

## DO PROCESSAMENTO MÍNIMO À CONSERVAÇÃO: EFEITO DA QUITOSANA E BENTONITA NA VIDA ÚTIL DE MELÃO (*Cucumis melo cantalupensis*)

FROM MINIMAL PROCESSING TO CONSERVATION: EFFECT OF CHITOSAN  
AND BENTONITE ON SHELF LIFE OF MELON (*Cucumis melo cantalupensis*)

DOI: <https://doi.org/10.16891/2317-434X.v12.e1.a2024.pp4012-4021> Recebido em: 12.08.2023 | Aceito em: 21.04.2024

**Felipe Carlos de Macêdo Oliveira<sup>a</sup>, Sílvia Valéria de Medeiros<sup>a</sup>, Larissa Benevides Serejo Gomes<sup>a</sup>, Tatiane do Nascimento Henrique<sup>a</sup>, Wilma Fabiana Ferreira da Silva<sup>a</sup>, Romayana Medeiros de Oliveira Tavares<sup>a</sup>, Roberto Rodrigues Cunha Lima<sup>a</sup>, Karla Suzanne Florentino da Silva Chaves Damasceno<sup>a\*</sup>**

**Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Natal – RN, Brasil<sup>a</sup>**  
**\*E-mail: [karla.suzanne.damasceno@ufrn.br](mailto:karla.suzanne.damasceno@ufrn.br)**

### RESUMO

Estratégias para prolongar a vida útil de frutas minimamente processadas incluem aplicação de revestimentos comestíveis, biodegradáveis e sustentáveis. Nesta perspectiva, objetivou-se avaliar o efeito do revestimento de quitosana (1,5%) e bentonita (0,2%) na conservação de melão minimamente processado. Foram analisados três grupos, um controle (MMP-C: melão minimamente processado sem revestimento) e dois tratamentos (MRQ: melão minimamente processado revestido com filme de 1,5% de quitosana e MRQA - melão minimamente processado revestido com filme a 1,5% de quitosana e 0,2% de argila bentonita), armazenados sob refrigeração a 5 °C. Para isso, foram realizadas análises físico-químicas de pH, Sólidos Solúveis Totais (SST), Acidez Total Titulável (ATT) e relação SST/ATT; análises físicas de perda de massa e firmeza; análises microbiológicas de bactérias mesófilas e psicrotróficas, contagem de bolores e leveduras, Estafilococos coagulase positiva, *Salmonella* sp., coliformes a 45 °C e *E. coli*. Foi evidenciado que os revestimentos não interferiram no pH, conseguiram diminuir a velocidade de acúmulo dos SST e mantiveram a acidez natural dos frutos. Nos parâmetros físicos, os revestimentos conseguiram retardar a degradação da firmeza e a perda de massa. Nos parâmetros microbiológicos, os revestimentos inibiram ou retardaram o crescimento de todos os microrganismos. Houve o aumento da vida útil das amostras revestidas em 4 dias a mais que o controle. Concluiu-se, portanto, que os revestimentos comestíveis foram eficientes em prolongar a vida útil do melão.

**Palavras-chave:** Processamento de frutos; Revestimentos comestíveis; Pós-colheita.

### ABSTRACT

Strategies to extend the shelf life of minimally processed fruits include application of edible, biodegradable and sustainable coatings. In this perspective, the objective was to evaluate the effect of chitosan (1.5%) and bentonite (0.2%) coating on the conservation of minimally processed melon. There were three treatment groups, (MMP-C: minimally processed melon without coating) and two treatments (MRQ: minimally processed melon coated with 1.5% of chitosan and MRQA - minimally processed melon with 1.5% film coated with 1.5% chitosan and 0.2% of bentonite clay), stored under refrigeration at 5 °C. For this, physical-chemical analyzes of pH, Total Soluble Solids (TSS), Total Titratable Acidity (TTA) and TSS/TTA ratio were performed; physical analysis of loss of mass and hardness; microbiological analyzes of mesophilic and psychrotrophic bacteria, mold and yeast counts, coagulase positive staphylococci, *Salmonella* sp., Coliforms at 45 °C and *E. coli*. It was evidenced that the coatings did not interfere with the pH, managed to reduce the speed of TSS accumulation and maintained the natural acidity of the fruits. In the physical parameters, the coatings were able to decrease the degradation of hardness and loss of mass. In microbiological parameters, the coatings inhibited or retarded the growth of all microorganisms. There was an increase in the shelf life of the coated samples by 4 days more than the control. It was concluded, therefore, that the edible coatings were efficient in prolonging the shelf life of the melon.

**Keywords:** Fruit processing, Edible coatings, Post-harvest.



## INTRODUÇÃO

O melão (*Cucumis melo* L.) é uma fruta de grande importância econômica (SOUSA et al., 2019), espécie de planta pertencente à família Cucurbitaceae, que vem ganhando destaque no mercado brasileiro. Dentre suas subespécies, o melão cantaloupe (*Cucumis melo cantalupensis*) se apresenta como um fruto de agradável sabor e aroma; rico em compostos bioativos que contribuem para melhorar a saúde (MEDEIROS et al., 2019), como também possui boas fontes de vitaminas e minerais que podem ter ação antioxidante (MOREIRA et al., 2018).

Com o tempo limitado destinado à preparação de alimentos e com a demanda aumentada, por parte dos consumidores, de produtos rápidos e fáceis, frutos minimamente processados (MP) vêm tomando visibilidade no mercado (FUNDO et al., 2015), sendo esta, uma das formas de se consumir o melão. O processamento mínimo envolve operações como lavagem, corte e à retirada de cascas e sementes que causam lesões, alteram o processo metabólico, bioquímico e fisiológico e resulta no aumento da taxa de respiração, escurecimento, amolecimento e reduzem a vida útil dos frutos (KOH et al., 2018).

A fim de evitar ou minimizar estes problemas, revestimentos comestíveis têm sido utilizados na indústria de frutas como uma estratégia para reduzir os efeitos deletérios do processamento mínimo (CORTEZ-VEJA et al., 2018). Revestimentos à base de polissacarídeos vêm sendo usados e dentre eles, a quitosana se destaca por ser um biopolímero não tóxico e biodegradável, que apresenta excelente biocompatibilidade e baixo custo (MOREIRA et al., 2019), além de possuir propriedades que agem no controle das trocas de oxigênio e dióxido de carbono e proliferação de microrganismos (BARIKLOO, AHMADI, 2018). A quitosana é um polissacarídeo obtido a partir da desacetilação alcalina da quitina, que está presente no exoesqueleto de crustáceos, bem como na parede celular de alguns fungos e insetos (MELO et al., 2018).

No entanto, o fato dos filmes de quitosana serem altamente permeáveis ao vapor de água e de baixa resistência mecânica limitam a sua utilização (ELSABEE, ABDU, 2013). Desta forma, há a necessidade de lançar mão de estratégias para viabilizar a utilização destes filmes, como a adição de plastificantes e incorporação de nanopartículas em filmes argilo-biopoliméricos, que diz respeito à combinação de um polímero e um argilomineral a fim de melhorar as propriedades desejadas do polímero. Argilas têm sido amplamente utilizadas por conseguirem facilmente se intercalar com a quitosana, gerando boas

características nas propriedades mecânicas, de barreira e resistência ao calor (AMBROGI et al., 2017).

Portanto, com a crescente demanda do consumo de produtos minimamente processados, bem como a necessidade de inovações na área de alimentos, é nítida a importância de se achar meios para conter ou diminuir os impactos ambientais causados pelo desperdício de frutas, como também aumentar a vida útil destas. Pretende-se, assim, avaliar, com este trabalho, o efeito dos revestimentos de quitosana e bentonita na conservação de melão minimamente processado.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa foi cadastrada no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SISGEN), sob o número A671128.

### *Material vegetal*

As amostras de melão cantaloupe (22 kg) analisadas foram adquiridas, na Central de Comercialização da Agricultura Familiar e Economia Solidária (CECAFES) de Natal/RN. Os critérios de seleção dos frutos foram: grau de maturação comercial; uniformes em formato, tamanho e cor da casca; livres de injúrias e doenças. Os frutos foram transportados em monoblocos de polietileno de alta densidade, sob temperatura ambiente, para o Laboratório de Tecnologia de Alimentos do Departamento de Nutrição (DNUT) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), onde foram submetidos as etapas do processamento mínimo e revestimento com as dispersões filmogênicas.

### *Produção das dispersões filmogênicas*

Para o preparo das dispersões, a quitosana comercial (86,6% de desacetilação - Polymar®) foi purificada por reprecipitação. A quitosana purificada e seca foi adicionada à solução de ácido acético (1,0%, m/V) e dispersa sob agitação por 5 dias em temperatura ambiente (24,05 °C ± 1,29), para produção de dispersão 1,5% (m/V). Em seguida, foi adicionado o glicerol, na concentração de 15% m/m de quitosana, sob agitação magnética a 40 °C por 30 minutos. Para a obtenção dos filmes argilo-biopoliméricos, as dispersões biopoliméricas foram produzidas e adicionadas de argila (0,2%, m/V), sob agitação por 72 horas à temperatura ambiente.

## *Processamento mínimo do melão*

Os melões foram lavados em água corrente e sanitizados, ainda com casca, por 15 minutos em solução clorada de 200 ppm. Foram drenados em peneira por 3 minutos, descascados e cortados em cubos de aproximadamente 2,5 x 2,5 cm<sup>2</sup>. Os cubos foram lavados por imersão em solução clorada de 5 ppm, por 1 minuto, drenados por 5 minutos e pesados em balança semi-analítica (BL320H, Marte®, Minas Gerais, Brasil).

## *Delineamento do experimento*

Após seleção e processamento, os melões foram pesados e distribuídos, de forma aleatória, em três grupos: controle (MMP-C) e dois tratamentos (MRQ - melão minimamente processado revestido com filme de 1,5% de quitosana e MRQA - melão minimamente processado revestido com filme a 1,5% de quitosana e 0,2% de argila bentonita). As amostras foram acondicionadas em embalagens de politereftalato (PET), com 200 g cada, e armazenadas sob refrigeração a 5 ± 1 oC. As massas de cada amostra foram anotadas. Todas as embalagens, independente do grupo, foram codificadas com um número e a cada dia de análise, duas amostras do controle e duas amostras de cada tratamento eram sorteadas e submetidas as análises. Totalizando 1200 g de frutos analisados a cada 2 dias em um período de 11 dias em armazenamento refrigerado.

## *Aplicação dos revestimentos*

Os frutos sorteados para os grupos dos tratamentos foram revestidos pela técnica de imersão. As amostras foram imersas por 1 minuto, em sua respectiva dispersão, e drenadas por 3 minutos, com auxílio de peneira. Este procedimento foi repetido 3 vezes, para a formação da cobertura filmogênica. Os cubos foram distribuídos, de forma randomizada, nas devidas embalagens, pesados (200 g cada) e submetidos ao armazenamento refrigerado (5 ± 1 oC).

## *Análises físico-químicas*

No Laboratório de Análises de Alimentos (DNUT/UFRN), foram realizadas as análises: pH por potenciômetro calibrado (Hanna Instruments®, pH21-01, Brasil); Sólidos Solúveis Totais (SST) por refratometria (refratômetro de bancada tipo Abbé 0-95%); Acidez Total Titulável (ATT) por titulação de NaOH; e relação

SST/ATT, utilizando a metodologia da AOAC (2000) e do Instituto Adolf Lutz (2005). Para isso, as amostras foram trituradas com mixer (Philco 700®, Brasil) até ficarem homogêneas.

## *Análises físicas*

No Laboratório de Microbiologia dos Alimentos - LABMA (DNUT/UFRN), foram analisadas: perda de massa (%), com o auxílio de uma balança semianalítica (BL320H, Marte®, Minas Gerais, Brasil), utilizando a Equação (1) e firmeza, com o auxílio de um penetrômetro manual (FT327, Fracchini®, Alfonsine, Itália) com ponta de prova que foi pressionada contra a superfície dos cubos do melão, registrando a firmeza em Newton (N).

$$P/M = \frac{\text{Massa inicial } (M_i) - \text{Massa final } (M_f)}{\text{Massa inicial } (M_i)} \times 100 \quad (1)$$

## *Análises microbiológicas*

Foram realizadas as contagens totais de microrganismos aeróbios mesófilos e psicrotóxicos (RYSER, SCHUMAN, 2015); de bolores e leveduras (RYU, WOLF-HALL, 2015); de coliformes a 45 °C e Escherichia coli (KORNACKI et al., 2015); pesquisa de Salmonella sp/25g (ISO, 2007) e análise de Estafilococos coagulase positiva (BENNET et al., 2015). Todas as análises foram realizadas no LABMA/DNUT/UFRN.

## *Análise estatística*

Cada amostra foi analisada em triplicata e os resultados obtidos foram tabulados e submetidos à estatística descritiva utilizando o Microsoft Excel. Os pressupostos de normalidade foram testados utilizando o teste de Shapiro-Wilk. Foi realizada a análise de variância (ANOVA) com posterior teste de Tukey para verificar diferenças das médias durante o armazenamento e o teste de Dunnett para comparar médias dos tratamentos com as do grupo controle. As análises foram realizadas ao nível de significância de 5% e utilizando o software "Action 3.0".

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### *Análises físico-químicas*

Ao analisar a Figura 1a, pode-se observar que não ocorreu variação significativa ( $p > 0,05$ ) do pH,

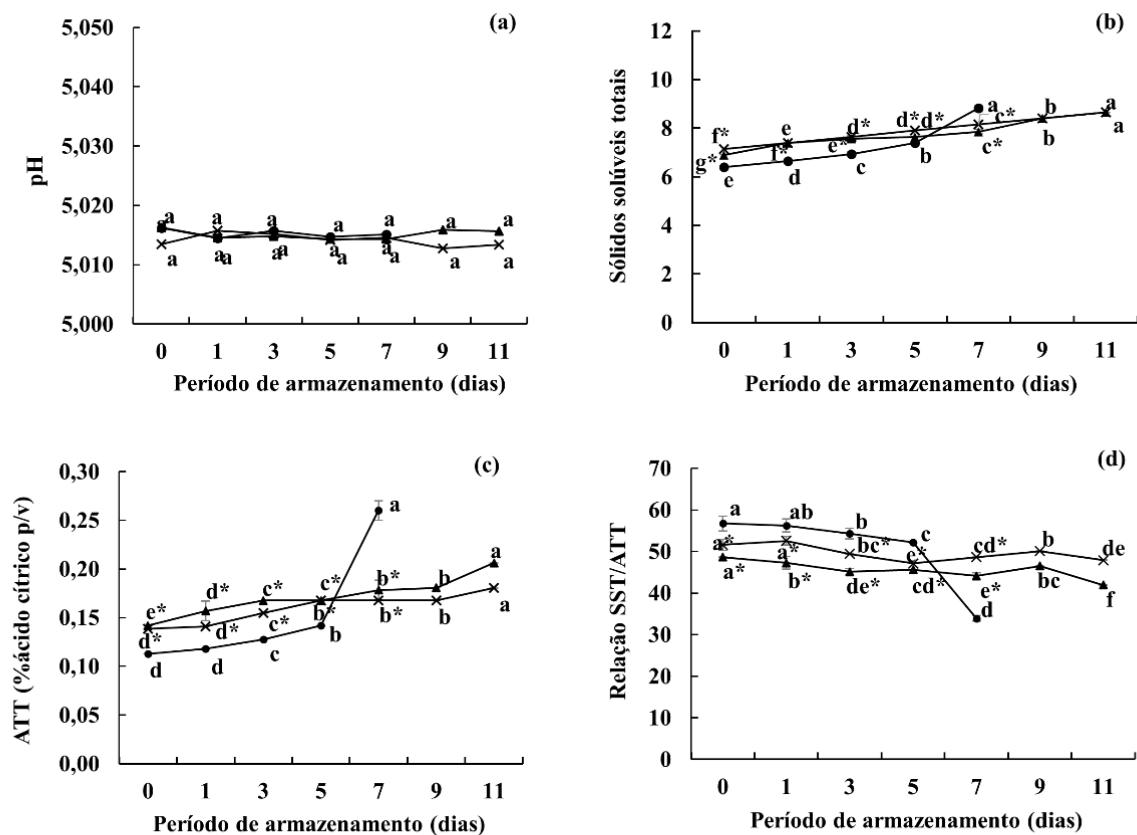
independente do tratamento, ao longo do período de armazenamento refrigerado. A estabilidade do pH em melões minimamente processados pode estar, provavelmente, associada às baixas temperaturas, geralmente até 5 °C. Além do armazenamento, que é esperado para esse tipo de produto, esta estabilidade pode indicar que os melões sofreram pouca fermentação devido a contaminação microbiológica (RUSSO et al., 2012). Ortiz-Duarte et al. (2019) evidenciaram que a incorporação das nanopartículas não afetou o pH dos melões minimamente processados revestidos com filmes comestíveis de quitosana.

Quanto aos Sólidos Solúveis Totais (SST), na Figura 1b, pode-se observar que, em todas as amostras, há um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) dos SST ao longo do período de armazenamento, desde o primeiro dia. Do dia

0 ao dia 5, MRQ e MRQA apresentaram teor de SST significativamente maior que MMP-C. Apenas no dia 7 que os dois tratamentos apresentaram teor de SST significativamente menor, quando comparado ao controle.

Apesar de todos os frutos terem sido adquiridos com estado de maturação próprio para consumo, evidencia-se que o teor de SST em MRQ e MRQA é significativamente maior ( $p < 0,05$ ) que MMP-C, desde o dia zero. Ainda assim, ao longo do período de armazenamento, as amostras revestidas conseguiram ter menor velocidade de ganho de SST que o controle, conseguindo ter acúmulo menor de SST a partir do sétimo dia. Percentualmente, durante os primeiros 7 dias, o MMP-C aumentou mais (139%) que MRQ e MRQA (ambos 113,9%).

**Figura 1.** Alterações físico-químicas das amostras ao longo do período de armazenamento: a) pH; b) SST; c) ATT; d) Relação SST/ATT.



● MMP-C (controle). ▲ MRQ (Quitosana 1,5%). × MRQA (Quitosana 1,5%, bentonita 0,2%)

abc Médias com diferentes letras, durante o período de armazenamento, diferem significativamente ( $p < 0,05$ ) de acordo com o teste de Tukey.

\* Médias seguidas de asterisco diferem significativamente ( $p < 0,05$ ) do controle, segundo o teste de Dunnett.

O aumento do teor de SST durante todo o armazenamento já era esperado. Os revestimentos agiram no controle das transformações bioquímicas. Assim como os frutos inteiros, os minimamente processados continuam com o processo que envolvem o amadurecimento, porém mais acentuados (VIVEK et al., 2019). O revestimento comestível diminui a quebra de açúcares complexos em açúcares simples, controla a taxa de respiração dos frutos e retarda etapas respiratórias essenciais, interferindo no conteúdo de sólidos solúveis (SILVA et al., 2017).

Na Figura 1c, pode-se observar que, no MMP-C, há um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) da Acidez Total Titulável (ATT) no dia 3 e permanece aumentando durante o período de armazenamento. Nas amostras MRQ ocorre um aumento significativo desde o dia 1 e nas amostras MRQA, o aumento significativo ocorre a partir do dia 3. Pode-se observar ainda que, do dia 0 ao dia 5, os tratamentos apresentaram teor de acidez significativamente ( $p < 0,05$ ) maior que o controle.

Esperava-se que o teor de acidez das amostras diminuísse em função do tempo, uma vez que, normalmente, algumas frutas perdem rapidamente a acidez com o processo de amadurecimento (SHARMA et al., 2019). Após o processamento e durante o armazenamento, alguns ácidos diminuem naturalmente, enquanto outros aumentam (KOH et al., 2019). A produção de ácido lático por bactérias ácidas pode explicar o aumento da acidez dos melões recém-cortados (KOH et al., 2017). Ortiz-Duarte et al. (2019), em estudo feito em melões minimamente processados revestidos com filmes comestíveis de quitosana com e sem nanopartículas observaram resultados semelhantes.

Observou-se que para o MMP-C, há uma diminuição significativa ( $p < 0,05$ ) da relação SST/ATT, no dia 3, em comparação ao dia zero que segue até o final do período de armazenamento apresentando uma queda brusca e significativa no dia 7, provavelmente devido ao aumento da acidez. Em MRQ, ocorre uma diminuição significativa desde o dia 1. Já em MRQA, esta diminuição significativa da relação SST/ATT é percebida a partir do dia 3. Pode-se observar ainda que, do dia 0 ao dia 5, os tratamentos apresentaram relação SST/ATT significativamente menor que o controle (Figura 1d).

Uma alta relação Brix/Acidez confere às frutas um melhor equilíbrio entre o doce e o ácido, conferindo sabor mais agradável (BRACKMANNI et al., 2011). Esperava-se que a Relação SST/ATT aumentasse ao longo dos dias, porém como não houve decréscimo de acidez em nenhum dia de armazenamento nas amostras, também não houve elevação deste parâmetro. Silva et al. (2017) e Meighani,

Bakhshi e Ghasemnezhad (2015) relataram resultados semelhantes.

### *Análises físicas*

Ao analisar a perda de massa pode-se observar que, independentemente do tratamento, houve aumento significativo desta variável durante o período de armazenamento (Figura 2a). Foi visto ainda, que desde o dia 1 o MMP-C apresentou a maior elevação deste parâmetro, e que os tratamentos amenizaram essa perda ao longo do período de armazenamento. Nos dias 5 e 7, ambos os tratamentos, apresentaram perda de massa significativamente menor ( $p < 0,05$ ), quando comparado com o controle.

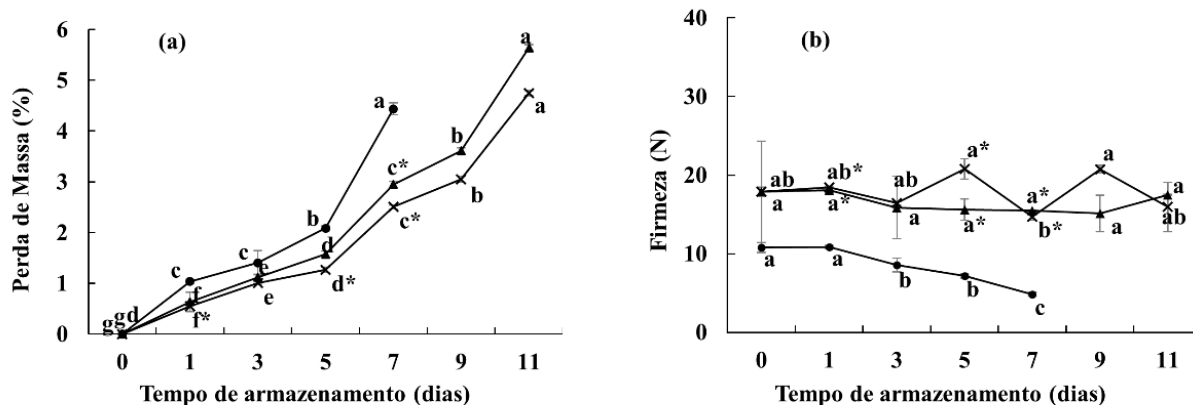
A perda de massa de frutas minimamente processadas durante o armazenamento é esperada, e a principal razão é o processo de transpiração que causa murchamento e encolhimento nos frutos (SHARMA et al., 2019), podendo estar relacionada, também, com alterações na parede celular, degradação de polissacarídeos e reações enzimáticas (IBARRA-GARZA et al., 2015).

Ambos os revestimentos servem como barreira à perda de água entre a fruta e a atmosfera externa, uma vez que a quitosana serve como camada protetora, alterando as trocas gasosas (SILVA et al., 2017). Além disso, percebe-se que há, levemente, uma menor perda de massa em MRQA quando compara-se com MRQ, mostrando que a incorporação da bentonita retardou as trocas gasosas e perda de umidade. Argilas incorporadas em filmes comestíveis podem conferir resistência e melhorar as propriedades de barreira (CONNOLLY et al., 2019).

Moreira et al. (2014) encontraram resultados semelhantes em seu estudo com melões minimamente processados, mostrando que os filmes comestíveis de quitosana aplicados nos frutos reduziram significativamente ( $p < 0,05$ ) a perda de massa até o final do armazenamento. Chong, Lai e Yong (2015) também evidenciaram resultados semelhantes.

Com relação à firmeza das amostras de melão minimamente processado, pode-se perceber que, em MMP-C, ocorreu uma diminuição significativa da firmeza a partir do dia 3. No grupo MRQ não houve alteração significativa durante o período de armazenamento e em MRQA, ocorreu uma diminuição significativa deste parâmetro no dia 7. Porém, pode-se observar dois picos significativos ( $p < 0,05$ ), nos dias 5 e 9. Além disso, quando comparados com o controle, os tratamentos apresentaram firmeza significativamente maior nos dias 1, 5 e 7 (Figura 2b).

**Figura 2.** Alterações físicas das amostras ao longo do período de armazenamento – a) Perda de Massa; b) Firmeza.



● MMP-C (controle). ▲ MRQ (Quitosana 1,5%). × MRQA (Quitosana 1,5%, bentonita 0,2%)

<sup>abc</sup> Médias com diferentes letras, durante o período de armazenamento, diferem significativamente ( $p < 0,05$ ) de acordo com o teste de Tukey.

\* Médias seguidas de asterisco diferem significativamente ( $p < 0,05$ ) do controle, segundo o teste de Dunnett.

A firmeza dos frutos diminui com o amadurecimento e, como esperado, MMP-C diminuiu drasticamente. Concomitantemente, houve um aumento na porcentagem de perda de massa durante o armazenamento, levando estes frutos a murchar. MRQ e MRQA apresentaram a menor porcentagem de perda de massa, ao mesmo tempo que obtiveram a maior firmeza. Assim, a ausência dos revestimentos ocasionou o aumento dos processos que envolvem a respiração e a transpiração dos frutos e, naturalmente, as alterações destes parâmetros.

A perda de firmeza é caracterizada pelo amolecimento dos frutos e está relacionada com a modificação da parede celular. O uso de quitosana, neste sentido, indicou que o revestimento foi eficaz em retardar o processo de degradação dos componentes da parede celular (KUMAR et al., 2017).

A retenção da firmeza de MRQ e MRQA está de acordo com resultados de Silva et al. (2017), o qual o amolecimento dos frutos foi reduzido após a aplicação do revestimento de quitosana. O retardo do amadurecimento e/ou manutenção da firmeza também podem ter sido aumentados com a incorporação dos argilominerais na quitosana (SHARMA et al., 2019).

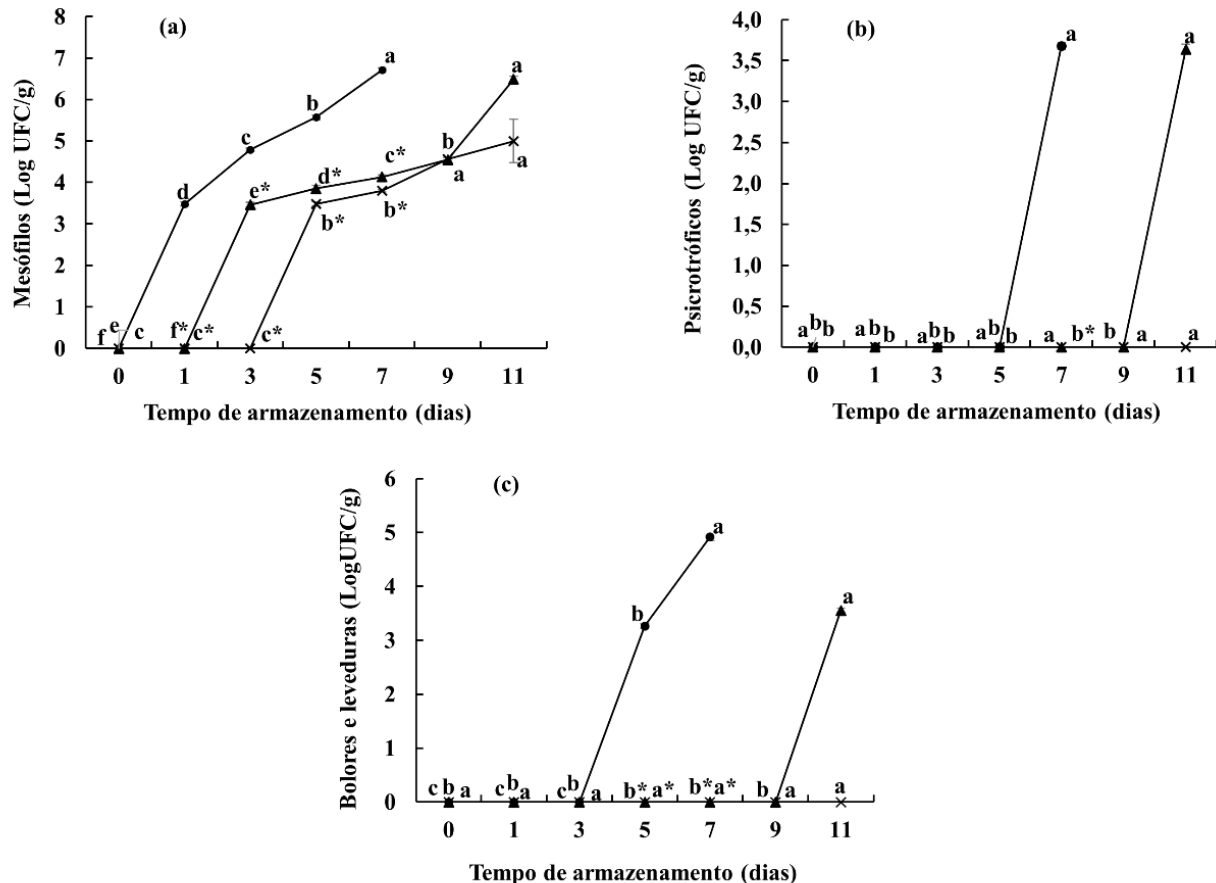
### Análises microbiológicas

Não foram encontrados, nas amostras controles e revestidas, crescimento de *E. coli*, bem como não houve presença de *Salmonella sp.* em 25 g da amostra, nem de *Estafilococos coagulase positiva*. Resultados que evidenciam que todas as amostras atenderam aos padrões microbiológicos descritos na Resolução de Diretoria Colegiada nº 724 e Instrução Normativa nº 161 (Agência Nacional de Vigilância Sanitária [ANVISA], 2022), classificando-as como próprias para o consumo. Achados semelhantes de Giannankas et al. (2016) mostraram o poder antibacteriano de filmes de quitosana e montmorilonita. Rehan et al. (2018) também viram ação antibacteriana de nanocompósitos de argila em filmes de quitosana.

Ao analisar a Figura 3a, pode-se observar que, em MMP-C, houve crescimento significativo de mesófilos desde o dia 1. Em MRQ, o crescimento significativo só ocorreu a partir do dia 3. Já em MRQA, o crescimento significativo de mesófilos somente ocorreu a partir do dia 5.

No grupo MMP-C, houve crescimento significativo dos psicrotóxicos apenas no dia 7. Em MRQ, o crescimento destas bactérias ocorreu apenas no dia 11. Por outro lado, não houve crescimento de psicrotóxicos em MRQA (Figura 3b).

**Figura 3.** Alterações microbiológicas das amostras ao longo do período de armazenamento: a) mesófilos; b) psicrotrofos; c) bolores e leveduras.



● MMP-C (controle). ▲ MRQ (Quitosana 1,5%). × MRQA (Quitosana 1,5%, bentonita 0,2%)

abc Médias com diferentes letras, durante o período de armazenamento, diferem significativamente ( $p < 0,05$ ) de acordo com o teste de Tukey.

\* Médias seguidas de asterisco diferem significativamente ( $p < 0,05$ ) do controle, segundo o teste de Dunnett.

No caso de frutas minimamente processadas, uma grande área de superfície é exposta ao ambiente com altos nutrientes, o que fornece uma plataforma favorável para o crescimento de microrganismos (SHARMA et al., 2019). A evolução do crescimento de microrganismos ocorreu em todas as amostras, sendo menor nos frutos revestidos. O crescimento desses microrganismos provavelmente interferiu em outros parâmetros, como a ATT, o que corrobora com os achados de Oliveira et al. (2014), aumentando o amadurecimento e diminuindo a qualidade. O crescimento e a proliferação desses microrganismos, segundo Koh et al. (2017), tem íntima relação com o aumento no teor de acidez, uma vez que a fermentação dos açúcares consumidos produz ácido láctico. Ortiz-Duarte et al. (2019), em seus estudos com melões minimamente processados revestidos com filmes de quitosana, acharam resultados parecidos.

Pode-se observar, ainda, que os tratamentos retardaram ou inibiram o crescimento de bolores e leveduras. Para MMP-C, ocorre um aumento significativo de bolores e leveduras a partir do dia 5, para MRQ, este aumento ocorre apenas no dia 11 e em MRQA não foi evidenciado crescimento de bolores e leveduras durante o armazenamento. Moreira et al. (2014), em estudo com melões minimamente processados revestidos com filmes de quitosana, mostraram que o crescimento de bolores e leveduras foi reduzido.

A aplicação do revestimento controlou efetivamente o crescimento de microrganismos em MRQ e MRQA, incluindo bactérias e fungos e, portanto, aumentou, a vida útil do melão minimamente processado. Sharma et al. (2019) afirmaram que a quitosana atua como composto antimicrobiano natural e Chevalier et al. (2016) apresentaram os argilominerais como intensificadores da

inibição ou retardo desses microrganismos, quando adicionados à quitosana.

Por seu efeito biocida, a incorporação das nanopartículas controlou o crescimento microbiano melhor do que o tratamento de revestimento apenas de quitosana. A bentonita pode estar relacionada à interação de íons com componentes citoplasmáticos, interferindo na proliferação microbiana (CORTEZ-VEJA et al., 2014).

Ambos os revestimentos diminuíram ou inibiram o crescimento de microrganismos, melhoraram os parâmetros físico-químicos, como também diminuíram a degradação física dos frutos. Os melões sem revestimentos, conseqüentemente, estavam impróprios para consumo antes do dia 7, enquanto os que tinham revestimentos conseguiram ter vida útil de 11 dias.

## CONCLUSÕES

Independente do revestimento aplicado, foi visto que as coberturas não interferiram no pH, diminuíram a

velocidade de ganho dos SST e conseguiram manter a acidez natural dos frutos. Nas propriedades físicas, houve diminuição da degradação da firmeza e, conseqüente, menor perda de massa. Nos parâmetros microbiológicos, os filmes conseguiram inibir ou retardar o crescimento de todos os microrganismos. Os revestimentos prolongaram a vida útil dos melões minimamente processados por 4 dias a mais do que o controle, em armazenamento sob refrigeração a 5 °C.

Quando comparado o revestimento biopolimérico com o argilo-biopolimérico, pode-se perceber que o segundo retardou ainda mais as alterações causadas pelo processamento e armazenamento. Portanto, as duas coberturas filmogênicas servem como estratégias de conservação a serem utilizadas no processamento mínimo do melão, a fim de reduzir o desperdício deste produto com alto grau de perecibilidade. Esta estratégia tanto pode afetar na minimização dos danos ambientais, quanto no incentivo do consumo de melão minimamente processado por parte dos consumidores.

## REFERÊNCIAS

- AMBROGI, V. et al. Montmorillonite–chitosan–chlorhexidine composite films with antibiofilm activity and improved cytotoxicity for wound dressing. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 491, p. 265-272, 2017.
- Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Instrução Normativa - Nº 161**, de 1 de julho de 2022 - Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial da União, Seção 1, Brasília- DF; p. 22, 2022.
- Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da Diretoria Colegiada - RDC Nº 724**, de 6 de julho de 2022 - dispõe sobre os padrões microbiológicos para os alimentos e sua aplicação. Diário Oficial da União. Seção 1, Brasília-DF; p. 6, 2022.
- Association of Official Analytical Chemists – **AOAC**. Official methods of analysis. 16th ed. Washington, D.C., 2000.
- BARIKLOO, H. & AHMADI, E. Shelf life extension of strawberry by temperatures conditioning, chitosan coating, modified atmosphere, and clay and silica nanocomposite packaging. **Scientia Horticulturae**, v. 248, p. 496-508, 2018.
- BENNET, R. W., HAIT, J. M. & TALLENT, S. M. *Staphylococcus aureus* and *staphylococcal enterotoxins*. In: Salfinger, Y. Tortorello, M. L. Compendium of methods for the microbiological examination of food. 5ed. **American Public Health Association**. Washington, cap.39, P. 509-526, 2015.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional De Vigilância Sanitária. (2005). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Instituto Adolfo Lutz, v. 4, p. 1–78.
- BRACKMANNI, A. et al. Avaliação de genótipos de morangueiro quanto à qualidade e potencial de armazenamento. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 5, 2011.
- CORTEZ-VEJA, W. R., PIZATO, S. A, SOUZA, J. T. A. & PRENTICE, C. Using edible coatings from Whitemouth croaker (*Micropogonias furnieri*) protein isolate and organo-clay nanocomposite for improve the conservation properties of fresh-cut ‘Formosa’ papaya. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 22, p. 197-202, 2014.
- CHEVALIER, R. C., SILVA, G. F. A., SILVA, D. M., PIZATO, S. & VEGA, W. R. C. Utilização de



revestimento comestível à base de quitosana para aumentar a vida útil de melão minimamente processado. **Journal of bioenergy and food science**, v. 3, n. 3, 2016.

CONNOLLY, M., ZHANG, Y., MAHRI, S., BROWN, D. M. & ORTUNO, N. The influence of organic modification on the cytotoxicity of clay particles to keratinocytes, hepatocytes and macrophages; an investigation towards the safe use of polymer-clay nanocomposite packaging. **Food and Chemical Toxicology**, v. 126, p. 178-191, 2019.

ELSABEE, M. Z. & ABDU, E. S. Chitosan based edible films and coatings: A review. **Materials Science and Engineering C**, v.33, n. 4, 2013.

FUNDO, J. F., AMARO, A. L., MADUREIRA, A. R., CARVALHO, A. & FEIO, G. Fresh-cut melon quality during storage: An NMR study of water transverse relaxation time. **Journal of Food Engineering**, v. 167, p. 71-76, 2015.

GIANNAKAS, A. et al. Preparation, characterization, mechanical, barrier and antimicrobial properties of chitosan/PVOH/clay nanocomposites. **Carbohydrate Polymers**, v. 148, p. 408-415, 2016.

International Standards Organization. **ISO 6579**. Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the detection of *Salmonella* spp. 4th ed, 2007.

KOH, P. C., NORANIZAN, M. A., HANANI, Z. A. N., KARIM, R. & ROSLI, S. Z. Application of edible coatings and repetitive pulsed light for shelf life extension of fresh-cut cantaloupe (*Cucumis melo L. reticulatus cv. Glamour*). **Postharvest Biol Technol.**, v. 129, p. 64–78, 2018.

KOH, P. C., NORANIZAN, M. A., KARIM, R. & HANANI, Z. A. N. Sensory quality and flavour of alginate coated and repetitive pulsed light treated fresh-cut cantaloupes (*Cucumis melo L. Var. Reticulatus Cv. Glamour*) during storage. **J Food Sci Technol**, v. 56, n. 6, 2019.

KORNACKI, J. L., GURTLER, J. B. & STAWICK, B. A. *Enterobacteriaceae*, coliforms and *Escherichia coli* as quality and safety indicators. In: Salfinger, Y. Tortorello, M. L. Compendium of methods for the microbiological examination of food. 5ed. **American Public Health Association**. Washington, cap. 9, p. 103-120, 2015.

KUMAR, P., SHRUTI, S., SHARMA, R. R., SRIVASTAV, M. & VARGHESE, E. Effect of chitosan coating on postharvest life and quality of plum during storage at low temperature. **Scientia Horticulturae**, v. 226, p. 104-109, 2017.

MEDEIROS, A. K. et al. Nanoencapsulation improved water solubility and color stability of carotenoids extracted from Cantaloupe melon (*Cucumis melo L.*). **Food Chemistry**, v. 270, p. 562-572, 2019.

MEIGHANI, H., GHASEMNEZHAD, M. & BAKHSHI, D. Effect of different coatings on post-harvest quality and bioactive compounds of pomegranate (*Punica granatum L.*) fruits. **J Food Sci Technol**, v. 52, n. 7, p. 4507-4514, 2015.

MELO, N. F. C. B. et al. Effects of fungal chitosan nanoparticles as eco-friendly edible coatings on the quality of postharvest table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 139, p. 56-66, 2018.

MOREIRA, S. P. et al. Freshness retention of minimally processed melon using different packages and multilayered edible coating containing microencapsulated essential oil. **International Journal of Food Science and Technology**. Fortaleza, v. 49, n. 10, 2019.

OLIVEIRA, P. M. et al. Minimally processed yellow melon enriched with probiotic bacteria. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 5, p. 2415-2426, 2014.

ORTIZ-DUARTE, G., PÉREZ-CABRERA, L. E., ARTÉS-HERNÁNDEZ, F. & MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, G. B. Ag-chitosan nanocomposites in edible coatings affect the quality of fresh-cut melon. **Postharvest Biology and Technology**. v. 147, p. 174-184, 2019.

REHAN, M., EL-NAGGARA, M. E., MASHALYB, H. M. & WILKEN, R. Nanocomposites based on chitosan/silver/clay for durable multi-functional properties of cotton fabrics. **Carbohydrate Polymers**, v. 182, p. 29-41, 2018.

RUSSO, V. C. DAIUTO, E. R. & VIEITES, R. L. (2012). Melão amarelo (CAC) minimamente processado submetido a diferentes cortes e concentrações de cloreto de cálcio armazenado em atmosfera modificada passiva.

**Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 227-236, 2012.

RYSER, E. T. & SCHUMAN, J. D. *Mesophilic Aerobic Plate Count*. In: Salfinger, Y. Tortorello, M. L. Compedium of methods for the microbiological examamination of food. 5ed. **American Public Health Association**. Washington, cap. 8, p. 95-101, 2015.

RYU, D. & WOLF-HALL, C. Yeasts and molds. In: SALFINGER, Y. TORTONELLO, M. L. Compedium of methods for the microbiological examamination of food. 5ed. **American Public Health Association**. Washington, cap. 21, p. 227-286, 2015.

SHARMA, P., KEHINDE, B., KAUR, S. & VYAS, P. Application of edible coatings on fresh and minimally

processed fruits: a review. **Nutrition & Food Science**, v. 49, n. 4, p. 713-738, 2019.

SILVA, G. M. C. et al. The chitosan affects severely the carbon metabolism in mango (*Mangifera indica L. cv. Palmer*) fruit during storage. **Food Chemistry**, v. 237, p. 372-378, 2017.

SOUSA, A. E. D. et al. Induction of postharvest resistance in melon using pulsed light as abiotic stressor. **Scientia Horticulturae**, v. 246, p. 921-927, 2019.

VIVEK, K. et al. A review on postharvest management and advances in the minimal processing of fresh-cut fruits and vegetables. **J Microbiol Biotech Food**, v. 8, n. 5, p. 1178-1187, 2019.