

ORIGINAL ARTICLE

Uso de diferentes embalagens e atmosferas modificadas no armazenamento pós-colheita de muricis *in natura*

Use of different packaging and modified atmospheres for postharvest storage of fresh muricis

Nayane Rosa Gomes¹, Bianca Soares Pierre¹, Renato Rosa de Almeida¹,
Cristiane Maria Ascari Morgado^{1*} , André José de Campos¹

¹Universidade Estadual de Goiás (UEG), Campus Central (CET) Henrique Santillo, Anápolis/GO - Brasil

*Corresponding Author: Cristiane Maria Ascari Morgado, Universidade Estadual de Goiás (UEG), Rod. BR 153, Quadra Área, km 99, Zona Rural, CEP: 75132-903, Anápolis/GO - Brasil, e-mail: cristianemorgado4@yahoo.com.br

Cite as: Gomes, N. R., Pierre, B. S., Almeida, R. R., Morgado, C. M. A., & Campos, A. J. (2021). Uso de diferentes embalagens e atmosferas modificadas no armazenamento pós-colheita de muricis *in natura*. *Brazilian Journal of Food Technology*, 24, e2020110. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.11020>

Resumo

O murici (*Byrsonima crassifolia* L. Kunth), pertencente à família Malpighiaceae, também conhecido como murici-do-campo, é um fruto típico do Cerrado. É consumido no Brasil pelas populações locais tanto na forma *in natura* quanto nas formas processadas, tais como sucos, licores, sorvetes, geleias, iogurte, pães e bolos. A partir dessas possibilidades, este trabalho teve como objetivo verificar se o uso de diferentes embalagens e atmosferas modificadas é eficiente no armazenamento pós-colheita de muricis *in natura*. Muricis *in natura* foram armazenados a 12 ± 2 °C e umidade relativa de $60\% \pm 4\%$ em diferentes embalagens, utilizando-se esquema fatorial triplo $3 \times 2 \times 9$, para avaliar periodicamente três embalagens (polipropileno – PP, polietileno de baixa densidade – PEBD e poliamida/polietileno – PA/PE), submetidas a duas modificações de atmosfera (a vácuo e sem vácuo), durante nove dias (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 e 16 dias). Os frutos foram avaliados quanto a luminosidade, teores de sólidos solúveis, acidez titulável, pH e índice de maturação. Os dados foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$) e, quando significativos, foi realizada análise de regressão. A embalagem PA/PE, aliada ou não ao uso da atmosfera modificada ativa (vácuo), pode ser indicada para o armazenamento refrigerado (12 ± 2 °C) de muricis *in natura*, por ter proporcionado vida útil de 16 dias.

Palavras-chave: *Byrsonima crassifolia*; vácuo; qualidade; filmes; conservação; Cerrado.

Abstract

The murici (*Byrsonima crassifolia* L. Kunth) belonging to the Malpighiaceae family, also known as murici-do-campo, is a typical fruit of the Cerrado. It is consumed in Brazil by the local populations, both in fresh and processed form, such as juices, liqueurs, ice cream, jellies, yogurt, breads and cakes. Based on these possibilities, this work aimed to verify whether the use of different packaging and modified atmospheres was efficient in postharvest storage of muricis *in natura*. Muricis *in natura* were stored at 12 ± 2 °C and $60\% \pm 4\%$ relative humidity in different packages, using a $3 \times 2 \times 9$ triple factorial scheme, to evaluate three packages (polypropylene - PP, low density polyethylene -



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

LDPE and polyamide / polyethylene - PA/PE), submitted to two changes of atmosphere: a vacuum and without vacuum, during nine days (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 and 16 days). The fruits were evaluated for luminosity, soluble solids, titratable acidity, pH and maturation index. The data were submitted to analysis of variance ($p < 0.05$) and, when significant, regression analysis was performed. The PA /PE packaging, combined or not with the use of the active modified atmosphere (vacuum), can be indicated for the cold storage (12 ± 2 °C) of muricis *in natura*, as it has provided a shelf life of 16 days.

Keywords: *Byrsonima crassifolia*; vacuum; quality; films; conservation; Cerrado.

1 Introdução

O Brasil possui a maior biodiversidade do mundo, o que permite um grande número de espécies frutíferas. Muitas espécies ainda são pouco conhecidas, no entanto apresentam elevado valor nutricional e características sensoriais específicas (Cardoso et al., 2011). Neste contexto, a fruticultura do Cerrado constitui uma atividade econômica promissora, pois esses frutos são de grande interesse agroindustrial e fonte de renda para a população local (Almeida et al., 2011). É importante destacar que os frutos apresentam elevado valor nutricional, sabor e aroma característicos, além de compostos bioativos com propriedades antioxidantes e apelo saudável (Reis & Schmiele, 2019).

Entre os frutos típicos do Cerrado, encontra-se o murici, cujo nome pode ser dado a diferentes espécies da família Malpighiaceae, bem como por suas cores e locais de ocorrência, tais como murici-pequeno (*B. verbascifolia*), murici-de-flor-vermelha (*B. punctulata*), murici-da-chapada (*B. salzmanniana*), murici-do-campo (*B. crassifolia*, *B. intermedia*), murici-da-mata (*B. crispa*), murici vermelho (*B. amazônica*), dentre outros (Rufino, 2008).

O murici (*Byrsonima crassifolia* L. Kunth) apresenta elevado valor nutricional, propriedades funcionais e sabor *sui generis* (Cunha et al., 2019), além de ser rico em cálcio e fósforo (Silva & Tassara, 2001). Em seus estudos com diferentes frutas do Brasil, Almeida et al. (2011) concluíram que o murici é um fruto com altos níveis de atividade antioxidante e ressaltaram que os alimentos ricos em antioxidantes desempenham papel essencial na prevenção de doenças. Entretanto, pouco se conhece sobre as informações de cultivo, produção e pós-colheita, e acerca de soluções tecnológicas de aproveitamento e conservação do muricizeiro (Siguemoto, 2013).

Nesse contexto, diversas técnicas com a finalidade de manter a qualidade e aumentar a vida útil dos frutos vêm sendo pesquisadas. Tais técnicas podem ser empregadas com o intuito de complementar ou melhorar o sistema de conservação já existente, como, por exemplo, tratamentos químicos, atmosfera modificada, embalagens ativas e processamento do fruto (Lima et al., 2015).

A atmosfera modificada é uma técnica importante que, quando utilizada corretamente, interfere nos processos bioquímicos e fisiológicos do fruto, bem como permite retardar a senescência e diminuir a proliferação de agentes microbianos (Arruda et al., 2011). Esta técnica consiste na redução do O₂ e aumento do CO₂, reduzindo assim a síntese de etileno e, com isso, prolongando a vida pós-colheita dos frutos (Mendonça et al., 2015). Outros efeitos do uso dessa técnica em produtos frescos, durante a comercialização, podem incluir a redução da taxa respiratória, a minimização da perda de massa e a manutenção da cor e da firmeza, o que, conseqüentemente, pode contribuir para o retardo do amadurecimento (Santana et al., 2010).

A atmosfera modificada ativa também é uma técnica relevante, a qual consiste em um procedimento muito simples em que se retira o ar contido na embalagem. Se o processo for corretamente realizado, o valor final de oxigênio presente no interior da embalagem será inferior a 1%. A embalagem a vácuo apresenta vantagens, pois não há consumo de gases e a baixa concentração de oxigênio restante na embalagem inibe o crescimento de microrganismos aeróbios e as reações de oxidação, favorecendo a retenção de compostos voláteis responsáveis pelo aroma (Guerra, 2013).

Além disso, um importante aspecto associado às embalagens é a manutenção da sua integridade durante as operações de armazenagem e transporte, devendo o plástico, utilizado na atmosfera modificada, ser flexível e fácil de usar, como também mostrar-se resistente o suficiente para suportar o manuseio (Kader & Watkins, 2000).

Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar se o uso de diferentes embalagens e atmosferas modificadas é eficiente no armazenamento pós-colheita de muricis *in natura*.

2 Material e métodos

A colheita manual dos muricis (*Byrsonima crassifolia* L. Kunth), em estágio de maturação ideal para o consumo comercial (coloração da casca verde-amarelada, ou seja, 80% verde e 20% amarelo), foi realizada em janeiro de 2018, em uma propriedade rural chamada Córrego do Meio, a qual fica situada no município de Diorama-GO, a 16°14'02" S, 51°15'21" O e 506 metros de altitude. Os frutos foram coletados de várias plantas, visto que, na propriedade rural onde os frutos foram colhidos, existe uma área reservada de Cerrado, a qual apresenta mais de 40 muricizeiros da mesma espécie. Assim, os frutos foram colhidos das plantas que apresentavam mais frutos e que estavam mais próximas umas das outras.

Após a colheita, foi realizado o transporte dos frutos para o Laboratório de Secagem e Armazenamento Pós-colheita de Produtos Vegetais do Campus Central, da Universidade Estadual de Goiás (UEG), Anápolis-GO. Para facilitar o transporte, os frutos foram acondicionados em bandejas de polietileno de alta densidade.

Ao chegarem no laboratório, os muricis foram padronizados visualmente quanto à ausência de podridões e injúrias, a fim de tornar o lote o mais homogêneo possível. Posteriormente, os frutos foram higienizados utilizando-se solução de hipoclorito de sódio a 2%, durante 10 minutos e, em seguida, foram enxaguados com água destilada.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial triplo 3×2×9 (embalagens × atmosferas × dias de análise), com quatro repetições (embalagens) com sete frutos cada. Os frutos foram acondicionados em três embalagens flexíveis: polipropileno – PP (67 µm de espessura), polietileno de baixa densidade – PEBD (41 µm de espessura) e poliamida/polietileno – PA/PE 7 camadas (61 µm de espessura), sendo então submetidos a duas modificações de atmosfera: a vácuo (ativa) e sem vácuo (passiva), e nove dias de análise (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 e 16 dias). Assim, totalizaram-se seis tratamentos armazenados sob refrigeração.

Após o acondicionamento dos frutos, as embalagens foram armazenadas em incubadora *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), a 12 ± 2 °C e umidade relativa (UR) de 60% ± 4%, por 16 dias, sendo os frutos avaliados a cada dois dias quanto a coloração, teor de sólidos solúveis, acidez titulável, pH e índice de maturação. Um grupo de frutos, que não recebeu nenhum tipo de embalagem e atmosfera, foi armazenado sob condição ambiente (25 ± 2 °C e 60% ± 2% UR) e avaliado quanto aos mesmos parâmetros, durante oito dias (vida de prateleira máxima), a fim de compará-lo com os grupos de frutos acondicionados sob refrigeração.

A coloração foi determinada por refletância, utilizando-se colorímetro portátil CR-400 da Konica Minolta, em que a coordenada L* indica a luminosidade (valor zero: cor preta e valor 100: cor branca), a coordenada a* está relacionada à intensidade de verde (-a) a vermelho (+a) e a coordenada b* está relacionada à intensidade de azul (-b) e amarelo (+b). A partir da obtenção das coordenadas a* e b*, foram calculados o ângulo Hue e o croma.

O teor de sólidos solúveis foi avaliado por leitura refratométrica direta, em graus °Brix, com refratômetro portátil Reichert Brix/RI-Chek, medindo de 0 a 62 °Brix, conforme metodologia da Association of Official Analytical Chemists (2012).

A determinação da acidez titulável foi realizada por titulação potenciométrica, utilizando-se 5 g de suco diluído até o volume total de 100 mL de água destilada, com solução padronizada de NaOH a 0,1 mol L⁻¹,

tendo como indicador fenolftaleína a 1%. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico (Association of Official Analytical Chemists, 2012).

O pH foi medido utilizando-se pHmetro portátil, K39-0014P Kasvi, com precisão de $\pm 0,06$ e compensação automática de temperatura (Association of Official Analytical Chemists, 2012).

O ratio foi calculado pela relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável.

Os dados obtidos das variáveis analisadas foram submetidos aos testes estatísticos de Shapiro-Wilk, para verificar a normalidade, e ao teste de Bartlett, para a homogeneidade da variância, sendo, em seguida, submetidos à análise de variância ($p < 0,05$). Quando os dados se mostraram significativos, foram feitos o teste de Tukey a 5% de probabilidade (dados qualitativos) e a análise de regressão (dados quantitativos). Para as análises estatísticas, foi utilizado o Software SISVAR 5.6.

3 Resultados e discussão

O quadro da análise de variância (Tabela 1) evidencia que as variáveis analisadas: sólidos solúveis (SS) e ratio (IM) foram significativas para a interação entre os fatores embalagem e atmosfera, e embalagem e dias de armazenamento. Para o potencial hidrogeniônico (pH), houve interação tripla entre os fatores embalagem, atmosfera e dias de armazenamento, sendo relevante somente as interações embalagem e atmosfera, e embalagem e dias de armazenamento. Para a acidez titulável (AT), também houve interação tripla (embalagem, atmosfera e dias de armazenamento), porém, foram relevantes as interações embalagem e atmosfera, atmosfera e dias, e embalagem e dias de armazenamento. Para o parâmetro luminosidade (L*), observou-se efeito significativo somente para as interações embalagem e dias, e atmosfera e dias, mesmo apresentando significância para a interação tripla.

Tabela 1. Análise de variância, para as variáveis sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT), luminosidade (L) e ratio, dos muricis *in natura* em diferentes embalagens (com e sem vácuo) e armazenados por 16 dias.

Fonte de variação	G.L.*	L	SS	AT	pH	Ratio
		QM*	QM	QM	QM	QM
Embalagens	2	21,8961 ^{ns}	236,9057*	0,0408*	0,8120*	4564,1664*
Atmosfera	1	0,0301 ^{ns}	88,5504*	0,2413*	0,0198 ^{ns}	358,2340*
Dias	8	180,3940*	13,7881*	1,3754*	0,6538*	5964,5508*
Embalagem*Atmosfera	2	5,0047 ^{ns}	100,4866*	0,0215*	0,5495*	1579,7560*
Embalagem*Dias	16	46,2677*	11,6656*	0,0184*	0,0807*	506,1671*
Atmosfera*Dias	8	17,1665*	3,8866 ^{ns}	0,0507*	0,0393 ^{ns}	343,3234 ^{ns}
Embalagem*Atmosfera*Dias	16	7,5359 ^{ns}	4,7296 ^{ns}	0,0185*	0,5402*	385,6444 ^{ns}
Resíduo	162					
Média Geral		37,1468	20,5615	0,5087	4,2993	0,5259

*G.L.: Grau de Liberdade; QM: Quadrado Médio.

Quanto à luminosidade dos muricis, observou-se estabilidade do brilho até o oitavo dia de armazenamento, sem apresentar diferença estatística entre as embalagens. Porém, a partir do 10º e até o 14º dia, notou-se diferença das embalagens PP e PEBD em relação a PA/PE, cujos frutos apresentaram os menores valores médios nesse período, indicando que os frutos armazenados em PEBD estavam mais escurecidos ao final do armazenamento (Figura 1). Tal fato pode ter ocorrido visto que o PEBD é uma embalagem mais permeável

aos gases em relação às demais embalagens testadas (Crippa et al., 2007), podendo levar à maior oxidação dos frutos. Entretanto, os frutos em PP e PA/PE apresentaram maiores valores no último dia de armazenamento, com respectivos valores de luminosidade de 47,42 e 46,66 (Figura 1), o que pode indicar que os frutos, ao final do armazenamento, apresentaram uma tonalidade mais clara, enquanto os frutos em PEBD apresentaram valores de 36,94.

Normalmente, a maioria dos frutos armazenados *in natura* tende a perder luminosidade, já que esse parâmetro é considerado um indicador de escurecimento durante o período de armazenamento, o qual pode ser causado tanto por reações oxidativas quanto pela elevação da concentração de pigmentos (Kader, 2010). Dessa forma, acredita-se que o aumento da luminosidade possa estar relacionado à degradação de cor, com tendência ao amarelamento dos frutos.

Daiuto et al. (2010), ao trabalharem com guacamole em embalagem de PA/PE, verificaram a maior média dos valores de L, em relação aos demais tratamentos testados, mostrando baixa tendência ao escurecimento e evidenciando que as embalagens poliamida/polietileno, usadas para as amostras sob refrigeração, contribuíram para evitar que os produtos escurecessem, o que também foi relatado para os muricis, neste trabalho.

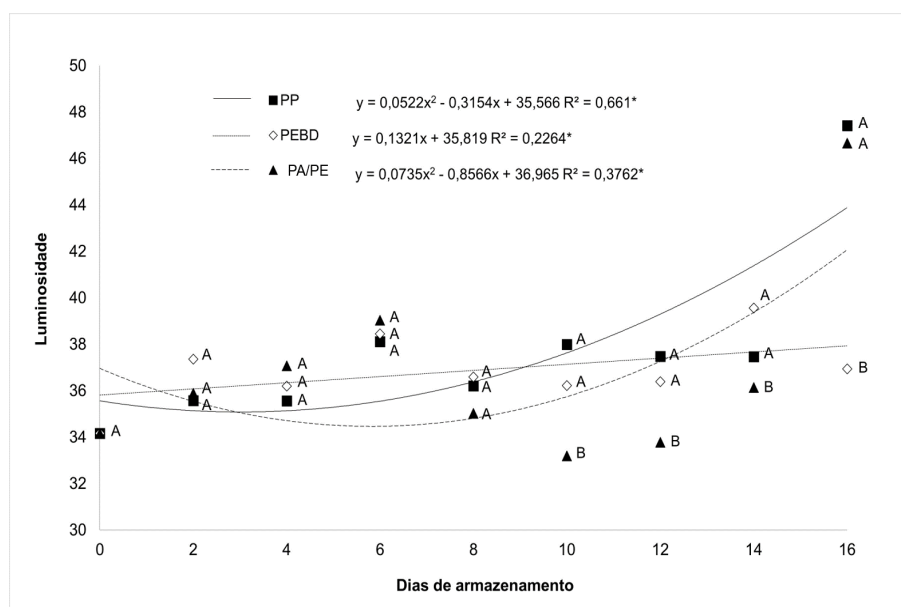


Figura 1. Luminosidade dos muricis *in natura* armazenados em diferentes embalagens, a 12 ± 2 °C e $60\% \pm 4\%$ UR, por 16 dias. *Significativo a 5% de probabilidade (PP – polipropileno; PEBD – Polietileno de Baixa Densidade; PA/PE– Poliamida/Polietileno). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Quanto ao uso ou não de vácuo, verificou-se que as atmosferas apresentaram comportamentos semelhantes, com oscilações ao longo do período, em que no 10º dia foram observados maiores valores significativos para os frutos acondicionados com vácuo (Figura 2). Durante o armazenamento, foi constatado comportamento polinomial de segundo grau com elevação dos valores de luminosidade dos muricis a partir do oitavo dia de armazenamento, para ambas as atmosferas usadas, caracterizando aumento no brilho da casca.

De acordo com Souto et al. (2004), as embalagens sem vácuo retardaram a evolução do escurecimento na polpa de abacaxi, sendo, assim, foram mais eficientes do que as embalagens com vácuo, o que não foi verificado neste trabalho, visto que as atmosferas não apresentaram diferenças ao longo do armazenamento, exceto no 10º dia.

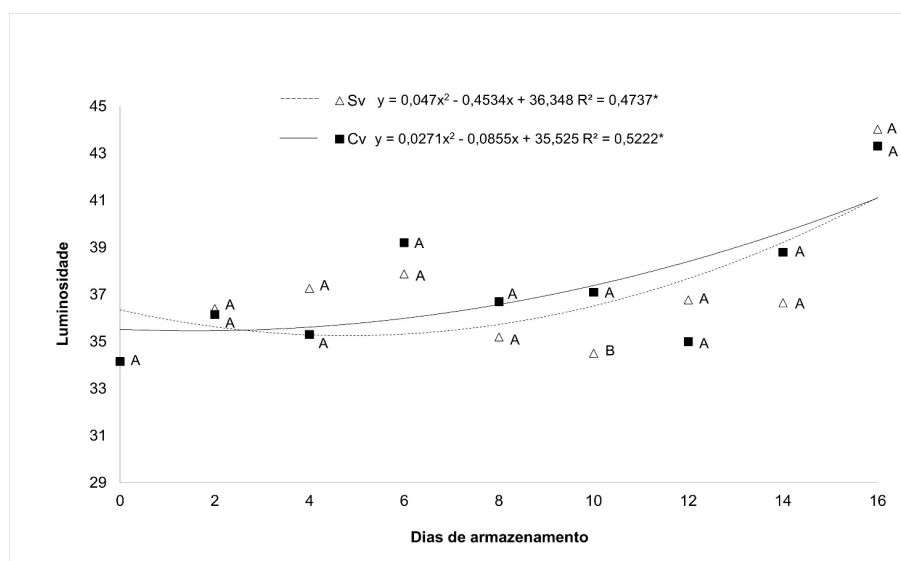


Figura 2. Luminosidade dos muricis *in natura* armazenados em diferentes atmosferas, a 12 ± 2 °C e $60\% \pm 4\%$ UR, por 16 dias. *Significativo a 5% de probabilidade (Sv – sem vácuo; Cv – com vácuo). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os sólidos solúveis são compostos solúveis em água e se dissolvem na fruta. São formados principalmente por açúcares e, geralmente, aumentam a medida que os frutos amadurecem, representando indiretamente o teor de açúcares dos frutos (Cavalcanti et al., 2010). Neste estudo, foi observado esse aumento, principalmente para as embalagens PEBD e PP, sendo constatados valores médios de 18,51 a 24,35 °Brix nas diferentes condições de armazenamento (Tabela 2 e Figura 3).

Araújo et al. (2009), avaliando a composição química dos frutos de murici nativo (*Byrsonima verbascifolia* L.) *in natura*, determinaram o teor de sólidos solúveis, em °Brix, de 9,75 °Brix, em média. Com esses valores, constatou-se que a espécie *Byrsonima verbascifolia* L. possui um teor de açúcar menor do que o encontrado para a espécie em estudo, a *Byrsonima crassifolia*.

As duas atmosferas analisadas interferiram no teor de sólidos solúveis dos frutos, o qual se mostrou dependente da embalagem. Os frutos embalados com PA/PE apresentaram menores teores, independentemente da atmosfera utilizada, quando comparados aos frutos das embalagens PP e PEBD, demonstrando a eficiência desta embalagem na manutenção dos sólidos solúveis de murici (Tabela 2).

Tabela 2. Teor de sólidos solúveis (°Brix) dos muricis *in natura* armazenados em diferentes embalagens e atmosferas modificadas, sob refrigeração (12 ± 2 °C e $60\% \pm 4\%$ UR) por 16 dias.

Atmosfera	Embalagem		
	PP	PEBD	PA/PE
Sem vácuo	20,74 bA	24,35 aA	18,51 cA
Com vácuo	20,41 aA	20,38 aB	18,97 bA

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância. (PP – polipropileno; PEBD – Polietileno de Baixa Densidade; PA/PE – Poliamida/Polietileno).

Os valores médios dos sólidos solúveis dos frutos apresentaram aumento durante o armazenamento, com exceção apenas daqueles na embalagem PA/PE, que decresceram até o 16° dia de armazenamento, com

valores finais próximos aos do dia zero (0). O teor de sólidos solúveis dos frutos armazenados nas embalagens PP e PEBD apresentou comportamento crescente até o final do armazenamento (Figura 3).

Chitarra & Chitarra (2005) afirmaram que o aumento desse parâmetro pode estar associado à evolução da maturação, ocorrendo, portanto, aumento da concentração de açúcares simples até o completo amadurecimento, com declínio posterior em função de sua utilização como fonte de energia, principalmente para os frutos em PEBD. Assim, o uso da embalagem PA/PE pode trazer resultados positivos, visto que os teores praticamente se mantiveram constantes, com diferença de apenas 1 °Brix entre o início e o fim do armazenamento, o que pode ter ocorrido devido à alguma variabilidade no estágio de maturação dos frutos armazenados.

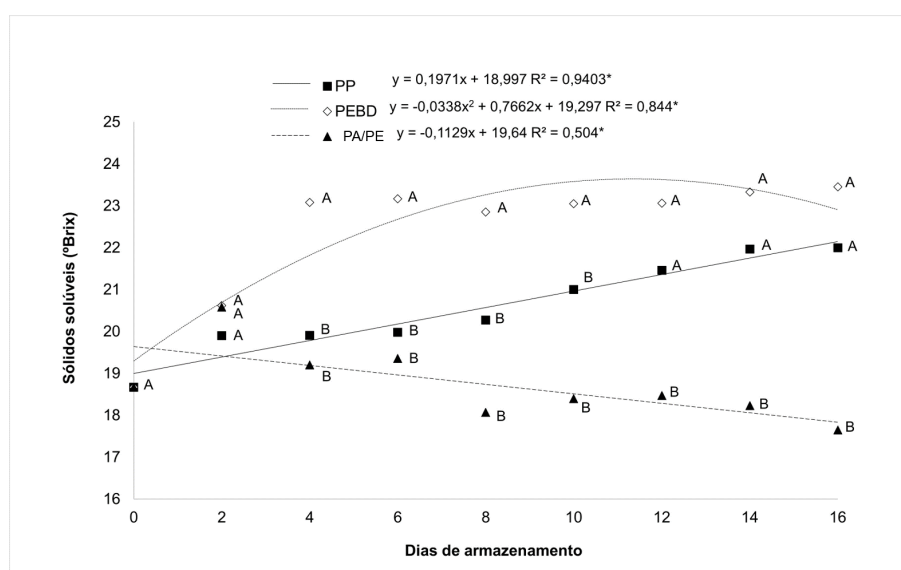


Figura 3. Teor de sólidos solúveis (°Brix) dos muricis *in natura* armazenados em diferentes embalagens, a 12 ± 2 °C e $60\% \pm 4\%$ UR, por 16 dias. *Significativo a 5% de probabilidade (PP – polipropileno; PEBD – Polietileno de Baixa Densidade; PA/PE – Poliamida/Polietileno). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Quanto aos teores de acidez titulável, foram encontrados os maiores valores para os frutos embalados com PEBD, PA/PE e PP, consecutivamente (Tabela 3). Porém, para a embalagem PP, não houve significância em relação ao tipo de atmosfera, passiva (sem vácuo) e ativa (com vácuo), diferentemente dos teores verificados para os tratamentos PEBD e PA/PE, que foram significativos, evidenciando maiores valores para os frutos em embalagens sem vácuo (Tabela 3). Santos et al. (2018b) explicaram que a atmosfera modificada passiva pode aumentar a degradação de compostos orgânicos no decorrer do armazenamento e, por isso, esta pode ter contribuído para aumentar o conteúdo de ácido.

Os valores de acidez titulável (AT) encontraram-se dentro do relatado por Monteiro et al. (2015), que, ao realizarem a caracterização nutricional de muricis adquiridos em Palmas-TO, encontraram 1,05% ácido cítrico. Souto et al. (2004) encontraram diferença significativa, no armazenamento de abacaxi, para os frutos em embalagens PEBD com e sem vácuo, em que obtiveram os menores valores para os frutos embalados a vácuo, assim como neste trabalho, com murici. Daiuto et al. (2010), trabalhando com o guacamole acondicionado em PA/PE com vácuo, encontraram menores valores de AT, quando comparado com o tratamento sem vácuo, o que também foi relatado neste trabalho.

Tabela 3. Teor de acidez titulável (% ácido cítrico) dos muricis *in natura* armazenados em diferentes embalagens e atmosferas modificadas sob refrigeração ($12 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ e $60\% \pm 4\%$ UR) por 16 dias.

Atmosfera	Embalagem		
	PP	PEBD	PA/PE
Sem vácuo	0,95 cA	1,14 aA	1,09 bA
Com vácuo	0,95 cA	1,11 aB	1,05 bB

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância. (PP – polipropileno; PEBD – Polietileno de Baixa Densidade; PA/PE – Poliamida/Polietileno).

Os frutos acondicionados com a embalagem PP apresentaram decréscimo significativo ($p \leq 0,05$) da AT com a evolução da maturação. Os muricis embalados com PEBD apresentaram aumento até o oitavo dia, com posterior redução até o final do armazenamento. Já os frutos embalados com o PA/PE apresentaram aumento nos teores, mantendo-os semelhantes durante todo o período de armazenamento (Figura 4). Além disso, vale destacar que os teores de AT dos frutos sob PA/PE, no final do armazenamento, foram mais elevados que os demais filmes, demonstrando seu efeito benéfico na conservação, já que, nas demais embalagens, os ácidos orgânicos dos frutos podem ter sido consumidos no processo respiratório, pela produção de compostos ácidos intermediários durante o ciclo de Krebs (Silva et al., 2005).

Os valores encontrados para a AT nesse experimento variaram entre 0,9% a 1,16% ácido cítrico para os frutos de muricis, valores semelhantes aos encontrados por Canuto et al. (2010), que obtiveram 1,0% ácido cítrico, e Silva et al. (2016), que apresentaram valores entre 0,4% a 1,4% ácido cítrico, ao trabalharem com muricis.

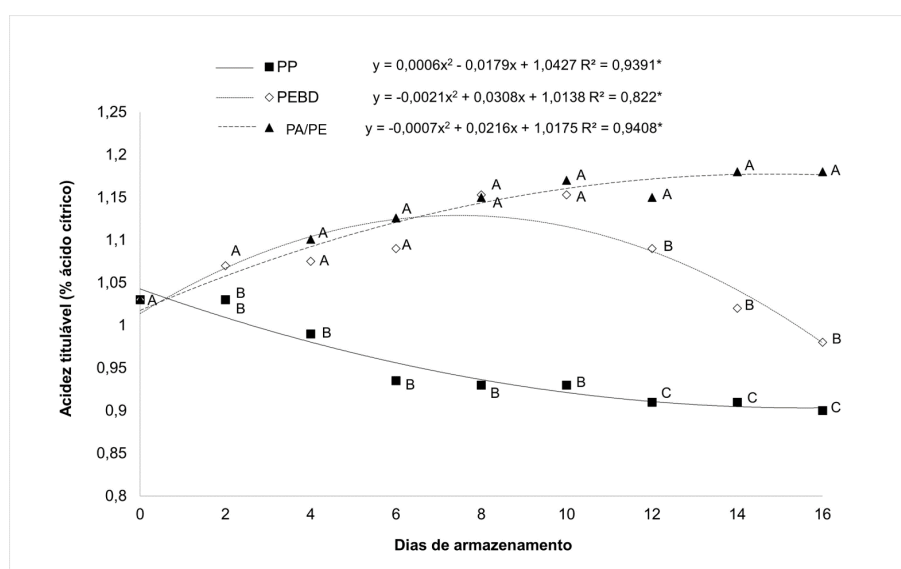


Figura 4. Teor de acidez titulável (% ácido cítrico) dos muricis *in natura* armazenados em diferentes embalagens, a $12 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ e $60\% \pm 4\%$ UR, por 16 dias. *Significativo a 5% de probabilidade (PP – polipropileno; PEBD – Polietileno de Baixa Densidade; PA/PE – Poliamida/Polietileno). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Quanto às atmosferas, os valores de acidez total titulável foram semelhantes até o oitavo dia de armazenamento, independentemente da atmosfera utilizada. A partir disto, notou-se decréscimo nos frutos armazenados a vácuo, enquanto os frutos sob atmosfera passiva mantiveram os valores iniciais. Entretanto, no final do experimento, os valores nas embalagens a vácuo foram menores, o que pode ter ocorrido devido a alguma variabilidade no estágio de maturação dos frutos (Figura 5). Prill et al. (2012), ao utilizarem o filme de PEBD associado ou não ao vácuo, na conservação de bananas prata anã, verificaram aumento nos teores

de acidez titulável, independentemente da atmosfera testada, o que foi diferente do encontrado neste trabalho para os muricis armazenados a vácuo.

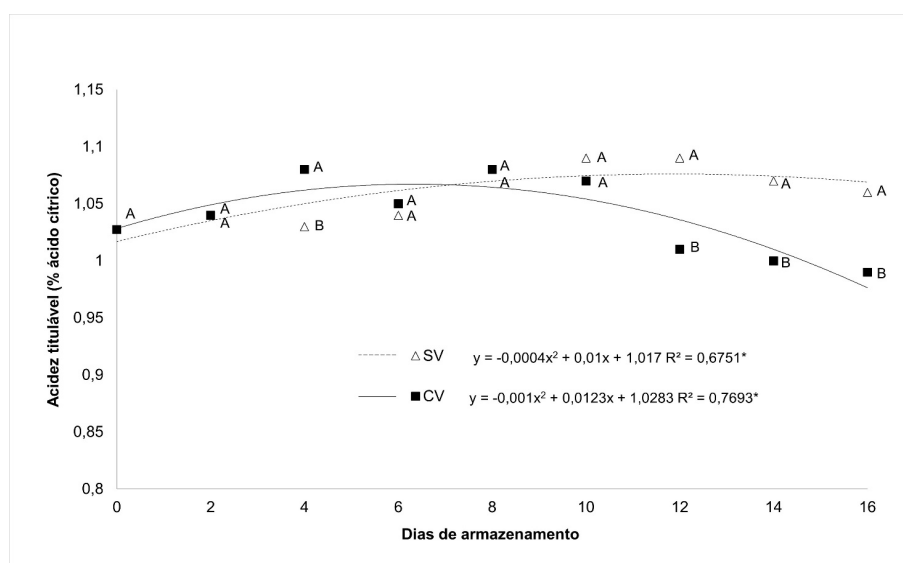


Figura 5. Teor de acidez titulável (% ácido cítrico) dos muricis *in natura* armazenados em diferentes atmosferas modificadas, a 12 ± 2 °C e $60\% \pm 4\%$ UR, por 16 dias. *Significativo a 5% de probabilidade (SV – sem vácuo; CV – com vácuo). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os frutos armazenados sem uso de vácuo, independentemente da embalagem utilizada, não apresentaram diferenças significativas entre os valores de pH, diferentemente da atmosfera com vácuo, que proporcionou diferença estatística. Os frutos de murici embalados em PEBD apresentaram o menor pH, seguidos dos frutos com PA/PE e do PP, apresentando este último os maiores valores médios do potencial hidrogeniônico (Tabela 4).

Tabela 4. Potencial Hidrogeniônico (pH) dos muricis *in natura* armazenados em diferentes embalagens e atmosferas modificadas sob refrigeração (12 ± 2 °C e $60\% \pm 4\%$ UR) por 16 dias.

Atmosfera	Embalagem		
	PP	PEBD	PA/PE
Sem vácuo	4,29 aB	4,26 aA	4,30 aA
Com vácuo	4,48 aA	4,10 cA	4,34 bA

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância. (PP – polipropileno; PEBD – Polietileno de Baixa Densidade; PA/PE – Poliamida/Polietileno).

Para as diferentes embalagens testadas, foi possível evidenciar que houve constante elevação do pH no decorrer do armazenamento, com exceção dos frutos em PEBD, que apresentaram os menores valores e redução a partir do 10º dia, sendo praticamente significativo somente o efeito dos dias para este parâmetro. Apenas no sexto e 16º dia de armazenamento, foi evidenciada diferença significativa entre as embalagens, sendo que o PP propiciou os maiores valores médios, acima dos observados nos frutos em PA/PE e PEBD (Figura 6). Russo et al. (2014), ao trabalharem com abacate armazenado em embalagem PA/PE, verificaram comportamento semelhante ao constatado neste trabalho.

Os resultados médios de pH variaram de 3,97 a 4,67, valores estes mais baixos que os encontrados por Morzelle et al. (2015), ao caracterizarem frutos de curriola, murici e gabioba *in natura*, que verificaram pH de 4,74 para muricis colhidos em Barra do Garças-MT. Por outro lado, Santos et al. (2018a) relataram valores de pH entre 3,33 a 3,38 para muricis nativos dos tabuleiros costeiros do estado de Alagoas, o que foi inferior à faixa de valores encontrada neste trabalho.

Essa elevação pode ser relacionada ao desdobramento do amido em açúcares redutores e sua conversão em ácido pirúvico, provocada pela respiração (Chitarra & Chitarra, 2005). De acordo com Rocha et al. (2001), o consumo dos ácidos orgânicos no processo respiratório é o principal responsável pelo aumento do potencial hidrogeniônico. Assim, os frutos embalados na embalagem PP apresentaram relação inversa entre os valores de pH e acidez titulável, ou seja, aumento nos valores de pH e redução da acidez. Nas demais embalagens (PEBD e PA/PE), não se verificou essa relação.

Pinto et al. (2013) mostraram que os alimentos podem ser classificados como de baixa acidez (pH superior a 4,5), alimentos ácidos (pH entre 4,0 e 4,5) e alimentos muito ácidos (pH inferior a 4,0). Como pode ser observado na Figura 6, tem-se que, até o 10º dia, todas as embalagens mantiveram o pH dos frutos dentro do estabelecido para alimentos ácidos, com exceção da embalagem PEBD, cujos frutos apresentaram valores abaixo da referida faixa, até o último dia de análise. Além disso, os valores encontrados variaram entre 3,97 e 4,67, podendo classificar os muricis como alimentos ácidos.

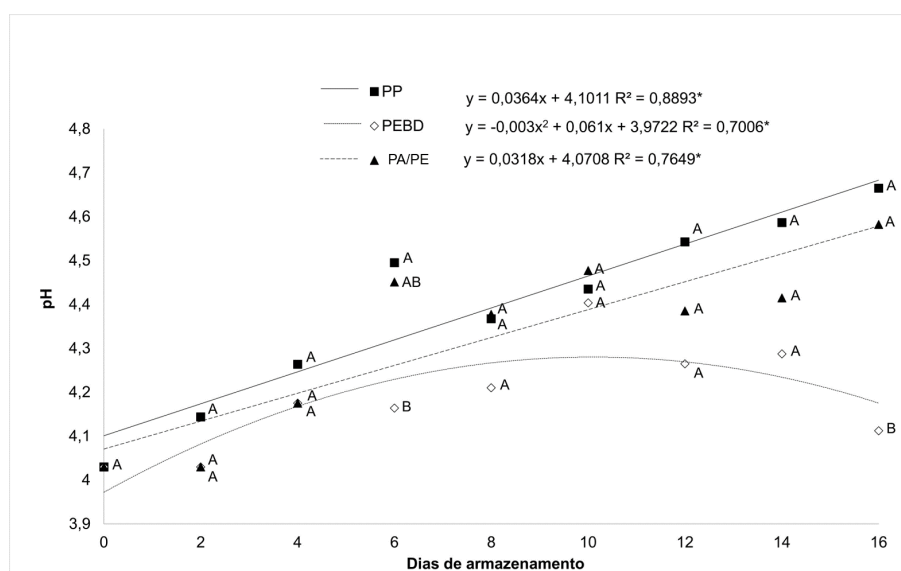


Figura 6. Potencial hidrogeniônico (pH) dos muricis *in natura* armazenados em diferentes embalagens, a 12 ± 2 °C e $60\% \pm 4\%$ UR, por 16 dias. *Significativo a 5% de probabilidade (PP – polipropileno; PEBD – Polietileno de Baixa Densidade; PA/PE– Poliamida/Polietileno). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O ratio (SS/AT) é uma das formas mais utilizadas para avaliação do sabor, sendo mais representativa que a medição isolada de açúcares ou da acidez, pois confere uma idéia do equilíbrio entre esses dois componentes e indica a doçura dos alimentos (Chitarra & Chitarra, 2005).

Dessa forma, neste trabalho, o maior valor médio encontrado para a relação SS/AT foi para o tratamento PEBD sem vácuo (60,46), seguido do tratamento PP com vácuo, com valores significativamente acima dos verificados nos outros tratamentos avaliados (Tabela 5). Entretanto, todos os valores constatados foram altos, fato que pode ter sido influenciado pelo ponto de maturação utilizado para a colheita dos frutos, no caso verde-amarelado (Tabela 5).

Diferentemente do evidenciado, Nascimento & Penteado-Dias (2011) verificaram variação de 8,30 a 15,40 para a relação SS/AT para a espécie *Byrsonima verbascifolia* produzida na região da Bahia, e Lourenço et al. (2013) obtiveram valores de SS/AT entre 5,01 e 15,06 para o *Byrsonima dealbata*, sendo, portanto, valores inferiores aos encontrados nesse trabalho, utilizando a espécie *Byrsonima crassifolia*.

Tabela 5. Ratio (SS/AT) dos muricis *in natura* armazenados em diferentes embalagens e atmosferas modificadas sob refrigeração (12 ± 2 °C e $60\% \pm 4\%$ UR) por 16 dias.

Atmosfera	Embalagem		
	PP	PEBD	PA/PE
Sem vácuo	42,35 bB	60,46 aA	38,10 cB
Com vácuo	52,74 aA	52,65 aB	43,25 bA

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância. (PP – polipropileno; PEBD – Polietileno de Baixa Densidade; PA/PE – Poliamida/Polietileno).

Os frutos armazenados nas embalagens PP, PEBD e PA/PE apresentaram aumento nos valores de SS/AT durante o armazenamento (Figura 7), destacando-se a embalagem PA/PE, cujos frutos apresentaram melhor comportamento que nas demais, independentemente da atmosfera aplicada, com valores mais baixos de SS/AT durante todo o período, o que pode indicar estágio menos avançado de maturação dos frutos. Verificou-se que as embalagens apresentaram esse comportamento, principalmente, devido aos teores de sólidos solúveis obtidos durante o armazenamento, o que faz com que a relação SS/AT seja maior (Figura 3).

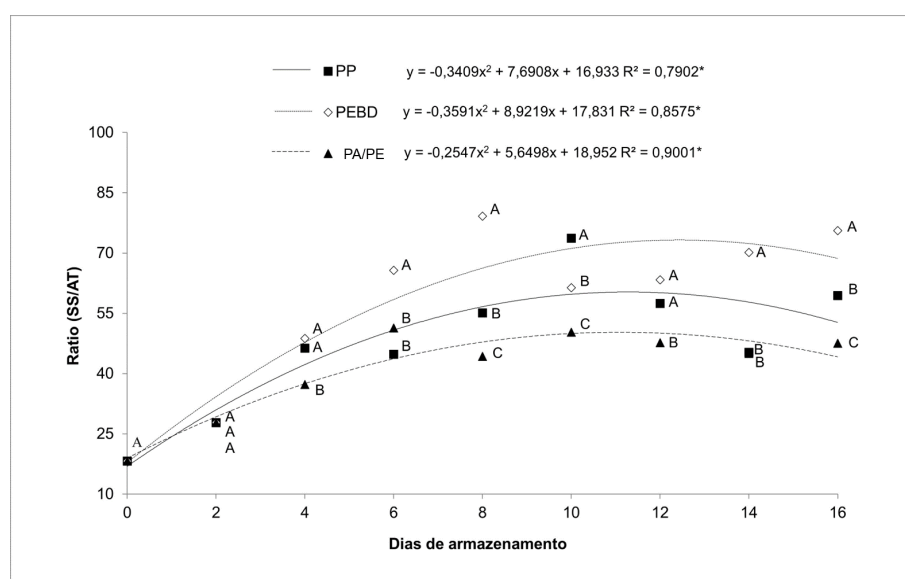


Figura 7. Ratio (SS/AT) dos muricis *in natura* armazenados em diferentes embalagens, a 12 ± 2 °C e $60\% \pm 4\%$ UR, por 16 dias. *Significativo a 5% de probabilidade (PP – polipropileno; PEBD – Polietileno de Baixa Densidade; PA/PE – Poliamida/Polietileno). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

4 Conclusões

A embalagem PA/PE é recomendada para o armazenamento de muricis *in natura*, pois os frutos nela acondicionados apresentaram menores valores de sólidos solúveis, menor índice de maturação e maior acidez titulável, além de elevada luminosidade. O uso da atmosfera modificada passiva ou ativa pode ser utilizado, com base nos parâmetros avaliados. O armazenamento refrigerado, aliado às embalagens, proporcionou período de conservação dos frutos de 16 dias.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) e da Universidade Estadual de Goiás (UEG).

Referências

- Almeida, M. M. B., Sousa, P. H. M., Arriaga, A. M. C., Prado, G. M., Magalhães, C. E. C., Maia, A. G., & Lemos, T. L. G. (2011). Bioactive compounds and antioxidant of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. *Food Research International*, 44(7), 2155-2159. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.051>
- Araújo, R. R., dos Santos, E. D., de Lemos, E. E. P., & Alves, R. E. (2009). Caracterização biométrica de frutos e sementes de genótipos de murici (*Byrsonima verbascifolia* (L.) Rich) do tabuleiro costeiro de Alagoas. *Revista Caatinga*, 22(3), 224-228.
- Arruda, M. C., Jacomino, A. P., Trevisan, M. J., Jeronimo, E. M., & Moretti, C. L. (2011). Atmosfera modificada em laranja pera minimamente processada. *Bragantia*, 70(3), 664-671. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052011000300023>
- Association of Official Analytical Chemists – AOAC. (2012). *Official methods of analysis* (19th ed., 3000 p.). Gaithersburg: AOAC.
- Canuto, G. A. B., Xavier, A. A. O., Neves, L. C., & Benassi, M. T. (2010). Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(4), 1196-1205. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452010005000122>
- Cardoso, L. M., Martino, H. S. D., Moreira, A. V. B., Ribeiro, S. M. R., & Pinheiro-Sant'Ana, H. M. (2011). Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) of the Cerrado of Minas Gerais, Brazil: Physical and chemical characterization, carotenoids and vitamins. *Food Research International*, 44(7), 2151-2154. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.005>
- Cavalcanti, A. L., Oliveira, K. F., Paiva, P. S., Dias, M. V. R., Costa, S. K. P. C., & Vieira, F. F. (2010). Determinação de sólidos solúveis totais (°Brix) e pH em bebidas lácteas e sucos de frutas industrializados. *Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada*, 6(1), 57-64.
- Chitarra, M. I. F., & Chitarra, A. B. (2005). *Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e manuseio* (2. ed., 783 p.). Lavras: UFLA.
- Crippa, A., Sydenstricker, T. H. D., & Amico, S. C. (2007). Desempenho de filmes multicamadas em embalagens termoformadas. *Polímeros*, 17(3), 188-193. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282007000300006>
- Cunha, M. C., Machado, P. S., Araujo, A. B. S., Carvalho, E. E. N., & Vilas Boas, E. V. B. (2019). Impact of processing and packaging on the quality of murici jelly [*Byrsonima crassifolia* (L.) Rich] during storage. *Nutrition & Food Science*, 50(5), 871-883. <http://dx.doi.org/10.1108/NFS-09-2019-0293>
- Daiuto, E. R., Vieites, R. L., Tremocoldi, M. A., & Vileigas, D. F. (2010). Estabilidade físico-química de um produto de abacate (*Persea americana* Mill.) conservado pelo frio. *Alimentos e Nutrição*, 21, 97-105.
- Guerra, L. M. V. H. S. (2013). *Efeitos da embalagem em ar, sob vácuo e em atmosfera modificada sobre a qualidade de filetes de peixe-porco *Balistes caprisus** (Dissertação de mestrado). Universidade do Algarve, Faro.
- Kader, A. A. (2010). Future of modified atmosphere research. *Acta Horticulturae*, (857), 212-217. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.857.24>
- Kader, A. A., & Watkins, C. B. (2000). Modified Atmosphere Packaging – Toward 2000 and beyond. *Horticultural Technology*, 10(3), 483-486. <http://dx.doi.org/10.21273/HORTTECH.10.3.483>
- Lima, J. P., Rodrigues, L. F., Monteiro, A. G. D. P., & Vilas Boas, E. V. B. (2015). Climacteric pattern of mangaba fruit (*Hancornia speciosa* Gomes) and its responses to temperature. *Scientia Horticulturae*, 197, 399-403. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.059>
- Lourenço, I. P., Figueiredo, R. W., Alves, R. E., Aragao, F. A. S., & Moura, C. F. H. (2013). Caracterização de frutos de genótipos de muricizeiros cultivados no litoral cearense. *Ciência Agrônômica*, 44(3), 499-504. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902013000300011>
- Mendonça, V. Z., Daiuto, E. R., Furlaneto, K. A., Ramos, J. A., Fujita, E., Vieites, R. L., Tecchio, M. A., & Carvalho, L. R. (2015). Aspectos físico-químicos e bioquímicos durante o armazenamento refrigerado do caqui em atmosfera modificada passiva. *Nativa*, 3(1), 16-21. <http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v03n01a03>
- Monteiro, D. C. B., Sousa, W. C., Pires, C. R. F., Azevedo, L. A., & Borges, J. S. (2015). Caracterização físico-química do fruto e da geleia de murici (*Byrsonima crassifolia*). *Enciclopédia Biosfera*, 11(21), 33-56.
- Morzelle, M. C., Bachiega, P., Souza, E. C., Vilas Boas, E. V. B., & Lamounier, M. L. (2015). Caracterização química e física de frutos de curriola, gabirola e murici provenientes do Cerrado brasileiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37(1), 96-103. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-036/14>
- Nascimento, A. R., & Penteado-Dias, A. M. (2011). New species of *Chelonus* (*Microchelonus*) Szépligeti, 1908 (Hymenoptera: Braconidae: Cheloninae) from Brazil. *Brazilian Journal of Biology = Revista Brasileira de Biologia*, 71(2), 511-515. PMID:21755170. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842011000300022>
- Pinto, U. M., Landgraf, M., & Franco, B. D. G. M. (2013). Deterioração microbiana dos alimentos. In J. F. B. São José & M. V. Branches (Eds.), *Microbiologia e higiene de alimentos: Teoria e prática* (pp. 1-17). Rio de Janeiro: Rubio.
- Prill, M. A. S., Neves, L. C., Tosin, J. M., & Chagas, E. A. (2012). Atmosfera modificada e controle de etileno para bananas 'Prata-Anã' cultivadas na Amazônia setentrional brasileira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34(4), 990-1003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452012000400005>

- Reis, A. F., & Schmiele, M. (2019). Characteristics and potentialities of Savanna fruits in the food industry. *Brazilian Journal of Food Technology*, 22, e2017150.
- Rocha, R. H. C., Menezes, J. B., Morais, E. A. D., Silva, G. G. D., Ambrósio, M. M. D. Q., & Alvez, M. Z. (2001). Uso do índice de degradação de amido na determinação da maturidade da manga Tommy Atkins. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 23(2), 302-305. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452001000200020>
- Rufino, M. S. M. (2008). *Propriedades funcionais de frutas tropicais brasileiras não tradicionais* (Tese de doutorado). Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró.
- Russo, V. C., Daiuto, E. R., Vietes, R. L., & Smith, R. E. (2014). Postharvest parameters of the “Fuerte” avocado when refrigerated in different modified atmospheres. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(4), 2006-2013. <http://dx.doi.org/10.1111/jfpp.12177>
- Santana, L. R. R., Benedetti, B. C., Sigris, J. M. M., & Sarantopoulos, C. I. G. L. (2010). Modified atmosphere packaging extending the storage life of Douradão peach. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(4), 1009-1017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452011005000006>
- Santos, E. F., Oliveira, J. D. S., Silva, I. C., Gallo, C. M., Lemos, E. E. P., & Rezende, L. P. (2018a). Caracterização física e físico-química em frutos de murici (*Byrsonima crassifolia* (L.) rich.) de ocorrência nos tabuleiros costeiros de Alagoas. *Ciencia Agricola*, 16(3), 11-20. <http://dx.doi.org/10.28998/rca.v16i3.5479>
- Santos, J. C. M., Perfeito, D. G. A., Silva, A. R., & Borges, L. C. R. (2018b). Influência da embalagem e temperatura de armazenamento na vida útil de alface crespa (*Lactuca sativa* L.). *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, 18(1), 2542-2555. <http://dx.doi.org/10.3895/rbta.v12n1.2979>
- Siguemoto, E. S. (2013). *Composição nutricional e propriedades funcionais do murici (Byrsonima crassifolia) e da moringa (Moringa oleifera)* (Dissertação de mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Silva, P. M. C., Neves, C., Bastosa, V. J., Lima, C. G. B., Araújo, K. G., & Roberto, S. R. (2016). Harvesting period of Murici (*Byrsonima crassifolia* Kunth) fruit in relation to physical and chemical parameters evaluated during fruit development. *Scientia Horticulturae*, 200(3), 66-72. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.12.041>
- Silva, S., & Tassara, H. (2001). *Frutas no Brasil* (209 p.). São Paulo: Nobel.
- Silva, T. V., Resende, E. D., Viana, A. P., Rosa, R. C. C., Pereira, S. M. F., Carlos, L. A., & Vitorazi, L. (2005). Influência dos estádios de maturação na qualidade do suco do maracujá-amarelo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 27(3), 472-475. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452005000300031>
- Souto, R. F., Durigan, J. F., Souza, B. S., Donadon, J. R., & Menegucci, J. L. P. (2004). Conservação pós-colheita de abacaxi ‘Pérola’ colhido no estágio de maturação “pintado” associando-se refrigeração e atmosfera modificada. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26(1), 24-28. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452004000100008>

Financiamento: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

Received: May 02, 2020; Accepted: Aug. 23, 2021