

Biofilmes à base de gelatina, aplicados na conservação de frutos de mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade)

Biofilms based on gelatin, applied in the conservation of blueberry fruit (*Vaccinium ashei* Reade)

Viviane Dalla Lana D'Ávila¹  Pedro Luiz Manique Barreto² 

2025



¹ Mestre em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis - SC, Brasil.

² Doutor em Química, Professor Adjunto II, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis - SC, Brasil.

* Correspondência para: vivianeldavila@gmail.com

RESUMO

O mirtilo é uma fruta rica em polifenóis e antocianinas que apresenta alta atividade antioxidante, porém durante o armazenamento ocorre uma série de alterações químicas e físicas, as quais diminuem a qualidade dos frutos. O objetivo deste trabalho foi verificar a eficiência de biofilmes de gelatina na conservação pós-colheita de frutos de mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade), cultivar climax. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ANOVA e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os tratamentos utilizados foram: 1 - GA₆T₂₀ (solução filmogênica de gelatina compostas por 10%(massa/massa) de gelatina, 6,66%(m/m) de ácido esteárico e 1%(m/m) de Tween 20); 2 - GBT₈₀ (solução filmogênica com 10%(m/m) de gelatina, 1%(m/m) de benzoato de sódio e 1%(m/m) de Tween 80); 3- Controle (amostras de frutos sem cobertura de soluções filmogênicas). Os frutos foram armazenados por um período de 30 dias em câmara frigorífica, com temperatura de 5°C ± 1°C e umidade relativa (UR) de 75-80%, sendo as amostras retiradas no início do experimento e a cada cinco dias. Os parâmetros avaliados durante o armazenamento foram: perda de massa, sólidos solúveis totais (SST), pH, acidez total titulável (AT), relação SST e AT e permeabilidade ao vapor d'água dos biofilmes utilizados. Os biofilmes de gelatina promoveram uma barreira significativa na perda de água dos frutos de mirtilo e, conseqüentemente na redução da perda de massa quando comparados ao controle. Nas condições experimentais a que foram submetidos, os frutos de mirtilo cv. Clímax permaneceram aptos para o consumo in natura até 15 dias em armazenamento, mantendo o aspecto visual sem perda de atratividade para comercialização.

Palavras-chave: mirtilo; ácido esteárico; armazenamento; biofilmes.

ABSTRACT

Blueberry is a fruit rich in polyphenols and anthocyanins, which presents a high antioxidant activity, but during storage a series of chemical and physical changes happen, which reduce the quality of the fruit. The aim of this study was to assess the efficiency of gelatin biofilms in postharvest conservation of blueberry fruit (*Vaccinium ashei* Reade), cultivate climax. The obtained data were submitted to ANOVA variance analysis and the average results were compared by the Tukey test at 5% probability. The treatments were: 1 - GA₆T₂₀ (filmogenic gelatin solution consisting of 10%(massa/massa) gelatin, 6.66%(m/m) stearic acid and 1%(m/m) Tween 20), 2 - GBT₈₀ (film solution with 10%(m/m) gelatin, 1%(m/m) sodium benzoate and 1%(m/m) Tween 80), 3-Control (fruits samples no coverage with filmogenic solutions). The fruits were stored for a period of 30 days in a refrigerating chamber, with temperatures of 5 °C ± 1 °C and relative humidity (RH) of 75-80%, the samples were removed in the beginning of the experiment and every five days. The parameters evaluated during storage were: mass loss, total soluble solids (TSS), pH, total titratable acidity (TTA), the relation TSS/

TTA and permeability to water vapor of biofilms used. Biofilms gelatin promoted a significant barrier to water loss in blueberry fruit and consequently to the reduction of mass loss when compared to control. Under the experimental conditions they were submitted, the blueberry fruit cv. Climax remained suitable for fresh consumption up to 15 days in storage, while keeping the visual appearance without any loss of attractiveness for commercialization.

Keywords: blueberry; stearic acid; storage; biofilms.

1 INTRODUÇÃO

O mirtilheiro é uma frutífera de clima temperado, nativa da América do Norte e Europa que pertence ao gênero *Vaccinium*, o qual consiste em aproximadamente 450 espécies. São plantas arbustivas, lenhosas e perenes (Carpenedo *et al.*, 2022).

De acordo com o tamanho da planta e as necessidades de frio, os mirtilos cultivados atualmente podem ser divididos em três tipos principais: mirtilo highbush (*Vaccinium corymbosum* L., incluindo o highbush do sul, highbush do norte e highbush meio alto), mirtilo rab-biteye (*V. ashei* Reade) e mirtilo lowbush (*V. angustifolium* Ait.) (Herrera-Balandrano *et al.*, 2022; Yang *et al.*, 2022).

Os países produtores tradicionais são Estados Unidos, Canadá, Alemanha e França. Os destaques são Chile, Peru, Polônia, México, Ucrânia e Marrocos, os quais, nos últimos anos, tornaram-se grandes produtores mundiais de mirtilos (Peil *et al.*, 2024). O mirtilo nativo da América do Norte, Estados Unidos e Canadá, é denominado "*blueberry*" (Embrapa Clima Temperado, 2023).

Porém, assim como Chile e Peru, o Brasil possui condições de produção na entressafra dos países do Hemisfério Norte, podendo alcançar excelentes preços na exportação de mirtilos. Um levantamento realizado em 2020 apontou 66 ha cultivados com mirtilheiro apenas no RS (Emater/Ascar-RS, 2020). Entretanto, estima-se que a área plantada no estado seja bem maior, com cerca 150 ha. Esse aumento observado ao longo do tempo mostra que, nos últimos anos, a cultura vem ganhando importância (Carpenedo *et al.*, 2022).

As variedades inicialmente introduzidas no Brasil foram do grupo rabbiteye, oriundas da Florida e Geórgia, como 'Powderblue', 'Bluebelle', 'Bluegem', 'Delite', 'Clímax', 'Alice Blue', 'Brite Blue', 'Florida' e 'Woodard'. As plantas do grupo rabbiteye são muito vigorosas, possuem elevada longevidade, produtividade, maior tolerância ao calor e seca, menor necessidade de frio, frutos ácidos, firmes e boa conservação. É o grupo mais cultivado no Brasil e pertence à espécie *Vaccinium ashei* (Da Silva e Melo, 2021).

Os frutos de mirtilo são ricos em uma variedade de nutrientes, como fibras alimentares, minerais, vitaminas, ácido hidroxicinâmico, pterostilbeno, resveratrol e outras substâncias ativas (Kalt *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2020; Wu *et al.*, 2022).

O mirtilo (*Vaccinium* spp) é uma espécie frutífera muito apreciada por seu sabor exótico, pelo valor econômico e por seus poderes medicinais, sendo considerada como "fonte de longevidade", devendo-se especialmente ao alto conteúdo de antocianinas contidas nos pigmentos de cor azul-púrpura (Embrapa Clima Temperado, 2023).

Compostos facilmente oxidados são bons antioxidantes, e as antocianinas podem capturar radicais livres doando átomos de hidrogênio no anel fenólico. A capacidade antioxidante das antocianinas é aproximadamente 50 vezes maior que a da vitamina E e 20 vezes maior que a da vitamina C (Bakowska *et al.*, 2003). Portanto, as antocianinas são consideradas bons

antioxidantes (Marianda *et al.*, 2021). As antocianinas de mirtilo são antioxidantes fortes e essa capacidade tem sido extensivamente estudada tanto *in vitro* quanto *in vivo* (Yang *et al.*, 2022).

Alguns componentes químicos do mirtilo foram identificados como tendo efeitos anticancerígenos, incluindo antocianinas. As antocianinas e os extratos polifenólicos do mirtilo podem melhorar a função imunológica e reduzir a metástase e a proliferação de células cancerígenas (Yang *et al.*, 2021).

Muitos estudos relataram que as antocianinas do mirtilo podem regular o processo inflamatório (Tan *et al.*, 2022). Portanto, as antocianinas do mirtilo podem não apenas aliviar as doenças crônicas mencionadas, mas também alcançar efeitos preventivos (Wu *et al.*, 2023).

Há muitos relatos de que o mirtilo e suas antocianinas são agentes neuroprotetores naturais que podem reduzir eficazmente os danos às células nervosas (Spohr *et al.*, 2023).

Durante o armazenamento de frutos ocorrem uma série de alterações químicas e físicas, as quais diminuem a qualidade, conduzindo à senescência e morte dos mesmos. Estas mudanças se devem a que os frutos são produtos que, depois de colhidos, continuam vivos, com as funções ativas do metabolismo vegetal, como respiração e transpiração. Em frutos, o processo físico mais importante está relacionado com a transpiração. Esta é a principal causa da perda de peso dos frutos durante a pós-colheita. Perdas de peso acima de 3-5% resultam numa aparência pouco atrativa, reduzindo o valor comercial e a qualidade do produto. Como medida de prevenção para diminuir a perda de água recomenda-se baixar a temperatura, aumentar a umidade relativa e revestir os frutos (modificação da atmosfera com ceras, filmes poliméricos, etc.) (Embrapa Clima Temperado, 2023).

O crescimento contínuo da população mundial inevitavelmente leva a um aumento na demanda por alimentos, impulsionando assim, o mercado global de materiais de embalagem. E atualmente, as embalagens plásticas de polímeros à base de petróleo não biodegradáveis, representam um problema ambiental significativo (Guo *et al.*, 2024). A indústria de embalagens de alimentos é a que mais necessita de utilização de plásticos e que gera conseqüentemente uma alta quantidade de resíduos, necessitando assim, de desenvolvimento de novos materiais biodegradáveis (Ceballos *et al.*, 2020).

Os filmes biodegradáveis têm sido uma ótima alternativa em relação às fontes não renováveis devido à sua compatibilidade e biodegradabilidade. Estas propriedades podem aumentar a vida de prateleira dos alimentos, reduzindo custos e perdas econômicas, além de reduzir a poluição ambiental promovida por embalagens (Barizão *et al.*, 2020). Havendo uma crescente conscientização dos consumidores em relação à sua saúde, valor nutricional dos alimentos e segurança alimentar. Como uma alternativa para reverter esses problemas, esses biopolímeros provenientes de fontes renováveis são considerados uma alternativa atraente por conta das suas características (De Melo *et al.*, 2025).

O uso de biofilmes tem mostrado grande potencial, baixo custo e características adequadas para uso em alimentos, atraindo a atenção de muitos pesquisadores, uma vez que eles fornecem uma alternativa para a conservação dos produtos alimentares. E são capazes de prolongar a vida útil destes, porque podem criar uma barreira semipermeável, contra a água, oxigênio, umidade e movimento de soluto (Podshivalov *et al.*, 2017; Soradech *et al.*, 2017).

Filmes compostos ou bi-camada são amplamente pesquisados para melhorar as características de permeabilidade ao vapor d'água e oxigênio, força, flexibilidade e atividade antimicrobiana. Quando, na solução filmogênica, são adicionados componentes lipídicos, as propriedades de solubilidade, permeabilidade ao vapor d'água e mecânicas são alteradas. Alterações essas que

são objeto de estudo para criar um filme adequado para cada produto (Amin *et al.*, 2021; Cortes-Rodriguez *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2020; Sun *et al.*, 2021). Em especial, os filmes compostos de lipídios podem proporcionar melhores características ao vapor d'água (Shahidi; Hossain, 2020b).

A elaboração de biofilme requer polímero, solventes, plastificantes e outros reagentes. Ademais, alguns compostos podem ser adicionados durante a obtenção de biofilmes com o intuito de proporcionar ou melhorar, por exemplo, as propriedades de barreira à água, mecânicas, antimicrobiana e antioxidante (Cao *et al.*, 2020; Frassinetti *et al.*, 2020a).

A gelatina é uma proteína de origem animal, obtida a partir da hidrólise ácida ou alcalina do colágeno de diversas fontes (bovino, suíno, pescado). O colágeno é uma das proteínas mais abundantes do reino animal, pois é o principal componente da pele, tendões e tecidos conjuntivos dos animais vertebrados e invertebrados. A gelatina é um dos primeiros biopolímeros utilizados industrialmente para macro e microencapsulação. Devido as suas propriedades comestível, biodegradável, baixo custo e potencial de formação de filmes, a gelatina vem sendo pesquisada e utilizada como biofilmes (Yeddes *et al.*, 2020).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de biofilmes de gelatina em diferentes composições com a finalidade de verificar os seus efeitos na conservação pós colheita de fruto de mirtilo armazenados em condições refrigeradas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido no laboratório de análises da empresa Gelnex Indústria e Comércio, localizada no município de Itá, SC, a qual foi doadora da gelatina de origem bovina utilizada no experimento. Os frutos de mirtilo do grupo Rabbiteye, cultivar Clímax, foram doados pela empresa Niceberry do Brasil, os quais foram colhidos no dia 7 de janeiro de 2010 às 8h30min e submetidos a um processo de higienização e, posteriormente, utilizados na realização dos testes.

Os frutos selecionados foram pesados e as amostras foram recobertas por soluções filmogênicas de gelatina. As soluções filmogênicas foram formuladas da seguinte maneira, mostra GA₆T₂₀: 10% (m/m) de gelatina, 6,66% (m/m) de ácido esteárico e 1% (m/m) de Tween 20, amostra GB₈₀: 10% (m/m) de gelatina, 1% (m/m) de benzoato de sódio e 1% (m/m) de Tween 80. A cobertura sobre os frutos foi feita na forma de imersão durante 30 segundos. Uma terceira amostra foi avaliada como controle, sem cobertura filmogênica. Os frutos foram colocados em recipientes individuais de polietileno e colocados em bandejas cobertas com um filme de papel alumínio e armazenados sob refrigeração controlada a 5°C ± 1°C e umidade relativa (UR) controlada de 75-80%. O período de armazenamento foi de 30 dias, sendo que as avaliações foram realizadas no início do experimento e, posteriormente, a cada 5 dias, sendo avaliados os seguintes parâmetros: I) perda de massa: foi avaliada em 300 frutos, recobertos pelos biofilmes GA₆T₂₀ e GB₈₀ e frutos do tipo controle, em períodos regulares de 5 dias, durante 30 dias, com balança analítica *Ohaus Adventurer*, modelo AR 214 (resolução de 0,0001g), expressando os resultados em percentagem de perda de massa. II) Sólidos solúveis totais: na determinação de sólidos solúveis totais (SST) foram utilizadas duas gotas de suco puro de mirtilo. O teor de SST foi analisado em refratômetro portátil Atago, modelo AA224244, com intervalo de leitura entre 0 a 100° Brix. Os resultados foram expressos em °Brix, com correção de temperatura. III) Acidez total titulável (ATT): a determinação de ATT foi expressa em percentagem de ácido cítrico seguindo o protocolo do Instituto Adolf Lutz (2008), em que 10 g de frutas foram trituradas numa centrífuga com casca e polpa. Em seguida 10 ml de suco de mirtilo foram transferidos para um

erleynmeyer com 90 mL de água destilada e, na seqüência, efetuou-se a titulação potenciométrica sob a agitação com a solução de NaOH 0,1 N, até atingir pH 8,1. IV) A relação SST/ATT foi obtida através da razão entre sólidos solúveis totais e a acidez total titulável (SST/ATT). V) pH: para a determinação do pH foi utilizado o pHmetro digital de bancada marca Gehaka modelo PG 1800, com compensação automática de temperatura, sendo que os resultados foram obtidos na leitura direta de suco puro de mirtilo. VI) Permeabilidade ao vapor d'água: as taxas de permeabilidade ao vapor d'água para os biofilmes GA₆T₂₀ e GBT₈₀, foram determinadas para a condição 25°C/75% UR por meio do método gravimétrico, baseado na metodologia ASTM E 96/E 96 M-05 – *Standart test methods for water vapor transmission of materials*.

O delineamento experimental adotado foi baseado em alguns testes preliminares realizados em esquema inteiramente casualizado, constituído em 2 tratamentos e 30 dias (com intervalos de 5 dias) para as variáveis de pH, acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (SST) e relação SST/ATT. Sendo que cada tratamento foi composto por 3 repetições com 3 mirtilos. Para a perda de massa o delineamento foi inteiramente casualizado constituído de 2 tratamentos analisados em 30 dias (com intervalos de 5 dias), sendo que cada tratamento foi composto por 1 repetição com 100 mirtilos. A permeabilidade ao vapor d'água dos biofilmes foi obtida com 6 repetições para cada composição de biofilme. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ANOVA e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o experimento perda de massa observou-se um incremento gradativo na perda de massa tanto dos frutos controle, quanto os dos frutos tratados com GA₆T₂₀ e GBT₈₀, conforme aumentava o tempo de armazenamento (Tabela1). Durante o experimento, as amostras dos frutos controle, sem cobertura, ao longo do período analisado, apresentaram uma maior perda de massa, culminando ao final de 15 dias com uma perda de 13,43% e após 30 dias com 22,89%. Por outro lado, as amostras de mirtilo revestidas com GA₆T₂₀ apresentaram uma perda de peso de 10,47% e 18,95%, após 15 e 30 dias, respectivamente.

No presente estudo o coeficiente de permeabilidade ao vapor d'água do filme GA₆T₂₀ (1.619 g água.µm.m⁻².dia⁻².mmHg⁻¹) é menor que o coeficiente do filme GBT₈₀ (2.189 g água.µm.m⁻².dia⁻².mmHg⁻¹) verificando-se uma consistência nos resultados, visto que os frutos cobertos com GA₆T₂₀ (gelatina com adição de ácido esteárico) apresentaram uma menor perda de massa ao longo dos períodos analisados.

Perdas de peso em frutas acima de 3-5% resultam numa aparência pouco atrativa, reduzindo o valor comercial e a qualidade do produto (Embrapa Clima Temperado 2023).

O tipo de superfície e tecido dos frutos também favorece a perda de água e, consequentemente, a perda de massa. Os ferimentos que ocorrem na superfície, devido à atividade de insetos e microrganismos ou à manipulação descuidada após a colheita, também aceleram a perda de água. Assim, o mirtilo por ser um fruto pequeno, possui grande área de superfície de exposição por unidade de volume, o que favorece a perda de água pelo processo transpiratório.

Embora ao final do armazenamento o percentual de perda de massa tenha sido superior a 5%, ocasionando murchamento dos frutos, as coberturas denominadas como GA₆T₂₀ e GBT₈₀ mostraram-se efetivas na contenção da perda de massa dos frutos de mirtilo, visto que se compararmos o peso dos frutos controle ao final de 30 dias com o peso dos frutos coberto com GA₆T₂₀ verifica-se uma diferença 3,94% entre as perdas de massa. Por outro lado, na comparação dos

frutos tipo controle com os revestidos com GBT80 a diferença é 2,54%, confirmando a melhor efetividade da cobertura de GA_6T_{20} no que se refere à barreira a perda de massa dos frutos.

Esse resultado corrobora com Friedrich (2017) que avaliou o efeito de filmes comestíveis produzidos a partir de gelatina, amido nativo, sorbitol e extrato de *Tetradenia riparia* (agente antimicrobiano) na conservação de morangos pós-colheita durante 10 dias. Foi observada que a perda de massa aumentou com o prolongamento do armazenamento.

Os resultados obtidos neste estudo demonstraram que apesar da efetividade das coberturas, do ponto de vista de qualidade para comercialização, o prazo de validade dos frutos *in natura* é de no máximo 15 dias de armazenamento, devido ao aspecto de murchamento observado, tornando o fruto não atrativo para o consumidor.

O pH dos frutos de mirtilo geralmente é inferior a 4,5, porém aumenta no decorrer do amadurecimento e influencia as características organolépticas e a capacidade de conservação dos mesmos (Embrapa Clima Temperado, 2023). De acordo com os resultados obtidos Tabela 2, pode-se observar, que somente aos 10, 15 e 25 dias de armazenamento dos frutos, ocorreram alterações na variável pH, com diferenças significativas entre o controle e os tratamentos GA_6T_{20} e GBT_{80} .

E, por não haver uma linearidade ao longo do período de armazenamento, estes resultados podem estar atrelados à condição da amostra que foi analisada, isto é, a qualidade e condição de maturação destes frutos na hora da colheita, uma vez que o pH aumenta à medida que o fruto amadurece. Segundo Turquett *et al.* (2021), o aumento do pH indica redução de ácidos orgânicos, pois estes vão sendo direcionados para o processo respiratório visando a manutenção do metabolismo da fruta.

Pois no início do armazenamento, as amostras do controle e tratamentos GA_6T_{20} e GBT_{80} apresentaram pH igual de 3,55 e ao completarem 15 dias apresentaram pH de 3,25, 3,39 e 3,46 respectivamente, mas no entanto ao término de 30 dias, atingiram pH de 3,31, 3,39 e 3,39, respectivamente, o que não constitui diferença significativa (Tabela 2).

Para os resultados de acidez, expresso em percentual de ácido cítrico, a análise de variância apresentou resultados significativos dos tratamentos sobre a acidez titulável dos frutos a partir do 5º dia, conforme descrito na Tabela 3.

Observou-se uma oscilação nos valores médios da acidez (% de ácido cítrico) no decorrer do período de avaliação. Os frutos de mirtilo com 15 dias de armazenamento apresentaram uma diferença significativa de valores de acidez total de 0,67% para frutos tipo controle, 0,55% para frutos de mirtilo revestidos com GA_6T_{20} e 0,40% para os revestidos com GBT_{80} . Com o término do prazo de 30 dias de armazenamento, não se observou diferença significativa entre os frutos, revestidos com GA_6T_{20} e GBT_{80} , com valores de acidez de 0,53% e 0,49% respectivamente. Porém, se comparados ao controle, que apresentou 0,66% de acidez a diferença é significativa.

O fato dos frutos apresentarem uma oscilação nos índices de acidez titulável durante o armazenamento, corroboram com os dados encontrados por Holsbach *et al.* (2019), onde avaliando a vida útil de mamão formosa minimamente processado utilizando coberturas de amido e mandioca e óleo essencial de cravo, obtiveram em seu trabalho uma redução da acidez titulável até o 7º dia, mas observando também uma pequena elevação até os 15º dias de armazenamento.

Os teores de sólidos solúveis totais dos frutos de mirtilo descritos na Tabela 4, não apresentam diferenças significativas entre as médias obtidas para os frutos do tipo controle, GA_6T_{20} e GBT_{80} , durante todo o período de armazenamento embora se tenha verificado oscilação entre os valores encontrados.

Durante o experimento, os teores de sólidos solúveis analisados em amostras de frutos controle oscilaram ao longo do período de armazenamento entre 15,07 e 20,53 °Brix. Já as amostras de frutos revestidos com GA₆T₂₀ apresentaram variação entre 15,07 e 21,07 °Brix, e os frutos de mirtilo revestidos com o biofilme de GBT₈₀ variaram entre 15,07 e 18,83 °Brix, ao longo dos 30 dias de experimento. Estes resultados sugerem que as amostras de frutos de mirtilo analisadas se encontravam em seu ponto ótimo de maturação, uma vez que não houve um aumento estatisticamente significativo dos sólidos solúveis totais durante o período de armazenamento, características estas do processo de amadurecimento, ressaltando também, a característica de frutos não-climatéricos.

Esses resultados estão em concordância com os encontrados por Yan *et al.* (2019) e Pinzon *et al.* (2020), que detectaram que os teores de sólidos solúveis totais no morango não variam significativamente durante o período de armazenamento.

Da mesma forma, Morais *et al.* (2020) ao aplicar revestimentos a base de ágar com concentrações variadas de óleo essencial de semente de romã (*Punica granatum L.*) em mamões (*Carica papaya*), não encontraram diferenças estatísticas para o teor de sólidos solúveis totais.

Os menores valores em °Brix para as amostras de frutos recobertos com GA₆T₂₀ e GBT₈₀ é reflexo da menor perda de massa devido a menor permeabilidade ao vapor de água destes filmes.

A relação SST/AT que determina o sabor da fruta, uma vez que é a razão entre os açúcar solúveis (SST) e a quantidade de ácidos livres (ATT) presentes apresentou os seguintes resultados, conforme Tabela 5. A relação de SST/AT não apresentou diferença significativa até o 15° de armazenamento. No 20° dia verificou se uma diferença significativa entre frutos controle e GA6T20 com resultados respectivamente de 34,08 e 31,37. Aos 30 dias de armazenamento os frutos tipo controle, e os revestidos com GA₆T₂₀ e GBT₈₀, apresentaram os resultados de 31,17, 33,23 e 34,86, respectivamente, para a relação SST/ATT. Estes resultados demonstraram que houve oscilações no decorrer do armazenamento, porém, não foram significativos para evidenciar uma contenção da razão SST/ATT em função dos tratamentos utilizados em comparação ao controle. Valores médios da razão SST/ATT para mirtilo de 28,09 - 39,02 foram relatados por Sousa, 2007.

Souza *et al.*, (2017) empregando revestimento à base de amido de mandioca na goiaba cultivar Pedro Sato, e armazenados em temperatura ambiente, também não relataram diferenças estatísticas significativas, com médias de SST/ATT em torno de 20,7.

4 CONCLUSÕES

Nas condições em que os experimentos foram desenvolvidos conclui-se que:

- O uso de biofilme de gelatina nas concentrações utilizadas e com os diferentes compostos utilizados nas blendas não foram eficientes em retardar o metabolismo pós-colheita dos frutos de mirtilo cv. Clímax, armazenados em temperatura de 5°C e UR variando entre 75 a 80%.
- Os biofilmes de gelatina promoveram uma barreira significativa à perda de água dos frutos de mirtilo e como consequência, agindo na contenção da perda de massa do fruto se comparado ao controle.
- Em condições controladas do experimento, os frutos de mirtilo cv. Clímax recobertos com os biofilmes e os frutos do tipo controle (sem cobertura) permaneceram aptos para o consumo in natura até 15 dias de armazenamento, devido a seu aspecto de murchamento, o que dificulta sua comercialização, tornando os não atrativo

ao consumidor.

Sugere-se para novos estudos com biofilmes comestíveis aplicados em frutos de mirtilo que sejam utilizados diferentes condições de armazenagem, tais como o uso de atmosfera modificada, a fim de verificar o impacto destas sobre coberturas proteicas com gelatina.

Declaração de conflitos de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Financiamento

Esta pesquisa foi apoiada pela Gelnex Industria e Comércio Ltda e Niceberry do Brasil, localizadas em Itá (SC), que colaboraram como doadores de materiais para a realização do experimento científico.

Agradecimento

Ao Departamento de Ciência dos Alimentos (UFSC) por todo o suporte durante realização do presente trabalho e a todos que de alguma forma colaboraram no desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Amin.U.; Khan, M. k. i.; Khan, M. U.; Ehtasham Akram, M.; Pateiro.M.; Lorenzo, J. M.; Maan, A. A. Improvement of the Performance of Chitosan-Aloe vera Coatings by Adding Beeswax on Postharvest Quality of Mango Fruit. **Foods**, 10, n. 10, 2021.
- Bakowska, A., Kucharska, A. Z., & Oszmiański, J. (2003). The effects of heating, UV irradiation, and storage on stability of the anthocyanin-polyphenol copigment complex. **Food Chemistry**, 81(3), 349-355. [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00429-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00429-6)
- Barizão, C. M.; Crepaldi, M. I.; Junior, O. O. S.; Oliveira, A. C.; Martins, A. F.; Garcia, P.; Bonafé, E. G. Biodegradable films based on commercial κ -carrageenan and cassava starch to achieve low production costs. **International Journal of Biological Macromolecules** (2020) 582–590. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/international-journal-of-biological-macromolecules>. Acesso em: 02.jun.2025.
- Carpenedo, S.; Raseira, M. do C. B.; Franzon, R. C. Importância e perspectivas para a cultura do mirtilo no Brasil. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2022. 17 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 526). ODS 2.
- Ceballos, R. L.; Yepesa, O. O.; Goyanesa, S.; Bernalb, C.; Famaa, L. L. Effect of yerba mate extract on the performance of starch films obtained by extrusion and compression molding as active and smart packaging. **Carbohydrate Polymers**. v.244; p.1-12, 2020. Disponível em: Effect of yerba mate extract on the performance of starch films obtained by extrusion and compression molding as active and smart packaging - ScienceDirect. Acesso em: 02.jun.2025.
- Cortes-Rodriguez, M.; Villegas-Yeppez, C.; Gil Gonzalez, J. H.; Rodriguez, P. E.; Ortega- Toro, R. Development and evaluation of edible films based on cassava starch, whey protein, and bees wax. **Heliyon**, 6, n. 9, p. e04884, 2020.
- Cao, W.; Yan, J.; Liu, C.; Zhang, J.; Wang, H.; Gao, X.; Yan, H.; Niu, B.; Li, W. Preparation and characterization of catechol-grafted chitosan/gelatin/modified chitosan- AgNP blend films. **Carbohydrate Polymers**, 247, p. 116643, 2020

Da Silva, Eduardo Rocha; Melo, Fabiano da Cruz.(2021). Manual de manejo da cultura do mirtilo (*Vaccinium* sp.). Secretaria de Agricultura de Tijuca do Sul.

De Melo, Silvana Neves; Nascimento, Fabiana Cristina de Araújo; Da Silva, Nayara Maria Monteiro; Pessoa, Marcio Marcelo da Silva; Coceição, Gyselle dos Santos; Guimarães, andryne Carla Neves; Brasil, Davi do Socorro Barros; do Rego, José de Arimateia Rodrigues. Biodegradable films made from cassava starch: an analysis of sustainable innovations. *ARACÊ*, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 4355–4372, 2025. DOI: 10.56238/arev7n1-257. Disponível em: <https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/308>

Embrapa. Sistema de produção do mirtilo. Brasília, DF: Embrapa, 2023. 52 p. il. (Embrapa Clima Temperado. Sistema de produção, 8). Biblioteca(s): Embrapa Clima Temperado.

Emater/RS-Ascar. Emater/RS-Ascar atualiza dados da Fruticultura no RS. **Portal Revista Cultivar**, 03 dez. 2020. Disponível em: [tps://revistacultivar.com.br/noticias/emater-rs-ascar-atualiza-dados-da-fruticultura-no-rs](https://revistacultivar.com.br/noticias/emater-rs-ascar-atualiza-dados-da-fruticultura-no-rs). Acesso em: 02 jun.2025

FRASSINETTI, S.; CASTAGNA, A.; SANTIN, M.; POZZO, L.; BARATTO, I.; LONGO, V.; RANIERI, A. Gelatin-based coating enriched with blueberry juice preserves the nutraceutical quality and reduces the microbial contamination of tomato fruit. **Natural Products Research**, p. 1-5, Sep 17 2020a.

Friedrich, J. C. C. Biofilmes a base de amido, gelatina e extrato de *Tetradenia riparia* na conservação de morango. 2017. 107f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2017.

Guo X., Wang X., Wey Y., Liu P., Deng X, ei Y., Zhang J. Preparation and properties of films loaded with cellulose nanocrystals stabilized Thymus vulgaris essential oil Pickering emulsion based on modified tapioca starch/polyvinyl alcohol. **Food Chemistry**, v. 435, 1 march 2024. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/journal/food-chemistry/vol/435/suppl/C>. Acesso em: 02.jun. 2025

Herrera-Balandrano, D., Chai, Z., Beta, T., Feng, J., & Huang, W. (2022). Mirtilo alfa antocianinas: uma revisão atualizada sobre abordagens para aumentar sua 401 biodisponibilidade. **Tendências em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 118, 808–821 . <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.11.006>

Holsbach, F. M. S. *et al.* Avaliação da vida útil de mamão formosa (*Carica papaya* L.) minimamente processado utilizando coberturas de amido de mandioca e óleo essencial de cravo. **Journal of Bioenergy and Food Science**, vol. 6, n. 4, p. 78-96, Macapá-AP, Brasil. 2019.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 1020.

Kalt, W., Cassidy, A., Howard, L., Krikorian, R., Stull, A., Tremblay, F., & Zamora-Ros, R. (2020). Pesquisas recentes sobre os benefícios para a saúde dos mirtilos e suas antocianinas. **Avanços em Nutrição**, 11, 224–236. <https://doi.org/10.1093/advances/nmz065>

Liu, Z.; Lin, D.; Shen, R.; Yang, X. Characterizations of novel konjac glucomannanemulsion films incorporated with high internal phase Pickering emulsions. **Food Hydrocolloids**, 109, p. 106088, 2020.

Marianda, P., H, S., Dos Santos, A. C., De Freitas, B. C. B., Martins, G. A. D., Boas, E. V. D. V., & Damiani, C. (2021). A scientific approach to extraction methods and stability of pigments from Amazonian fruits. **Trends in Food Science & Technology**, 113, 335–345. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.047>

Morais, F. A. *et al.* Agar and pomegranate seed oil used in a biodegradable coating composition for Formosa papaya. **Food Science and Technology**. v. 40, n. 1, p. 280-286, 2020.

Podshivalov, A.; Zakharova, M.Glazacheva, E.; Uspenskaya, M. Gelatin/potato starch edible biocomposite films: Correlation between morphology and physical properties. **Carbohydrate polymers**, v. 157, p. 1162 1172, 2017. 10.1016/j.carbpol.2016.10.079

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. **Int. J. Food Sci. Technol.**, v. 55, n. 1, p. 92-98, jan. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.14254>

- substratos e soluções nutritivas. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2024. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 247). ODS 2.
- Silva, S., Costa, E. M., Veiga, M., Morais, R. M., Calhau, C., & Pintado, M. (2020). Health promoting properties of blueberries: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 60, 181–200. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1518895>
- Spohr, L., de Aguiar, M. S. S., Bona, N. P., Luduvico, K. P., Alves, A. G., Domingues, W. B., Blodorn, E. B., Bortolatto, C. F., Bruning, C. A., Campos, V. F., Stefanello, F. M., & Spohr, L., de Aguiar, M. S. S., Bona, N. P., Luduvico, K. P., Alves, A. G., Domingues, W. B., Blodorn, E. B., Bortolatto, C. F., Bruning, C. A., Campos, V. F., Stefanello, F. M., & Spanevello, R. M. (2023). Blueberry extract modulates brain enzymes activities and reduces neuroinflammation: Promising effect on lipopolysaccharide-induced depressive-like behavior. **Neurochemical Research**, 48, 846–861. <https://doi.org/10.1007/s11064-022-03813-8>
- Souza C. C. C. *et al.* Aplicação de revestimento filmogênico à base de amido de mandioca e de óleo de cravo-da-índia na conservação pós-colheita de goiaba 'pedro sato'. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 25, n. 6, p. 479-490, 2017.
- Sun, R.; Song, G.; Zhang, H.; Zhang, H.; Chi, Y.; MA, Y.; LI, H.; Bai, S.; Zhang, X. Effect of basil essential oil and beeswax incorporation on the physical, structural, and antibacterial properties of chitosan emulsion based coating for eggs preservation. **Lwt**, 150, p. 112020, 2021.
- Shahidi, F.; Hossain, A. Preservation of aquatic food using edible films and coatings containing essential oils: a review. **Critical Reviews in Food Science Nutrition**, p. 1-40, 2020B.
- Soradach, S. Nunthanid, J.; Limmavapirat, S.; Anan, M. L. Utilization of shellac and gelatin composite film for coating to extend the shelf life of banana. **Food Control**, v. 73, p. 1310-1317, 2017. 10.1016/j.foodcont.2016.10.059.
- SOUSA, M. B. MIRTILLO. QUALIDADE PÓS – COLHEITA. FOLHAS DE Sousa, M. B. Mirtilo. Qualidade Pós – Colheita. **Folhas de Divulgação AGRO 556**. N° 8 p.1-18. 2007.
- Tan, C., Wang, M., Kong, Y., Wan, M., Deng, H., Tong, Y., Lyu, C., & Meng, X. (2022). Anti-inflammatory and intestinal microbiota modulation properties of high hydrostatic pressure treated cyanidin-3-glucoside and blueberry pectin complexes on dextran sodium sulfate-induced ulcerative colitis mice. **Food & Function**, 13, 4384. <https://doi.org/10.1039/d1fo03376j>
- Turquett, L. C. G. B *et al.* Avaliação da cobertura comestível elaborada a partir de quitosana, farelo de arroz e fécula de mandioca na conservação pós-colheita de morangos. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 33153-33171, 2021.
- Wu, Y., Yang, H., Yang, H., Zhang, C., Lyu, L., Li, W., & Wu, W. (2022). A physiological and metabolomic analysis reveals the effect of shading intensity on blueberry fruit quality. **Food Chemistry X**, 15, Article 100367. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100367>
- Wu, Y., Han, T., Yang, H., Lyu, L., Li, W., & Wu, W. (2023). Known and potential health benefits and mechanisms of blueberry anthocyanins: A review. **Food Bioscience**, 55, 103050.
- Yang, W., Guo, Y., Liu, M., Chen, X., Xiao, X., Wang, S., Gong, P., Ma, Y., & Chen, F. 2022). Estrutura e função das antocianinas de mirtilo: uma revisão dos avanços recentes. **Journal of Functional Foods**, 88, Artigo 104864. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104864>
- Yan, J.; Luo, Z.; Ban, Z.; Lu, H.; Li, D.; Yang, D.; Li, L. The effect of the layer-by-layer (LBL) edible coating on strawberry quality and metabolites during storage. **Postharvest Biol. Technol.**, v. 147, p. 29-38, jan. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.09.002>
- Yang, S., Wang, C., Li, X., Wu, C., Liu, C., Xue, Z., & Kou, X. (2021). Investigation on the biological activity of anthocyanins and polyphenols in blueberry. **Journal of Food Science**, 86, 614–627. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15598>
- Yeddes, W.; Djebali, K.; Aidi Wannes, W.; Horchani-Naifer, K.; Hammami, M.; Younes, I.; Saidani Tounsi, M. Gelatin-chitosan-pectin films incorporated with rosemary essential oil: Optimized formulation using mixture design and response surface methodology. **International Journal of Biological Macromolecules**, 154, 92–103, 2020

Tabela 1. Valores médios da perda de massa (%) de frutos de mirtilo cv. Clímax, revestidos por diferentes biofilmes e armazenados por 30 dias a 5°C e UR variando entre 75 a 80%.

Tratamento	Armazenamento (dias)					
	5	10	15	20	25	30
Controle	5,74 a	9,86 a	13,43 a	16,49 a	19,46 a	22,89 a
GA6T ₂₀	4,67 b	7,63 a	10,47 b	13,75 b	16,42 b	18,95 b
GBT ₈₀	5,01 b	8,51 b	11,22 b	14,19 b	17,09 c	20,35 b

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Valores médios da análise do pH de frutos de mirtilo cv. Clímax, revestidos por diferentes biofilmes e armazenados por 30 dias a 5°C e UR variando entre 75 a 80%.

Tratamento	Armazenamento (dias)						
	0	5	10	15	20	25	30
Controle	3,55 a	3,18 a	3,19 a	3,25 a	3,36 a	3,33 a	3,31 a
GA6T ₂₀	3,55 a	3,16 a	3,29 b	3,39 ab	3,38 a	3,58 b	3,39 a
GBT ₈₀	3,55 a	3,22 a	3,41 c	3,46 b	3,30 a	3,43 ab	3,39 a

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico) de frutos de mirtilo cv. Clímax, revestidos por diferentes biofilmes e armazenados por 30 dias a 5°C e UR variando entre 75 a 80%.

Tratamento	Armazenamento (dias)						
	0	5	10	15	20	25	30
Controle	0,47 a	0,61 a	0,65 a	0,67 a	0,62 a	0,65 a	0,66 a
GA6T ₂₀	0,47 a	0,48 b	0,47 b	0,55 b	0,54 a	0,50b	0,53 b
GBT ₈₀	0,47 a	0,62 ab	0,40 c	0,40c	0,72 a	0,44 b	0,49 b

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Valores médios das análises dos Sólidos Solúveis Totais (°Brix), de frutos cv. Clímax, revestidos por diferentes biofilmes e armazenados por 30 dias a 5°C e UR variando entre 75 a 80%.

Tratamento	Armazenamento (dias)						
	0	5	10	15	20	25	30
Controle	15,07 a	15,60 a	16,0 a	16,03 a	20,53 a	15,90 a	20,53 a
GA6T ₂₀	15,07 a	13,80 a	21,0 a	15,33 a	17,00 a	21,07 a	17,63 a
GBT ₈₀	15,07 a	18,83 a	18,0 ab	18,70 a	16,80 a	17,77 ab	16,80 a

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Valores médios da razão Sólidos Solúveis Totais (SST)/Acidez Total (AT), de frutos de mirtilo cv. Clímax, revestidos por diferentes biofilmes e armazenados por 30 dias a 5°C e UR variando entre 75 a 80%.

Tratamento	Armazenamento (dias)						
	0	5	10	15	20	25	30
Controle	31,95 a	25,53 a	24,64 a	23,80 a	34,08 a	24,64 a	31,17 a
GA6T ₂₀	31,95 a	28,95 a	44,15 a	27,99 a	31,37 b	42,27 a	33,23 a
GBT ₈₀	31,95 a	30,33 a	45,77 a	47,19 a	23,34 ab	41,10 a	34,86 a

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.