



EFEITO DE COBERTURAS COMESTÍVEIS À BASE DE AMIDO E ÁCIDO OXÁLICO NO ARMAZENAMENTO DE BANANA

Effect of edible starch and oxalic acid based coatings on banana storage

Giovana Z. ARAUJO^{1*}, Eliza B. DALVI², Cezar V. S. CARDOSO³, Genilson de PAIVA⁴, Luiz F. D. FERREIRA⁵

RESUMO: As coberturas ou filmes comestíveis têm sido alvo de muitos estudos, devido a seu potencial de prolongar a vida de prateleira e aumentar a qualidade de frutas e hortaliças. Isso ocorre devido à criação de uma camada de polissacarídeos que possibilita uma atmosfera modificada ao fruto, impedindo a respiração e transpiração do mesmo. Tais coberturas podem ter diversas matérias-primas, mas uma das mais importantes é a mandioca, devido à sua abundância no país e seu baixo custo. Outro fator importante para o pós-colheita são os ácidos orgânicos, pois estão associados à inibição de escurecimento em frutas. A Banana (*Musa spp.*) é uma fruta tropical de grande importância nutricional e popularidade em todo mundo. O objetivo deste estudo foi investigar a associação do uso de ácido oxálico e cobertura comestível à base de amido de mandioca na preservação pós-colheita de banana Prata, focando na perda de massa, no índice de escurecimento da casca e na cor instrumental. O experimento foi executado em quatro tratamentos: controle (C), amido de mandioca (A), ácido oxálico (O) e amido de mandioca e ácido oxálico (AO), sendo cada um deles realizados em triplicata. O tratamento A, com amido de mandioca a 3%, manteve a qualidade das frutas por mais quatro dias, em comparação ao C e aos demais tratamentos. As frutas com aplicação de cobertura à base de amido associada ou não com ácido oxálico (A e AO), obtiveram os menores índices de escurecimento. Quanto à cor instrumental, não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos.

Palavras-chave: *musa spp.*, parâmetros de qualidade, mandioca, vida de prateleira.

ABSTRACT: Edible coatings or films have been the subject of many studies, due to their potential to prolong the shelf life of fruits and vegetables, maintaining their quality. This is due to the creation of a layer of polysaccharides that allows a modified atmosphere to the fruit, preventing its breathing and transpiration. Such coverings can have several raw materials, but one of the most important is cassava, due to its abundance in the country and its low cost. Another important factor for post-harvest is organic acids, as they are associated with the inhibition of browning in fruits. Banana (*Musa spp.*) is a tropical fruit of great nutritional importance and popularity worldwide. The aim of this study was to investigate the association between the use of oxalic acid and edible cover based on cassava starch in post-harvest preservation of Prata bananas, focusing on mass loss, skin peeling index and instrumental color. The experiment was carried out in four treatments: control (C), cassava starch (A), oxalic acid (O) and cassava starch and oxalic acid (AO), each of which was conducted in triplicate. Treatment A, with 3% cassava starch, maintained the quality of the fruit for another four days, compared to C and the other treatments. The fruits with a starch-based coating with or without oxalic acid (A and AO), obtained the lowest browning rates. Regarding instrumental color there was no difference ($p < 0.05$) between treatments.

Key words: *musa spp.*, quality parameters, cassava, shelf life.

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 20/04/2021, aprovado em 05/06/2021

¹Graduanda em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal do Espírito Santo – campus Venda Nova do Imigrante, Venda Nova do Imigrante, Avenida Elizabeth Minete, 500, São Rafael - CEP: 29375-000, E-mail: giovanazanuncioaraujo@gmail.com

²Graduanda em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal do Espírito Santo – campus Venda Nova do Imigrante, Venda Nova do Imigrante, Avenida Elizabeth Minete, 500, São Rafael - CEP: 29375-000, E-mail: elizadalvi@gmail.com

³Biólogo, Especialista em Ensino de Biologia, Professor do Instituto Federal do Mato Grosso do Sul – campus Naviraí, Naviraí, Rua Hilda, 203, Conj. Hab. Boa Vista, CEP: 79950-000, E-mail: cezar.cardoso@ifms.edu.br

⁴Eng. de Alimentos, D.Sc. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Professor do Instituto Federal do Espírito Santo – campus Venda Nova do Imigrante, Venda Nova do Imigrante, Avenida Elizabeth Minete, 500, São Rafael - CEP: 29375-000, E-mail: gdepaiiva@ifes.edu.br

⁵Eng. de Alimentos, D.Sc. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Professor do Instituto Federal do Espírito Santo – campus Venda Nova do Imigrante, Venda Nova do Imigrante, Avenida Elizabeth Minete, 500, São Rafael - CEP: 29375-000, E-mail: luizfernando@ifes.edu.br

INTRODUÇÃO

Frutas e hortaliças frescas continuam com suas atividades biológicas após a colheita, resultando em contínua perda de água e soluto, e trocas gasosas com o ambiente ao seu redor, através da transpiração e respiração. Essas atividades contribuem significativamente para a perda de qualidade pós-colheita, devido à perda de massa, encolhimento e curta vida de prateleira, parâmetros críticos que determinam a competitividade e comercialização destes produtos frescos (NCAMA et al., 2018). Coberturas ou revestimentos comestíveis têm um importante papel na preservação da qualidade pós-colheita de frutas e hortaliças (ZHAO, 2018). Esta tecnologia cria uma fina camada de material comestível na superfície do alimento. Tal camada gera uma atmosfera modificada pela criação de uma barreira semipermeável contra oxigênio, dióxido de carbono, umidade, e solutos, controlando assim as trocas gasosas com o ambiente (ZHAO, 2018). O revestimento também pode ter propriedades antimicrobianas e antioxidantes dependendo da formulação do material de cobertura (ZHAO, 2018). Polissacarídeos como derivados de celulose, gomas e amidos têm sido reportados como matéria-prima para o preparo de filmes e coberturas comestíveis, que podem ser utilizados como matérias de embalagem para a preservação de alimentos (CAZÓN et al., 2017).

O amido se destaca como uma matriz potencial de biopolímero para a fabricação de plásticos comestíveis, devido à sua natureza onipresente, seu baixo custo e sua biodegradabilidade (GUTIÉRREZ et al., 2015). O amido é um excelente material para elaboração de coberturas comestíveis, notadamente pela capacidade de formação de película de amilose, a qual apresenta estrutura linear apropriada (CHITARRA e CHITARRA, 2005). No entanto o uso de coberturas hidrofílicas como a do amido, tem limitações quanto às propriedades de barreira ao vapor d'água, em suas propriedades mecânicas e, de certa forma, por conferir aparência untosa ao produto (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Raízes e tubérculos são valiosas fontes de materiais amiláceos, dos quais podem ser produzidos filmes e revestimentos comestíveis à base de amido (GUTIÉRREZ et al., 2015). Amido de mandioca é um polissacarídeo abundante no Brasil e que pode ser produzido e adquirido por baixo custo (ORIANI et al., 2014). O biofilme de fécula de mandioca é obtido pela geleificação da fécula acima de 70 °C em excesso de água. Quando resfriada forma biofilme semelhante ao obtido com a celulose, quanto à resistência e transparência, devido suas propriedades de retrogradação (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Diversos estudos têm sido realizados com coberturas comestíveis em frutas, incluindo a banana (LO'AY e DAWOOD, 2017; ALALI et al., 2018; THAKUR et al., 2019; ZHAO 2019). Banana (*Musa spp.*) é uma das frutas tropicais mais importantes comercialmente, devido ao seu sabor especial e propriedades nutricionais, bem como disponibilidade mundial ao longo do ano (ALALI et al., 2018). A vida de prateleira de bananas está associada com várias alterações físico-químicas, incluindo perda de massa, amolecimento, hidrólise de amido, degradação de clorofila e desenvolvimento de escurecimento que aumentam a suscetibilidade a vários distúrbios fisiológicos e patológicos (ALALI et al., 2018). A cor marrom na casca de banana é um dos problemas que impedem a comercialização de seus frutos devido à baixa atratividade dos mesmos para o consumidor.

Um dos fatores mais importantes que afetam o aumento da cor marrom durante a maturação dos frutos é a atividade de enzimas e degeneração celular, o que leva ao aumento da permeabilidade das membranas plasmáticas das células (LO'AY e DAWOOD, 2017). Em um estudo recente, foi verificado que cobertura comestível à base de goma arábica e ácido salicílico manteve a qualidade da banana durante sua vida de prateleira (ALALI et al., 2018). Outro ácido, o oxálico, foi capaz de inibir o escurecimento de bananas armazenadas à temperatura ambiente (HUANG et al., 2013). O uso associado de cobertura comestível à base de quitosana e ácido oxálico, minimizou o escurecimento da casca de banana durante sua vida de prateleira (LO'AY e DAWOOD, 2017). Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo investigar a associação do uso de ácido oxálico e de cobertura comestível à base de amido de mandioca na preservação pós-colheita de banana.

MATERIAL E MÉTODOS

As bananas do subgrupo Prata foram adquiridas no mercado local de Venda Nova do Imigrante/ES no estágio 2 de maturação da escala de Von Loescke (PBMH & PIF, 2006) em quatro períodos distintos. As bananas uniformes foram selecionadas e sanitizadas em solução clorada e preparadas em pequenas pencas, cerca de dez frutas cada, livre de defeitos visuais e com similar tamanho e massa. O amido de mandioca foi utilizado no preparo da cobertura comestível e o ácido oxálico foi aplicado como agente anti-escurecimento.

Os experimentos foram conduzidos seguindo um delineamento em blocos casualizados (DBC) com quatro replicatas, e três pencas por tratamento. Os quatro tratamentos experimentais foram: controle (C), no qual as bananas foram imersas em água por um minuto e deixadas para secar a temperatura ambiente; ácido oxálico (O), no qual as bananas foram imersas em ácido oxálico 10mM por um minuto e deixadas para secar a temperatura ambiente; amido de mandioca (A), no qual as bananas foram imersas em solução de amido de mandioca (30 g/L) e deixadas para secar a temperatura ambiente; e amido + ácido oxálico (AO), no qual as bananas foram imersas em ácido oxálico 10mM por um minuto, deixadas para secar a temperatura ambiente e em seguida revestidas com amido (30 g/L).

A suspensão com amido de mandioca foi preparada a 70 °C com agitação, e em seguida, resfriada à temperatura ambiente.

Após o processamento das bananas para os quatro tratamentos, a avaliação da qualidade (perda de massa, índice de escurecimento da casca e cor instrumental) foi realizada no tempo zero e após três, sete e dez dias de armazenamento à temperatura ambiente (23 ± 2 °C).

Perda de massa - Duas pencas por tratamento foram pesadas a cada intervalo de armazenamento. Perda de massa foi calculada com base na massa inicial e expresso em porcentagem.

Índice de escurecimento da casca - Foi avaliado independentemente em 10 frutas selecionadas aleatoriamente, visualizando a área total marrom na superfície das frutas, usando a seguinte escala: 1 = sem escurecimento, 2 = <20% da superfície da casca, 3 = 20-40% da superfície da casca, 4 = 40 a 60% da superfície da casca e, 5 = >60% da superfície da casca (ALALI et al., 2018).

Cor instrumental - Foi realizada através de leitura em colorímetro da parte central da banana, usando colorímetro espectrofotométrico portátil Konica Minolta CR-400, com os parâmetros de cor CIELab: Valor L* - Luminosidade: de 0 (preto puro) a 100 (branco puro), valor a* - verde (-)/vermelho (+), valor b* - azul (-)/amarelo (+).

A análise estatística foi realizada por meio de análise de variância (ANOVA). Comparações entre médias foram feitas pelo teste F e pelo teste LSD a um nível de significância de 5% (GOMES, 1985). Os cálculos foram realizados por meio do software SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente estudo, pôde-se observar que o tratamento com amido de mandioca a 3% retardou em quatro dias a perda de qualidade das bananas ao longo do período de armazenamento. A imersão em ácido oxálico não influenciou na perda de qualidade da banana prata durante os dez dias de armazenamento.

Tabela 1. Parâmetros de cor instrumental de banana prata afetados pelos diferentes tratamentos, durante o armazenamento de 10 dias à temperatura ambiente

	L*	a*	b*
Tratamento			
Controle	58,67	-1,03	41,20
Amido	59,38	-1,31	43,52
Ác. oxálico	62,09	-1,19	43,55
Amido + Ác. oxálico	61,15	-1,05	45,60
Teste F	NS	NS	NS
LSD (0,05)	-	-	-
Tempo (dias)			
0	58,24 ^{bc}	-13,34 ^a	40,41 ^{bc}
3	67,66 ^a	-0,56 ^b	49,95 ^a
7	60,33 ^b	3,67 ^c	44,23 ^b
10	55,06 ^c	5,64 ^d	39,29 ^c
Teste F	*	*	*
LSD (0,05)	3,76	1,43	3,97
Tratament o x Tempo			
Teste F	NS	NS	NS

Médias na mesma coluna seguidas pela mesma letra não são significativamente diferentes a nível de 5% pelo Teste de LSD. NS: não significativo, - não calculado, * significativo para $p \leq 0,001$.

Os parâmetros de cor L*, a* e b* apresentaram diferença ($p < 0,05$) apenas em relação aos dias de armazenamento das frutas, não apresentando nenhuma diferença entre os tratamentos (Tabela 1). O parâmetro L* representa a luminosidade, que é um indicador do escurecimento da fruta. No tempo zero, as bananas ainda estavam verdes, ou seja, imaturas (Figura 3), o que é confirmado pelo valor negativo de a* (Tabela 1) que indica a intensidade de cor verde. Após 3 dias de armazenamento, os valores de L* e b* aumentaram, indicando o amadurecimento da banana. Após 7 dias, os valores de L* e b* diminuem indicando que as frutas entraram no estágio de maturação excessiva ou senescência (AWAD et al., 2017), devido à redução da luminosidade e intensidade de amarelo, respectivamente, continuando com redução

significativa ($p < 0,05$) até o décimo dia de armazenamento. Entre o terceiro e o décimo dia de armazenamento, as bananas perderam 18% de sua luminosidade e 21% intensidade de amarelo.

O índice de escurecimento sofreu influência tanto do tratamento quanto dos dias de armazenamento das frutas (Figuras 1A e 1B). Os tratamentos com cobertura comestível à base de amido, associada ou não com ácido oxálico (A e AO), obtiveram os menores índices de escurecimento (Figura 1A). Estes resultados diferenciaram-se dos obtidos por Huang et al. (2013), que estudaram o efeito da imersão de bananas por 10 minutos em diferentes concentrações de solução de ácido oxálico (8 e 20 mM). Os autores obtiveram redução do escurecimento das bananas imersas nas duas soluções de ácido oxálico em relação ao controle. Uma hipótese para a divergência deste resultado pode estar no tempo de imersão na solução de ácido oxálico, que foi de apenas um minuto no presente estudo, o que pode não ter sido suficiente para alcançar o efeito desejado.

Figura 1. Índice de escurecimento de banana prata afetado pelos diferentes tratamentos (Figura A) e durante o armazenamento de 10 dias (Figura B) à temperatura ambiente

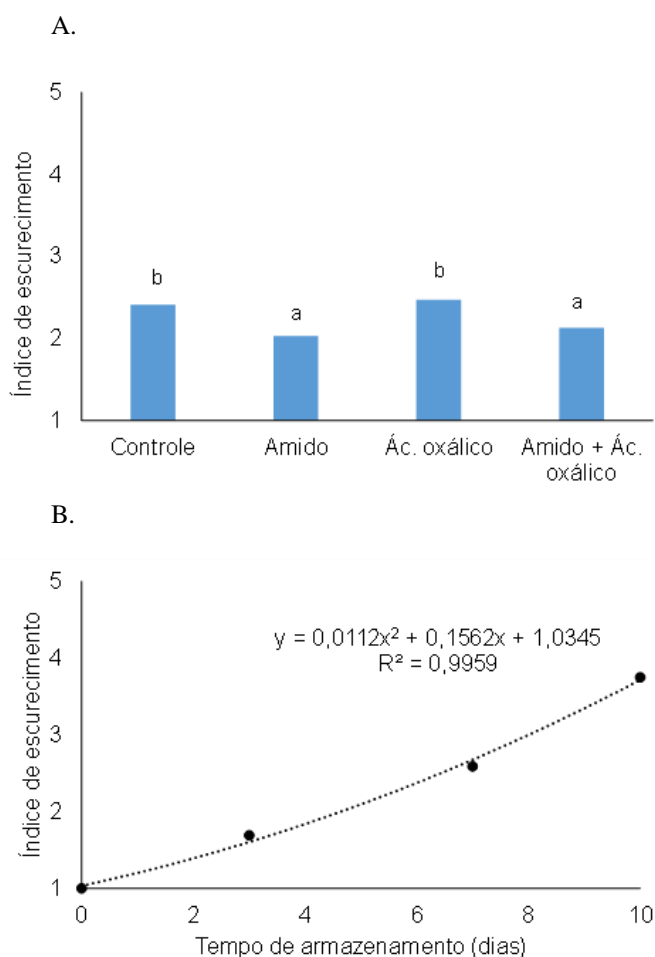


Tabela 2. Perda de massa de banana prata afetada pelos diferentes tratamentos, durante o armazenamento de 10 dias à temperatura ambiente

		Perda de Massa (%)
Tratamento		
Controle		13,94 ^b
Amido		11,65 ^a
Ácido oxálico		15,40 ^c
Amido	+ Ácido oxálico	13,39 ^b
Teste F		
LSD (0,05)		1,97
Tempo (dias)		
3		5,59 ^a
7		13,61 ^b
10		21,58 ^c
Teste F		
LSD (0,05)		1,97
Tratamento x Tempo		
Teste F		*

Médias na mesma coluna seguidas pela mesma letra não são significativamente diferentes a nível de 5% pelo Teste de LSD. * significativo para $p \leq 0,001$.

Perda de massa é um fator crítico que afeta a vida de prateleira da banana. Os processos de transpiração e respiração são geralmente considerados como a causa da perda de massa durante o armazenamento (ALALI et al., 2018; AL-QURASHI e AWAD, 2019). Houve interação entre tratamento e dias de armazenamento das bananas prata em relação a perda de massa (Figura 2). A perda de massa após 3 dias de armazenamento não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre os quatro

tratamentos deste estudo, ficando em torno de 5,5%. No entanto, após 7 dias de armazenamento, a perda de massa do tratamento A foi significativamente inferior (8,4%) aos demais tratamentos que tiveram um valor médio de 15,3%. Com dez dias de armazenamento, esta melhoria do tratamento com amido em relação aos demais foi perdida com valores acima de 20%. Assim, considerando a perda de massa, o tratamento com cobertura comestível à base de amido de mandioca foi capaz de aumentar a vida de prateleira da banana prata em 4 dias em relação aos demais. Resultado similar foi obtido por Thakur et al. (2019), que revestiu bananas com cobertura à base de amido de arroz misturado com ésteres de sacarose em relação às frutas controle, explicando que a natureza semipermeável da cobertura de amido foi efetiva em reduzir a umidade e transferência de massa da superfície da fruta.

Figura 2. Efeito da interação entre tratamentos e tempo de armazenamento na perda de massa de banana prata durante armazenamento de 10 dias à temperatura ambiente

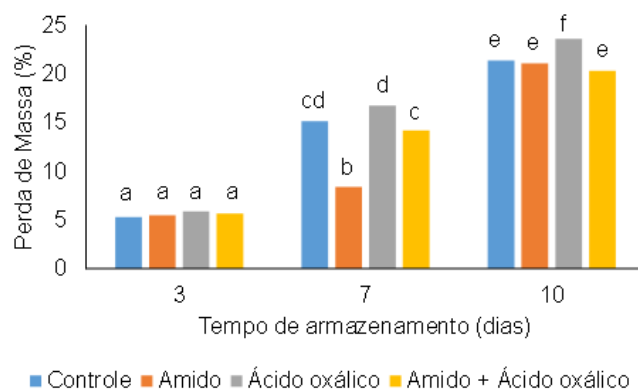
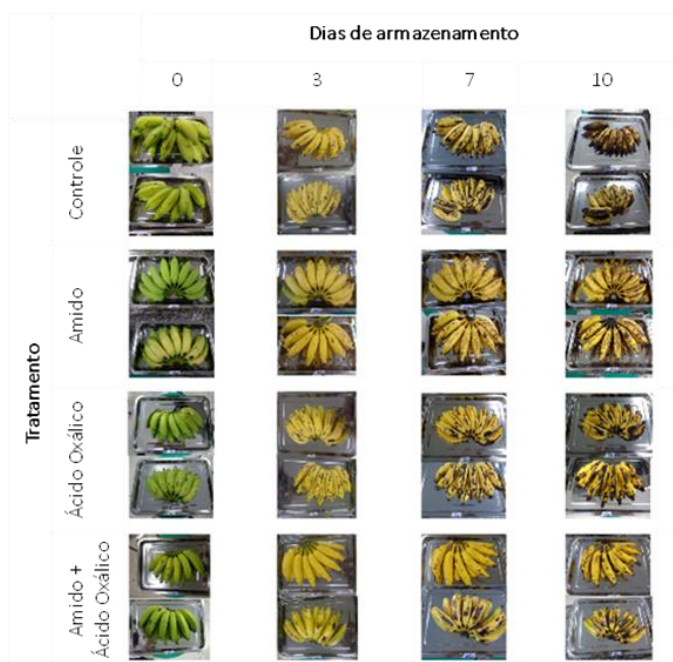


Figura 3. Comparação visual entre os diferentes tratamentos para a banana prata, durante o armazenamento de 10 dias à temperatura ambiente



CONCLUSÕES

1. O tratamento das bananas prata com cobertura comestível à base de amido de mandioca a 3% manteve a

qualidade das frutas por mais quatro dias, em comparação ao controle e aos demais tratamentos.

2. Os tratamentos com coberturas comestíveis à base de amido associada ou não com ácido oxálico obtiveram os menores índices de escurecimento.

3. A imersão das frutas em ácido oxálico por um minuto, isoladamente ou associada com a cobertura à base de amido, não foi suficiente para retardar a perda de massa e escurecimento durante o período de armazenamento.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo - FAPES pelo apoio financeiro e pelas bolsas de iniciação científica tecnológica e iniciação científica júnior.

REFERÊNCIAS

AL-QURASHI, A. D.; AWAD, M. A. Postharvest gibberellic acid, 6-benzylaminopurine and calcium chloride dipping affect quality, antioxidant compounds, radical scavenging capacity and enzymes activities of 'Grand Nain' bananas during shelf life. *Scientia Horticulturae*, v. 253, n. April, p. 187–194, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.044>>.

ALALI, A. A.; AWAD, M. A.; AL-QURASHI, A. D.; MOHAMED, S. A. Postharvest gum arabic and salicylic acid dipping affect quality and biochemical changes of 'Grand Nain' bananas during shelf life. *Scientia Horticulturae*, v. 237, n. March, p. 51–58, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.061>>.

AWAD, M. A.; AL-QURASHI, A. D.; MOHAMED, S. A.; EL-SHISHTAWY, R. M.; ALI, M. A. Postharvest chitosan, gallic acid and chitosan gallate treatments effects on shelf life quality, antioxidant compounds, free radical scavenging capacity and enzymes activities of 'Sukkari' bananas. *Journal of Food Science and Technology*, v. 54, n. 2, p. 447–457, 2017.

CAZÓN, P.; VELAZQUEZ, G.; RAMÍREZ, J. A.; VÁZQUEZ, M. Polysaccharide-based films and coatings for food packaging: a review. *Food Hydrocolloids*, v. 68, n. July, p. 136–148, 2017.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2a. ed., Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005. 783p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542011000600001&lng=en&tlng=en>.

GOMES, F. P. Curso de Estatística Experimental. 11a. ed. Piracicaba: Editora Nobel, 1985. 451p.

GUTIÉRREZ, T. J.; TAPIA, M. S.; PÉREZ, E.; FAMÁ, L. Structural and mechanical properties of edible films made from native and modified cush-cush yam and cassava starch. *Food Hydrocolloids*, v. 45, n. March, p. 211–217, 2015.

HUANG, H.; ZHU, Q.; ZHANG, Z.; YANG, B.; DUAN, X.; JIANG, Y. Effect of oxalic acid on antibrowning of banana (*Musa spp.*, AAA group, cv. 'Brazil') fruit during storage. *Scientia Horticulturae*, v. 160, n. August, p. 208–212, 2013. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2013.05.041>>.

LO'AY, A. A.; DAWOOD, H. D. Minimize browning incidence of banana by postharvest active chitosan/PVA combines with oxalic acid treatment to during shelf-life. *Scientia Horticulturae*, v. 226, n. May, p. 208–215, 2017.

NCAMA, K.; MAGWAZA, L. S.; MDITSHWA, A.; TESHAY, S. Z. Plant-based edible coatings for managing postharvest quality of fresh horticultural produce: a review. *Food Packaging and Shelf Life*, v. 16, n. January, p. 157–167, 2018. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.03.011>>.

ORIANI, V. B.; MOLINA, G.; CHIUMARELLI, M.; PASTORE, G. M.; HUBINGER, M. D. Properties of cassava starch-based edible coating containing essential oils. *Journal of Food Science*, v. 79, n. 2, p. 189–194, 2014.

PBMH & PIF - Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura & Produção Integrada de Frutas. Normas de classificação de banana. São Paulo: CEAGESP, 2006. (Documentos, 29).

THAKUR, R.; PRISTIJONO, P.; BOWYER, M.; SINGH, S. P.; SCARLETT, C. J.; STATHOPOULOS, C. E.; VUONG, Q. V. A starch edible surface coating delays banana fruit ripening. *Lwt*, v. 100, n. August, p. 341–347, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.055>>.

ZHAO, Y. Edible coatings for extending shelf-life of fresh produce during postharvest storage. In: FERRANTI, P., BERRY, E., ANDERSON, J. R. (eds.). *Encyclopedia of Food Security and Sustainability*. Elsevier, 2019. vol. 2, p. 506–510.