

Efeitos da aplicação de revestimentos biodegradáveis na conservação pós-colheita de tomate

Effects of the application of biodegradable coatings on post-harvest tomato conservation

Efectos de la aplicación de recubrimientos biodegradables en la conservación poscosecha de tomate

Recebido: 12/06/2022 | Revisado: 29/06/2022 | Aceito: 13/07/2022 | Publicado: 19/07/2022

Samira Abreu Carvalho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6269-2203>
Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil
E-mail: samira.carvalho17@outlook.com

Acácio Figueiredo Neto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0326-9123>
Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil
E-mail: figueiredoacacio@gmail.com

Marylia de Sousa Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9593-4233>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: marylia.sousacosta@gmail.com

Josenara Daiane de Souza Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8706-7405>
Instituto Federal do Piauí, Brasil
E-mail: josenara.costa@ifpi.edu.br

Antonio Pereira Filho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9871-3214>
Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil
E-mail: tonyunivasf@gmail.com

Carlos Alberto Aragão

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3430-8196>
Universidade do Estado da Bahia, Brasil
E-mail: carlosaragao@hotmail.com

Resumo

A cultura do tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tem grande importância econômica e social para o Brasil. Entretanto, o tomate apresenta-se como um fruto de alta perecibilidade com vida de prateleira curta, o que requer métodos para sua conservação pós-colheita, por exemplo, o uso de revestimentos biodegradáveis. Diante disso, objetivou-se com esse trabalho, avaliar o efeito de revestimentos biodegradáveis à base de fécula de mandioca e glicerol, na qualidade pós-colheita do tomate variedade italiano híbrido "TY" à temperatura ambiente. O experimento foi conduzido no Laboratório de Armazenamento de Produtos Agrícolas (LAPA), da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). Os tomates foram selecionados, lavados e revestidos com soluções de fécula de mandioca e glicerol nas concentrações de 5% e 1% respectivamente, armazenados à temperatura ambiente por doze dias, avaliando-se a cada dois dias quanto à perda de massa, firmeza do fruto, potencial hidrogeniônico, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, relação sólidos solúveis e acidez total titulável e cor da casca. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 7 (revestimentos x tempo de armazenamento), com cinco repetições por tratamento. Os resultados foram submetidos à análise de variância, análise de regressão e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As concentrações utilizadas na elaboração dos revestimentos FEC 5% e FEC 5% + GLIC 1% se destacaram na preservação de alguns atributos de qualidade, como perda de massa, firmeza, acidez e cor da casca. Os revestimentos utilizados foram caracterizados como alternativas possíveis para preservar a qualidade pós-colheita de tomates quando mantidos em condição de temperatura ambiente.

Palavras-chave: Conservação; *Solanum lycopersicum* L.; Fécula de mandioca; Glicerol.

Abstract

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) culture has great economic and social importance for Brazil. However, tomato presents itself as a fruit of high perishability with short shelf life, which requires methods for its postharvest conservation, for example, the use of biodegradable coatings. Therefore, the objective of this work was to evaluate the effect of biodegradable coatings based on cassava starch and glycerol, on the postharvest quality of tomato variety Italian hybrid "TY" at room temperature. The experiment was conducted in the Laboratory of Storage of Agricultural Products (LAPA), Federal University of São Francisco Valley (UNIVASF). The tomatoes were selected, washed and coated with manioc starch and glycerol solutions at concentrations of 5% and 1% respectively, stored at room

temperature for twelve days and evaluated every two days for loss of mass, fruit firmness, hydrogen potential, total soluble solids, total titratable acidity, ratio of soluble solids to total titratable acidity and peel color. The experimental design was entirely randomized in a 3 x 7 factorial scheme (coatings x storage time), with five repetitions per treatment. The results were submitted to variance analysis, regression analysis and the means were compared using Tukey's test at 5% probability. The concentrations used in the preparation of the coatings FEC 5% and FEC 5% + GLIC 1% stood out in the preservation of some quality attributes, such as loss of mass, firmness, acidity and color of the peel. The coatings used were characterized as possible alternatives to preserve the postharvest quality of tomatoes when kept at room temperature.

Keywords: Conservation; *Solanum lycopersicum* L.; Cassava starch; Glycerol.

Resumen

El cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tiene una gran importancia económica y para Brasil. Sin embargo, el tomate se presenta como un fruto de alta calidad, perecedero con corta vida útil, que requiere métodos para su conservación posterior a la cosecha, por ejemplo, el uso de recubrimientos biodegradables. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de los recubrimientos biodegradables a base de almidón de yuca y glicerol, en la calidad post-cosecha de la Tomate híbrido variedad italiana "TY" a temperatura ambiente. El experimento fue realizado en el Laboratorio de Almacenamiento de Productos Agrícolas (LAPA), Universidad Federal de Vale do São Francisco (UNIVASF). Los tomates eran seleccionados, lavados y recubiertos con soluciones de almidón de yuca y glicerol en las concentraciones del 5% y 1% respectivamente, almacenadas a temperatura ambiente durante doce días, cada dos días por la pérdida de masa, firmeza del potencial hidrogénico, sólidos solubles totales, acidez titulable total, sólidos solubles y acidez titulable total y color de la cáscara. El diseño experimental fue completamente aleatorizado en un esquema factorial de 3 x 7 (recubrimientos x almacenamiento), con cinco réplicas por tratamiento. Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza, análisis de regresión y las medias comparadas por el Prueba de Tukey con una probabilidad del 5%. Las concentraciones utilizadas en la preparación de los recubrimientos FEC 5% y FEC 5% + GLIC 1% destacaron en la preservación de algunos atributos de calidad, como pérdida de masa, firmeza, acidez y color de la cáscara. Los recubrimientos utilizados se caracterizaron como posibles alternativas para preservar la calidad posterior a la cosecha de los tomates cuando se mantengan en condiciones de temperatura ambiente.

Palabras clave: Conservación; *Solanum lycopersicum* L.; Almidón de yuca; Glicerol.

1. Introdução

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é um dos frutos mais consumidos no mundo com grande importância em termos de economia, produção e valor nutricional, é também rico em vitamina A, complexo B, glicose, frutose, lipídios, proteínas e sais minerais (Amancio, 2020). O Brasil está entre uns dos maiores produtores de tomate, com destaque as regiões sudeste e nordeste, alcançando no ano de 2020 uma produção de quase 4.000.000 de toneladas (Kist, et al., 2021).

Apesar do seu potencial econômico, por se tratar de um fruto climatérico, os produtores de tomate enfrentam um enorme desafio com as perdas pós-colheita. A sua maturação inicia-se com o aumento da atividade respiratória ocasionando uma série de alterações em suas propriedades físicas e químicas, incluindo o amolecimento rápido, a perda da clorofila e a síntese de carotenóides, o que reduz consideravelmente seu valor comercial (Damasceno, 2003; Cipolatti, et al., 2012). Em uma rede de supermercados, por exemplo, suas perdas variam de 5 a 25%, geralmente causadas por dano mecânico (55,6%) e fisiológico (4,6%), podendo chegar a 50% ao longo da sua cadeia de distribuição, a depender da época do ano e do tipo de varejo (Vieira, et al., 2018).

Para prolongar a vida útil das frutas e diminuir essas perdas é necessário buscar estratégias de conservação pós-colheita. Segundo Menezes et al. (2017), uma alternativa tecnológica é o uso de revestimentos biodegradáveis à base de polissacarídeos, lipídeos e proteínas, por exemplo, o uso de fécula de mandioca, amido de milho, glicerol, sorbitol, pectina, quitosana dentre outros. Essas substâncias orgânicas reduzem as trocas gasosas e a perda de água entre alimento e ambiente, contribuindo para a preservação da textura e do valor nutricional, melhorando seu aspecto comercial.

Dessa forma, com o objetivo de melhorar a qualidade do tomate, atualmente há estudos sobre a conservação pós-colheita do fruto por meio do uso de revestimentos comestíveis que comprovam a eficácia desse método (Oliveira, et al., 2015; Santos, 2016; Amancio, 2020; Rocha, 2020).

Nesse sentido, objetivou-se com esse trabalho avaliar os efeitos de revestimentos biodegradáveis à base de fécula de

mandioca e de glicerol de forma isolada ou associada na preservação da qualidade pós-colheita do tomate variedade italiano híbrido 'TY'.

2. Metodologia

Obtenção da matéria-prima

A presente pesquisa é um modelo de revisão narrativa a qual traz uma visão mais atualizada quanto ao assunto abordado trazendo resultados com base em outros autores (Cordeiro et al., 2007). O trabalho foi desenvolvido com tomates da variedade italiano híbrido 'TY', colhidos em estágio de maturação fisiológico caracterizado pela tonalidade do epicarpo pintado ou de vez (Brasil, 1995), adquiridos por meio dos produtores do Projeto Salitre em Juazeiro (BA) que comercializam na Central de Abastecimento (CEASA) no referido município.

Os frutos foram transportados em caixas contentoras plásticas para o Laboratório de Armazenamento de Produtos Agrícolas (LAPA) da Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro-BA, onde foram selecionados quanto à uniformidade de tamanho, coloração da casca, ausência de lesões mecânicas e doenças.

Em seguida, foram submetidos a lavagem em água corrente com detergente neutro (1:10 v/v) para retirada das sujidades advindas do campo, e posteriormente sanitizados em solução de água e hipoclorito de sódio (0,01%) durante 15 minutos. Após esse período, foram retirados da solução, e lavados para remover o excesso de cloro e depois mantidos em temperatura ambiente ($25 \pm 3^\circ\text{C}$ e $68 \pm 4\%$ UR) até secagem completa. Depois de secos e higienizados, foram divididos em grupos de acordo com o planejamento fatorial. Assim, os revestimentos foram preparados, e aplicados nos tomates.

Preparo e aplicação das soluções de revestimentos

A fécula de mandioca e o glicerol foram adquiridos comercialmente. Para elaboração do revestimento a base de 5% de fécula de mandioca (FEC 5%) foi pesado 50g de fécula, onde realizou-se a diluição em 1 L de água destilada, essa suspensão foi agitada com um bastão até a sua completa homogeneização, obtendo assim a concentração de 5% para este tratamento.

Para o preparo do revestimento à base de 5% de fécula de mandioca associado à 1% de glicerol (FEC 5% + GLIC 1%) foi pesado 50 g de fécula de mandioca onde realizou-se a diluição em 1 L de água destilada e foi adicionado 10 g de glicerol a essa solução, sendo agitada com um bastão até a sua completa homogeneização, obtendo as concentrações desejadas para este tratamento.

Posteriormente, cada suspensão preparada foi aquecida em banho-maria a 70°C até o ponto de geleificação, e resfriadas em temperatura ambiente.

Após o preparo dos revestimentos, os frutos foram imersos, um a um nas soluções, com exceção do tratamento controle (testemunha), durante um minuto, de modo que toda a superfície ficasse coberta sem excesso de revestimento, sendo dispostos em bancada para secagem, seguidos de suas identificações. Após a aplicação dos revestimentos e identificação, os frutos foram dispostos em bancadas armazenados sob temperatura ambiente ($25 \pm 3^\circ\text{C}$ e $68 \pm 4\%$ UR) por um período de 12 dias, sendo que a cada 3 dias os frutos eram analisados física e físico-quimicamente.

Análises físicas e físico-químicas

As avaliações das características físico-químicas foram realizadas logo após a aplicação dos tratamentos, aos 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 dias de armazenamento. Os frutos foram avaliados quanto: colorimetria da casca, perda de massa fresca, firmeza, teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), relação SST/ATT e potencial hidrogeniônico (pH).

Para a avaliar a cor da casca do fruto, foi utilizado o colorímetro digital portátil Konica Minolta CR-400, com sistema CIE-Lab, onde obteve-se os valores dos parâmetros L^* , a^* e b^* . Os valores de L^* que determina a luminosidade, variam ($0 =$

preto e 100 = branco), a^* variação da cor verde ($-a^*$) para a cor vermelha ($+a^*$) e b^* a transição da cor azul ($-b^*$) para a cor amarela ($+b^*$) (Ramos et al., 2018). As leituras foram realizadas nas duas porções opostas na região equatorial dos tomates, obtendo suas médias.

A perda de massa foi determinada utilizando uma balança semianalítica com uma precisão de 0,01g BEL Engineering, e os resultados expressos em porcentagem. A firmeza foi determinada com um penetrômetro digital (Instrutherm PTR-300), com ponteira de 3,0 mm de diâmetro e os resultados expressos em Newton (N) fazendo a média dos valores obtidos dos dois lados do tomate.

Os sólidos solúveis totais (SST) foram obtidos do suco dos frutos triturados em multiprocessador e determinados com um refratômetro digital portátil da Hanna Instruments, modelo HI96804, previamente calibrado com água destilada e os resultados expressos em °Brix.

A acidez total titulável (ATT) foi determinada pelo método titulométrico, onde 5g do suco dos frutos processados foram homogeneizados em Erlenmeyer com 50 mL de água destilada. À solução resultante foi adicionada 3 gotas de fenolftaleína a 1% como indicador e, em seguida, titulada com hidróxido de sódio (NaOH a 0,1 mol.L⁻¹) até atingir a coloração rósea. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico.

A relação SST/ATT foi obtida através do quociente entre as variáveis sólidos solúveis totais e acidez total titulável segundo metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado com um medidor de pH de bancada (MS TecnoPON, modelo mPA 210) de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), sendo os resultados expressos em unidades de pH.

Análises estatísticas dos dados

O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado sob um arranjo fatorial 3x7, onde o primeiro fator corresponde aos revestimentos (Testemunha – sem revestimento; FEC 5% – revestimento a base de Fécula de Mandioca à 5%; e FEC 5% + GLIC 1% – revestimento a base de 5 % de Fécula de mandioca (5%) e 1% de Glicerol) e o segundo ao tempo de armazenamento (0, 2, 4, 6, 8, 10,12), com cinco repetições por tratamento e análises a cada dois dias.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), à análise de regressão, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico ASSISTAT versão 7.7 (Silva & Azevedo, 2016).

3. Resultados e Discussão

Segundo os valores dos quadrados médios (QM) e a análise de variância (ANOVA) houve interação significativa entre os revestimentos biodegradáveis e o tempo de armazenamento (Tabela 1) para os parâmetros SST, Relação SST/ATT e Cor a^* casca. Dessa forma, para os demais atributos de qualidade, os fatores estudados foram analisados independentemente.

Tabela 1. Quadrado médio da análise de variância (ANOVA) das variáveis físico-químicas analisadas, em função do tempo de armazenamento, dos tratamentos utilizados e da interação entre esses fatores.

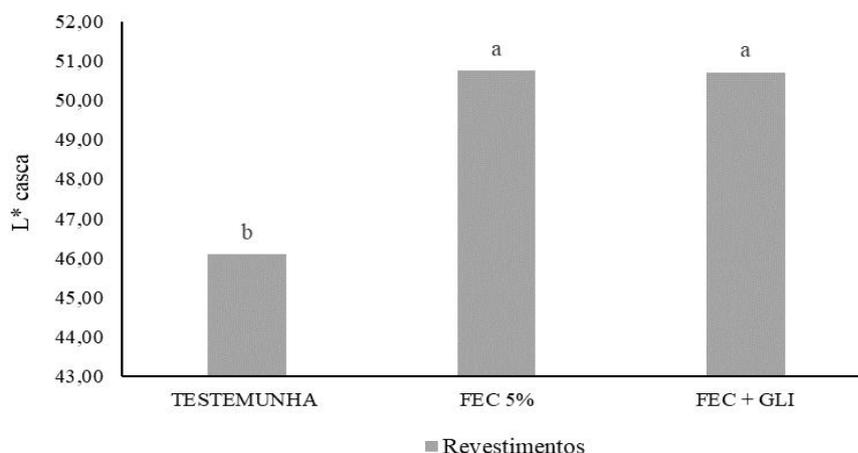
	PMF	Firmeza	SST	ATT	SST/ATT	pH	L* casca	Cor a* casca	Cor b* casca
Fonte de Variação									
Revestimento	9.40**	22.36**	6.60**	0.01*	92.84**	0.05 ns	251.25**	1477.54**	35.77 ns
Tempo	17.16**	245.41**	0.98**	0.01**	24.99**	0.20 **	129.25**	399.08**	21.64 ns
Revestimento X Tempo	1.59 ns	3.17 ns	1.08**	0.002 ns	14.76**	0.04 ns	20.25 ns	61.10*	29.03 ns
CV (%)	11,15	38,03	3,84	14,98	14,72	4,04	7,08	31,7	13,73

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 = < p < 0.05$); ns = não significativo ($p \geq 0.05$). Legenda: PMF = perda de massa fresca; SST = sólidos solúveis totais; ATT = acidez total titulável; SST/ATT = relação sólidos solúveis totais/ acidez titulável total; pH= potencial hidrogeniônico; CV = Coeficiente de Variação.

L* Casca

Analisando separadamente os efeitos dos revestimentos (Figura 1), observou-se que, os dois revestimentos com FEC 5% e FEC 5% + 1% GLIC apresentaram maiores médias de luminosidade com 50,76 e 50,71, respectivamente, em comparação à testemunha com 46,10, os quais diferiram estatisticamente.

Figura 1. Luminosidade (L*) da casca de tomates ‘TY’ com diferentes revestimentos armazenados à temperatura ambiente.



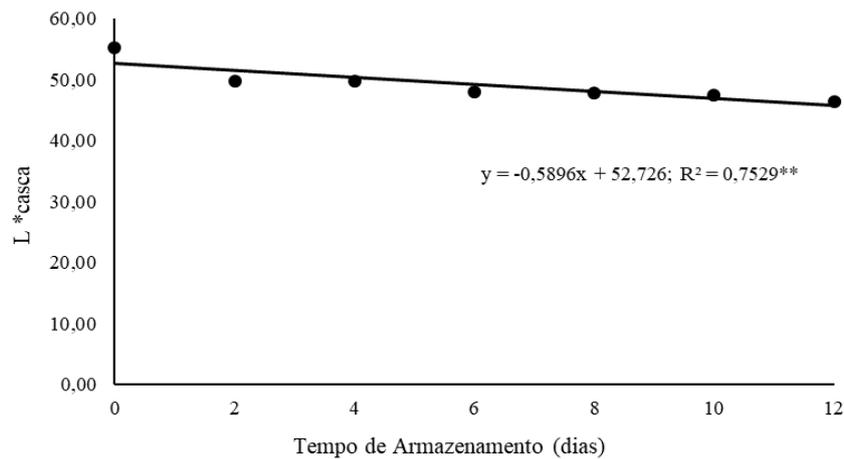
Fonte: Autores.

Por ser um fator preponderante na escolha do consumidor, a aparência externa pode ser proporcionada pelo uso de revestimentos biodegradáveis, incrementando um brilho superficial à casca (Coelho, 2021). Barreto et al. (2014) estudando o efeito de coberturas à base de fécula de mandioca, glicerol, lecitina de soja e cera de abelha na evolução da cor e perda de massa de tomates, observaram que os revestimentos retiveram a luminosidade, garantindo maior brilho, quando comparados a testemunha. Quirino et al. (2018), compararam o efeito da fécula de mandioca e pectina em revestimentos para goiaba “Paluma”, perceberam também que a fécula de mandioca manteve os frutos com luminosidade maior em comparação aos frutos sem revestimentos.

A redução da luminosidade do fruto durante o armazenamento é um indicativo, de que, ele tornou-se mais escuro, logo, o seu aumento reflete em um crescimento da claridade, do brilho ou de pontos mais brancos/claros (Coelho, 2021).

Quanto ao efeito do tempo, verifica-se através da Figura 2 que ao decorrer dos dias, o valor de L* diminuiu gradativamente de 55,28 no tempo zero para 46,37 no décimo segundo dia. Essa redução indica que com o passar do tempo os frutos foram ficando com tonalidades mais escuras durante a armazenagem, provocado pela maturação natural, o que pode influenciar a preferência do consumidor, como pode ser observado visualmente na Figura 3.

Figura 2. Luminosidade (L*) de tomates ‘TY’ em função do tempo de armazenamento à temperatura ambiente.



Fonte: Autores.

Figura 3. Tomates ‘TY’ sem revestimento (testemunha), revestidos com FEC 5% e FEC 5%+ GLIC 1% representados no início e no final do armazenamento no período total de 12 dia, sob condições ambiente.



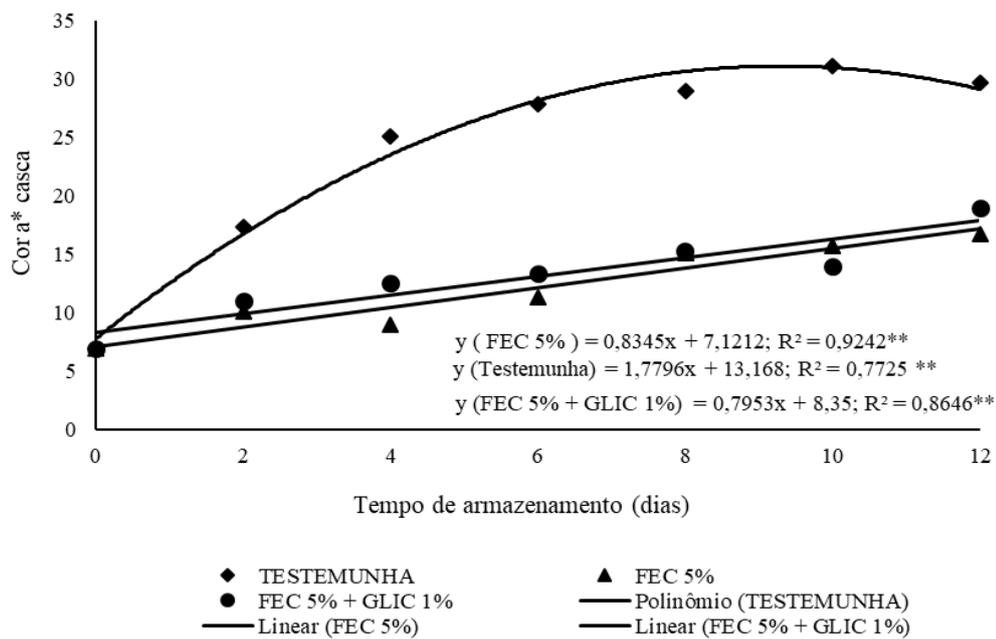
Fonte: Autores.

Esses resultados corroboram com a pesquisa de Oliveira et al. (2012) que observaram reduções na luminosidade de tomates revestido com pectina ao final do armazenamento.

Cor a* casca

A leitura da cor a*, representa a transição do verde (-a*) para o vermelho (+a*). Analisando o gráfico de regressão linear (Figura 4), percebe-se uma tendência crescente nos valores para todos os tratamentos. O valor de a* para a testemunha aumentou consideravelmente durante o armazenamento, demonstrando que os frutos sem revestimento apresentaram uma coloração vermelha mais intensa no final do armazenamento, saindo de 6,92 no tempo zero para 29,7 no décimo segundo dia de armazenamento, representando o maior aumento entre os tratamentos, o que indica que tiveram um processo de amadurecimento mais acelerado do que os tomates em que foram aplicados os revestimentos.

Figura 4. Componente de cor a* da casca de tomates 'TY' com diferentes revestimentos em função do tempo de armazenamento à temperatura ambiente.



Fonte: Autores.

O desaparecimento da cor verde, pode ser resultado da degradação da clorofila decorrente do processo de amadurecimento do fruto e a síntese de pigmentos, como os carotenoides que conferem a cor amarela, laranja e vermelha (Chitarra; Chitarra, 2005).

Ainda, observa-se visualmente nos últimos dias de avaliação (Figura 5) que os frutos revestidos apresentaram coloração vermelha/alaranja com menor intensidade em comparação a testemunha, podendo inferir que, mesmo em temperatura ambiente, a degradação da clorofila na casca foi desacelerada, o que pode levar a um tempo de prateleira maior, evidenciando que os revestimentos usados foram eficientes em prolongar a vida pós-colheita dos tomates estudados. De acordo com Sarmiento et al. (2015), este comportamento pode ser explicado pela menor passagem de O₂ para o interior das frutas recobertas com fécula de mandioca e glicerol.

Figura 5. Coloração de tomates ‘TY’ sem revestimento, revestidos com FEC 5% e FEC 5%+ GLIC 1% aos 8, 10 e 12 dias de armazenamento em temperatura ambiente.



Fonte: Autores.

Assim, um bom revestimento deve reduzir a respiração, consequentemente, o amadurecimento da fruta, que para os tomates está diretamente relacionado à sua coloração. Comportamento semelhante foi observado em tomates revestidos com fécula de mandioca à 3% após 6 dias de armazenamento (Menezes et al., 2017).

Cor b* casca

A colorimetria da cor da casca b* indica a transição do azul (-b*) para amarelo (+b*). Não houve efeito significativo dos tipos de revestimento, tempo de armazenamento e de sua interação para o parâmetro b* da coloração da casca dos tomates (Tabela 1).

Tais resultados obtidos no presente trabalho podem ter sido pelo fato de que a coloração amarela não foi predominante na casca dos frutos revestidos ou sem revestimento, como observa-se visualmente nos últimos dias de armazenamento (Figura 5).

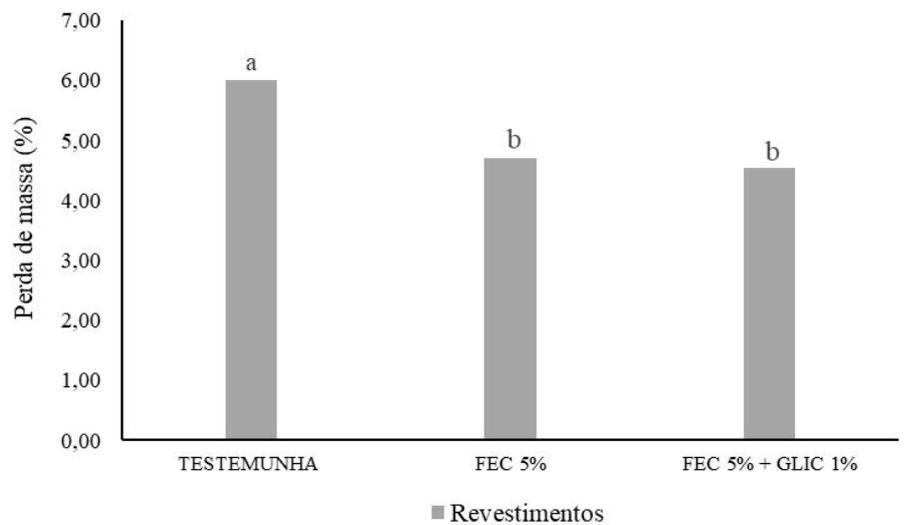
Da mesma forma, Amancio (2020) não obteve resultados significativos para esse índice em seu estudo realizado com fécula de mandioca aplicada em tomates “ravenna”. Ao contrário de Barreto et al. (2014) analisando o efeito de coberturas à base de 3% fécula de mandioca e 0,3% glicerol em tomates, verificou um aumento nos valores de b* até o quinto dia e a partir deste decresceu, com valores sempre mais próximos à região do amarelo.

Perda de massa

Para a perda de massa pode-se observar na Tabela 1 que houve diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$) para os revestimentos utilizados e o tempo de armazenamento, porém não ocorreu interação significativa entre os revestimentos e os dias de armazenamento.

Analisando isoladamente os efeitos dos tratamentos (Figura 6), observou-se que os frutos revestidos diferiram estatisticamente da testemunha. A testemunha apresentou a maior perda de massa fresca de 6,00%, e as menores médias ocorreram para os frutos revestidos que foram estatisticamente iguais entre si, ou seja, os frutos do tomate com revestimento foram os que proporcionaram menores perdas de massa fresca, o que evidencia o efeito positivo do uso de revestimentos biodegradáveis em minimizar a perda de água por transpiração e consequentemente a melhoria na conservação pós-colheita do tomate.

Figura 6. Perda de massa de tomates ‘TY’ com diferentes revestimentos armazenados à temperatura ambiente.



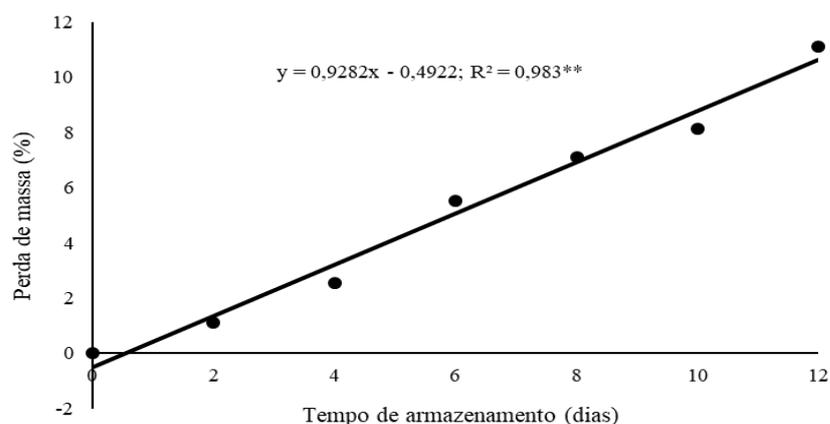
Fonte: Autores.

De forma similar, Mohr et al. (2015), verificaram menores perdas de massa em tomates revestidos com 5% de fécula de mandioca em relação ao controle. Tomaz (2021), trabalhando com mamões cobertos por fécula de mandioca, observou que os tratamentos com concentração a partir de 3,24% tiveram valores de perda de massa diminuídos.

Conforme Oliveira (2005), esse resultado pode ser explicado devido a uma maior impermeabilização dos frutos quando tratados com o biofilme de fécula de mandioca que reduz as trocas gasosas, a respiração e a perda de água do fruto para o meio ambiente.

No que se refere ao tempo de armazenamento, independente do tratamento utilizado, verificou-se por meio do gráfico de regressão linear (Figura 7), que a perda de massa dos tomates aumentou em função do período de armazenamento, chegando a 11,13% aos 12 dias de armazenamento. Esse efeito crescente era previsto, uma vez que, segundo Rocha (2020), a perda de massa fresca dos frutos é atribuída a sua respiração e a transpiração natural, esse fator impacta no valor comercial, já que, o preço pago pelo produto é diretamente proporcional ao seu peso.

Figura 7. Perda de massa de tomates ‘TY’ em função do tempo de armazenamento à temperatura ambiente.



Fonte: Autores.

Resultados semelhantes foi obtido por Oliveira, et al. (2015) que verificou em tomates revestidos com fécula de mandioca a perda de massa linearmente durante os dias de armazenamento.

Aos 10 e 12 dias de armazenamento, independente dos revestimentos usados, os frutos de tomate tiveram perdas de massa maiores que 7% (Figura 7). De acordo com Luengo e Calbo (2011) esses frutos estariam com sua qualidade afetada para a comercialização, porém, visualmente (Figura 8), se apresentavam com boa qualidade.

Figura 8. Comparação da perda de massa de tomates 'TY' entre o décimo e décimo segundo dia de armazenamento em temperatura ambiente.

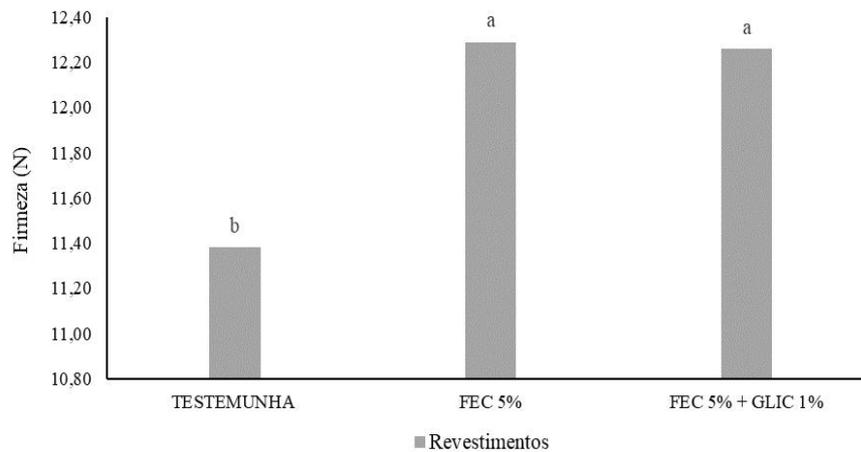


Fonte: Autores.

Firmeza

Independentemente do tempo de armazenamento, os resultados apresentados na Figura 9 para o fator revestimentos, mostram que os frutos revestidos com FEC 5% e FEC 5% + GLIC 1% diferiram estatisticamente da testemunha e obtiveram as maiores médias de firmeza, o que sugere um bom funcionamento dos revestimentos como barreira física os quais provavelmente podem ter inibido a ação do etileno retardando o processo de maturação. Ademais, os aumentos nesse índice para os frutos revestidos podem ser associados a pouca perda de massa. A maior firmeza notada nos frutos com revestimentos, conforme Dias, et al. (2011), pode garantir a esses melhor resistência a danos mecânicos durante o manuseio, transporte e armazenamento e conseqüentemente um aumento na durabilidade.

Figura 9. Firmeza (N) de tomates ‘TY’ com diferentes revestimentos armazenados à temperatura ambiente.

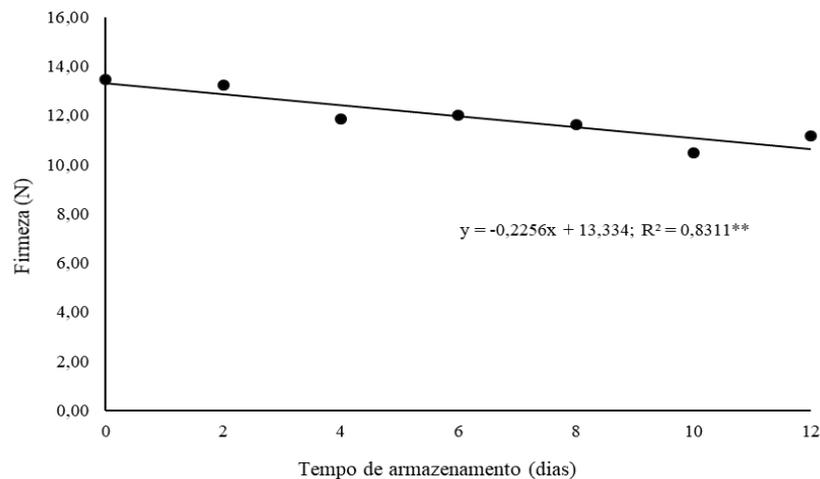


Fonte: Autores.

Tal resultado corrobora com o trabalho de Nunes, et al. (2017), que também observou maior firmeza para mamões quando recobertos com película de fécula de mandioca a 3% e 4%, quando comparado a testemunha.

Analisando o gráfico de regressão linear (Figura 10) em relação ao tempo de armazenamento pós-colheita notou-se que com o passar dos dias houve um decréscimo nos valores da firmeza do tomate, o que confirma o fato de que isso iria ocorrer independente de utilizar revestimentos, devido ao amadurecimento natural do fruto, assim como observado por Costa, et al. (2019), onde bananas “Prata Anã” revestidas com pectina e fécula de mandioca exibiram redução da firmeza da fruta para todos os tratamentos ao longo do armazenamento durante 12 dias.

Figura 10. Firmeza (N) de tomates ‘TY’ em função do tempo de armazenamento à temperatura ambiente.



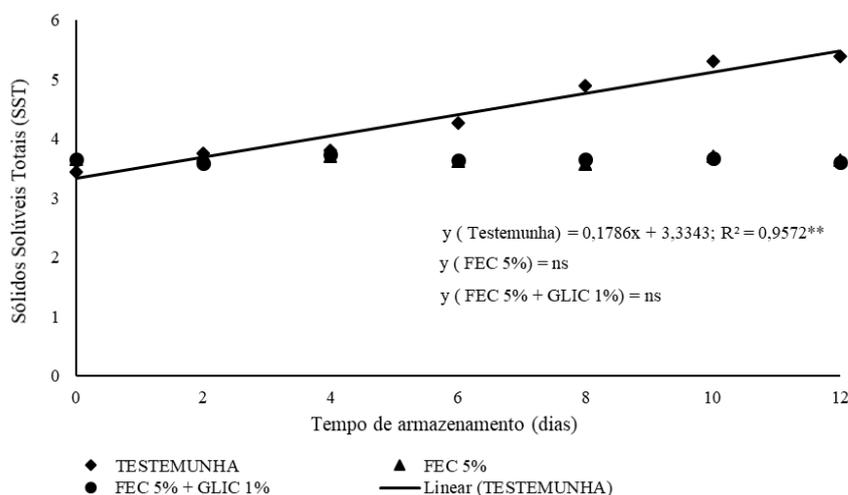
Fonte: Autores.

Esse comportamento pode ser explicado de acordo com Chitarra e Chitarra (2005) devido à degradação da parede celular por meio do aumento de atividade enzimática, associada a outros processos, como hidrólise de amido e perda de água, contribuindo finalmente para o amaciamento do fruto.

Sólidos Solúveis Totais

Durante o armazenamento dos frutos do tomate, a testemunha exibiu um maior acúmulo de sólidos solúveis totais (SST) quando comparado aos frutos revestidos, apresentando valor médio de 5,38 °Brix no último dia de avaliação (Figura 11). Tal resultado ocorreu provavelmente, pela grande perda de massa dos frutos em temperatura ambiente que propiciou a concentração de açúcares nos tecidos (Chitarra & Chitarra, 2005).

Figura 11. Sólidos Solúveis Totais (SST/°BRIX) de tomates 'TY' com diferentes revestimentos em função do tempo de armazenamento à temperatura ambiente.



Fonte: Autores.

Segundo Aroucha, et al. (2012), está também associado ao processo bioquímico de amadurecimento, onde ocorre a hidrólise do amido, mesmo que em pequena quantidade nesse fruto.

Pôde-se observar ainda, por meio da Figura 8, que os tratamentos FEC 5% e FEC 5% + 1% não foram significativos estatisticamente, mostrando teores de SST menores que o do tratamento controle, com médias constantes até o décimo segundo dia de avaliação em torno de 3,7°Brix. Esse resultado pode estar relacionado ao uso dos revestimentos à base de fécula de mandioca e de glicerol que de alguma forma podem ter interferido no acúmulo dos sólidos solúveis nos tomates desses tratamentos.

Rocha (2020), também observou que tomates sem revestimento obtiveram as maiores médias no teor de SST, e que os tratamentos com óleo do coco babaçu e fécula de mandioca exerceram influência positiva, obtendo as menores médias para este parâmetro.

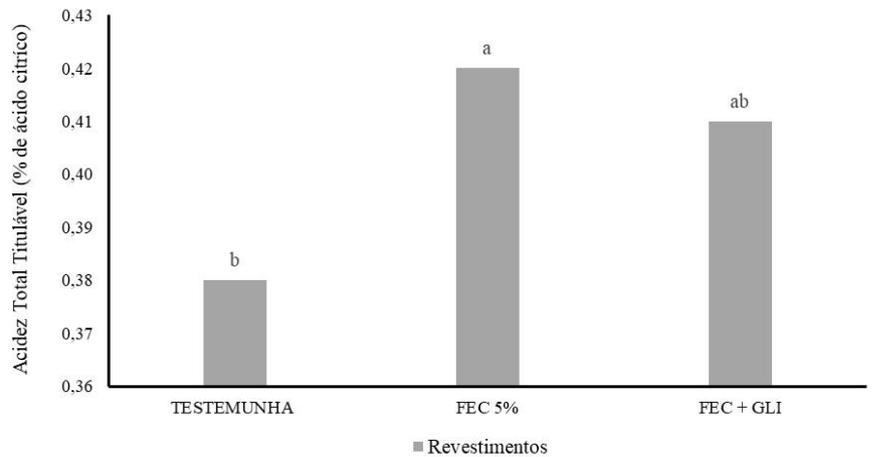
Entretanto, no estudo feito por Menezes, et al. (2017) resultados diferentes foram encontrados do presente trabalho, pois o conteúdo de sólidos solúveis totais do tomate de mesa revestido com fécula de mandioca e amido de milho aumentou durante todo o tempo de armazenamento passando de 4,10 °Brix no dia zero para 6,25 °Brix aos 12 dias de armazenamento, respectivamente.

Acidez Total Titulável

Comparando-se as médias da análise de variância da acidez total titulável quanto aos revestimentos independente do período de armazenamento (Figura 12), observa-se que os frutos revestidos com FEC 5% tiveram valores próximos ao tratamento FEC 5%+ GLIC 1%, não diferindo estatisticamente entre si. A testemunha não diferiu estatisticamente dos frutos

revestidos com FEC 5%+ GLIC 1% e obteve as menores médias comparado aos frutos revestidos o que explica o seu maior valor do teor de sólidos solúveis totais.

Figura 12. Acidez total titulável de tomates ‘TY’ com diferentes revestimentos armazenados à temperatura ambiente.



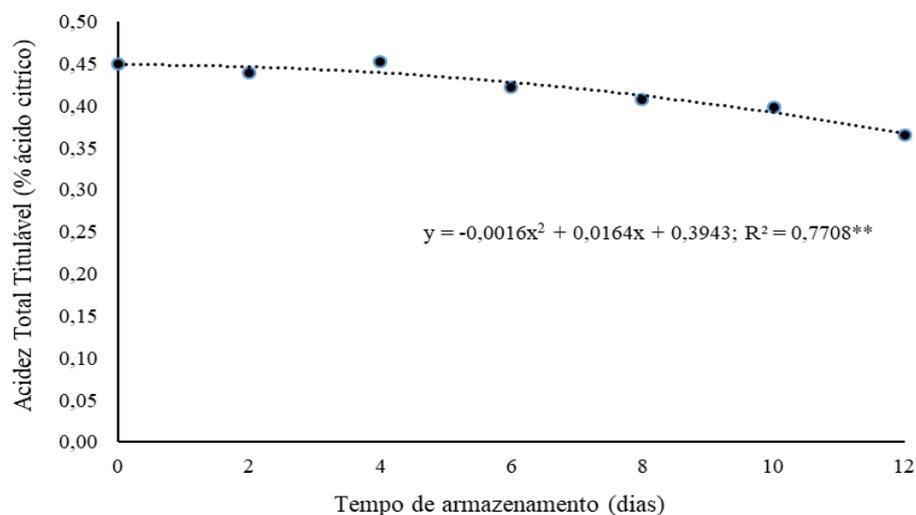
Fonte: Autores.

No entanto, os frutos do tratamento que recebeu a película de fécula de mandioca a 5% diferiu estatisticamente do tratamento controle, apresentando a maior média de acidez total titulável, o que sugere que a fécula de mandioca retardou o processo de amadurecimento dos frutos, conservando o teor de ácidos orgânicos na polpa, se comparado a testemunha.

Do mesmo modo, mamões com revestimento de fécula de mandioca a 1, 3 e 5%, avaliados por Otoni, et al. (2011), apresentaram efeito significativo quanto ao revestimento, encontrando maiores valores de acidez em frutos com revestimento quando comparados ao controle.

Visualizando o gráfico de regressão de ordem quadrática (Figura 13) quanto ao tempo de armazenamento, percebeu-se que ocorreu diminuição da acidez total titulável, chegando a 0,37% de ácido cítrico aos 12 dias de armazenamento, o que confirma a tendência na redução da acidez do tomate à medida que o fruto amadurece.

Figura 13. Acidez total titulável de tomates ‘TY’ em função do tempo de armazenamento à temperatura ambiente.



Fonte: Autores.

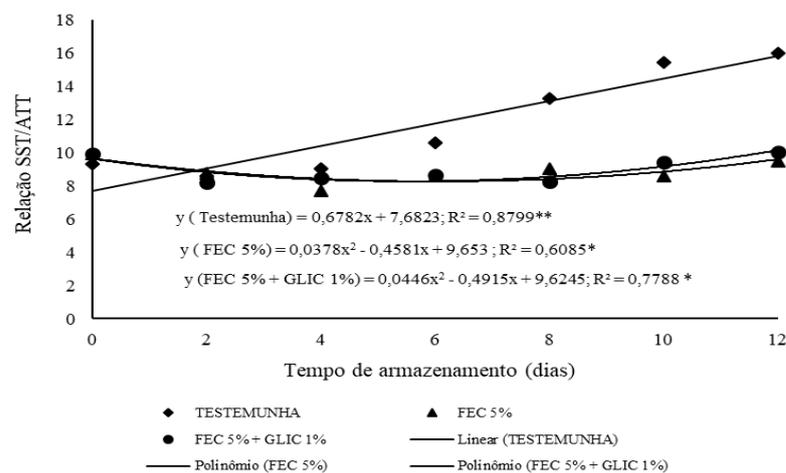
A queda na acidez ao final do armazenamento era esperada, uma vez que ao decorrer da maturação, ocorre o consumo de ácidos orgânicos como substrato durante o processo respiratório ou são convertidos em açúcares (Chitarra & Chitarra, 2005).

Amancio (2020) e Oliveira (2017), notaram redução nos teores de acidez titulável em tomates durante sua avaliação com diferentes revestimentos ao longo de 12 dias e 20 dias de armazenamento, respectivamente, mantidos em temperatura ambiente.

Relação SST/ATT

Segundo Ferreira, et al. (2010), o aumento dos sólidos solúveis e a redução da acidez tornam os frutos mais agradáveis ao paladar. Ante o exposto, a testemunha obteve maior relação SST/ATT (Figura 14), resultado presumido em virtude de ter apresentado nas análises anteriores maiores valores para SST e menores para ATT durante o período de armazenamento, indicando assim o amadurecimento acelerado desses frutos, quando comparado aos demais tratamentos.

Figura 14. Relação SST/ATT de tomates ‘TY’ com diferentes revestimentos em função do tempo de armazenamento à temperatura ambiente.



Fonte: Autores.

Assim como observado por Souza, et al., (2011) em sua pesquisa com mangas “Tommy Atkins” recobertas com quitosana armazenadas em temperatura ambiente durante 9 dias, onde mostraram que os valores da relação SST/ATT para os frutos controles (sem revestimento) foram muito superiores à manga tratada.

Kader e Rolle (2004) destacam que o aumento nessa relação SST/ATT é decorrente do processo de amadurecimento dos frutos que concentra os açúcares na polpa dos frutos (SST) e reduz os ácidos orgânicos (ATT) em função do metabolismo respiratório que os consomem para manter a vida útil.

Ademais, durante o período de armazenamento para os frutos revestidos com FEC 5% e FEC 5% + GLIC 1% pode-se observar por meio da Figura 11, que houve uma diminuição da relação SST/ATT até o sexto dia de armazenamento, e posteriormente mostrou constância em seus valores. Porém, no estudo feito por Santos (2016) apresentou resultados diferentes desse, pois a variável *ratio* apresentou aumento durante os dias de armazenamento em tomates submetidos a diferentes revestimentos (pectina, fécula de mandioca e gelatina), inclusive no controle.

Segundo Kader e Rolle (2004) essa pequena redução nos frutos revestidos observada no presente trabalho pode dar início a perda da qualidade do tomate, a perda do sabor e a senescência, em decorrência do consumo de açúcares como

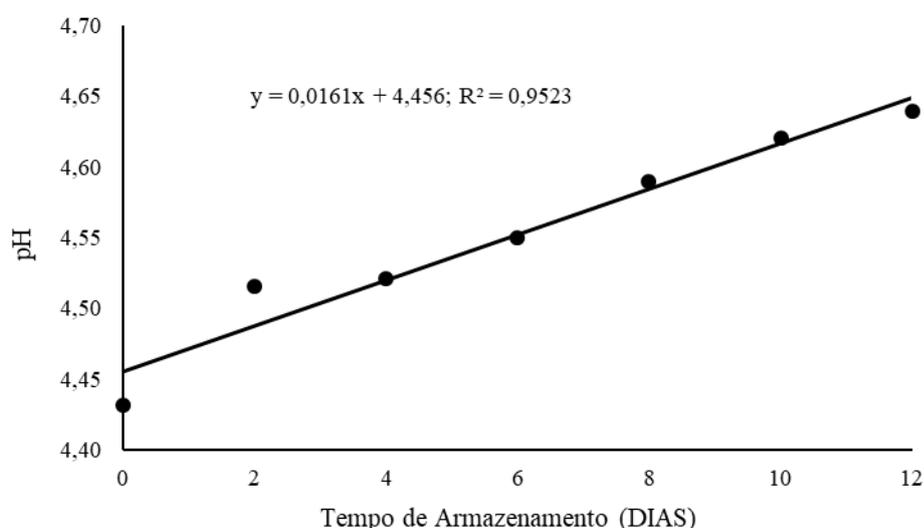
substrato energético. Entretanto, Minami e Haag (1989) explicam que os frutos que apresentam relação SST/ATT próximas a 10 ou superiores, são aqueles que ao paladar relacionam as melhores condições de flavor, como é o caso desse trabalho.

Sendo assim, os frutos que foram revestidos, apesar de possuírem valores mais baixos da relação SST/ ATT em comparação ao tratamento controle, ainda se encontram com características boas para consumo.

pH

Para o pH ao longo dos dias de armazenamento, observou-se na Figura 15, que os valores para esse atributo aumentaram no decorrer do tempo, independentemente do material de revestimento. Esse fato confirma os resultados de acidez, o que mostra a relação estreita existente entre o pH e a acidez.

Figura 15. pH de tomates ‘TY’ em função do tempo de armazenamento à temperatura ambiente.



Fonte: Autores.

No período de armazenamento, os ácidos orgânicos são usados como fonte de energia, desta forma, a acidez titulável diminuir e, conseqüentemente, o pH aumenta (Turquett, 2021).

Tal resultado, também foi observado por Ferraz, et al., (2012) com tomates tipo sweet grape envolvidos por diferentes películas protetoras, onde observou que no decorrer do tempo de armazenamento houve um acréscimo do pH. Coelho (2021), em seu estudo sobre a aplicação de revestimentos em mangas “Tommy Atkins”, também encontrou aumento nos valores desse parâmetro.

De acordo com a AOAC (2012), satisfatoriamente, os índices de pH para tomates variam de 3,50 a 4,70, valores estes semelhantes aos encontrados nesta pesquisa cujos valores médios ficaram entre 4,43 a 4,64 durante o armazenamento.

4. Conclusão

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que a aplicação do revestimento de fécula de mandioca na concentração de 5% isolado ou associado com glicerol à 1%, proporcionou ao fruto do tomate ‘TY’ uma menor perda de massa, conferindo uma maior firmeza em relação ao tratamento controle.

Além disso, os revestimentos nestas concentrações preservaram os teores de ácidos orgânicos na polpa do fruto, retardaram o aparecimento da coloração vermelha dos tomates, principal indicativo do amadurecimento do fruto, e aumentaram a luminosidade.

Assim, os revestimentos utilizados foram caracterizados como alternativas possíveis para preservar a qualidade pós-colheita de tomates quando mantidos por 12 dias em condição de temperatura ambiente comumente encontrada nos locais de venda a varejo dos frutos.

Desta forma, novos estudos envolvendo as condições de armazenamento, ambiente natural e as concentrações de fécula de mandioca e glicerol, são necessários para a compreensão de métodos e atributos que auxiliem na preservação das qualidades de tomates, sendo este um trabalho de extrema relevância, podendo ser referência para outras pesquisas desenvolvidas com este mesmo produto.

Agradecimentos

O presente estudo foi realizado com apoio da Universidade Federal do Vale do São Francisco- UNIVASF

Referências

- Amancio, D. F. (2020). *Efeito da aplicação de revestimentos comestíveis para conservação de tomate italiano (Solanum lycopersicum L.) 'ravena' in natura*. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, p. 69. Dissertação mestrado.
- AOAC. (2012). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry*. Washington: AOAC.
- Aroucha, E. M. M., Souza, C. S. M., Souza, A. E. D. de., Ferreira, R. M. de A., & Filho, J. C. A. (2012). Qualidade pós-colheita da cajarana em diferentes estádios de maturação durante armazenamento refrigerado. *Revista Brasileira Fruticultura*, 34 (2), 391-9.
- Barreto, A. R. M., Leite, R. H. L., Aroucha, E. M. M., Santos, F. K. G., & Oliveira, T. A. (2014). Efeito de coberturas à base de fécula de mandioca, lecitina de soja e cera de abelha na perda de massa e cor de tomates durante o amadurecimento. In: *Anais XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química*. (p.20). Florianópolis, Santa Catarina.
- Brasil. (1995). Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária. Portaria nº 553 de 30 de agosto de 1995. Dispõe sobre a Norma de Identidade, Qualidade, Acondicionamento e Embalagem do Tomate in natura, para fins de comercialização e Revoga as especificações de Identidade, Qualidade, Acondicionamento e Embalagem do Tomate, estabelecidas pela Portaria nº. 76, de 25 de fevereiro de 1975. Diário Oficial da República Federativa do Brasil.
- Chitarra, M. I., & Chitarra, A. B. (2005). *Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio*. Lavras: UFLA.
- Coelho, P. B. (2021). *Aplicação de revestimentos biodegradáveis em manga 'Tommy atkins' com fins de conservação*. Dissertação de mestrado- Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro.
- Cordeiro, A. M., Oliveira G. M., Renteria, J. M., & Guimarães C. A. (2007). Revisão sistemática : Uma revisão narrativa. *Rev Col Bras Cir*. 34 (6), 428-431.
- Costa, M. de S., Costa, J. D. S., Gomes, J. P., & Neto, A. F. (2019). Preservation of bananas coated with cassava starch and pectin. *Revista Agrarian*, 12 (46), 542-549.
- Damasceno, S. et al. (2003). Efeito da aplicação de película de fécula de mandioca na conservação pós-colheita de tomate. *Food Science and Technology*. Campinas, 23 (3).
- Dias, T. C., Mota, W. F., Otoni, B. S., Mizobutsi, G. P., & Santos, M. G. P. (2011). Conservação pós-colheita de mamão formosa com filme de pvc e refrigeração. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33 (2), 666-670.
- Kader, A. A., & Rolle, R. S. (2004). The role of postharvest management in assuring the quality and safety of horticultural produce. *FAO Agric. Serv. Bull.*, Rome, 152, 51.
- Kist, B. B., et al. (2021). *Anuário brasileiro de Horti&Fruti 2021*. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 57-59.
- Ferraz, E. O., et al. (2012). Características físico-químicas em tomates cereja tipo Sweet Grape envolvidos por diferentes películas protetoras. *Horticultura Brasileira*, 30 (2), 7115 - 7122.
- Ferreira, S. M. R., et al. (2010). Qualidade pós-colheita do tomate de mesa convencional e orgânico. *Food Science and Technology*, 30 (4), 858-869.
- Cipolatti, E. P., et al. 2012. Application of protein-phenolic based coating on tomates (Lycopersicon esculentum). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 32 (3),594-598.
- IAL. Instituto Adolfo Lutz. (2008). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. Coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tigleia - São Paulo, (4ª ed.)1020.

- Luengo, F. A., & Calbo, A. G. (2011). *Pós-colheita de hortaliças: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica.
- Menezes, K. R. P., et al. (2017). Influência dos revestimentos comestíveis na preservação da qualidade pós-colheita de tomate de mesa. *Colloquium Agrariae*, 13(3), 14–28.
- Minami, K., & Haag, H. P. (1989). *O Tomateiro*. (2ª. ed.) Fundação Cargill, 1989. 397 p.
- Mohr, L. C., et al. (2014). *Estudo da concentração de fécula de mandioca na utilização em filmes biodegradáveis para o recobrimento de tomates*. In: Congresso brasileiro de engenharia química, 20., 2014, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: COBEQ.
- Nunes, A. C. D., et al. (2017). Armazenamento de mamão formosa revestido à base de fécula de mandioca. *Revista de Ciências Agrárias*, Lisboa, 40 (1), 254-263.
- Oliveira, C. M. et al. (2015). Conservação pós-colheita de tomate cereja revestidos com película de fécula de mandioca. *Horticultura Brasileira*, Vitória da Conquista, 33(4), 471-479.
- Oliveira, I. S. (2017). *Conservação pós-colheita de tomate italiano utilizando polímero de recobrimento bioativo à base de fécula de mandioca produzido a partir de um novo antimicrobiano natural*. Dissertação de mestrado em Inovação e Propriedade Intelectual – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG.
- Oliveira, E. N. A., et al. (2012). Armazenamento de tomates revestidos com pectina: avaliação colorimétrica. *Revista Caatinga*, Mossoró, 25 (4), 19-25.
- Oliveira, M. N. (2005). *Aplicação de biofilmes em pré-colheita para o controle da injúria provocada pelo látex em frutos de Mangifera indica L. (Anacardiaceae)*. Dissertação de mestrado em Agronomia – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo.
- Otoni, B. S., et al. (2011). Aplicação de películas de fécula de mandioca na conservação pós-colheita de mamão. *Revista Brasileira de Armazenamento*, 36, p. 164-170.
- Quirino, A. K. R., et al. (2018). Conservation of "Paluma" guavas coated with cassava starch and pectin. *Dyna rev.fac.nac.minas*, Medellín, 85 (204), 344-351.
- Ramos, R. F., et al. (2018). Análise do índice relativo de clorofila em fisális através de diferentes medidores portáteis. *Agrarian Academy*, Goiânia, 5 (9), 10-18.
- Rocha, N. E. P. R. (2020). *Revestimentos alternativos para conservação pós-colheita do tomate (Solanum lycopersicum L.)*. Dissertação de mestrado em Olericultura - Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, Morrinhos-GO.
- Santos, M. Z. (2016). *Revestimentos comestíveis na conservação pós-colheita de tomates cv. dominador*. Dissertação de mestrado em Agronomia – Universidade Estadual de Maringá.
- Sarmento, D. H. A., et al. (2015). Armazenamento de banana 'Prata Catarina' sob temperatura ambiente recobertas com fécula de mandioca e PVC. *Revista Caatinga*, Mossoró, 28 (2), 235-241.
- Silva, F. A. S., & Azevedo, C. A. V. O. (2016). Assistat Software Version 7.7 e seu uso na análise de dados experimentais. *African. Journal of Agricultural Research*, 11 (39), 3733-3740.
- Souza, M. L., et al. (2011). Pós-colheita de mangas "Tommy Atkins" recobertas com quitosana. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal-SP, especial, 337-343.
- Tomaz, P. H. A. (2021). *Conservação de frutos de mamão na pós-colheita com uso de biofilme à base de fécula de mandioca*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, Ceres-GO.
- Turquett, L.C. G. B. (2021). 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*, Curitiba, 7 (3), 33153-33171.