

Revestimento em Frutas com Quitosana Pura e Misturada a Outros Materiais - Uma Revisão Sistemática

Camilla L. Vieira, Diego P. R. Ascheri & Roberta Signini

Foi realizada uma revisão sistemática de artigos, que produziram revestimentos utilizando quitosana. Para pesquisa, utilizou-se do banco de dados, artigos que continham a palavra-chave revestimento de/com quitosana para frutas. A busca foi feita nas bases de dados Science Direct, Scopus e Web of Science. Foi encontrado 113 artigos. Dessa quantidade, foram selecionados 40, pelos critérios de inclusão e exclusão. Os revestimentos que foram produzidos apresentaram boas propriedades mecânicas e de barreira. Os revestimentos estenderam a vida útil das frutas, preservando as qualidades nutricionais, protegendo contra danos de impactos e demonstraram potencial antimicrobiano, inibindo a formação de fungos e bactérias.

Palavras-chave: *quitosana; revestimento de frutas; preservação.*

A systematic review of articles was performed, which produced coatings using chitosan. For research, we used the database, articles that contained the keyword coating of/with chitosan for fruits. The search was performed in the Science Direct, Scopus and Web of Science databases. 113 articles were found. Of this amount, 40 were selected, according to the inclusion and exclusion criteria. The coatings that were produced showed good mechanical and barrier properties. The coatings have extended the shelf life of the fruits, preserving the nutritional qualities, protecting against impact damage and demonstrating antimicrobial potential, inhibiting the formation of fungi and bacteria.

Keywords: *chitosan; coating of fruits; preservation.*

Introdução

As frutas possuem compostos que ajudam a regular o organismo e antioxidantes que são nutrientes essenciais na proteção das células. Em conjunto, estes nutrientes possuem propriedades favoráveis a saúde, que fazem das frutas um alimento de grande importância.¹ No entanto, possuem vida útil relativamente curta, após a colheita, pois a intensa atividade metabólica continua e estão susceptíveis a lesão mecânica, o que intensifica a perda de sólidos por meio da respiração, causando alterações sensoriais e nutricionais, implicando em importantes perdas econômicas.²

Cada fruta possui características químicas e nutricionais diferentes, possuindo um tempo de degradação conforme o seu metabolismo, forma de armazenamento e transporte. Devido à má conservação pós-colheita aliada a alta perecibilidade e sazonalidade da produção, faz com que a oferta durante alguns períodos do ano seja baixa.³

Para diminuir a senescência das frutas e aumentar o tempo comercial, são utilizadas algumas estratégias após a colheita, como armazenamento e isolamento do ambiente externo através de embalagens plásticas com redução de temperatura.⁴⁻⁶ Porém, o uso de embalagens plásticas conduz a questões sanitárias e ambientais, promovendo o aumento de resíduos químicos e microrganismos com maior resistência. Desta forma, a busca por novos métodos e tecnologias de preservação⁷ e a exploração de novos materiais para embalagem torna-se uma alternativa viável. Como novos materiais, tem-se os filmes comestíveis produzidos de polímeros naturais, que surge como uma alternativa eficaz e ambientalmente correta para estender a vida útil das frutas, protegendo-as dos efeitos ambientais.⁸

Esses filmes aplicados como revestimento, possuem a propriedade de preservar a boa aparência do produto e ampliar a vida útil dos alimentos, principalmente frutas e vegetais. O revestimento quando aplicado, cria uma barreira ao vapor de água e gases, atuando como uma atmosfera modificada, diminuindo a taxa de respiração e, conseqüentemente, modifica as concentrações de dióxido de carbono (CO₂) e oxigênio (O₂), alterando as condições internas da fruta revestida, estendendo o tempo de prateleira e melhorando a segurança contra microrganismos.⁹ Neste sentido, existem

estudos que utilizam polissacarídeos para produção de materiais biodegradáveis para revestimento e/ou embalagem para alimentos, como, por exemplo, o uso de quitina e seus derivados.¹⁰⁻¹⁸

Filmes de quitosana foram usados em alguns alimentos como revestimento para evitar a sua degradação, foram testados em ovos,¹⁹ frutas,²⁰ legumes.²¹ laticínios²² e carnes.²³ Observou-se que a cobertura desses produtos com revestimento de quitosana ofereceu uma proteção contra a contaminação e deterioração microbiana, aumentando a vida útil e a qualidade dos alimentos.²⁴

A quitosana possui propriedade antibacteriana o que dificulta o crescimento de micróbios na superfície das frutas, retardando a degradação. A propriedade antimicrobiana da quitosana pode ser explicada pela mudança na permeabilidade celular devido às interações entre as moléculas de quitosana carregadas positivamente e as membranas celulares microbianas carregadas negativamente. É mediada pelas forças eletrostáticas entre os grupos amino protonado (NH₂) da quitosana e cargas negativas nas superfícies celulares. Essa interação leva a perda de proteínas e outros constituintes intracelulares, ocasionando morte da cepa bacteriana.²⁵

Quando pura ou em blends, a quitosana forma um material de revestimento promissor, para ser usado como protetor contra microrganismos nas frutas.²⁶⁻³³

Desta forma, esse artigo apresenta uma revisão sistemática sobre revestimento de quitosana em frutas, com o objetivo de fazer um comparativo da quantidade de trabalhos que já produziram revestimento com quitosana misturada a outros compostos ou sozinha. Será descrito como os revestimentos são elaborados, os seus componentes e de que forma eles colaboram com a preservação da qualidade das frutas.

Quadro 1. Critérios de inclusão e exclusão

Critérios de inclusão (CI)	Critérios de exclusão (CE)
(CI1) Revestimento de quitosana em frutas	(CE1) Revestimento de quitosana para área da saúde ou farmacêutica (liberação de fármacos ou para feridas da pele)
(CI2) Revestimento de quitosana misturada a outros compostos para frutas	(CE2) Trabalhos que não foram testados o revestimento em frutas
	(CE3) Trabalhos que utilizaram frutas cortadas/picadas

Metodologia

A pesquisa foi feita por buscas de artigos que produziram revestimentos alimentícios utilizando a quitosana. A busca aconteceu entre os meses de setembro a abril de 2021. A base de dados utilizada foram *Science Direct*, *Scopus* e *Web of Science*. Foi utilizado como palavras-chave *chitosan coatings on fruits* e *fruits coated with chitosan*, para uma pesquisa com maiores possibilidades de encontrar artigos do interesse. Os mesmos termos foram utilizados na língua portuguesa. Não foi estabelecido limite de ano e idiomas, sendo incluído para a revisão apenas artigos, desconsiderado dissertações, capítulos de livros e artigos de revisões. Os artigos encontrados com o tema exposto estão situados entre 1997-2021.

Através dos critérios de inclusão e exclusão (Quadro 1) foram selecionados para análise os artigos de inicial interesse encontrados nas plataformas de busca, foi realizada a leitura dos títulos e resumos de cada um, classificando-os em “selecionado” ou “rejeitado”, em alguns casos houve a necessidade de uma leitura do artigo para realizar essa classificação. Em seguida os trabalhos selecionados foram totalmente lidos e realizado uma nova classificação em “incluído” ou “excluído”, conforme os critérios pré-estabelecidos. Foram considerados trabalhos que continham revestimento de quitosana, na qual foram testados em frutas.

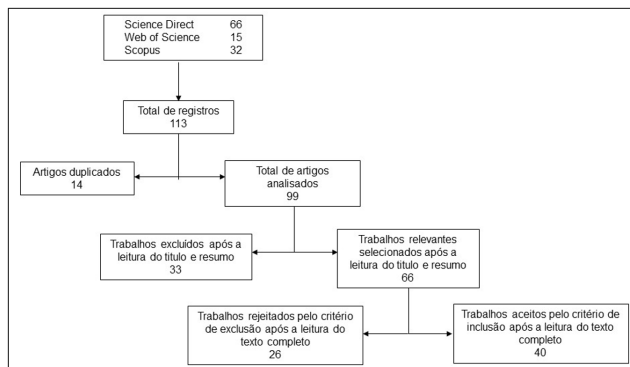


Figura 1. Método de seleção das publicações relevantes

Resultado e Discussão

Foram selecionados 113 trabalhos com a *string* estabelecida. Através da estratégia de busca, foram encontrados na base de dados do *Science direct* 66 artigos, 32 no *Scopus* e 15 na *Web of Science*. Do total dos trabalhos, 14 eram duplicados, permanecendo nesta etapa, um total de 99 artigos, após a leitura dos títulos e resumos foram removidos 33 artigos por não terem realizado testes em frutas, ficando um total de 66 artigos. Nessa etapa da triagem, com 66 artigos selecionados, foi realizado uma nova leitura, classificando os trabalhos conforme os critérios de inclusão e exclusão. Após a leitura na íntegra dos trabalhos selecionados, foram excluídos 26 artigos, permanecendo 40, que estão de acordo com os critérios de inclusão estabelecido. Na Figura 1 segue um fluxograma sobre a pesquisa realizada.

Os 40 artigos que foram incluídos para revisão sistemática, 16 foram pelo critério de inclusão CI1 e 24 pelo critério CI2. Dos 26 artigos excluídos, 13 foram pelo critério de exclusão CE1, 6 pelo critério CE2 e outros 7 pelo critério CE3.

A Figura 2 demonstra a quantidade de artigos publicados por ano. A partir das bases de pesquisa e dos critérios de inclusão selecionado o período encontrado sobre o tema do trabalho está entre 1997 até 2021. Em 1997, foi encontrado um trabalho que continha em seu conteúdo revestimento de quitosana para frutas. Nas bases pesquisadas observou que o próximo ano que foi encontrado outro trabalho foram 10 anos depois, em 2007. Percebe-se um longo intervalo até a próxima publicação, nas bases pesquisadas, sobre o tema abordado nessa revisão, provavelmente por ser um tema que antes não era considerado de grande importância, mas que atualmente, com a crescente preocupação ambiental, e com fontes escassas de matéria prima de recursos fósseis, está sendo bem explorada a busca por polímeros menos poluentes. Pesquisas sobre opções poliméricas biodegradáveis, que não agridem o ambiente e que tenha as propriedades mais próximas de embalagens plásticas vem crescendo e se tornou interesse das indústrias de embalagens. A Figura 2 está a quantidade de artigos publicados no período de 1997-2021.

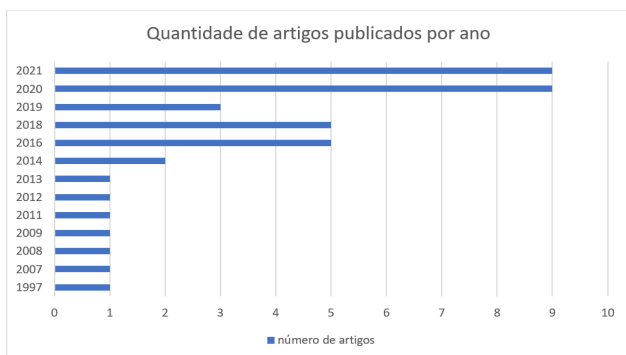


Figura 2. Distribuição dos artigos publicados por ano de publicação

O ano com maior publicação aconteceu em 2020 a abril de 2021, com total de 9 artigos. No ano de 2019 foi encontrado 3 artigos, em 2016 e 2018 foi encontrado 5 para cada ano, em 2014 foi encontrado 2 e nos anos de 1997, 2007 a 2009 e 2011 a 2013 foi identificado apenas 1 artigo para cada ano.

Os autores dos artigos incluídos nesta pesquisa de revisão sistemática utilizaram a técnica de dissolução dos solventes para o preparo dos revestimentos. Alguns utilizaram também agitação magnética ou sonicador ou aquecimento ou todas as técnicas juntas para melhor preparo das soluções. Para introduzir os revestimentos nas frutas, 38 trabalhos optaram por emergir a fruta na solução de revestimento, executando então a imersão, 2 trabalhos optaram pela pulverização e apenas 1 introduziu o revestimento através de uma esponja, na qual, enxarcava a esponja com a solução e molhava a fruta. Os revestimentos obtidos era lisos e cobria toda a fruta.

No Quadro 2 encontra-se todas as frutas que foram utilizadas nos artigos selecionados e a técnica utilizada para revestir as frutas.

Foram selecionados trabalhos que utilizaram a quitosana sozinha ou misturada a outros compostos para produzir revestimento para frutas. Os outros compostos foram o extrato fenólico da acerola, extrato de folha de mirtilo (BLE), alginato de sódio, casca de romã, nanoquitosana, proteína de soja, timol, carboximetilcelulose, cera de abelha, óleo essencial de mentha crispata. óleo essencial

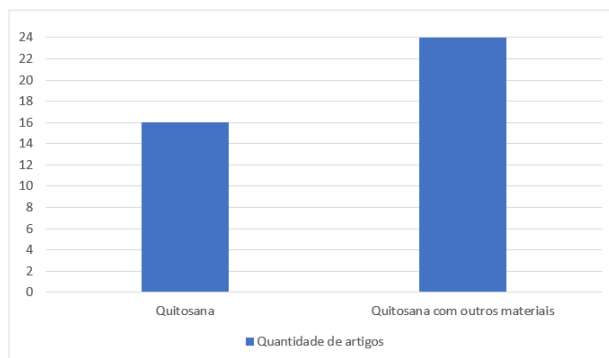


Figura 3. Quantidade de artigos de utilização de quitosana sozinha e quantidade que utilizaram a quitosana junto a outro composto

de ruta graveolens (RGEO), ácido oleico, monocristais de celulose, amido de banana, gel de Aloe vera, própolis, glutamato de cálcio, óleos essenciais de tomilho e alecrim, nisina (NS), natamicina (NT), romã (PE) e extrato de semente de uva (GE), nano-silício, tirosol, óleos essenciais de hortelãs e ftalato de celulose com nanopartículas de óxido de zinco.

Na Figura 3 estão a quantidade de artigos encontrados. Dos 40 trabalhos encontrados, 16 utilizaram apenas quitosana e 24 utilizaram a quitosana com outro composto.

A utilização de outros compostos junto a quitosana, promove a melhora de algumas propriedades dos revestimentos, como, características mecânicas, físico-químicas e colaboram com a capacidade de inibir microrganismos.

Em alguns trabalhos, foram adicionados os plastificantes, surfactantes e outros compostos para produzir os revestimentos. No Quadro 3 possui a relação dos compostos utilizados no preparo de cada revestimento.

Os plastificantes tornam os revestimentos mais maleáveis com maior resistência ao rompimento. Os plastificantes possuem afinidade com as cadeias dos polímeros provocando interações, que formam ligação química, facilitando assim o espaçamento intermolecular e o deslizamento das cadeias.⁷³ O uso de plastificantes nos revestimentos comestíveis, alteram as características poliméricas, fazendo com que os revestimentos tenham maior maleabilidade e melhoram as propriedades físicas e mecânicas.

Quadro 2. Frutas utilizadas e a forma de introdução do revestimento

Fruta	Técnica utilizada para introduzir o revestimento na fruta	Referência
Banana	Imersão	34
Blueberry	Imersão	35
Cereja	Imersão	31
Damasco	Imersão	36
	Imersão	37
Figo	Imersão	38
Framboesa	Imersão	39
Fruta-do-conde	Imersão	40
Goiaba	Imersão	41
	Imersão	42
	Pulverização	43
Kiwi	Imersão	44
Laranja	Imersão	45
Lichia	Imersão	46
Maçã	Imersão	47
Mamão	Imersão	48
	Imersão	49
Manga	Imersão	50
	Imersão	51
Morango	Imersão	52
	Imersão	53
	Imersão	54
	Imersão	55
	Imersão	56
	Imersão	57
	Imersão	58
Pera	Imersão	59
	Imersão	60
Tangerina	Imersão	61
	Imersão	62
	Com uma espuma*	63
Tomate	Imersão	64
	Imersão	65
	Imersão	66
Tomate e Uva	Imersão	67
	Imersão	68
Uva	Imersão	69
	Imersão	70
	Imersão	71
	Pulverização	72

*a esponja foi umidificada na solução de revestimento e passada a esponja no exterior de toda a fruta até total recobrimento.

Os plastificantes são fluidos com baixa volatilidade, utilizados para aumentar a flexibilidade e extensibilidade dos filmes, reduzindo as forças intermoleculares entre as cadeias de polímero, consequentemente, diminui a temperatura de transição vítrea dos polímeros. A seleção de um plastificante adequado e sua concentração, influência nas propriedades mecânicas dos filmes formados.⁷⁴ Na Figura 4 possui a quantidade de artigos que utilizaram plastificantes.

Através dos dados da Figura 4, observa-se que 9 trabalhos utilizados nesta revisão foi acrescentado o plastificante glicerol em sua formulação, o sorbitol e polietilenoglicol foi utilizado em apenas um trabalho cada um, e nos outros 29 artigos os autores não utilizaram nenhum plastificante.

O glicerol e o sorbitol possuem qualidades em ser hidrossolúvel, polar, não volátil, baixa massa molecular e possui grupos hidroxila,⁷⁵ com boa compatibilidade com a quitosana, reduzindo as forças intermoleculares, melhorando a flexibilidade dos revestimentos. A quebra das ligações de hidrogênio aumenta a mobilidade molecular da quitosana, fazendo com que os revestimentos se tornem flexíveis.⁷⁶

Polietilenoglicol (PEG), que têm a fórmula geral de $\text{HO}-(\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{O})_n\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$, é considerado um polímero atóxico e biocompatível⁷⁷ e pode ser usado como plastificador em revestimentos comestíveis, corroborando para melhor propriedades mecânicas e biodegradabilidade.⁷⁸

Apesar das propriedades que os plastificantes podem oferecer aos revestimentos, o seu uso foi dispensado em alguns trabalhos, preferindo utilizar o surfactante Tween 80, que tem a propriedade de manter melhor a molhabilidade. Na Figura 5 possui a quantidade de artigos que utilizaram o surfactante Tween 80.

Surfactantes são substâncias anfífilas, o equilíbrio entre as frações hidrofílicas e hidrofóbicas pode determinar sua aplicação. O Tween 80 tem um alto valor de equilíbrio hidrofílico/lipofílico, sendo usado em fabricação de revestimentos, melhorando a molhabilidade.⁷⁹⁻⁸⁰ Um total de 13 trabalhos optaram por incluir o surfactante Tween 80 nos revestimentos produzidos.

Os outros compostos utilizados juntos com a quitosana, faz com que alguma característica dos revestimentos seja aprimorada. O extrato de folha de mirtilo, por exemplo, possui atividade antileucêmica contra células sensíveis, e incorporar extratos de folha de mirtilo em um revestimento com quitosana, pode melhorar a função antimicrobiana dos revestimentos.³⁵ A ação antimicrobiana e antifúngica dos filmes de quitosana pode ser melhorada com a adição de timol (óleo essencial),³⁸ extrato de semente de uva,⁵⁵ casca de romã,⁴¹ óleo de tomilho,⁵¹ glutamato de cálcio,⁵² o óleo essencial de mentha crispatá,⁵³ própolis,⁵⁷ aloe vera gel⁶⁵ entre outros compostos. As propriedades mecânicas dos filmes podem ser melhoradas com a adição de extrato fenólico da acerola⁴³ e com óxido de zinco, que reforça as barreiras dos revestimentos e melhora as propriedades mecânicas.⁷¹

As frutas utilizadas para testes dos revestimentos produzidos foram de acordo com cada região que os autores residiam. O fruto mais utilizado foi o morango, um fruto muito perecível, por possuir uma fina parede celular e ser muito suscetível a fungos. Outros frutos que também contêm uma fina camada celular e que foi usado por mais de um autor, foram as peras, tomates, uvas, mamões, damascos e goiabas. Outros autores também utilizaram blueberry, cereja, figo, framboesa e maçã, que são frutas suscetíveis a rápida degradação. Frutas que possuía grossa parede celular como banana, fruta do conde, kiwi, laranja, lichia, manga e tangerina também foram utilizadas para testes de revestimento. No Quadro 2 e 3 são apresentadas as frutas utilizadas nos trabalhos.

A proteção que o revestimento de quitosana na fruta oferece, pode ser por dois mecanismos. O primeiro mecanismo, a quitosana forma uma película e oferece proteção contra a desidratação da fruta, reduzindo a evaporação da água e ao mesmo tempo inibe a perda de massa da fruta. O segundo mecanismo, é pelo fato de a quitosana possui propriedade antibacteriana, o que inibe o crescimento de micróbios na superfície das frutas, retardando o apodrecimento.⁶⁸

Dos 40 artigos selecionados, 8 utilizaram o morango para testes com o revestimento obtido. Essa grande quantidade, deve-se pelo fato de ser uma fruta muito perecível, com uma fina parede celular, o que facilita o ataque de fungos, fazendo com que o tempo de prateleira seja muito curto.

Revestimentos para morango foram produzidos pelos autores HERNANDEZ-MUÑOZ *et al.* (2008) que utilizou a quitosana com glutamato de cálcio, por Shahbazi (2018) que utilizou quitosana, carboximetilcelulose e óleo essencial de mentha crispatá, também por Wang e Gao (2013) que prepararam soluções de quitosana de diferentes concentrações com o surfactante Tween 80, por Muley e Singhal (2020) que usou quitosana e proteína isolada de soja, por Duran *et al.* (2016) que usou quitosana com nisina (NS), natamicina (NT), romã (PE) e extrato de semente de uva (GE), por Quintana *et al.* (2021) que utilizou óleos essenciais de tomilho e alecrim, por Martirez-González *et al.* (2020) que utilizou nanopartículas de quitosana, própolis e surfactante TWEEN⁸⁰ e PINZON *et al.* (2019) utilizou amido de banana, quitosana, gel Aloe vera e sorbitol.

Os revestimentos dobraram a vida útil dos morangos, protegendo em período maior de crescimentos fungicidas. A perda de massa das frutas está associada principalmente à respiração e à evaporação da umidade através da pele. A pele fina dos morangos os torna suscetíveis à rápida perda de água, resultando em encolhimento e deterioração. Os revestimentos atuaram como barreiras, restringiram a transferência de água e protegeram a pele das frutas contra lesões mecânicas, além de selar pequenas feridas e, assim, retardou a desidratação. O revestimento de quitosana foi eficiente para retardar a senescência frutífera, mantendo a fruta em boa qualidade por maior período.

SUSENO *et al.* (2014) prepararam revestimento de quitosana para bananas. O revestimento fez com que a perda de massa da fruta diminuísse. O principal mecanismo da perda de massa das frutas e vegetais frescos é a difusão em fase de vapor, conduzida pela pressão de vapor da água entre o interior e o exterior da fruta, o que leva a um processo de transpiração aprimorado, o revestimento faz com que essa respiração diminua de tal forma que atrasa a senescência da fruta mantendo as qualidades nutricionais.

Nas frutas de blueberry utilizadas por YANG *et al.* (2014), o revestimento de quitosana com extrato de folha de mirtilo (BLE) fez com que a taxa de decaimento ficassem menores, conservando os frutos por maior período durante o armazenamento.

Quadro 3. Composição dos revestimentos

Outros Compostos Somados A Quitosana	Plastificante	Sulfactante	Fruta	Referência
-	---	---	Banana	34
extrato de folha de mirtilo (BLE)	---	---	Blueberry	35
-	glicerol	---	Cerejas	31
proteína de soja	---	---	Damasco	36
extrato de casca de romã com e sem o timol	glicerol	Tween 80	Damasco	37
-	---	---	Figo	38
nanoquitosana	---	---	Framboesa	39
---	---	---	Fruto do conde	40
alginato de sódio e casca de romã	glicerol	---	Goiaba	41
---	---	Tween 80	Goiaba	42
extrato fenólico da acerola	---	---	Goiaba	43
---	---	---	Kiwi	44
---	---	---	Laranja	45
---	---	Tween 80	Lichia	46
---	---	Tween 80	Maça	47
---	---	Tween 80	Mamão	48
---	---	---	Mamão	49
---	---	Tween 80	Manga	50
óleo de tomilho	---	Tween 80	Manga	51
glutamato de cálcio	---	---	Morango	52
carboximetilcelulose e óleo essencial de mentha crispata	glicerol	tween 80	Morango	53
---	---	Tween 80	Morango	54
nisina (NS), natamicina (NT), romã (PE) e extrato de semente de uva (GE)	polietileno glicol	---	Morango	55
óleos essenciais de tomilho e alecrim	---	Tween 80	Morango	59
proteína isolada de soja	glicerol	---	Morango	56
própolis	glicerol	---	Morango	57
amido de banana e gel Aloe vera	sorbitol	---	Morango	58
ácido oleico e monocristais de celulose	---	---	Pera	60
óleo essencial de arruda	glicerol	Tween 80	Pera	61
---	---	-	Tangerina	62
---	---	Tween 80	Tangerina	63
carboximetilcelulose e cera de abelha	---	---	Tangerina	64
aloe vera gel	---	---	Tomate	65
nano-silício	---	---	Tomate	66
tirosol	---	Tween 80	Tomate	67
---	---	---	Tomate	68
---	---	---	Uva	69
---	---	---	Uva	69
óleos essenciais de hortelãs	glicerol	---	Uva	70
---	---	---	Uva	71
ftalato de celulose incorporados com nanopartículas de óxido de zinco	---	---	Uva	72

A cereja possui uma fina parede celular, fazendo com que esse fruto perca rapidamente a sua qualidade através da perda de massa, o revestimento de quitosana preparado por TOKATLI e DEMIRDOVEN (2020) foi eficaz na redução da transferência de massa e diminuição da respiração durante o armazenamento em maior período. A perda de massa está relacionada a perda da água da fruta, o revestimento conseguiu manter os frutos com pouca variação de massa por mais tempo aumentando a durabilidade.

Os damascos foram revestidos por ZHANG *et al.* (2018) de quitosana com proteína de soja isolada por e Gull *et al.* (2021) com quitosana com extrato de casca de romã. Os revestimentos reduziram com sucesso a incidência de decaimento, perda de peso, firmeza retida, atividade antioxidante, carotenoide e teor de ácido ascórbico. A fruta apresentou boa preservação em maior período, demonstrando que os revestimentos com quitosana são eficientes para maior conservação.

Figos foram revestidos por Saki *et al.* (2019) com quitosana com e sem o timol. Observaram que a perda de massa em frutas frescas está principalmente associada à perda de água causada pela transpiração e respiração. Os revestimentos de quitosana formam uma camada na superfície do pericarpo e atuam como uma barreira protetora que reduz a respiração e a transpiração na superfície da fruta. O revestimento de quitosana com timol foi mais eficiente para retardar a perda de massa do figo, quando comparado com o revestimento sem timol, durante o armazenamento.

A fruta do conde foi utilizada por Liu *et al.* (2016) para testes de revestimento de quitosana dissolvido em ácido cítrico. Os revestimentos foram eficazes para a conservação da fruta, com redução da decadência de 44%. O revestimento conduziu a uma firmeza da fruta significativamente maior, devido ao efeito sinérgico entre a quitosana e ácido cítrico. Os revestimentos conseguiram também desacelerar a perda massa do cherimoia.

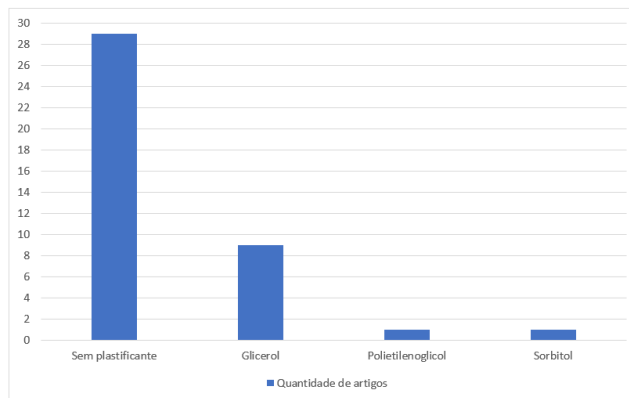


Figura 4. Tipo de plastificante utilizado e quantidade de artigos que não utilizaram plastificante

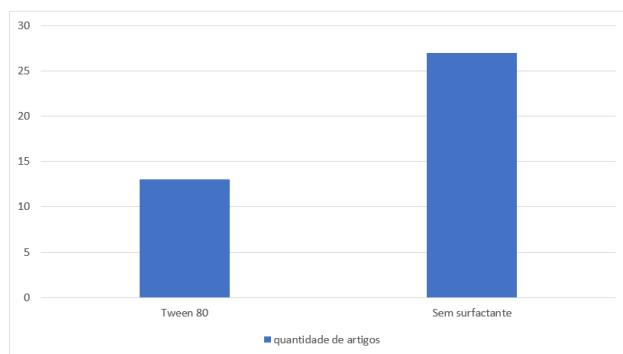


Figura 5. Quantidade de surfactantes utilizados nos revestimentos

Revestimentos foram preparados para testes em goiabas, por Hong *et al.* (2012) que utilizaram quitosana com surfactante Tween 80, Nair, Saxena e Kaur (2018) utilizaram quitosana com alginato de sódio e casca de romã e Silva *et al.* (2021) que prepararam revestimento de quitosana com extrato fenólico da acerola. Nos três trabalhos houve manutenção da firmeza nas goiabas que estavam com revestimento. O revestimento cobriu as cutículas da casca, reduzindo a infecção, respiração e outros processos de amadurecimento durante o armazenamento. A perda de massa das goiabas foi desacelerada. Os revestimentos foram eficazes, fazendo com que houvesse pouca perda de massa durante o armazenamento, formando uma barreira física à perda de umidade.

Através da análise dos revestimentos nas goiabas pode-se afirmar que a quitosana sozinha ou associada a outros compostos foi eficiente para retardar a senescência, mantendo as qualidades nutricionais da fruta, colaborando com aumento da vida útil para o consumo humano.

Kiwi foi utilizado por Kaya *et al.* (2016), prepararam revestimento de quitosana. O revestimento aumentou significativamente o período de firmeza da fruta e reduziu a perda em massa dos kiwis e consequentemente retardaram a degradação, mantendo os frutos em bom estado por tempo prologado.

A laranja foi utilizada por Adetunji *et al.* (2018), prepararam revestimento de quitosana com ramnolípídeo. A firmeza é um dos principais fatores que determinam a qualidade e a vida útil das frutas durante o armazenamento. A aplicação de revestimento impediu significativamente a perda de firmeza e da massa nas laranjas armazenadas, o revestimento também inibiu a desidratação e o encolhimento das frutas.

A lichia foi revestida de quitosana com Tween 80 por Zhang e Quantick (1997). O revestimento reduziu a perda de massa e dessecação da fruta, retardando o amadurecimento. A aplicação do revestimento de quitosana atrasou as alterações do conteúdo de antocianina, flavonoide, compostos fenólicos totais e inibiu parcialmente o aumento da atividade de peroxidase, que está associada ao adoçamento tecidual devido a formação de uma barreira protetora na superfície da fruta que reduz o fornecimento de oxigênio para oxidação enzimática de fenólicos. O revestimento de quitosana foi capaz de inibir a ação de fungos, quando comparado a frutos sem nenhum tratamento.

A maçã foi utilizada nos experimentos de Shao *et al.* (2012) prepararam revestimento de quitosana com surfactante Tween 80. Os revestimentos demonstraram excelente atividade antioxidante. A maçã tem natureza respiratória acelerada, o que faz com que seja altamente perecível, o revestimento de quitosana demonstrou capacidade de inibir a troca gasosa que ocorre na superfície da fruta, reduzindo a taxa respiratória, atrasando assim a senescência das frutas.

Revestimentos de quitosana para mamões foram utilizados por HEWAJULIGE *et al.* (2009) e ALI *et al.* (2011) que acrescentaram o surfactante Tween 80. Os revestimentos aumentaram a firmeza do mamão, proporcionalmente a concentração de quitosana nos revestimentos. Os revestimentos de quitosana com maiores concentração fez com que as taxas de ácido cítrico tivessem decaimento mais lento e manteve as cores dos mamões por um período maior de armazenamento. Quando a taxa de ácido cítrico é mantida, retarda a senescência da fruta.

A manga foi revestida por JONGSRI *et al.* (2016) que utilizaram quitosana com TWEEN⁸⁰ e SHAH *et al.* (2021) que prepararam revestimento de quitosana com óleo de tomilho e Tween 80. Os revestimentos diminuíram a senescência da fruta através da conservação da massa. Os autores sugeriram que o revestimento pode ser aplicado para fins comerciais durante o período de armazenamento, transporte e comercialização de frutas.

A pera foi utilizada por Rosenbloom, Wang e Zhao (2020) que produziram revestimento com quitosana, ácido oleico e nanocristais de celulose e Peralta-Ruiz *et al.* (2021) que produziu revestimento de quitosana com óleo essencial de ruta graveolens (RGEO). Os revestimentos contribuíram efetivamente para a diminuição da perda de massa das peras durante o armazenamento, demonstrou boas propriedades de conservação da fruta, semelhante ao armazenamento de peras com atmosfera controlada. Os revestimentos não conseguiram evitar o amolecimento das peras, indicando que a tendência de firmeza reduzida pode corresponder à maturidade da colheita, manuseio ou armazenamento das peras mais do que o tratamento de preservação pós-colheita.

Revestimento em tangerinas foram produzidos por Chen *et al.* (2021) que utilizaram apenas quitosana e por Chien, Sheu, por Lin (2007) que utilizaram a quitosana de baixo massa molecular com Tween 80 e por Baswal *et al.* (2020) que produziram revestimento para tangerina, com quitosana, carboximetilcelulose e cera de abelha. O revestimento com a quitosana presente na formulação, conseguiu reduzir significativamente a perda de massa, a deterioração e a perda de firmeza. Os revestimentos demonstraram

boas características de preservação da fruta, podendo futuramente serem utilizados comercialmente.

Tomates foram usados para teste dos revestimentos produzidos por Kahtri et al. (2020), que utilizaram quitosana com Tween 80, por Zhu et al. (2019) que utilizou a quitosana com nano-silício e por Tampucci et al. (2021) com Tirosol e Tween 80. Os revestimentos retardaram o amadurecimento da fruta, preservando substâncias importantes para manutenção da vida, como ácido ascórbico, que é um antioxidante vital, e licopeno, o pigmento vermelho, que ajuda na manutenção da saúde humana.

Andrijanto et al. (2020) prepararam revestimento de quitosana para recobrir tomates e uvas. O revestimento de quitosana aumentaram a vida útil das frutas, quanto maior a concentração de quitosana nos revestimentos, maior a vida útil. A vida útil das frutas foi aumentada com o revestimento, podendo ser utilizados para preservação de uvas e tomates.

Uvas foram empregadas nos testes dos revestimentos por Melo et al. (2018), que utilizaram nanoquitosana, por Guerra et al. (2016) que utilizaram quitosana com óleos essenciais de dois tipos de hortelãs (hortelã-pimenta e villosa Huds) e acrescentou glicerol como plastificante, por Indusmathi, Sarojini e Rajarajeswari (2019), que prepararam revestimentos de quitosana com ftalato de celulose incorporados com nanopartículas de óxido de zinco e Nia et al. (2021) que usaram apenas quitosana. Os revestimentos provocaram retardamento do amadurecimento nas frutas. diminuíram a perda de massa e açúcar das frutas, criando uma barreira da fruta com ambiente externo, diminuindo a respiração. Com o revestimento houve também um aumento da retenção e preservação da umidade nas frutas.

Nia et al. (2021) pulverizou com solução de quitosana uma pequena plantação de uvas antes da colheita, isso fez com que o amadurecimento fosse retardado, evitando também a degradação das frutas. Os fungicidas sintéticos poderiam ser substituídos com sucesso por tratamentos alternativos pré e pós-colheita

para aumentar a qualidade dos frutos da mesa durante o período pós-colheita.

Alguns trabalhos realizaram testes do efeito antimicrobiano através de cepas bacterianas, sendo que os microrganismos testados estão listados no Quadro 4.

Os revestimentos com quitosana demonstraram eficácia na manutenção da qualidade microbiana das cerejas no trabalho de Tokatli e Demirdoven (2020). Foi inibido bactérias aeróbicas mesofílicas totais (TMAB), levedura e moldes em todas as temperaturas de armazenamento testado. Os resultados microbiológicos foram confirmados pelos valores da atividade hídrica.

Os revestimentos feito por Gull et al. (2021) de quitosana enriquecidos com extrato de casca de romã foram eficazes na inibição das contagens de TPBC nos damascos durante o armazenamento.

O crescimento microbiano nas laranjas com o revestimento produzido por Adetunji et al. (2018), foi reduzido significativamente, durante o armazenamento. A alta atividade antibacteriana da quitosana pode causar perturbação celular e, conseqüentemente, morte de microrganismos de deterioração.

O revestimento de Shao et al. (2012) feito de quitosana e utilizado na maçã, foi capaz de controlar completamente o desenvolvimento da decadência causado por *P. expansum* e *B. cinérea*.

Mamões com revestimentos de quitosana elaborado por Hewajulige et al. (2009), apresentaram retardamento significativo da germinação dos esporos do *C. gloeosporioides*, independente da concentração de quitosana utilizada.

Testes antimicrobianos foram feitos por Jongsri, et al. (2016) e Shah et al. (2021). As mangas revestidas não apresentaram sintomas da doença provocada por *C. gloeosporioides*. A resposta de defesa induzida pelo revestimento de quitosana pode ser resultado dos níveis de oxigênio interno mais baixos criados pela barreira de quitosana no fruto. Os baixos níveis internos de oxigênio e o lento amadurecimento das frutas foram o fator limitante do crescimento e do metabolismo fúngico. O revestimento evitou que ocorresse ataque

desse fungo, reduzindo a deterioração até o final do período de armazenamento.

Testes antibacteriológicos em morangos foram feitos por Shahbazi (2018), Duran et al. (2016), Pinzon et al. (2019) e Quintana et al. (2021). Os revestimentos nos morangos que tinham a quitosana com maior massa molecular e com maior concentração nas soluções, demonstraram boa inibição a fungos. O morango que foi revestido de quitosana com óleos essenciais de tomilho e alecrim, apresentaram boa atividade antimicrobiana para as bactérias gram positivas e gram negativas.

Os revestimentos de quitosana mostraram eficácia para inibir o crescimento das bactérias mesófilas, leveduras e bolores presentes nas superfícies das peras. Peralta-Ruiz et al. (2021) relatam o efeito antimicrobiano da quitosana contra as bactérias *Gram-positivas* e *Gram-negativas*, que pode ser reforçado com a atividade antimicrobiana presente nos óleos essenciais.

Os revestimentos de quitosana produzido por Chien, Sheu e Lin (2007), utilizados nas tangerinas, demonstraram resistência contra o crescimento de *P. digitatum*, *P. italicum*, *B. lecanidion* e *B. cinérea*. Tendo a eficácia aumentada com aumento da concentração da quitosana.

Os testes de inibição de microrganismos feito por Zhu et al. (2019), em revestimentos em tomates, demonstraram que o diâmetro da zona de inibição do revestimento de quitosana com nano-silício contra *Escherichia coli* e o *Staphylococcus aureus* foi superior que nos revestimentos de quitosana. Isso pode ser devido ao fato de que a quitosana livre contém grupo de aminoácidos em sua superfície, assim limita sua atividade antibacteriana.

Os revestimentos com quitosana utilizados nas uvas, produzido por Melo et al (2018), Guerra et al. (2016) e Indusmathi, Sarojini e Rajarajeswari (2019), demonstraram atividade antimicrobiana. Essa propriedade de inibição da quitosana, pode ser devido à presença de grupos de amino, que interagem com as paredes celulares negativamente carregadas de microrganismos e levam à quebra de substância proteica.

Quadro 3. Composição dos revestimentos

Fruta	Microrganismo	Referências	
Cereja	bactérias aeróbicas mesofílicas totais	31	
Damasco	bacteriana psicrófila total (TPBC)	37	
Laranja	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> .	45	
Maça	<i>P. expansum</i> <i>B. cinerea</i>	48	
Mamão	<i>C. gloeosporioides</i>	49	
Manga	<i>Colletotrichum truncatum</i>	50	
	<i>C. gloeosporioides</i>	51	
Morango	<i>L. monocytogenes</i>	53	
	Bactérias mesófilas aeróbias	55	
	Bactérias mesófilas aeróbias	58	
	<i>Staphylococcus aureus</i> <i>Escherichia coli</i>	59	
Pera	bactérias mesófilas, leveduras e bolores	61	
Tangerina	<i>P. digitatum</i> <i>Penicillium italicum</i> <i>Botrydiploia lecanidion</i> <i>Botrytis cinerea</i>	63	
	<i>Escherichia coli</i> e o <i>Staphylococcus</i>	66	
	Uva	<i>Salmonella</i> Spp. <i>E. coli</i> <i>S. aureus</i> <i>P. aeruginosa</i> <i>L. monocytogenes</i>	69
		<i>Aspergillus niger</i> <i>Botrytis cinérea</i> <i>Penicillium expansum</i> <i>Rhizopus stolonifer</i>	70
<i>Staphylococcus aureus</i> <i>Escherichia coli</i>		71	

Os revestimentos apresentaram efeito antimicrobiano para todas as bactérias testadas, independente se eram *gram* positivas ou *gram* negativas. Os revestimentos com quitosana podem ser usados para melhorar a qualidade pós-colheita das frutas, aumentando o tempo de prateleira do fruto com atividade antimicrobiana.

Através da análise dos trabalhos selecionados, a quitosana forma um ótimo revestimento para proteção das frutas, contribuindo com a preservação das qualidades nutricionais, atrasando a senescência. Os revestimentos com quitosana demonstraram também boa atividade antimicrobiana, inibindo e até impedindo, a proliferação de fungos e bactérias nas frutas. O polímero pode ser usado como uma futura matéria prima para produção de revestimentos, contribuindo com a conservação da fruta e meio ambiente, por ser um polímero biodegradável de fonte natural.

Conclusão

Através da análise de vários artigos sobre o uso da quitosana como revestimento de frutas, sozinha ou combinada a outro composto, foi demonstrado que possui grande potencial. As propriedades naturais de ação antifúngica e antibacteriana, fazem da quitosana um polímero com propriedades importantes, capazes de aumentar a durabilidade das frutas, preservando a qualidade nutricional. Todos os artigos concordam que os revestimentos provocam a redução da taxa de respiração da fruta e perda de massa, diminuindo o decaimento, fazendo com que a firmeza dos frutos dure por mais tempo. Os revestimentos demonstraram boas propriedades antimicrobiológicas, fazendo com que a proliferação de fungos ou bactérias fossem inibidas. Os autores acordam que os revestimentos produzidos são uma boa opção, para serem utilizados na preservação das frutas.

Referências

- KAUR, C.; KAPOOR, H. C. Antioxidants in fruits and vegetables -The millennium's health. *International Journal of Food Science and Technology* **2001**, 36, 703.
- SAPPER, M.; CHIRALT, A. Starch-based coatings for preservation of fruits and vegetables. *Coatings* **2018**, 8, 152.
- RESENDE, J. T. V.; SILVA, T.; NOVELO, D.; RESENDE, N. C. V.; SANTOS, L. S.; LIMA, D. P.; SCHWARZ, K. Caracterización química de fresas orgánicas congeladas y envueltas en aluminio. *Research, Society and Development* **2020**, 9, 1.
- HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P.; ALMENAR, E.; VALLE, V.; DEL, VELEZ, D.; GAVARA, R. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria × ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry* **2008**, 110, 428.
- LINKE, M.; GEYER, M. Condensation dynamics in plastic film packaging of fruit and vegetables. *Journal of Food Engineering* **2013**, 116, 144.
- MURSHED, R.; LOPEZ-LAURI, F.; SALLANON, H. Effect of salt stress on tomato fruit antioxidant systems depends on fruit development stage. *Physiology and Molecular Biology of Plants* **2014**, 20, 15.
- ECOBICHON, D. J. Pesticide use in developing countries. *Toxicology* **2001**, 160, 27. CrossRef PubMed
- LUKSIENE, Z.; BUCHOVEC, I. Impact of chlorophyllin-chitosan coating and visible light on the microbial contamination, shelf life, nutritional and visual quality of strawberries. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **2019**, 52, 463.
- CARELI-GONDIM, Í.; MESQUITA, T. C.; VILAS BOAS, E. V. DE B.; CALIARI, M.; SOARES JÚNIOR, M. S. The effect of active coating and refrigerated storage on the quality of avocado cultivar, Quintal. *Journal of Food Science and Technology* **2020**, 57, 143.
- CERQUEIRA, D. A.; RODRIGUES FILHO, G. C.; MEIRELES, S. Optimization of sugarcane bagasse cellulose acetylation. *Carbohydrate Polymers* **2007**, 69, 579.
- CLARO, P. I. C.; NETO, A. R. S.; BIBBO, A. C. C.; MATTOSO, L. H. C.; BASTOS, M. S. R.; MARCONCINI, J. M. Biodegradable Blends with Potential Use in Packaging: A Comparison of PLA/Chitosan and PLA/Cellulose Acetate Films. *J Polym Environ* **2016**, 24, 363.
- GOPI, S.; PIUS, A.; KARGL, R.; KARIN, S. K.; THOMAS, S. Fabrication of cellulose acetate/chitosan blend films as efficient adsorbent for anionic water pollutants. *Polymer Bulletin* **2019**, 76, 1557.
- KALAYCIOĞLU, Z.; KAHYA, N.; ADIMCILAR, V.; KAYGUSUZ, H.; TORLAK, E.; AKIN-EVINGÜR, G.; ERIM, F. B. Antibacterial nano cerium oxide/chitosan/cellulose acetate composite films as potential wound dressing. *European Polymer Journal* **2020**, 133, 109777.
- KASHYAP, P. L.; XIANG, X.; HEIDEN, P. Chitosan nanoparticle based delivery systems for sustainable agriculture. *International Journal of Biological Macromolecules* **2015**, 77, 36.
- MENDES, J. F.; PASCHOALIN, R. T.; CARMONA, V. B.; SENA NETO, A. R.; MARQUES, A. C. P.; MARCONCINI, J. M.; MATTOSO, L. H. C.; MEDEIROS, E. S.; OLIVEIRA, J. E. Biodegradable polymer blends based on corn starch and thermoplastic chitosan processed by extrusion. *Carbohydrate Polymers* **2016**, 137, 452.
- ROSLI, W.; DAUD, W.; DJUNED, F. M. Cellulose acetate from oil palm empty fruit bunch via a one step heterogeneous acetylation. *Carbohydrate Polymers* **2015**, 132, 252.
- STEFANESCU, C.; DALY, W. H.; NEGULESCU, I. I. Biocomposite films prepared from ionic liquid solutions of chitosan and cellulose. *Carbohydrate Polymers* **2012**, 87, 435.
- WRÓBLEWSKA-KREPSZTUL, J.; RYDZKOWSKI, T.; BOROWSKI, G.; SZCZYPIŃSKI, M.; KLEPKA, T.; THAKUR, V. K. Recent progress in biodegradable polymers and nanocomposite-based packaging materials for sustainable environment. *International Journal of Polymer Analysis and Characterization* **2018**, 23, 383.
- KIM, S. H.; YOUN, D. K.; NO, H. K.; CHOI, S. W.; PRINYAWIWATKUL, W. Effects of chitosan coating and storage

- position on quality and shelf life of eggs. *International Journal of Food Science and Technology* **2009**, *44*, 1351.
20. JIANG, Y.; LI, Y. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. *Food Chemistry* **2001**, *73*, 139.
 21. DEVLIEGHERE, F.; VERMEULEN, A.; DEBEVERE, J. Chitosan: Antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. *Food Microbiology* **2004**, *21*, 703.
 22. COMA, V.; DESCHAMPS, A.; MARTIAL-GROS, A. Bioactive Packaging Materials from Edible Chitosan Polymer - Antimicrobial Activity Assessment on Dairy-Related Contaminants. *Journal of Food Science* **2003**, *68*, 2788.
 23. Darmadji, P.; Izumimoto, M. Effect of chitosan in meat preservation. *Meat Science* **1994**, *38*, 243.
 24. MARTÍNEZ-CAMACHO, A. P.; CORTEZ-ROCHA, M. O.; EZQUERRA-BRAUER, J. M.; GRACIANO-VERDUGO, A. Z.; RODRIGUEZ-FÉLIX, F.; CASTILLO-ORTEGA, M. M.; YÉPIZ-GÓMEZ, M. S.; Plascencia-Jatomea, M. Chitosan composite films: Thermal, structural, mechanical and antifungal properties. *Carbohydrate Polymers* **2010**, *82*, 305.
 25. LIU, H.; DU, Y.; WANG, X.; SUN, L. Chitosan kills bacteria through cell membrane damage. *International Journal of Food Microbiology* **2004**, *95*, 147.
 26. CHANG, W.; LIU, F.; SHARIF, H. R.; HUANG, Z.; GOFF, H. D.; ZHONG, F. Preparation of chitosan films by neutralization for improving their preservation effects on chilled meat. *Food Hydrocolloids* **2019**, *90*, 50.
 27. FERNÁNDEZ-SAZ, P.; SÁNCHEZ, G.; SOLER, C.; LAGARON, J. M.; OCIO, M. J. Chitosan films for the microbiological preservation of refrigerated sole and hake fillets. *Food Control* **2013**, *34*, 61.
 28. GATTO, M.; OCHI, D.; YOSHIDA, C. M. P.; SILVA, C. F. Study of chitosan with different degrees of acetylation as cardboard paper coating. *Carbohydrate Polymers* **2019**, *210*, 56.
 29. GOUVÊA, D. M.; MENDONÇA, R. C. S.; SOTO, M. L.; CRUZ, R. S. Acetate cellulose film with bacteriophages for potential antimicrobial use in food packaging. *LWT - Food Science and Technology* **2015**, *63*, 85.
 30. LECETA, I.; URANGA, J.; ARANA, P.; CABEZUDO, S.; DE LA CABA, K.; GUERRERO, P. Valorisation of fishery industry wastes to manufacture sustainable packaging films: Modelling moisture-sorption behaviour. *Journal of Cleaner Production* **2015**, *91*, 36.
 31. TOKATLI, K.; DEMIRDÖVEN, A. Effects of chitosan edible film coatings on the physicochemical and microbiological qualities of sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Scientia Horticulturae* **2020**, *259*, 108656.
 32. WANG, C. F.; AN, Y.; LI, Q. H.; WAN, S. J.; CHEN, W. X.; LIU, X. D. Nonsolvent effects on morphology of cellulose acetate films prepared by dry-cast process. *Journal of Macromolecular Science, Part B: Physics* **2012**, *51*, 2266.
 33. WANG, K.; LI, T.; CHEN, S.; LI, Y.; RASHID, A. The biochemical and molecular mechanisms of softening inhibition by chitosan coating in strawberry fruit (*Fragaria x ananassa*) during cold storage. *Scientia Horticulturae* **2020**, 271.f
 34. SUSENO, N.; SAVITRI, E.; SAPEI, L.; PADMAWIJAYA, K. S. Improving Shelf-life of Cavendish Banana Using Chitosan Edible Coating. *Procedia Chemistry* **2014**, *9*, 113.
 35. YANG, G.; YUE, J.; GONG, X.; QIAN, B.; WANG, H.; DENG, Y.; ZHAO, Y. Blueberry leaf extracts incorporated chitosan coatings for preserving postharvest quality of fresh blueberries. *Postharvest Biology and Technology* **2014**, *92*,
 36. ZHANG, L.; CHEN, F.; LAI, S.; WANG, H.; YANG, H. Impact of soybean protein isolate-chitosan edible coating on the softening of apricot fruit during storage. *Lwt* **2018**, *96*, 604.
 37. GULL, A.; BHAT, N.; WANI, S. M.; MASOODI, F. A.; AMIN, T.; GANAI, S. A. Shelf life extension of apricot fruit by application of nanochitosan emulsion coatings containing pomegranate peel extract. *Food Chemistry* **2021**, *349*, 129149.
 38. SAKI, M.; VALIZADEHKAJI, B.; ABBASIFAR, A.; SHAHRJERDI, I. Effect of chitosan coating combined with thymol essential oil on physicochemical and qualitative properties of fresh fig (*Ficus carica* L.) fruit during cold storage. *Journal of Food Measurement and Characterization* **2019**, *13*, 1147.
 39. LIUISHKEH, S. R.; SHIRZAD, H.; ASGHARI, M. R.; ALIREZALU, A.; PATEIRO, M.; LORENZO, J. M. Effect of chitosan nanoemulsion on enhancing the phytochemical contents, health-promoting components, and shelf life of raspberry (*Rubus sanctus schreber*). *Applied Sciences (Switzerland)* **2021**, *11*, 1.
 40. LIU, K.; LIU, J.; LI, H.; YUAN, C.; ZHONG, J.; CHEN, Y. Influence of postharvest citric acid and chitosan coating treatment on ripening attributes and expression of cell wall related genes in cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) fruit. *Scientia Horticulturae* **2016**, *198*, 1.
 41. NAIR, M. S.; SAXENA, A.; KAUR, C. Effect of chitosan and alginate based coatings enriched with pomegranate peel extract to extend the postharvest quality of guava (*Psidium guajava* L.). *Food Chemistry* **2018**, *240*, 245.
 42. HONG, K.; XIE, J.; ZHANG, L.; SUN, D.; GONG, D. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) fruit during cold storage. *Scientia Horticulturae* **2012**, *144*, 172.

43. SILVA, N. C.; BARROS-ALEXANDRINO, T. T.; ASSIS, O. B. G.; MARTELLI-TOSI, M. Extraction of phenolic compounds from acerola by-products using chitosan solution, encapsulation and application in extending the shelf-life of guava. *Food Chemistry* **2021**, 354.
44. KAYA, M.; ĆESONIENE, L.; DAUBARAS, R.; LESKAUSKAITE, D.; ZABULIONE, D. Chitosan coating of red kiwifruit (*Actinidia melanandra*) for extending of the shelf life. *International Journal of Biological Macromolecules* **2016**, 85, 355.
45. ADETUNJI, C. O.; ADEJUMO, I. O.; AFOLABI, I. S.; ADETUNJI, J. B.; AJISEJIRI, E. S.. Prolonging the shelf life of 'Agege Sweet' orange with chitosan-rhamnolipid coating. *Horticulture Environment and Biotechnology* **2018**, 59, 687.
46. ALI, A.; MUHAMMAD, M. T. M.; SIJAM, K.; SIDDIQUI, Y. Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of Eksotika II papaya (*Carica papaya* L.) fruit during cold storage. *Food Chemistry* **2011**, 124, 620.
47. ZHANG, D.; QUANTICK, P. C. Effects of chitosan coating on enzymatic browning and decay during postharvest storage of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit. *Postharvest Biology and Technology* **1997**, 12, 195.
48. Shao, X. F.; Tu, K.; Tu, S.; Tu, J. A Combination of heat treatment and chitosan coating delays ripening and reduces decay in "gala" apple fruit. *Journal of Food Quality* **2012**, 35, 83.
49. HEWAJULIGE, I. G. N.; SULTANBAWA, Y.; WIJERATNAM, R. S. W.; WIJESUNDARA, R. L. C. Mode of action of chitosan coating on anthracnose disease control in papaya. *Phytoparasitica* **2009**, 37, 437.
50. JONGSRI, P.; WANGSOMBOONDEE, T.; ROJSITTHISAK, P.; SERAYPHEAP, K. Effect of molecular weights of chitosan coating on postharvest quality and physicochemical characteristics of mango fruit. *LWT - Food Science and Technology* **2016**, 73, 28.
51. SHAH, S.; HASHMI, M. S.; QAZI, I. M.; DURRANI, Y.; SARKHOSH, A.; HUSSAIN, I.; BRECHT, J. K. Pre-storage chitosan-thyme oil coating control anthracnose in mango fruit. *Scientia Horticulturae* **2021**, 284, 110139.
52. HERNANDEZ-MUNOZ, P.; LOPEZ-RUBIO, A.; DEL-VALLE, V.; ALMENAR, E.; GAVARA, R. Mechanical and water barrier properties of glutenin films influenced by storage time. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry* **2004**, 52, 79.
53. SHAHBAZI, Y. Application of carboxymethyl cellulose and chitosan coatings containing *Mentha spicata* essential oil in fresh strawberries. *International Journal of Biological Macromolecules* **2018**, 112, 264.
54. WANG, S. Y.; GAO, H. Effect of chitosan-based edible coating on antioxidants, antioxidant enzyme system, and postharvest fruit quality of strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). *LWT - Food Science and Technology* **2013**, 52, 71.
55. DURAN, M.; ADAY, M. S.; ZORBA; N. N. D.; TEMIZKAN, R.; BÜYÜKCAN, M. B.; CANER, C. Potential of antimicrobial active packaging "containing natamycin, nisin, pomegranate and grape seed extract in chitosan coating" to extend shelf life of fresh strawberry. *Food and Bioproducts Processing* **2016**, 98, 354.
56. MULEY, A. B.; SINGHAL, R. S. Extension of postharvest shelf life of strawberries (*Fragaria ananassa*) using a coating of chitosan-whey protein isolate conjugate. *Food Chemistry* **2020**, 329, 127213.
57. MARTÍNEZ-GONZÁLEZ, M. DEL C.; BAUTISTA-BAÑOS, S.; CORREA-PACHECO, Z. N.; Corona-Rangel, M. L.; Ventura-Aguilar, R. I.; Del Río-García, J. C.; Ramos-García, M. de L. Effect of nanostructured chitosan/propolis coatings on the quality and antioxidant capacity of strawberries during storage. *Coatings* **2020**, 10, 1.
58. PINZON, M. I.; SANCHEZ, L. T.; GARCIA, O. R.; GUTIERREZ, R.; LUNA, J. C.; VILLA, C. C. Increasing shelf life of strawberries (*Fragaria ssp*) by using a banana starch-chitosan-Aloe vera gel composite edible coating. *International Journal of Food Science and Technology* **2019**, 55, 92.
59. QUINTANA, S. E.; OLIMPIA, L.; GARCÍA-RISCO, M. R.; FORNARI T. Comparison between Essential Oils and Supercritical Extracts into Chitosan-Based Edible Coatings on Strawberry Quality during Cold Storage. *Journal of Supercritical Fluids* **2021**, 171, 105198.
60. ROSENBLOOM, R. A.; WANG, W.; ZHAO, Y. Delaying ripening of 'Bartlett' pears (*Pyrus communis*) during long-term simulated industrial cold storage: Mechanisms and validation of chitosan coatings with cellulose nanocrystals Pickering emulsions. *Lwt* **2020**, 122, 109053.
61. PERALTA-RUIZ, Y.; GRANDE-TOVAR, C. D.; PAOLA, D.; PORRAS, N.; SINNING-MANGONEZ, A.; DELGADO-OSPINA, J.; PAUTT, Y. M.; CHAVES-L, C. PackHam's Triumph Pears (*Pyrus Communis* L.) Post-Harvest Treatment during Cold Storage Based on Chitosan and Rue Essential Oil. *Molecules* **2021**, 26, 725.
62. CHEN, C.; NIE, Z.; WAN, C.; GAN, Z.; CHEN, J. Suppression on postharvest juice sac granulation and cell wall modification by chitosan treatment in harvested pummelo (*Citrus grandis* L. Osbeck) stored at room temperature. *Food Chemistry* **2021**, 336, 127636.
63. CHIEN, P. J.; SHEU, F.; LIN, H. R. Coating citrus (Murcott tangor) fruit with low molecular weight chitosan increases postharvest quality and shelf life. *Food Chemistry* **2007**, 100, 1160.
64. BASWAL, A. K.; DHALIWAL, H. S.; SINGH, Z.; MAHAJAN, B. V. C.; KALIA, A.; S GILL, K. Influence of carboxy methylcellulose, chitosan and beeswax coatings on cold storage life and quality of Kinnow mandarin fruit. *Scientia Horticulturae* **2020**, 260, 108887.

65. KHATRI, D.; PANIGRAHI, J.; PRAJAPATI, A.; BARIYA, H. Attributes of Aloe vera gel and chitosan treatments on the quality and biochemical traits of post-harvest tomatoes. *Scientia Horticulturae* **2020**, 259, 108837.
66. ZHU, Y.; LI, D.; BELWAL, T.; LI, L.; CHEN, H.; XU, T.; LUO, Z. Effect of nano-SiO_x/chitosan complex coating on the physicochemical characteristics and preservation performance of green tomato. *Molecules* **2019**, 24, 1.
67. TAMPUCCI, S.; CASTAGNA, A.; MONTI, D.; MANERA, C.; SACCOMANNI, G.; CHETONI, P.; ZUCCHETTI, E.; BARBAGALLO, M.; FAZIO, L.; SANTIN, M.; RANIERI, A. Tyrosol-enriched tomatoes by diffusion across the fruit peel from a chitosan coating: A proposal of functional food. *Foods* **2021**, 10, 1.
68. ANDRIJANTO, E.; REKSA, T.; MAHEDA, J.; DIANI, R.; WAHYU, E. Synthesis and utilization of chitosan as edible coating material for natural fruit preservation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* **2020**, 830.
69. MELO, N. F. C. B.; SOARES, B. L. M.; DINIZ, K. M.; LEAL, C. F.; CANTO, D.; FLORES, M. A. P.; TAVARES-FILHO, J. H. C.; GALEMBECK, A.; STAMFORD, T. L. M.; STAMFORD-ARNAUD, T. M.; STAMFORD, T. C. M. Effects of fungal chitosan nanoparticles as eco-friendly edible coatings on the quality of postharvest table grapes. *Postharvest Biology and Technology* **2018**, 139, 56.
70. GUERRA, I. C. D.; OLIVEIRA, P. D. L.; SANTOS, M. M. F.; LÚCIO, A. S. S. C.; TAVARES, J. F.; BARBOSA-FILHO, J. M.; MADRUGA, M. S.; SOUZA, E. L. The effects of composite coatings containing chitosan and *Mentha* (piperita L. or *x villosa* Huds) essential oil on postharvest mold occurrence and quality of table grape cv. Isabella. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **2016**, 34, 112.
71. INDUMATHI, M. P.; SARAL SAROJINI, K.; RAJARAJESWARI, G. R. Antimicrobial and biodegradable chitosan/cellulose acetate phthalate/ZnO nano composite films with optimal oxygen permeability and hydrophobicity for extending the shelf life of black grape fruits. *International Journal of Biological Macromolecules* **2019**, 132, 1112.
72. NIA, A. E.; TAGHIPOUR, S.; SIAHMANSOUR, S. Pre-harvest application of chitosan and postharvest Aloe vera gel coating enhances quality of table grape (*Vitis vinifera* L. cv. 'Yaghouti') during postharvest period. *Food Chemistry* **2021**, 347, 129012.
73. PAVINATTO, A.; MATTOS, A. V. A.; MALPASS, A. C. G.; OKURA, M. H.; BALOGH, D. T.; SANFELICE, R. C. Coating with chitosan-based edible films for mechanical/biological protection of strawberries. *International Journal of Biological Macromolecules* **2020**, 151, 1004.
74. MEIER, M. M.; KANIS, L. A.; DE LIMA, J. C.; PIRES, A. T. N.; SOLDI, V. Poly(caprolactone triol) as plasticizer agent for cellulose acetate films: Influence of the preparation procedure and plasticizer content on the physico-chemical properties. *Polymers for Advanced Technologies* **2004**, 15, 593.
75. MOORE, G. R. P.; MARTELLI, S. M.; GANDOLFO, C.; SOBRAL, P. J. A.; LAURINDO, J. B. Influence of the glycerol concentration on some physical properties of feather keratin films. *Food Hydrocolloids* **2006**, 20, 975.
76. CHEN, M.; RUNGE, T.; WANG, L.; LI, R.; FENG, J.; SHU, X. L.; SHI, Q. S. Hydrogen bonding impact on chitosan plasticization. *Carbohydrate Polymers* **2018**, 200, 115.
77. RAJAVARDHANA RAO, T.; OMKARAM, I.; SUMALATHA, B.; VEERA BRAHMAM, K.; LINGA RAJU, CH. Electron paramagnetic resonance and optical absorption studies of manganese ions doped in polyvinyl(alcohol) complexed with polyethylene glycol polymer films. *Ionics* **2012**, v. 18, 695.
78. ZUBIR, N.; SAM, S. T.; ZULKEPLI, N.; OMAR, M. The effect of rice straw particulate loading and polyethylene glycol as plasticizer on the properties of polylactic acid/polyhydroxybutyrate-valerate blends. *Polymer Bulletin* **2018**, 75, 61.
79. RODRIGUEZ, M.; OSÉS, J.; ZIANI, K.; MATÉ, J. I. Combined effect of plasticizers and surfactants on the physical properties of starch based edible films. *Food Research International* **2006**, 39, 840.
80. BRANDELERO, R. P. H.; YAMASHITA, F.; GROSSMANN, M. V. E. The effect of surfactant Tween 80 on the hydrophilicity, water vapor permeation, and the mechanical properties of cassava starch and poly(butylene adipate-co-terephthalate) (PBAT) blend films. *Carbohydrate Polymers* **2010**, 82, 1102.

Camilla L. Vieira*, Diego P. R. Ascheri & Roberta Signini

Campus de Central Anápolis – CET- Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, Goiás, Brasil

*E-mail: camillavieira81@gmail.com