



Cloreto de cálcio retarda a senescência e aumenta a qualidade pós-colheita de atemoia ‘Thompson’

Calcium chloride delays senescence and increases post harvest quality of atemoya ‘Thompson’

K. D. Sousa*; F. F. Capuchinho; L. M. Cintra; K. R. Fonseca; P. A. R. Rimoli;
C. M. A. Morgado; A. J. Campos

*Campus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas – Henrique Santillo (CCET), Universidade Estadual de Goiás,
75132-903, Anápolis-Goiás, Brasil*

*kedinnads@hotmail.com

(Recebido em 20 de março de 2023; aceito em 15 de outubro de 2023)

A vida pós-colheita das anonáceas é limitada por deterioração fisiológica, causada pelo amadurecimento acelerado e desenvolvimento de patógenos que ocasionam podridões. Uma técnica que tem se mostrado como alternativa no controle e retardo das alterações pós-colheita é a aplicação de cloreto de cálcio (CaCl_2) como regulador do amadurecimento de frutas e hortaliças. Com isso, objetivou-se avaliar a conservação da qualidade pós-colheita de atemoia ‘Thompson’ em função da imersão dos frutos em diferentes concentrações de cloreto de cálcio. Um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x6 (concentrações de CaCl_2 x dias de armazenamento), com quatro repetições foi utilizado. As concentrações de cloreto de cálcio avaliadas foram: 0, 2, 4 e 6%. Os frutos foram armazenados refrigerados, em incubadora B.O.D. à 15 ± 1 °C e $70 \pm 5\%$ UR por 15 dias, sendo avaliados a cada três dias quanto a perda de massa, sólidos solúveis, índice de maturação, luminosidade, °Hue, croma e taxa respiratória. A aplicação de cloreto de cálcio a 6% é uma alternativa para a manutenção da qualidade de atemoia, principalmente na preservação da cor, perda de massa, menor taxa de respiração e retardo no pico respiratório. Nessas condições os frutos podem ser mantidos por até 15 dias sob refrigeração (15 °C) para comercialização e consumo. Para as demais concentrações, os frutos mantiveram-se adequados para a comercialização até o 12º dia de armazenamento.

Palavras-chave: *Annona x atemoya*, anonáceas, armazenamento.

The post-harvest life of annonaceae is limited by physiological deterioration, caused by accelerated ripening and the development of pathogens that cause rot. A technique that has been shown to be an alternative in controlling and delaying post-harvest alterations is the application of calcium chloride (CaCl_2) as a regulator of the ripening of fruits and vegetables. Thus, the objective was to evaluate the conservation of the postharvest quality of 'Thompson' atemoya as a function of the immersion of the fruits in different concentrations of calcium chloride. A completely randomized design in a 4x6 factorial scheme (CaCl_2 concentrations x days of storage), with four replications was used. Calcium chloride concentrations evaluated were: 0, 2, 4 and 6%. The fruits were stored refrigerated in a B.O.D. at 15 ± 1 °C and $70 \pm 5\%$ RH for 15 days, being evaluated every three days for weight loss, soluble solids, maturation index, luminosity, °Hue, chroma and respiratory rate. The application of 6% calcium chloride is an alternative for maintaining the quality of atemoya, mainly in color preservation, weight loss, lower respiration rate and delay in respiratory peak. Under these conditions, the fruits can be kept for up to 15 days under refrigeration (15°C) for commercialization and consumption. For the other concentrations, the fruits remained suitable for commercialization until the 12th day of storage.

Keywords: *Annona x atemoya*, anonymous, storage.

1. INTRODUÇÃO

A atemoia (*Annona x atemoya* Mabb.) é um híbrido anonáceo interespecífico entre *Annona cherimola* Mill. e *Annona squamosa* L. que se destaca pela produção e comercialização de frutos [1]. As flores e frutos da atemoia apresentam maiores tamanhos e as plantas dispõem de maior vigor vegetativo e produtivo, quando comparadas aos seus genitores [2]. Embora sejam considerados frutos muito saborosos, tanto sua produção quanto comercialização ainda são limitadas, levando a uma baixa disponibilidade de frutos frescos no mercado nacional e mundial [2].

Em geral, a vida pós-colheita das anonáceas é limitada por deterioração fisiológica, causada pelo excessivo amadurecimento do fruto e pelo desenvolvimento de patógenos que ocasionam podridões [3]. Além disso, a rápida senescência dos frutos, caracterizada pelo escurecimento e amolecimento da casca, ocorre quando eles são armazenados à temperatura ambiente [4].

O conhecimento desse processo é muito importante para o tratamento pós-colheita, pois o amadurecimento ocorre rapidamente [2], tornando necessário a introdução de técnicas de conservação que atrasem esses eventos e garantam maior tempo para distribuição.

Um dos métodos mais eficazes e práticos para prolongar a vida de prateleira de frutas frescas é o armazenamento refrigerado, pois ele mantém baixa a produção de etileno, bem como reduz o metabolismo respiratório dos frutos, retardando o amadurecimento, prolongando o prazo de vida útil e o seu período de comercialização, já que preserva as características desejáveis do fruto [3, 5]. Porém, as baixas temperaturas podem não ser suficientes para a manutenção da qualidade e aumento da vida útil do fruto, sendo necessária a associação de outras técnicas [6].

Outra técnica que tem se mostrado como uma alternativa no controle e retardo das alterações pós-colheita é a aplicação de cloreto de cálcio (CaCl_2) como regulador do amadurecimento de frutas e hortaliças. Seus efeitos têm sido estudados há algum tempo, em função de sua ação sobre a qualidade dos frutos na pós-colheita e por apresentar grande influência na manutenção da consistência dos mesmos, já que participa de maneira efetiva na preservação da integridade e funcionalidade das membranas celulares [7].

O cálcio é considerado o mais importante nutriente na determinação da qualidade dos frutos, e seu uso na pré e pós-colheita tem vários benefícios, podendo reduzir o amolecimento e senescência destes, mantendo sua qualidade no período de armazenamento e prateleira [8], de modo que, estudos recentes sugerem a utilização de cloreto de cálcio (CaCl_2) para aumentar a vida útil das frutas tropicais [9-11].

Neste sentido, a aplicação de técnicas para reduzir os danos pós-colheita e prolongar a vida útil são medidas imprescindíveis para manter a qualidade da atemoia ao longo do armazenamento, visto que o fruto apresenta diversas formas de consumo e a sua comercialização ainda é limitada. Dessa forma, objetivou-se avaliar a conservação da qualidade pós-colheita de atemoia 'Thompson' em função da imersão dos frutos em diferentes concentrações de cloreto de cálcio.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As atemoias 'Thompson' foram colhidas no município de Cristalina-GO ($16^\circ 46' 4''$ S, longitude $47^\circ 36' 47''$ O, com altitude de 1.255 metros). O clima da região é classificado como Cwb, de acordo com a Köppen e Geiger [12], com temperatura média de $20,1^\circ\text{C}$ e pluviosidade média anual de 1.422 mm.

A colheita ocorreu quando os frutos atingiram seu estágio de maturação fisiológica, caracterizados pela transição da coloração verde escura para verde claro. Após a colheita, os frutos foram transportados em caixas de poliestireno expandido (EPS) até o Laboratório de Secagem e Armazenamento de Produtos Vegetais, Campus Central, da Universidade Estadual de Goiás, em Anápolis-GO. Os frutos foram selecionados manualmente e visualmente, visando à uniformização do lote, sendo retirados aqueles que apresentavam defeitos e injúrias.

Um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4×6 (concentrações de CaCl_2 x dias de armazenamento), com quatro repetições foi utilizado.

Na fase anterior a aplicação dos tratamentos, a higienização dos frutos foi realizada, através da imersão deles em solução de hipoclorito de sódio a 2%, por 10 minutos, sendo, em seguida, enxaguados em água destilada.

As atemoias foram imersas nas seguintes concentrações de cloreto de cálcio: controle - imerso em água destilada (0), 2, 4 e 6% de CaCl_2 . Todos os frutos, de cada tratamento, foram imersos em solução de CaCl_2 , ou água destilada (controle) por 10 minutos, e em seguida foram emersos e deixados secar naturalmente, em bancada de mármore, em temperatura ambiente (25°C e 62% UR). Após esse processo, os frutos foram dispostos em bandejas de poliestireno expandido (EPS), sem tampa, e armazenados refrigerados em incubadora tipo B.O.D. a $15 \pm 1^\circ\text{C}$ e $70 \pm 5\%$ UR, por

um período de 15 dias, e as análises foram realizadas a cada 3 dias (0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias após o armazenamento).

Para a perda de massa, as pesagens foram realizadas utilizando-se balança digital de precisão (Tepron Mark500, precisão de 0,001g), considerando a massa inicial de cada fruto. Os sólidos solúveis foram determinados por leitura refratométrica, com refratômetro digital portátil (marca Reichert, Brix/RI-Chek), seguindo a recomendação da AOAC [13], e os resultados foram expressos em °Brix. O índice de maturação foi determinado pela relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável. O teor de acidez titulável foi determinado visando-se o cálculo do índice de maturação. Assim, a determinação se deu por titulação potenciométrica, utilizando-se 5 g de polpa homogeneizada e diluída até o volume total de 100 mL de água destilada. A titulação foi realizada com solução padronizada de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 M, tendo como indicador fenolftaleína a 1%. A coloração da casca foi obtida por reflectância, utilizando-se colorímetro portátil Konica Minolta (CR-400), com escala CIELAB (L^* , a^* e b^*). A partir das coordenadas a^* e b^* , calculou-se o croma (pureza da cor) e o °Hue (tonalidade da cor). A determinação da taxa respiratória foi efetuada de forma indireta, pela medida do CO_2 liberado pelas atemoias, de acordo com metodologia adaptada de Bleinroth et al. (1976) [14].

Os dados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) e, quando significativos, a análise de regressão foi realizada. Para as análises estatísticas foi utilizado o Software Sisvar 5.6 [15].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de dados que caracterizam a perda de massa das atemoias ‘Thompson’ tratadas com concentrações crescentes de cloreto de cálcio e avaliadas durante 15 dias de armazenamento, demonstrou que os frutos apresentaram efeito linear para essa variável durante todo o período de armazenamento (Figura 1). Os frutos apresentaram elevada perda de massa ao final do armazenamento, atingindo 39,37, 35,04, 27,28 e 27,03%, para as concentrações controle, 2, 4 e 6% de CaCl_2 , respectivamente.

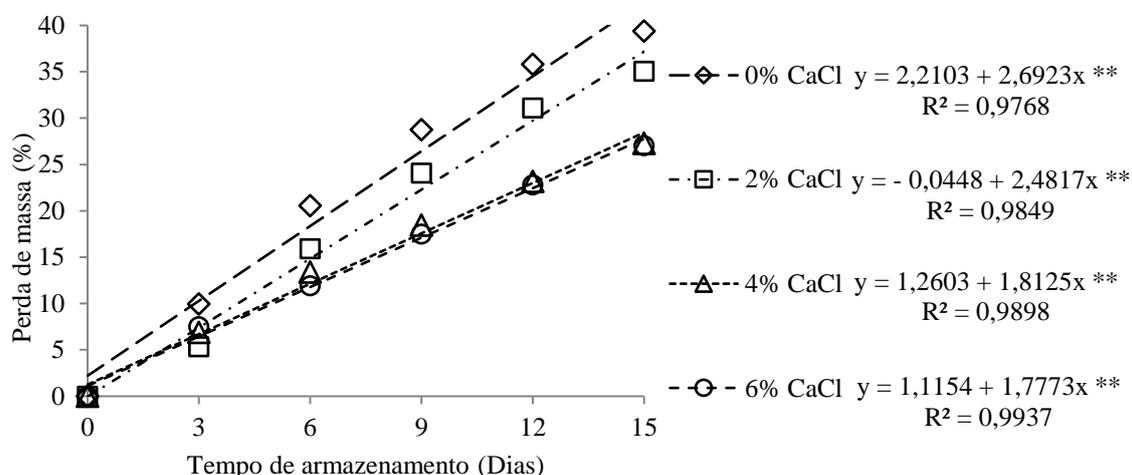


Figura 1: Perda de massa (PM, em %) de atemoias em relação às diferentes concentrações de cloreto de cálcio (0, 2, 4 e 6% de CaCl_2) e dias de armazenamento (0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias), armazenadas em incubadora B.O.D. a $15 \pm 2^\circ\text{C}$ e $70 \pm 5\%$ UR. **Equações determinadas pela análise de regressão, significativas a 1% de probabilidade.

Os frutos analisados neste trabalho apresentaram perda de massa progressiva, com a diminuição na concentração de CaCl_2 , uma vez que a maior porcentagem de perda de massa foi para o tratamento controle e o aumento na concentração de CaCl_2 proporcionou aos frutos os menores valores de perda de massa.

Ferraz et al. (2016) [16] relataram que um maior teor de cálcio no fruto retarda o amadurecimento e a senescência, mediante redução da respiração, da evolução do etileno e perda

de massa fresca, estendendo a vida pós-colheita, reforçando o observado neste trabalho, visto que o uso do cloreto de cálcio associado à armazenagem refrigerada (15 ± 1 °C) proporcionou menor perda de massa fresca para os frutos, com destaque para as concentrações de 4 e 6%, as quais apresentaram diferença de quase 15% de perda em relação aos frutos controle no 15º dia de armazenamento, o que confere resultado positivo da aplicação de cálcio na conservação pós-colheita de atemoia.

Lima et al. (2010) [17] observaram médias de até 17% de perda de massa em estudo avaliando diferentes concentrações de 1-metilciclopropeno no atraso do amadurecimento de atemoia 'African Pride' após 20 dias de avaliação, sendo estes valores médios inferiores ao verificado neste trabalho. Torres et al. (2009) [4] também constataram perdas superiores a 20% para atemoias tratadas com cloreto de cálcio a 6% e tratamento hidrotérmico após 8 dias de armazenamento.

De maneira similar a este trabalho, Sanches et al. (2017) [10] observaram menores valores de perda de massa para pitangas (*Eugenia uniflora*) tratadas com cloreto de cálcio em relação aos frutos do tratamento controle, bem como Vieites et al. (2014) [18] que relataram menor perda de massa para maçãs 'Eva' quando comparadas aos frutos controle.

A alta perda de massa nos frutos pode ser atribuída à perda de água dos mesmos, por ocasião do armazenamento sem o uso de embalagens, visto que a utilização da embalagem cria um sistema de armazenamento com menor quantidade e contato com o oxigênio, atuando como barreira à perda de umidade para o ambiente [19].

A menor perda de massa fresca observada nas atemoias tratadas com cloreto de cálcio deve-se, possivelmente, a ação na redução da taxa respiratória e da produção de etileno no complexo membrana-parede celular (Figura 7), em que o tratamento a 6% de cloreto de cálcio apresentou atraso no pico respiratório, além de menores taxas durante o armazenamento, reduzindo dessa forma distúrbios fisiológicos como a perda de massa, que tanto desfavorece a qualidade do produto final [20].

O teor de sólidos solúveis (SS) apresentou incremento no decorrer dos dias de armazenamento para todos os tratamentos (Figura 2). De acordo com Duan et al. (2011) [21], a elevação de açúcares durante a vida útil dos vegetais pode ocorrer em decorrência da hidrólise do amido em açúcares, o que ocorreu de maneira mais intensa principalmente para os tratamentos controle e 4% de CaCl_2 , que apresentaram elevação de 27,3 e 27,7 °Brix, respectivamente, em relação aos valores do início do armazenamento. O conteúdo de sólidos solúveis para as atemoias tratadas com 2 e 6% de CaCl_2 demonstraram aumento linear no decorrer do armazenamento, com menores médias em relação aos demais, com variação de 24,7 e 23,8 °Brix, respectivamente, acima do valor inicial.

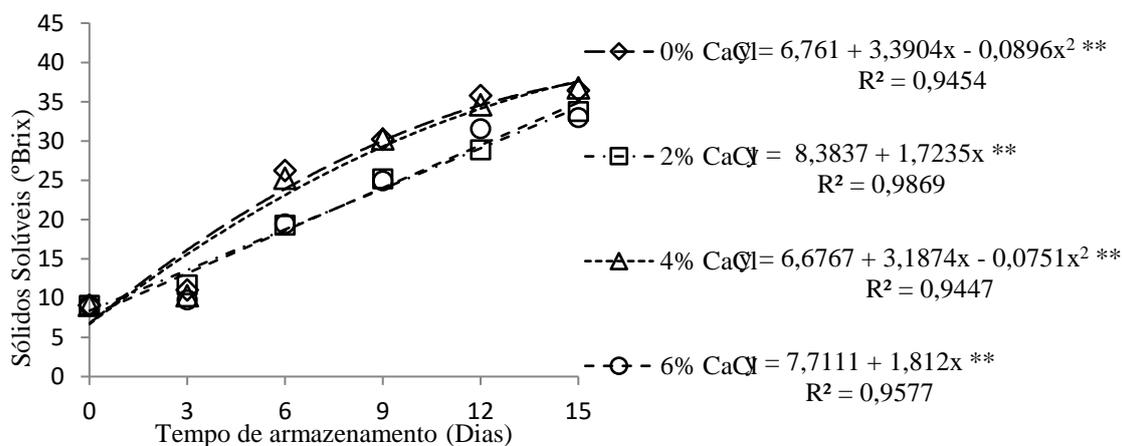


Figura 2: Sólidos Solúveis (SS, em °Brix) de atemoias em relação às diferentes concentrações de cloreto de cálcio (0%, 2%, 4% e 6% de CaCl_2) e dias de armazenamento (0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias), armazenadas em incubadora B.O.D. a 15 ± 2 °C e 70 ± 5 UR. **Equações determinadas pela análise de regressão, significativas a 1% de probabilidade.

No início do armazenamento, os frutos apresentaram teor médio de sólidos solúveis de 9,08 °Brix, terminando o armazenamento com teores de 36,4, 33,8, 36,8 e 32,9 °Brix para os tratamentos controle, 2, 4 e 6% de CaCl_2 , respectivamente.

Os sólidos solúveis geralmente aumentam com o transcorrer do processo de amadurecimento do fruto, seja por biossíntese, pela degradação de polissacarídeos ou pela perda de água dos frutos, resultando em maior concentração dos mesmos [22], justificando assim, a elevação dos valores para essa variável nas atemoias analisadas, uma vez que os frutos apresentaram elevada perda de massa.

Esses valores se encontram acima do observado por Mota Filho et al. (2013) [23], que verificaram que a polpa dos frutos de atemoieira, submetidos a diferentes intensidades de poda, apresentaram médias de 25,2 °Brix, assim como Aguiar et al. (2019) [24], que verificaram acréscimo linear no teor de sólidos solúveis de atemoia durante o armazenamento, com média variando entre 10 e 23 °Brix. Para esses autores, os valores de sólidos solúveis foram menores que o verificado no presente trabalho, fato que pode ter sido ocasionado, principalmente, pelo acondicionamento dos frutos sob o uso da atmosfera modificada nestes trabalhos, proporcionando assim menor perda de massa e conseqüente menor incremento no teor de sólidos solúveis. Em produtos vegetais, quanto mais baixa a temperatura de armazenamento, menor é a taxa respiratória, resultando em menor transpiração e perda de massa fresca, o que pode resultar em baixas concentrações no teor de sólidos solúveis proporcionando, portanto, menor valor para essa variável em produtos armazenados sob baixas temperaturas.

O índice de maturação (SS/AT), também chamado de ratio, é uma medida importante para avaliar o grau de maturação de determinado fruto, sendo este definido como a razão entre sólidos solúveis e acidez titulável [25], além disso é uma das formas mais utilizadas para a avaliação do sabor, sendo mais representativa que a medição isolada de açúcares ou da acidez [26].

Um aumento excessivo na relação SS/AT indica aceleração do amadurecimento e, portanto, redução na vida útil dos frutos, entretanto, o aumento nessa relação com o tempo de armazenamento também é um indicativo de boa relação no balanço entre os açúcares e os ácidos orgânicos, favorecendo o sabor nos frutos. Assim, o decréscimo nessa relação fornece indícios de avançado estágio de senescência por conta do desequilíbrio entre o doce e o ácido [9]. Vale ressaltar que quanto maior o valor do índice de maturação, mais adocicado ao paladar humano é o fruto [26]. Esse comportamento de aumento foi verificado para as atemoias analisadas, pois todos os tratamentos demonstraram crescimento linear no índice de maturação durante o armazenamento (Figura 3).

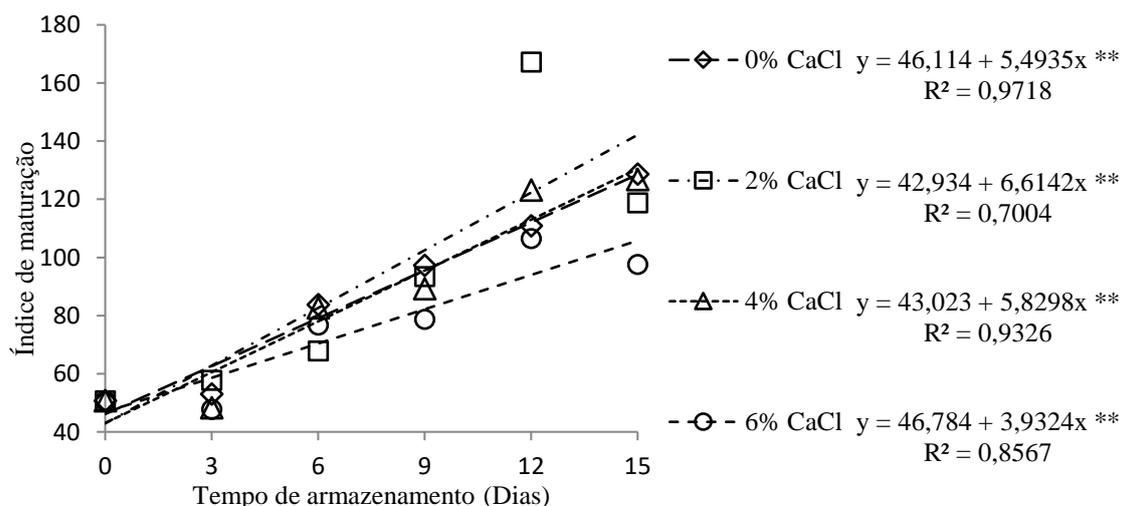


Figura 3: Índice de maturação (IM) de atemoias em relação às diferentes concentrações de cloreto de cálcio (0%, 2%, 4% e 6% de CaCl_2) e dias de armazenamento (0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias), armazenadas em incubadora B.O.D. a $15 \pm 2^\circ\text{C}$ e $70 \pm 5\%$ UR. **Equações determinadas pela análise de regressão, significativas a 1% de probabilidade.

O índice de maturação dos frutos controle e 4% de CaCl_2 apresentaram médias semelhantes no decorrer do armazenamento, enquanto o tratamento com 2% de CaCl_2 foi o que apresentou tendência de maior amadurecimento no decorrer dos dias de armazenamento. Os resultados encontrados com 2% de CaCl_2 evidenciam que as menores concentrações, juntamente com o tratamento controle, não foram eficientes em retardar o amadurecimento dos frutos, resultando em maior maturação para os mesmos durante o armazenamento. Os frutos tratados com 6% de cloreto de cálcio foram os que apresentaram menor índice de maturação no decorrer de todo o armazenamento, demonstrando, assim, que a utilização do CaCl_2 produz efeitos desejáveis nas maiores concentrações, retardando o amadurecimento e a senescência dos frutos, além de controlar desordens fisiológicas [27], conforme constatado no comportamento dos sólidos solúveis e perda de massa para esse tratamento.

Lee et al. (2016) [28] verificaram índices de maturação de 89,3; 91,4 e 97,0 para as atemoias armazenadas em 3 diferentes acondicionamentos: tratamento controle (sem embalagem), sacos de polietileno de baixa densidade e filme PVC, respectivamente. Esses valores estão abaixo do evidenciado no presente trabalho, o que pode ser justificado devido ao armazenamento dos frutos em condições de menor temperatura (5°C) e maior umidade relativa ($80 \pm 5\%$ UR) pelos referidos autores.

Resultados favoráveis ao tratamento com CaCl_2 também foram encontrados por Ferraz et al. (2016) [17], que avaliando seu efeito na pós-colheita de goiaba, verificaram que concentrações de 1,5; 2,0 e 2,5% apresentaram as menores médias de maturação para os frutos analisados.

Neste trabalho, os tratamentos com maiores teores de CaCl_2 foram responsáveis por maior manutenção na luminosidade dos frutos analisados (Figura 4), apresentando ao final valores médios de 31,64 e 33,36 para as concentrações 4% e 6% de CaCl_2 , respectivamente, considerando que quanto maior o valor de L^* mais clara é a cor ou mais brilhosa [29]. Atentando ao fato de que os frutos de atemoia apresentam um escurecimento ao longo do período de armazenagem, tornando sua casca marrom-avermelhado, a manutenção nos valores de L^* indica resposta positiva ao uso das maiores concentrações de CaCl_2 , pois os frutos tratados nessas condições mantiveram suas características de brilho semelhante às iniciais por um maior período. Altos valores de luminosidade indicam frutos brilhantes, ou seja, características de coloração que os frutos de atemoia devem apresentar quando recém-colhidos e no início do armazenamento pós-colheita, já que o escurecimento que ocorre durante o período de armazenamento é consequência do amadurecimento dos frutos [30].

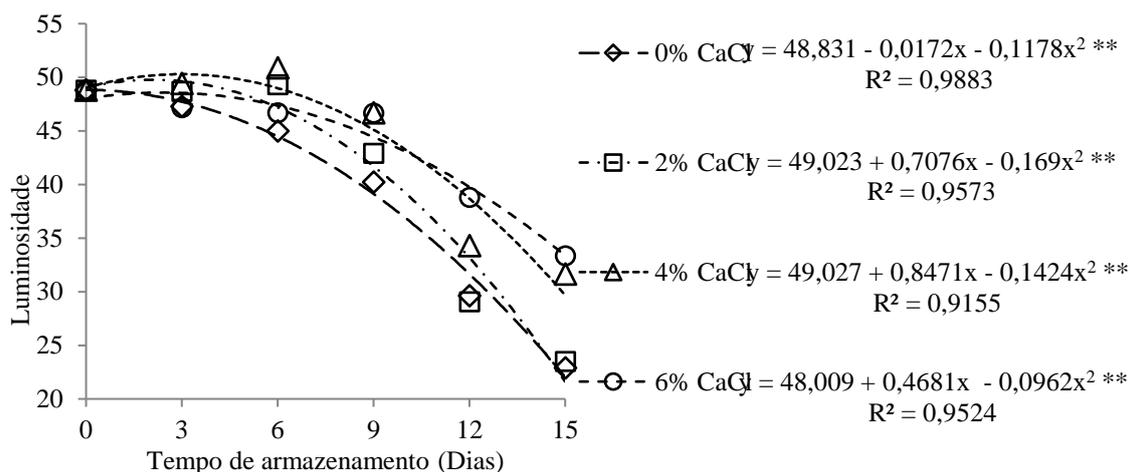


Figura 4: Luminosidade (L^*) de atemoias em relação às diferentes concentrações de cloreto de cálcio (0%, 2%, 4% e 6% de CaCl_2) e dias de armazenamento (0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias), armazenadas em incubadora B.O.D. a $15 \pm 2^\circ\text{C}$ e $70 \pm 5\%$ UR. **Equações determinadas pela análise de regressão, significativas a 1% de probabilidade.

O tratamento controle apresentou frutos com menor luminosidade em relação aos demais durante todo o armazenamento, seguido por 2% de CaCl_2 , evidenciando coloração mais escura da casca, sendo que os valores baixos indicam casca opaca/sem brilho [31]. Dessa forma, o uso do cloreto de cálcio mostra-se como alternativa no controle do escurecimento de atemoia, visto que a cor da casca é um dos principais atributos de qualidade, além de ser o atributo mais atrativo, relacionando-se mais diretamente com a percepção da aparência pelo consumidor, o que a torna um aspecto comercial característico tão importante quanto às medidas de tamanho e massa dos frutos [32].

Segundo Barreto et al. (2017) [33], a luminosidade dos frutos pode reduzir devido ao metabolismo do fruto, bem como as condições de armazenamento. Pressupõe-se que o decréscimo do brilho da fruta pode ser decorrente da diminuição de coloração verde ao longo do tempo de armazenamento, que é resultante da respiração, da perda de massa e de clorofila [34], fato este perceptível a olho nu durante a condução deste experimento, além da comprovação constatada por meio da análise do ângulo de tonalidade ($^{\circ}\text{Hue}$) (Figura 5). De igual forma, a perda de umidade pode resultar em parte na redução do brilho, bem como ser responsável pela cor mais escura da epiderme do fruto, como observados para os frutos do tratamento controle, que também apresentaram os maiores valores de perda de massa e consequente perda de água. Outros trabalhos relataram o benefício do uso do cloreto de cálcio na conservação da luminosidade de frutos, como Borges et al. (2016) [35], que verificaram que revestimentos de extrato de nabo com cloreto de cálcio promoveram a redução significativa no escurecimento de maçãs minimamente processadas, e Egea et al. (2018) [27], que avaliando as características sensoriais na pós-colheita de palmito pupunha minimamente processado, verificaram que os tratamentos que incluíram o cloreto de cálcio apresentaram melhor aspecto, tanto na cor clara como na integridade do palmito, conferindo ainda uma melhor textura.

O ângulo de tonalidade expressa as diferenças na coloração da casca, permitindo visualizar a mudança na cor dos frutos [36], variando de 0 a 360° , sendo 0° – vermelho, 90° – amarelo, 180° – verde e 270° – azul [37]. Assim, os frutos de todos os tratamentos apresentaram valores de $178,81^{\circ}$ no início do armazenamento, o que caracteriza a coloração verde dos frutos, característica do seu estágio de maturação fisiológica (Figura 5).

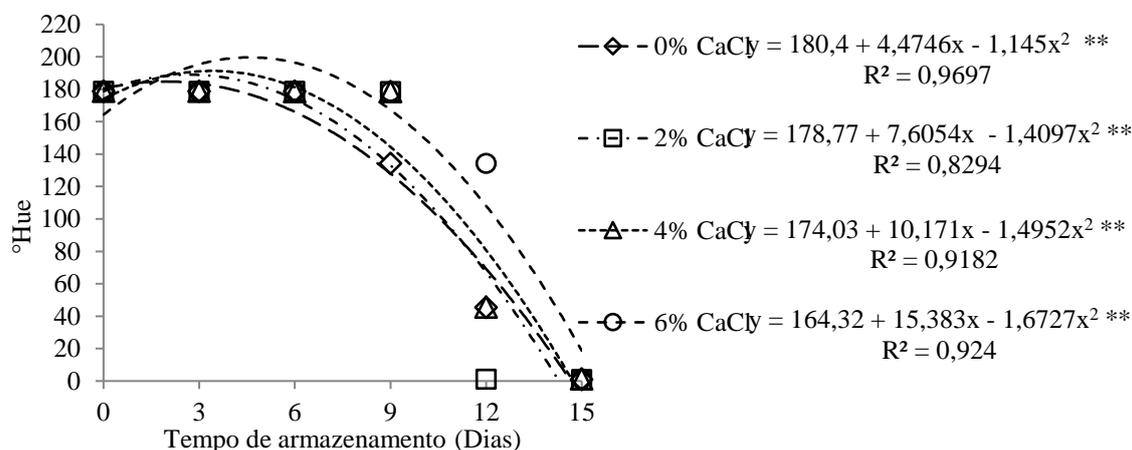


Figura 5: Ângulo de tonalidade ($^{\circ}\text{Hue}$) de atemoias em relação às diferentes concentrações de cloreto de cálcio (0%, 2%, 4% e 6% de CaCl_2) e dias de armazenamento (0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias), armazenadas em incubadora B.O.D. a $15 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $70 \pm 5\%$ UR. **Equações determinadas pela análise de regressão, significativas a 1% de probabilidade.

A diminuição dos valores de $^{\circ}\text{Hue}$, constatada no decorrer dos dias de armazenamento, caracteriza a transição da coloração da casca da atemoia de verde para marrom-avermelhado, sendo característico da senescência do fruto, já que o $^{\circ}\text{Hue}$ serve como variável para indicar maior estágio de maturação nos frutos, pois com o amadurecimento ocorre diminuição do mesmo [38].

Dessa forma, os tratamentos com cloreto de cálcio mostraram-se mais efetivos na conservação dos frutos, pois apresentaram, durante maior parte do armazenamento, valores de °Hue mais elevados em relação ao tratamento controle, responsável assim por manter a característica de cor e um aspecto fresco por maior período de tempo durante os dias avaliados, com destaque para a concentração com 6% de CaCl_2 , que até o 12º dia de armazenamento demonstrou o maior ângulo de cor.

Silva et al. (2015) [39] observaram também que, durante o armazenamento, os valores do °Hue tenderam a diminuir ao longo dos dias para mamão tratado com cloreto de cálcio na pós-colheita. Os autores ainda verificaram que a velocidade da mudança na coloração dos mamões do verde para o amarelo foi menor nos frutos tratados com solução de 6% de CaCl_2 , assim como verificado para atemoia no presente estudo.

A respeito do croma, em todos os tratamentos, os frutos apresentaram cores mais vívidas ao início do armazenamento, evidenciando posteriormente perda nessa intensidade da cor (Figura 6), visto que o croma expressa a intensidade da cor dos frutos, ou seja, a cor em termos de saturação de pigmentos, sendo 0 – cor impura e 60 – cor pura [40].

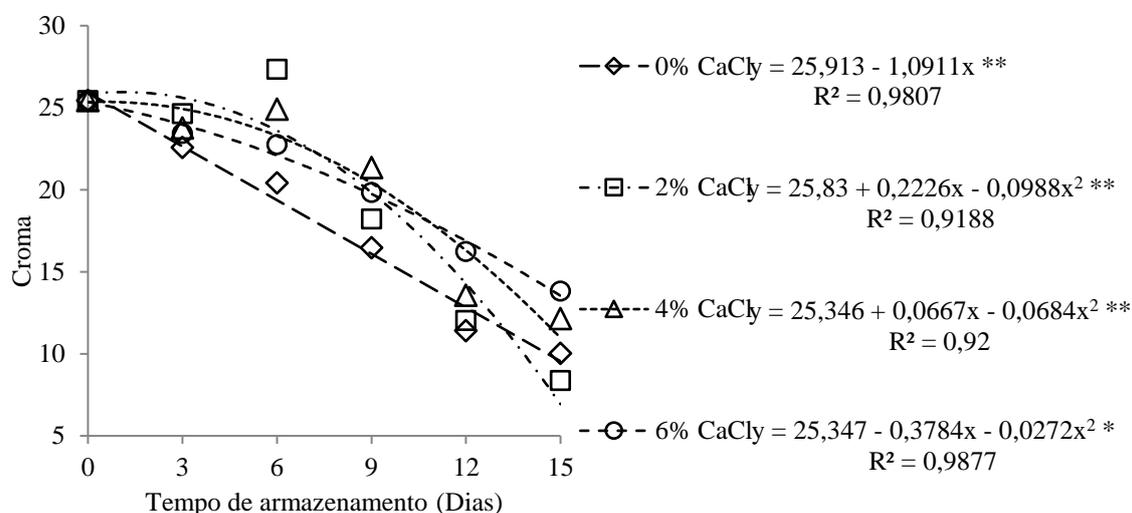


Figura 6: Croma de atemoias em relação às diferentes concentrações de cloreto de cálcio (0%, 2%, 4% e 6% de CaCl_2) e dias de armazenamento (0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias), armazenadas em incubadora B.O.D. a $15 \pm 2^\circ\text{C}$ e $70 \pm 5\%$ UR. **Equações determinadas pela análise de regressão, significativas a 1% de probabilidade. *Equação determinada pela análise de regressão, significativas a 5% de probabilidade.

A coloração de alimentos, como frutos destinados à alimentação humana dentro das mais variadas formas, é uma característica altamente importante do ponto de vista comercial, em que colorações mais intensas, de modo geral, são tomadas como forma de sanidade do alimento [41], que no caso desse experimento foi proporcionada pelo uso do CaCl_2 , pois as concentrações de cloreto de cálcio proporcionaram maior croma aos frutos analisados em comparação ao controle, sendo os maiores teores, 4% e 6%, responsáveis por maiores médias para essa variável, a partir do nono dia de armazenamento.

A diminuição nos valores de croma para atemoia, que variaram de 25,45, no início do experimento, para 10,03, 8,38, 12,15 e 13,82, respectivamente, para os tratamentos controle, 2%, 4%, e 6% de CaCl_2 , também foi observada por Silva et al. (2014) [42], que avaliando o uso de 1-metilciclopropeno e atmosfera modificada na conservação de atemoia ‘Gefner’, notaram diminuição de 38,67 a 23,49 para os frutos sem embalagem, e 32,92 a 16,58 para os frutos tratados com 1-MCP.

Os resultados deste trabalho demonstraram que a atividade respiratória das atemoias analisadas apresentou oscilação no decorrer da armazenagem, o que corrobora com outros trabalhos que evidenciam um comportamento irregular da taxa respiratória para frutos do gênero *Annona* após a colheita [43]. Além disso, comportamento climatérico foi observado para os frutos

de todos os tratamentos (Figura 7), sendo constatado ao nono dia de armazenamento o pico climatérico para os frutos tratados com 2% de CaCl_2 , enquanto que os frutos dos tratamentos controle e 4% de cloreto de cálcio atingiram o máximo na produção de CO_2 no 12º dia de armazenamento. Para os frutos tratados com 6% de CaCl_2 foi verificado menor taxa de respiração durante grande parte do armazenamento, atingindo o pico respiratório apenas no 15º dia de armazenamento.

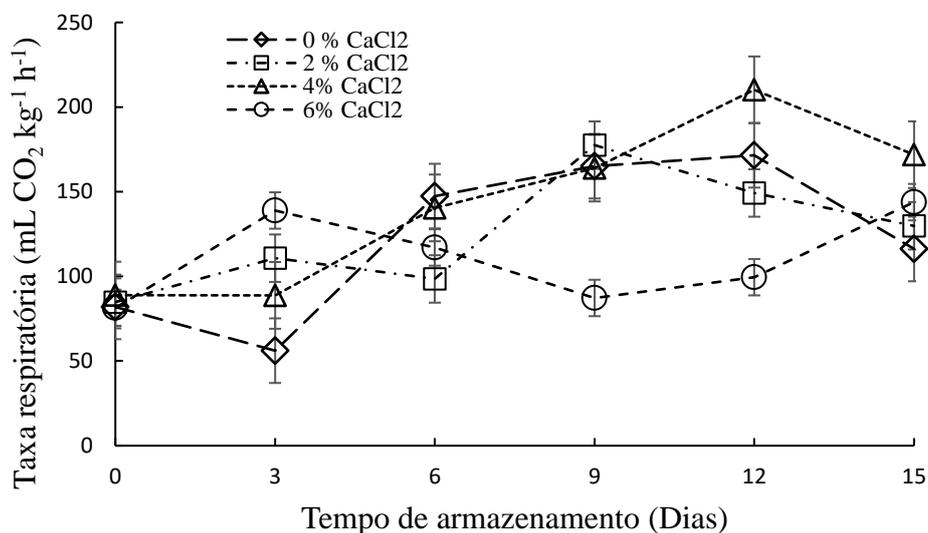


Figura 7: Taxa respiratória (TR, mL CO_2 kg^{-1} h^{-1}) de atemoias em relação às diferentes concentrações de cloreto de cálcio (0%, 2%, 4% e 6% de CaCl_2) e dias de armazenamento (0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias), armazenadas em incubadora B.O.D. a $15 \pm 2^\circ\text{C}$ e $70 \pm 5\%$ UR.

Além do retardo no pico respiratório, o tratamento com 6% de CaCl_2 foi o que apresentou menor taxa respiratória, com valor de $143,85 \text{ CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ enquanto os tratamentos controle, 2 e 4% apresentaram $171,53$; $177,54$ e $210,20 \text{ CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, respectivamente. Menores taxas respiratórias são indicativos positivos de conservação de frutos armazenados, pois relacionam-se à redução metabólica, ou seja, menor consumo de reservas, aumentando, conseqüentemente, o período pós-colheita [1].

Os resultados relativos à taxa respiratória das atemoias, do presente trabalho, seguem a tendência de pesquisas com este mesmo produto, que apresenta comportamento climatérico após a colheita. Vieira (2020) [43] verificou pico climatérico ao 15º dia para frutos avaliados tratados com doses de irradiação gama.

Maiores teores de Ca na parede celular resultam em menor atividade das enzimas responsáveis pelo amaciamento dos frutos e com a parede mais integrada há queda da atividade respiratória [44], o que pode ser comprovado neste trabalho, já que os frutos do tratamento com 6% de CaCl_2 mostraram atraso no pico respiratório em relação aos demais. Além disso, outros autores relataram o benefício do cálcio na redução da respiração, conseqüentemente o atraso na senescência dos frutos, devido, sobretudo, ao seu papel na permeabilidade das membranas e paredes celulares, e também sua atuação no metabolismo secundário [45, 46].

4. CONCLUSÃO

A aplicação de cloreto de cálcio a 6% é uma alternativa viável e adequada para a manutenção da qualidade de atemoia *in natura*, principalmente na preservação da coloração, perda de massa, menor taxa de respiração e do retardo no pico respiratório, atrasando assim a senescência dos frutos. Nessas condições os frutos podem ser mantidos por até 15 dias sob refrigeração (15°C)

para comercialização e consumo. No caso das demais concentrações (0%, 2% e 4%), os frutos mantiveram características adequadas para a comercialização até o 12º dia de armazenamento.

5. AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) pelo apoio financeiro e ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Goiás.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Silva GC, de-la-Cruz-Chacón I, Honório ABM, Martin BC, Sousa MC, Campos FG, et al. Temperature and GA3 as modulating factors in the biosynthesis of alkaloids during imbibition and early development of *Annona x atemoya* Mabb. cv. 'Gefner' Seedlings. *Horticulturae*. 2022 Ago;8(9):766. doi: 10.3390/horticulturae8090766
2. Pereira MCT, Nietsche S, Costa MR, Crane JH, Corsato CDA, Mizobutsi EH. Anonáceas: Pinha, atemoia e graviola. Informe Agropec: Cultivo tropical de fruteiras. 2011 Set/Out;32(264):1-9.
3. Silva AVC, De Andrade DG, Yagui P, Carnellosi MAG, Muniz EN, Narain N. Uso de embalagens e refrigeração na conservação de atemoia. *Ciênc Tecnol Aliment*. 2009 Jun;29(2):300-4. doi: 10.1590/S0101-20612009000200010
4. Torres LMAR, Silva MA, Guaglianoni DG, Neves VA. Effects of heat treatment and calcium on postharvest storage of atemoya fruits. *Aliment Nutr*. 2009 Jul;20(3):359-67.
5. Fante CA, Boas ACV, Costa AC, Silva EP, Oliveira MCD, Lima LCDO. 1-MCP nos aspectos fisiológicos e na qualidade pós-colheita de maçãs Eva durante o armazenamento refrigerado. *Ciênc Rural*. 2013 Dez;43(12):2142-7. doi: 10.1590/S0103-84782013005000138
6. Mizobutsi GP, Silva JM, Mizobutsi EH, Rodrigues MLM, Lopes RS, Fernandes MB, et al. Conservação de pinha com uso de atmosfera modificada e refrigeração. *Rev Ceres*. 2013 Nov;59(6):751-7. doi: 10.1590/S0034-737X2012000600003
7. Aghdam MS, Hassanpour MB, Paliyath G, Farmani B. The language of calcium in postharvest life of fruits, vegetables and flowers. *Sci Hortic*. 2012 Set;144:102-15. doi: 10.1016/j.scienta.2012.07.007
8. Gayed AANA, Shaarawi SAMA, Elkhishen MA, Elsherbini NRM. Pre-harvest application of calcium chloride and chitosan on fruit quality and storability of 'Early Swelling' peach during cold storage and shelf-life. *Ciênc e Agrotecnologia*. 2017 Mar;41(2):220-31. doi: 10.1590/1413-70542017412005917
9. Sanches AG, Silva MB, Moreira EGS, Costa JM, Cordeiro AM. Efeitos de diferentes fontes de radiação na fisiologia e vida útil pós-colheita de camu-camu. *Rev Agric Neotrop*. 2017 Jul;4(3):1-8. doi: 10.32404/rean.v4i3.1190
10. Sanches AG, Silva MB, Moreira EGS, Santos EX, Tripoloni FM. Extensão da vida útil de pitangas submetidas ao tratamento com cloreto de cálcio. *Acta Iguazu*. 2017 Abr;6(1):45-58. doi: 10.48075/actaiguazu.v6i1.16608
11. Oliveira Junior MA, Souza JMA, Silva MS, Ferreira RB, Leonel M, Leonel S. Aplicação de cloreto de cálcio em pós-colheita, nos frutos de figueira 'Roxo de Valinhos'. *Rev Ciênc Agrár*. 2018 Jan;41(4):1090-7. doi: 10.19084/RCA18021
12. Cardoso MR, Marcuzzo FF, Barros JR. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e Distrito Federal. *Acta Geogr*. 2014 Jan;8(16): 40-55. doi: 10.5654/actageo2014.0004.0016
13. Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). *Official Methods of Analysis*. 19. ed. Gaithersburg (US): AOAC; 2012.
14. Bleinroth EW, Zuchini AG, Pompeo RM. Determinação das características físicas e mecânicas de variedade de abacate e sua conservação pelo frio. *Coletânea ITAL*. 1976;7(1):29-81.
15. Ferreira DF. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Rev Bras Biom*. 2019 Dez;37(4):529-35. doi: 10.28951/rbb.v37i4.450
16. Ferraz DMM, Blum LEB, Cruz AF, Vasconcelos TMM, Uesugi H, Barreto MLA. Efeito do cloreto de cálcio sobre a antracnose e características de frutos de goiaba em pós-colheita. *Agrotrópica*. 2016 Dez;28(3):311-8. doi: 10.21757/0103-3816.2016v28n3p311-318
17. Lima MAC, Mosca JL, Trindade DCG. Atraso no amadurecimento de atemoia cv. African Pride após tratamento pós-colheita com 1-metilciclopropeno. *Ciênc Tecnol Aliment*. 2010 Set;30(3):599-604. doi: 10.1590/S0101-20612010000300005

18. Vieites RL, Soares LPR, Daiuto ER, Mendonça VZ, Furlaneto KA, Fujita E. Maçã 'eva' orgânica submetida a aplicação pós-colheita de cloreto de cálcio. *Nativa*. 2014 Dez;2(4):87-93. doi: 10.31413/nativa.v2i4.1712
19. Falcão HAS, Fonseca AO, Oliveira Filho JG, Pires MC, Peixoto JR. Armazenamento de variedades de bananas em condições de atmosfera modificada com permanganato de potássio. *Rev Agric Neotrop*. 2017 Nov;4(4):1-7. doi: 10.32404/rean.v4i4.1734
20. Taiz L, Zeiger E. *Fisiologia vegetal*. 5. ed. Porto Alegre (RS): Artmed; 2013.
21. Duan J, WU R, Strik BC, Zhao Y. Effect of edible coatings on the quality of fresh blueberries (Duke and Elliott) under commercial storage conditions. *Postharvest Biol Technol*. 2011 Jan;59(1):71-9. doi: 10.1016/j.postharvbio.2010.08.006
22. Russo VC, Daiulo ER, Vieites RL. Melão amarelo (CAC) minimamente processado submetido a diferentes cortes e concentrações de cloreto de cálcio armazenado em atmosfera modificada passiva. *Semina: Ciênc Agrár*. 2012 Jan;33(1):227-36. doi: 10.5433/1679-0359.2012v33n1p227
23. Mota Filho JVG, Toledo Pereira MCT, Nietsche S, Maia VM, Santos MGP, Fernandes TP. Crescimento, produção e qualidade de frutos de atemoieira 'Gefner' submetida a diferentes intensidades de poda. *Ciênc Rural*. 2013 Nov;43(11):1932-7. doi: 10.1590/s0103-84782013001100002
24. Aguiar MCS, Mizobutsi GP, Sobral RRS, Pinheiro JMS, Martins JC, Santos IP, et al. Modified atmosphere and refrigeration in postharvest conservation of atemoya cv. Gefner. *J Exp Agric Int*. 2019 Mar;32(4):1-12. doi: 10.9734/JEAI/2019/v32i430108
25. Iensen D, Santos IV, Quast E, Quast LB, Raupp DS. Desenvolvimento de geleia de kiwi: Influência da polpa, pectina e brix na consistência. *UNOPAR Cient Ciênc Biol Saúde*. 2013 Jul;15(especial):369-75. doi: 10.17921/2447-8938.2013v0n0p%25p
26. Melo MR, Pommer CV, Kavati R. Polinização artificial da atemóia com diversas fontes de pólen comparada com a natural. *Bragantia*. 2002 Dez;61(3):231-6. doi: 10.1590/S0006-87052002000300004
27. Egea MB, Lemes AC, Oliveira Filho JG, Takeuchi KP, Danesi EDG. Avaliação físico-química, microbiológica e sensorial de palmito pupunha minimamente processado por métodos combinados. *Uniciências*. 2018 Jan;22(especial):2-6. doi: 10.17921/1415-5141.2018v22n3Esp2-6
28. Lee TC, Hsieh CH, Chang PT. Packaging affects the postharvest quality of atemoya fruits (*Annona cherimola* M. × *Annona squamosa* L.). *Net J Agric Sci*. 2016 Out;4(4):58-62.
29. Castricini A, Oliveira PM, Coelho EF, Santos MG, Rodrigues MG, Martineli M. Manejo da irrigação na qualidade pós-colheita de bananas tipo prata. *Water Resour Irrig Manag*. 2019 Dez;7(2-3):1-13.
30. Silva MA, Carvalho FCQ, Silva JR, Lins SRO, Oliveira SMA. Uso de antagonistas e produtos alternativos no manejo pós-colheita de podridão mole em pimentão. *Rev Ciênc Agron*. 2014 Dez;45(4):718-25. doi: 10.1590/S1806-66902014000400009
31. Barbosa LFS, Alves AL, Sousa KSM, Figueiredo Neto A, Cavalcante IHL, Vieira JF. Qualidade pós-colheita de banana 'Pacovan' sob diferentes condições de armazenamento. *Magistra*. 2019 Mai;30:28-36.
32. Botelho SCC, Hauth NR, Botelho FM, Wobeto C, Oliveira SS. Qualidade pós-colheita de frutos de maracujazeiro-amarelo colhidos em diferentes estádios de maturação. *Rev Cienc Agr*. 2019 Fev;62(1):1-8. doi: 10.22491/rca.2019.3005
33. Barreto CF, Ferreira LV, Navroski R, Frasson SF, Cantillano RFFC, Vizzotto M, et al. Adubação nitrogenada em pessegueiros (*Prunus persica* (L.) batsch): influência sobre a qualidade pós-colheita. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 2017 Jul;18(2):93-9.
34. Rocha AM, Costa SC, Lima TS, Silva AF, Barão CE. Aplicação do biopolímero de amido de cassava e amido de milho na conservação pós-colheita de guava. *Brazilian J Dev*. 2020 Fev;6(2):6658-80. doi: 10.34117/bjdv6n2-098
35. Borges CD, Mendonça CRB, Nogueira D, Hartwig ES, Rutz JK. Conservation of minimally processed apples using edible coatings made of turnip extract and xanthan gum. *Braz J Food Technol*. 2016 Fev;19:e2015038. doi: 10.1590/1981-6723.3815
36. Azzolini M, Jacomino AP, Bron IU. Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. *Pesqui Agropecu Bras*. 2004 Fev;39(2):139-45. doi: 10.1590/S0100-204X2004000200006
37. Cremasco JPG, Matias RGP, Silva BFP, Oliveira JAA, Bruckner CH. Qualidade pós-colheita de oito variedades de pêssego. *Comun Sci*. 2016 Dez;7(3):334-42. doi: 10.14295/cs.v7i3.1404
38. Infante R, Contador L, Rubio P, Aros D, Peña-Neira A. Postharvest sensory and phenolic characterization of 'Elegant Lady' and 'Carson' peaches. *Chil J Agric Res*. 2011 Jul;71(3):445-51. doi: 10.4067/S0718-58392011000300016
39. Silva BS, Silva GMC, Silva LR, Waldman WR, Oliveira JG. Tratamento com cloreto de cálcio na pós-colheita retarda o desverdecimento e a perda de firmeza do mamão UENF/CALIMAN01. *Rev Bras Frutic*. 2015 Set;37(3):588-99. doi: 10.1590/0100-2945-158/14

40. Rinaldi MM, Costa AM, Faleiro FG, Junqueira NTV. Conservação pós-colheita de frutos de *Passiflora setacea* DC. submetidos a diferentes sanitizantes e temperaturas de armazenamento. *Braz J Food Technol.* 2017 Mai;20:1-12. doi: 10.1590/1981-6723.4616
41. Santos JMSM, Figueiredo SN, Ramos VC, Santana SF, Cerqueira RMS, Silva JM, et al. Qualidade pós-colheita de duas variedades de tomates. *Rev Craibeiras Agroecol.* 2018 Dez;3(1):e6550.
42. Silva GNC, Biazatti MA, Silva MP, Cordeiro MHM, Mizobutsi EH. Preservação dos atributos físicos de frutos de atemoia cv. Gefner com o uso de 1-MCP e atmosfera modificada. *Rev Bras Frutic.* 2014 Dez;36(4):828-34. doi: 10.1590/0100-2945-317/13
43. Vieira GHM. Irradiação ionizante em pós-colheita de atemoia cultivar ‘Thompson’. *Colloq Agrariae.* 2020 Out;16(5):67-81. doi: 10.5747/ca.2020.v16.n5.a396
44. Brackmann A, Schorr MRW, Pinto JAV, Venturini TL. Aplicações pré-colheita de cálcio na qualidade pós-colheita de maçãs ‘Fuji’. *Ciênc Rural.* 2010 Jun;40(6):1435-8. doi: 10.1590/S0103-84782010000600032
45. Conway WS, Sams CE, McGuire RG, Kelman A. Calcium treatment of apples and potatoes to reduce postharvest decay. *Plant Disease.* 1992 Abr;76(4):329-34. doi: 10.1094/PD-76-0329
46. Awad, M. *Fisiologia pós-colheita de frutos.* 1. ed. São Paulo: Nobel; 1993.