology and Technology*. vol. 45, p. 89 - 96.
- [32] Min, S., y Krochta, J. M. (2005). Inhibition of *Penicillium commune* by edible whey protein films incorporating lactoferrin, lactoferrin hydrolysate, and lactoperoxidase systems. *Journal of Food Science*. vol. 70, p. M87 - M94.
- [33] Ouattara, B.; Simard, R.E.; Piette, G.; Bégin, A. y Holley, R.A. (2000). Diffusion of acetic and propionic acids from chitosan-based antimicrobial packaging films. *Food Chemistry and Toxicology*. vol. 65, p. 768 - 773.
- [34] Durango, A. M.; Soares, N. F. F. y Andrade, N. J. (2006). Microbiological Evaluation of an Edible Antimicrobial Coating on Minimally Processed Carrots. *Food Control*. vol.17, p. 336 - 341.
- [35] Quintavalla, S. y Vicini, L. (2002). Antimicrobial food packaging in meat industry. *Meat Science*. vol. 62, p. 373 - 380.
- [36] Han, J.H. y Gennadios, A. (2005). Edible Films and Coatings: a Review. In: *Innovations in Food Packaging*. New York: Elsevier Science & Technology Books. p. 239 - 262.
- [37] Franssen, L. R. y Krochta, J. M. (2003). Edible coatings containing natural antimicrobials for processed foods. In S. Roller (Ed.), *Natural antimicrobials for minimal processing of foods*. p. 250 - 262. Boca Raton: CRC Press.
- [38] Gutierrez, J.; Barry-Ryan, C. y Bourke, P. (2008). The antimicrobial efficacy of plant essential oil combinations and interactions with food ingredients. *International Journal of Food Microbiology*. vol. 124, p. 91 - 97.
- [39] Delaquis, P. J.; Stanich, K.; Girard, B. y Mazza, G. (2002). Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. *International Journal of Food Microbiology*. vol. 74, p. 101 -109.
- [40] Karatzas, A. K., Bennik, M. H. J., Smid, E. J., & Kets, E. P. W. (2000). Combined action of S-carvone and mild heat treatment on *Listeria monocytogenes* Scott A. *Journal of Applied Microbiology*. Vol. 89, p. 296 - 301.
- [41] Vázquez, B. I.; Fente, C.; Franco, C. M.; Vázquez, M. J.; y Cepeda, A. (2001). Inhibitory effects of eugenol and thymol on *Penicillium citrinum* strains in culture media and cheese. *International Journal of Food Microbiology*. Vol. 67, p. 157 - 163.
- [42] Lambert, R. J. W.; Skandamis, P. N.; Coote, P. J. y Nychas, G. J. E. (2001). A study of minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *Journal of Applied Microbiology*. Vol. 91, p. 453 - 462.
- [43] Martín-Belloso, O., Soliva-Fortuny, R., y Oms-Oliu, G. (2006). Freshcut fruits. In Y. H. Hui (Ed.), *Handbook of fruits and fruit processing* (pp. 129e144). Iowa: Blackwell Publishing.
- [44] Zawistowski, J.; Biliaderis, C. G.; y Eskin, N. A. M. (1991). Polyphenol oxidases. In D. S. Robinson, & N. A. M. Eskin (Eds.), *Oxidative enzymes in foods*. p. 217 - 273. London: Elsevier.
- [45] Gorny, J. R.; Hess-Pierce, B.; Cifuentes, R. A. y Kader, A. A. (2002). Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by controlled atmospheres and chemical preservatives. *Postharvest Biology and Technology*. Vol. 24, p. 271 - 278.
- [46] Baldwin, E.A.; Nisperos-Carriedo, M.O. y Baker, R.A. (1995). Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. *HortScience*. Vol. 30, p. 35 - 37.
- [47] Lee, J. Y.; Park, H. J.; Lee, C. Y. y Choi, W. Y. (2003). Extending shelflife of minimally processed apples with edible coatings and antioxidantes agents. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*. vol. 36, p. 323 - 329.
- [48] Mei, Y., y Zhao, Y. (2003). Barrier and mechanical properties of milk protein-based edible films incorporated with nutraceuticals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 51, p. 1914-1918.
- [49] Park, S., y Zhao, Y. (2004). Incorporation of a high concentration of mineral or vitamin into chitosan-based films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 52, p. 1933-1939.
- [50] HARKER et al., 199.
- [51] Mohsenin et al., 1986.
- [52] García, J. M., Herrera, S., y Morilla, A. (1996). Effects of postharvest dips in calcium chloride on strawberry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 44, p. 30-33.
- [53] Varoquax et al. 1990.
- [54] Poovaiah, B. W. (1986). Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. *Food Technology*, Vol. 40, p. 86-89.
- [55] Jimenez, M., García, H. S., y Beristain, C. I. (2004). Spray-drying microencapsulation and oxidative stability of conjugated linoleic acid. *European Food Research and Technology*, Vol. 219, p. 588-592.
- [56] JACKSON, L.S.; LEE, K. (1991). Microencapsulation and the food industry. *Food Science Technology - LWT*, vol. 21, p. 289-297.
- [57] SHAHIDI, F.; HAN, X.Q. (1993). Encapsulation of food ingredients. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 33, n. 6, p. 501-547.

- [58] Guzey, D., y McClements, D. J. (2006). Formation, stability and properties of multilayer emulsions for application in the food industry. *Advances in Colloid and Interface Science*, Vol. 128, p. 227-248.
- [59] Krzemiski, A., Marudova, M., Moffat, J., Noel, T. R., Parker, R., Welliner, N., et al. (2006). Deposition of pectin/poly-L-lysine multilayers with pectins of varying degrees of esterification. *Biomacromolecules*, Vol. 7, p. 98-506.
- [60] Marudova, M., Lang, S., Brownsey, G. J., & Ring, S. G. (2005). Pectine chitosan multilayer formation. *Carbohydrate Research*, Vol. 340, p. 2144-2149.
- [61] EIK, N. M.; QUEIROZ, C. A.; MAURO, M. A.; KIMURA, M. (2005). Coberturas comestíveis para utilização em secagem de carambola (*Averrhoa carambola* L.). 6° Simpósio Latino Americano de Ciências de Alimentos. Campinas- SP, 2005.
- [62] EIK, N. M. (2008). Avaliação de pré-tratamento e aplicação de coberturas comestíveis na secagem de frutas. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Unicamp, 2008.
- [63] GONÇALVES, J. A. (2010). Secagem de carambolas (*Averrhoa carambola* L.): desenvolvimento e aplicação de coberturas comestíveis aditivadas com agentes antioxidantes naturais para conservação de suas propriedades funcionais. Dissertação de mestrado. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Unicamp, 2010.