

MARIANA TEIXEIRA PIGOZZI

**REVESTIMENTO COM ÁLCOOL POLIVINÍLICO E AMIDO NA CONSERVAÇÃO
PÓS-COLHEITA DE ABACATE E MAMÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, para obtenção do título de Magister Scientiae.

Orientadora: Fabrícia Queiroz Mendes

Coorientadores: Isadora Rebouças Nolasco de
Oliveira
Allan Robledo Fialho e Moraes

**RIO PARANAÍBA – MINAS GERAIS
2019**

T

P633r
2019

Pigozzi, Mariana Teixeira, 1991-

Revestimento com álcool polivinílico e amido na
conservação pós-colheita de abacate e mamão / Mariana
Teixeira Pigozzi. – Rio Paranaíba, MG, 2019.

52f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Fabrícia Queiroz Mendes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Caricacea. 2. Laureaceae. 3. Frutas. I. Universidade
Federal de Viçosa. Instituto de Ciências Agrárias. Mestrado em
Agronomia (Produção Vegetal). II. Título.

664.8

MARIANA TEIXEIRA PIGOZZI

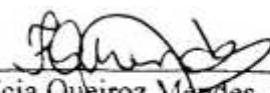
**REVESTIMENTO COM ÁLCOOL POLIVINÍLICO E AMIDO NA CONSERVAÇÃO
PÓS-COLHEITA DE ABACATE E MAMÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, para obtenção do título de Magister Scientiae.

APROVADA: 01 de agosto de 2019.

Assentimento:


Mariana Teixeira Pigozzi
Autora


Fabricia Queiroz Mendes
Orientadora

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela proteção e bênçãos, me ajudando concluir mais uma etapa de minha vida.

À minha família pelo amor, apoio, compreensão, cumplicidade, dedicação e incentivo que sempre me proporcionaram, me dando forças para chegar até aqui. Tudo o que sou e tenho devo a vocês.

Aos meus amigos pelo companheirismo, paciência e bons momentos de alegria.

À professora Fabrícia Queiroz Mendes pela orientação que foi essencial durante toda a minha jornada acadêmica, me proporcionando ótimas oportunidades. Pela amizade, atenção, confiança e paciência, por compartilhar comigo sua experiência profissional.

À professora Isadora e ao professor Allan pela ajuda, transmissão de seus conhecimentos e auxílio prestados, que muito contribuiu para a realização deste trabalho.

Aos meus colegas de Pós-Graduação e graduação, Vanessa, Fernando, Isabela, Júlia e Layane pela agradável convivência, companheirismo e pelo auxílio durante os experimentos.

À Universidade Federal de Viçosa Campus de Rio Paranaíba, em especial, aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, por proporcionar crescimento profissional e pessoal, e pela oportunidade de cursar o Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução deste trabalho e a conclusão do mestrado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

PIGOZZI, Mariana Teixeira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2019. **Revestimento com álcool polivinílico e amido na conservação pós-colheita de abacate e mamão.** Orientadora: Fabrícia Queiroz Mendes. Coorientadores: Allan Robledo Fialho e Moraes e Isadora Rebouças Nolasco de Oliveira.

As frutas são produtos agrícolas altamente perecíveis, possuindo uma baixa vida útil, pois constituem um tecido vivo, submetido a constantes mudanças, tanto na fase de produção, quanto na fase de pós-colheita. O mamão é um fruto da família Caricaceae. É amplamente cultivado em regiões tropicais e subtropicais. O abacate é um fruto da família Lauraceae. Um grande número de variedades de abacate é encontrado nas diversas regiões do território nacional. Ambos são frutos climatéricos, com reduzida vida útil após a colheita. Uma alternativa para minimizar o amadurecimento dos frutos e consequentemente minimizar as perdas pós-colheita é o uso de revestimentos, que podem ser elaborados a partir do amido e do álcool polivinílico (PVOH). Avaliou-se as características físico-químicas e a conservação de frutos de mamão por até oito dias e do abacate por até 11 dias após o tratamento com revestimento à base de amido (A), PVOH (P), e misturas destes (75% A + 25% P, 50% A + 50% P e 25% A + 75% P). Frutos não revestidos foram usados como controle. O experimento do mamão e do abacate teve uma menor taxa de perda de massa, quando comparado ao controle. No experimento do mamão os frutos revestidos apenas com amido foram os que tiveram menor taxa de respiração, ou seja, menor troca gasosa entre o meio e o fruto, enquanto no abacate os frutos que tiveram menor taxa de respiração, foram aqueles revestidos apenas com PVOH. No mamão a acidez de frutos foi maior em frutos revestidos com PVOH, devido à fermentação de frutos o que levou a diminuição do pH. A firmeza, sólidos solúveis totais não se diferiram estatisticamente em nenhum dos dois experimentos. No experimento do mamão o revestimento que mais apresentou resultado positivo, diminuindo a perda de massa e as trocas entre o fruto e meio foi o que continham amido. Já no experimento do abacate foi o que continha PVOH. Foi constatado que o revestimento de PVOH reduz as trocas gasosas, sendo necessário estudos para definir a concentração que será ideal para utilizar em cada fruto, a fim de reduzir a respiração, mas sem que ocorra a fermentação.

Palavras-chave: Caricaceae. Laureaceae. frutas.

ABSTRACT

PIGOZZI, Mariana Teixeira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2019. **Coating of polyvinyl alcohol and starch in post-harvest conservation of avocado and papaya.** Adviser: Fabrícia Queiroz Mendes. Co-advisers: Allan Robledo Fialho and Moraes and Isadora Rebouças Nolasco de Oliveira.

Fruits are highly perishable agricultural products, with a short shelf life, as they constitute a living tissue, subjected to constant changes, both in the production phase and in the postharvest phase. Papaya is a fruit of the Caricacea family. It is widely grown in tropical and subtropical regions. Avocado is a fruit of the Lauraceae family. A large number of avocado varieties are found in various regions of the national territory. Both are climacteric fruits with short shelf life after harvest. An alternative to minimize fruit ripening and consequently minimize postharvest losses is the use of coatings, which can be made from starch and polyvinyl alcohol (PVOH). Physicochemical characteristics and preservation of papaya fruits for up to eight days and avocado for up to 11 days after treatment with starch-based coating (A), PVOH (P) and mixtures of these were evaluated. (75% A + 25% P, 50% A + 50% P and 25% A + 75% P). Uncoated fruits were used as controls. The papaya and avocado experiment had a lower rate of mass loss when compared to the control. In the papaya experiment the fruits with only starch had the lowest respiration rate, that is, the lowest gas exchange between the medium and the fruit, while in avocado the fruits with the lowest respiration rate were those coated only with PVOH. . In papaya, the acidity of fruits was higher in fruits coated with PVOH due to fruit fermentation which led to a decrease in pH. Firmness, total soluble solids did not differ statistically in either experiment. In the papaya experiment, the coating that showed the most positive results, reducing the loss of mass and the exchange between the fruit and the medium contained starch. Already in the avocado experiment was what contained PVOH. It has been found that PVOH coating reduces gas exchange, and studies are needed to define the concentration that will be ideal for use in each fruit to reduce respiration, but without fermentation.

Keywords: Caricacea. Laureaceae. fruits.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	7
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
3. REVESTIMENTO DE ALCÓOL POLIVINÍLICO E AMIDO NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MAMÃO	12
RESUMO	12
ABSTRACT	13
3.1. INTRODUÇÃO	14
3.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.2.1 Obtenção, avaliação e seleção dos frutos.....	16
3.2.2 Preparo e revestimento dos frutos.....	16
3.2.3 Preparo do revestimento de álcool polivinílico e amido	16
3.2.4 desenho experimental	17
3.2.5 Variáveis analisadas	18
3.2.6 Análises estatísticas.....	20
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	21
3.3.1 Taxa de Respiração.....	21
3.3.2 Perda de massa	21
3.3.3 Acidez	23
3.3.4 Potencial hidrogeniônico	24
3.3.5 Firmeza	25
3.3.6 Sólidos solúveis totais.....	26
3.4. CONCLUSÃO	28
3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
4. REVESTIMENTO DE ALCÓOL POLIVINÍLICO E AMIDO NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE ABACATE	33
RESUMO	33
ABSTRACT	34
4.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	37
4.2.1 Obtenção, avaliação e seleção dos frutos.....	37
4.2.2 Preparo e revestimento dos frutos.....	37
4.2.3 Preparo do revestimento de álcool polivinílico e amido	37
4.2.4 Desenho experimental.....	37
4.2.5 Variáveis analisadas	38
4.2.6 Análises estatísticas.....	40
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.3.1 Taxa de Respiração.....	41
4.3.2 Perda de massa	42
4.3.3 Acidez	43
4.3.4 Firmeza	44
4.3.5 Sólidos solúveis totais.....	45
4.3.6 Matéria seca	46
4.4 CONCLUSÃO.....	48
4.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
5. CONCLUSÃO GERAL	52

1. INTRODUÇÃO GERAL

Os frutos são produtos agrícolas altamente perecíveis, possuindo uma baixa vida de prateleira, pois constituem um tecido vivo, submetido a constantes mudanças, tanto na fase de produção, quanto na fase de pós-colheita. Apresentam elevado teor de umidade, textura macia facilmente danificável e altas taxas respiratórias (ASSIS, BRITTO e FORATO, 2009). Essas características resultam em perdas pós-colheita, que ocasionam a falta de comercialização ou de consumo do produto em boas condições (CHITARRA e CHITARRA, 2005), principalmente em frutos climatéricos, ou seja, frutos que após serem colhidos apresentam aceleração da maturação, devido as mudanças bioquímicas e fisiológicas, o que contribui para aceleração da deterioração dos frutos (ASSIS, BRITTO e FORATO, 2009).

O Brasil é conhecido como o terceiro maior produtor mundial de frutas, porém apresenta uma alta taxa de perdas pós-colheita de frutas e hortaliças, cerca de 35- 40%, sendo uma das maiores do mundo (MAPA, 2018). Esse alto índice pode estar relacionado com diversos fatores, dentre eles destacam-se as distâncias existentes entre as regiões produtoras e os mercados distribuidores, e os custos adicionais da implantação de uma infraestrutura de pós-colheita adequada (GUERRA, 2015).

Os frutos quando não são manipulados ou tratados adequadamente durante a colheita, manuseio e o período pós-colheita, podem perder a qualidade para o consumo. Sua senescência faz com eles estejam mais suscetíveis ao ataque de fungos e bactérias fitopatogênicas, manifestando infecções quiescentes e aumentando a incidência de doenças (TERRY e JOYCE, 2004). A vida útil dos frutos pós-colheita pode ser prolongada, com manutenção da qualidade e com a aplicação de técnicas pós-colheita para o controle das doenças, como tratamentos fitoterápicos, atmosfera modificada, atmosfera controlada, aplicação de revestimentos e armazenamento sob temperatura controlada tem sido bastante estudada e utilizada para manter a qualidade e aumentar a vida de prateleira dos frutos (LINS et al., 2011; CHITARRA e CHITARRA, 2005).

A demanda crescente de consumidores por produtos de elevada qualidade, com vida útil prolongada e que utilizam embalagens biodegradáveis, tem aumentado o interesse pelo desenvolvimento de métodos alternativos, como os revestimentos biodegradáveis e biofilmes, que protegem os alimentos da maneira mais natural e que não prejudique o meio ambiente. Esses revestimentos não substituem as embalagens sintéticas não comestíveis por completo,

mas podem atuar como coadjuvantes, reduzindo o uso de embalagens descartáveis (SILVA, 2011; CHITARRA e CHITARRA, 2005).

O revestimento de frutos é uma forma de aumentar a vida de prateleira de frutos (CUNHA et al., 2018; DING et al., 2019; PRASEPITIANGA et al.; 2017). Os revestimentos são suspensões ou emulsões aplicadas na superfície dos frutos, que após secarem formam uma película de variadas espessuras. Podem ser constituídos de substâncias naturais e sintéticas, que se polimerizam e isolam o alimento. Estudos com a aplicação de revestimentos são feitos constantemente devido ao fato de evitarem a deterioração dos alimentos, serem biodegradáveis e não conferem risco a saúde do consumidor (VILLADIEGO et al., 2005).

Com a aplicação de revestimentos em frutos, tem-se a formação de uma cobertura extremamente fina na sua superfície, que agem como uma barreira semipermeável ao vapor de água e gases inibem a migração de oxigênio, dióxido de carbono, aromas, lipídios e outros solutos, o que leva a formação de uma atmosfera modificada em torno dos mesmos. Ao criar uma atmosfera modificada, que consiste na substituição do ar, por uma mistura de gases como oxigênio (O₂), dióxido de carbono (CO₂) e nitrogênio (N₂) ao redor do fruto, há redução do metabolismo vegetal, retardando o processo de senescência, aumentando a conservação e a vida útil dos frutos (ALI et al., 2014; MAIA, PORTE e SOUZA, 2000; CHITARRA e CHITARRA, 2005).

O amido é um biopolímero, que vem sendo bastante estudado e utilizado como uma alternativa para revestir os alimentos, devido ao seu baixo custo e alta disponibilidade. Ele é formado por polímeros de glicose, amilose e amilopectina, que possibilitam a formação de géis após o aquecimento em água. A gelatinização de fontes diferentes fontes de amidos usados ocorre com o aquecimento até 90 ° C, a essa temperatura ocorrem mudanças nas propriedades do amido. A temperatura para a gelatinização vai depender da concentração do amido e do pH, sendo possível a formação de géis à menores temperaturas (MALI, GROSSMANN e YAMASHITA, 2010).

As propriedades mecânicas dos formados a partir do amido são limitadas, pois eles possuem baixa resistência a ruptura e a abrasão, além de apresentar baixa flexibilidade, o que dificulta a sua adaptação a possíveis deformações sem se romper. Dentro da formulação do filme de amido é necessário a presença de um plastificante, como o Glicerol, que atua diminuindo as forças intermoleculares entre as cadeias de amido, alterando significativamente suas propriedades, aumentando a sua flexibilidade. Outro método para alterar as

características do revestimento é utilizar blendas poliméricas, que é a mistura física de dois ou mais polímeros que interagem entre si sem causar uma reação química (SILVA et al., 2016).

O álcool polivinílico (PVOH) é um polímero sintético, derivado do petróleo, biodegradável, não tóxico, solúvel em água hidrofílico, composto principalmente por ligações C-C. É produzido a partir do monômero de acetato de vinila, que é polimerizado em poli (acetato de vinila) e ao ser hidrolisado é convertido em PVOH (OLIVEIRA, 2010).

Filmes contendo PVOH formam barreiras contra umidade e oxigênio e possuem alta resistência à tração e à abrasão (BELLELLI et al., 2018; DING et al., 2019). Blendas poliméricas contendo PVOH aumentam o período de armazenamento de frutas, incluindo morango (DING et al., 2019), uva (LO'AY , TAHA e EL-KHATEEB, 2019), banana (SENNA, AL-SHARANNI e AL-ARIFI, 2014; LO'AY e DAWOOD, 2017), principalmente em mistura com quitosana, um polímero natural tal qual o amido.

O objetivo desse estudo foi avaliar se o revestimento contendo amido e PVOH melhoram as características físico-químicas e a conservação de mamão e abacate, aumentando a vida de prateleira desses frutos.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, A.; CHOW, W.L.; ZAHIG, N.; ONG, M.K. Efficacy of própolis and cinnamon oil coating in controlling post-harvest anthracnose and quality of chilli (*Capsicum annum* L.) during cold storage. **Food and Bioprocess Technology**, v. 7, p. 2742-2748, 2014

ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D.; FORATO, L. A. O Uso de Biopolímeros como Revestimentos Comestíveis Protetores Para Conservação de Frutas in natura e Minimamente Processadas. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento** – Embrapa Instrumentação Agrícola. 2009.

BELLELLI, M. et al. Properties of poly (vinyl alcohol) films as determined by thermal curing and addition of polyfunctional organic acids. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 18, p. 95-100, 2018.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Plano nacional de desenvolvimento da fruticultura**. 2018.
Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/noticias/mapa-lanca-plano-de-fruticultura-em-parceria-com-o-setor-privado/PlanoNacionaldeDesenvolvimentodaFruticulturaMapa.pdf>

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. Pós-colheita de frutas e hortaliças. Editora UFLA, p. 785. 2005.

CUNHA, M. C. da et al. Propolis extract from different botanical sources in postharvest conservation of papaya. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 40, 2018.

DING, J. et al. Effect of sonication duration in the performance of polyvinyl alcohol/chitosan bilayer films and their effect on strawberry preservation. **Molecules**, v. 24, p. 1408, 2019.

GUERRA, I. C. D. Eficácia de revestimentos a base de quitosana e óleos essenciais de mentha spp. no controle de fungos patógenos pós-colheita em frutos. Universidade Federal de Pernambuco - Centro de ciências da saúde programa de pós-graduação em nutrição. Recife – PE, 2015. Disponível em:
<https://repositorio.ufpe.br/bitstream/handle/123456789/17446/TESE%20VERS%C3%83O%20FINAL>.

LINS, S. R. O.; OLIVEIRA, S. M. A.; ALEXANDRE, E.M.; SANTOS, A.M.G.; OLIVEIRA, T.A.S. Controle alternativo da podridão peduncular em manga. **Summa Phytopathologica**, v.37, n.3, p.121-126, 2011.

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. 1, p. 208–215, 2017.

LO'AY, A. A.; TAHA, N. A.; EL-KHATEEB, Y. A. Storability of 'Thompson Seedless' grapes: Using biopolymer coating chitosan and polyvinyl alcohol blending with salicylic acid and antioxidant enzymes activities during cold storage. **Scientia Horticulturae**, v. 249, n. 1, p. 314-321, 2019.

MAIA, L. H.; PORTE, A.; SOUZA, V. F. Filmes comestíveis: aspectos gerais, propriedades de barreira a umidade e oxigênio. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 18, n. 1, p. 105-128, 2000.

MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; YAMASHITA, F. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 1, p. 137-156, 2010.

OLIVEIRA, M. P. Síntese de novos estabilizantes poliméricos do tipo poli (álcool vinílico-coneio decanoato de vinila) para utilização na copolimerização em miniemulsão do acetato de vinila (Vac) com o neo-nonanoato de vinila (VEOVA-9). 2010. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais. Escola de Engenharia de Lorena – Universidade de São Paulo, 2010.

PRASEPTIANGGA, D. et al. Effect of cassava starch-based edible coating incorporated with lemongrass essential oil on the quality of papaya MJ9. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 176, n. 1, 2017.

SENNA, M. M. H.; AL-SHAMRANI, K. M.; AL-ARIFI, A. S. Edible Coating for Shelf-Life Extension of Fresh Banana Fruit Based on Gamma Irradiated Plasticized Poly(vinyl alcohol)/Carboxymethyl Cellulose/Tannin Composites. **Materials Sciences and Applications**, v. 5, n. 6, p. 395-415, 2014.

SILVA, E. M. Produção e caracterização de filmes biodegradáveis de amido e pinhão. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Escola de Engenharia – Departamento de Engenharia Química. 2011.

SILVA, P. L. da et al. Preparation and characterization of phosphorylated starch blends with chitosan and polyvinyl alcohol. **Química Nova**, v. 39, n. 4, p. 450-455, 2016.

TERRY, L.A.; JOYCE, D.C. Elicitors of induced disease resistance in posharvest horticultural crops: a brief review. **Postharvest Biology and Technology**, v.32, p.1-13, 2004.

VILLADIEGO, A. M. D.; SOARES, N. F. F.; ANDRADE, N. J. Filmes e revestimentos comestíveis na conservação de produtos alimentícios. **Revista Ceres**, v. 52, n. 300, p. 221-244, 2005.

3. REVESTIMENTO DE ALCOOL POLIVINÍLICO E AMIDO NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MAMÃO

RESUMO

O mamão é um fruto climatérico, com reduzida vida útil após a colheita. Uma alternativa para minimizar o amadurecimento dos frutos e consequentemente a perda de frutos é o uso de revestimentos. O amido e o álcool polivinílico (PVOH) podem ser usados na formulação de revestimentos. No entanto, pouco se sabe sobre o potencial de revestimentos contendo essas substâncias na conservação pós-colheita de frutos de mamão. Com isso, foram avaliadas as características físico-químicas e a conservação de frutos de mamão por até oito dias após o tratamento com revestimento à base de 100% de amido (A), 100% de PVOH (P), 75% A + 25% P, 50% A + 50% P, 25% A + 75% P. Frutos não revestidos foram usados como controle. Frutos revestidos com 100% A tiveram redução na respiração. Todos os revestimentos reduziram a perda de massa de frutos. A acidez foi maior em frutos revestidos com 100% P, devido à fermentação de frutos o que levou a diminuição do pH. O revestimento com 100% de amido reduziu a perda de massa e as trocas gasosas entre o fruto e o meio.

Palavras-chave: Carica papaya L., armazenamento, taxa respiratória, fermentação, acidez.

POLYGLINYL ALCOHOL AND STARCH COATING IN POST-HARVEST CONSERVATION PAPAYA

ABSTRACT

The papaya is a climacteric fruit with a short shelf life after harvest. An alternative to minimize fruit ripening and consequently fruit loss is the use of coatings. Starch and polyvinyl alcohol (PVOH) may be used in coating formulations. However, little is known about the potential of coatings containing these substances in the post-harvest conservation of papaya fruits. Therefore, we evaluated the physico-chemical characteristics and the conservation of papaya fruits for up to eight days after treatment with 100% starch (A), 100% PVOH (P), 75% A + 25% P, 50% A + 50% P and 25% A + 75% P. Uncoated fruits were used as controls. Fruits coated with 100% A had a reduction in respiration. All coatings reduced the loss of fruit mass. Fruit acidity was higher in fruits coated with 100% P, due to fruit fermentation which led to a decrease in pH. The 100% starch coating reduces the loss of mass and the gaseous exchanges between the fruit and the médium.

Keywords: *Carica papaya* L., storage, respiratory rate, fermentation, acidity.

3.1. INTRODUÇÃO

O mamão (*Carica papaya* L.) é amplamente cultivado em regiões tropicais e subtropicais. A produção mundial foi de 13.169.443 toneladas em 2017, sendo o Brasil o segundo maior produtor mundial da fruta (FAOSTAT, 2019). O Nordeste é a maior região produtora do país, destacando-se o estado da Bahia, seguido pela região Sudeste, destacando-se o estado do Espírito Santo, sendo responsáveis por 94,24% da produção nacional, segundo IBGE (2017). A produção nacional de mamão baseia-se nos grupos Formosa e Solo, sendo este último comercializado tanto no mercado interno quanto no externo, enquanto o Formosa destina-se principalmente ao mercado interno (ROCHA et al., 2005).

É um fruto de cor amarela ou alaranjada, que possui o formato ovoide, esférico periforme. Sua polpa varia de amarela a salmão ou róseo-avermelhado, apresenta cavidade central grande que contém numerosas sementes (TREVISAN, 2012). Sua casca é fina, aderida à polpa, com variação de cor verde-escura até alaranjada, à medida que o fruto amadurece. Rico em sais mineiras (cálcio, fósforo, ferro e potássio) e vitaminas A, C e do complexo B (MARTINI, 2008; ANDRADE, 2006). Composto por 90 % de água, 8,3 % de carboidratos, 0,6 % de fibras, 0,5 % de proteínas, 0,3 % de extrato gorduroso, 0,51 % de cinzas e 13 % de ácido cítrico (TREVISAN, 2012).

É classificado como fruto climatérico, cujas características são de aumento da taxa respiratória (climatério), produção autocatalítica de etileno e alterações organolépticas substanciais durante o seu amadurecimento. Esse rápido amadurecimento leva a um amolecimento dos tecidos dos frutos, devido à degradação dos componentes da parede celular. Consequentemente, a vida útil dos frutos é reduzida (CUNHA et al., 2018; JIANG et al., 2019; ZOU et al., 2014). É uma fruta que se beneficia do clima quente com produção ao longo do ano e uma das poucas plantas frutíferas que produzem o ano todo (GODOY, 2008). A alta perecibilidade do fruto, faz com que o controle do seu amadurecimento seja fundamental para o aumento da vida útil após a colheita (ALI et al., 2013).

O amido é um biopolímero já utilizado como filmes e revestimentos comestíveis pela indústria de alimentos. O amido de milho é o mais utilizado, devido a sua alta disponibilidade, baixo custo, biodegradabilidade, fácil manipulação, comestibilidade e por possuir boa barreira ao oxigênio, porém é sensível à umidade e seu alongamento é limitado, além de ser frágil, sendo necessário a utilização de agentes plastificantes ou de elaboração de blends. (BOTREL et al., 2007).

A utilização do álcool polivinílico (PVOH) como revestimento comestível é pouco conhecida. Ele é um polímero sintético, é obtido a partir da hidrólise completa ou parcial do poli(vinil acetato), biodegradável, não tóxico, solúvel em água e não possui odor. Revestimentos elaborados com PVOH apresentam alta capacidade de absorção de água, boa barreira ao oxigênio, resistência a solventes orgânicos, propriedades emulsificantes e adesivas, alta flexibilidade e resistência à tração, por isso não é necessário o uso de agentes plastificantes (TANG e ALAVI, 2011).

Considerando que revestimentos contendo amido e PVOH podem aumentar a vida de prateleira de frutos, o objetivo deste trabalho foi avaliar se esses polímeros individualmente ou em blendas melhoram as características físico-químicas e a conservação de frutos de mamão por até oito dias após a colheita.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Obtenção, avaliação e seleção dos frutos

Os frutos do mamoeiro (*Carica papaya* L.), variedade ‘Solo’, foram adquiridos na Central de Abastecimento de Minas Gerais S/A CEASA/Minas, entreposto de Contagem/MG. Eles foram selecionados levando em consideração uniformidade, coloração e grau de maturação. Os frutos foram sanitizados e revestidos com soluções contendo amido e/ou PVOH e avaliados quanto a aspectos físico-químicos durante 8 dias de armazenagem a $\pm 25^{\circ}\text{C}$.

3.2.2 Preparo e revestimento dos frutos

Os frutos foram lavados em água corrente e desinfestados superficialmente com solução de $200\ \mu\text{L L}^{-1}$ de hipoclorito de sódio por 10 minutos. Após secagem, os frutos foram imersos por 5 segundos nas soluções de revestimento, seguido de manutenção por 5 minutos em posição horizontal sobre tela para a drenagem do líquido excedente. Os frutos foram mantidos em temperatura ambiente ($20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ e $70 \pm 10\%$ UR).

As análises dos frutos foram realizadas antes da aplicação do revestimento (tempo 0) e no 2º, 4º, 6º e 8º dia de experimento totalizando quatro tempos de avaliação.

3.2.3 Preparo do revestimento de álcool polivinílico e amido

Foram preparadas soluções aquosas com concentração de 3% de amido de milho ou 3% de PVOH. Os materiais foram pesados, diluídos com água destilada, aquecidos de forma gradativa até 70°C e mantidos sob agitação constante até gelatinização do amido ou dissolução do PVOH. Glicerol foi adicionado na solução, na proporção de 30%, quando amido foi usado como revestimento. Em seguida, a solução foi mantida sob agitação lenta até resfriamento a temperatura ambiente.

Foram preparadas soluções aquosas com concentração de 3% de amido de milho ou 3% PVOH. Os materiais foram pesados, diluídos com água destilada, aquecidos de forma gradativa até 70°C e mantidos sob agitação constante até gelatinização do amido ou dissolução do PVOH. Glicerol foi adicionado na solução, na proporção de 0,9 %, quando amido foi usado como revestimento. Em seguida, a solução foi mantida sob agitação lenta até resfriamento a temperatura ambiente. Soluções com diferentes proporções de amido e PVOH foram obtidas, conforme demonstrado no desenho experimental.

3.2.3 Preparo e revestimento dos frutos

Os frutos divididos aleatoriamente em seis grupos (tratamentos), submetidos a lavagem em água corrente e desinfestados superficialmente com solução de 200 $\mu\text{L L}^{-1}$ de hipoclorito de sódio por 10 minutos. Após secagem, os frutos foram imersos por 5 segundos nas soluções de revestimento, seguido de manutenção por 5 minutos em posição horizontal sobre tela para a drenagem do líquido excedente. Os frutos foram mantidos em temperatura ambiente ($20 \pm 5^\circ\text{C}$ e $70 \pm 10\%$ UR).

As análises dos frutos foram realizadas antes da aplicação do revestimento (tempo 0) e a intervalos de 2 dias durante 8 dias de armazenamento, totalizando quatro tempos de avaliação.

3.2.4 Desenho experimental

Foram aplicados 6 tratamentos:

1. Controle – constituído por frutos sem revestimento;
2. Amido – frutos revestidos com solução composta por 100% amido;
3. Amido 75% – frutos revestidos com solução composta por 75% de amido e 25% de álcool polivinílico;
4. Amido 50% - frutos revestidos com solução composta por 50% de amido e 50% de álcool polivinílico;

5. Amido 25% – frutos revestidos com solução composta por 25% de amido e 75% de álcool polivinílico;
6. PVOH – frutos revestidos com solução composta por 100% de álcool polivinílico;

3.2.5 Variáveis analisadas

As unidades experimentais foram divididas em dois grupos para proceder as análises: grupo não destrutivo (para a análise de perda de massa e respiração) e grupo destrutivo (para determinação de firmeza da polpa, sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), relação entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável (SST/ATT) e potencial hidrogeniônico (pH)).

As determinações do grupo destrutivo foram realizadas segundo metodologias descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2005). A determinação da taxa de respiração foi feita de forma indireta segundo metodologia adaptada de Alef e Nannipieri (1995).

Realizou-se a análise de perda de massa, em delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial 6 x 4, com parcelas dos tratamentos pós-colheita (controle, 100% de amido; 75% de amido e 25% de PVOH; 50% de amido e 50% de PVOH; 25% de amido e 75% de PVOH; 100% de PVOH) e as subparcelas de tempos de avaliação (dois, quatro, seis e oito dias de armazenamento), com quatro repetições. A análise foi feita utilizando-se uma balança eletrônica semi-analítica (modelo BL-320H; Splabor - Presidente Prudente, Paraná, Brasil), com sensibilidade de 0,001 g, subtraindo-se o peso inicial e final dos frutos e expressando-se os resultados em porcentagem.

As demais variáveis do grupo destrutivo foram determinadas em delineamento inteiramente casualizado no esquema fatorial 6 x 4 + 1, e os tratamentos pós-colheita das parcelas (controle, 100% de amido; 75% de amido e 25% de PVOH; 50% de amido e 50% de PVOH; 25% de amido e 75% de PVOH; 100% de PVOH). Incluiu também as subparcelas, o tempo de avaliação (dois, quatro, seis e oito dias de armazenamento) e uma análise adicional feita no tempo zero, com quatro repetições. Para determinar a firmeza, foi utilizado o penetrômetro digital (modelo PTR-300; Instrutherm - estado de São Paulo, Brasil), com diâmetro de 5 mm no bocal.

A determinação da taxa de respiração foi feita de forma indireta segundo metodologia adaptada de Alef e Nannipieri (1995). Os frutos e frascos contendo solução de captura de

CO₂, o NaOH, foram colocados em recipientes hermeticamente fechados (respirômetros) e incubados por uma hora. Neste método, o CO₂ liberado no processo de respiração pelo fruto reage com a solução de captura durante o período de incubação. Após este período, adicionou-se 1 mL de BaCl₂ na solução de captura para precipitação dos íons carbonato. O NaOH remanescente na solução de captura foi titulada com HCl, usando fenolftaleína como indicador. O mesmo procedimento foi feito sem o fruto nos recipientes para obtenção dos brancos. Os cálculos da quantidade de CO₂ emitido e da taxa de respiração foram feitos conforme as Equações 1 e 2, respectivamente.

$$\text{CO}_2 = (B - A) \times [\text{HCl}] \times F \times 22 \times \frac{v_1}{v_2} \quad (1)$$

Em que:

(B – A): volume médio de HCl gasto na titulação dos brancos – volume gasto na titulação da amostra (em mL)

[HCl]: concentração do HCl (em mol•L⁻¹)

F: fator de correção da concentração do HCl

22: massa molar do CO₂ ÷ 2 (uma vez que cada mol de CO₂ reage com 2 de NaOH)

(v1/v2): relação entre o volume de NaOH de captura e o de NaOH titulado (em mL)

$$\text{TR} = \frac{\text{CO}_2}{P \times T} \quad (2)$$

Em que:

TR: Taxa de respiração (mg•kg⁻¹•h⁻¹)

P: peso do fruto (kg)

T: tempo (h)

A firmeza foi medida em dois pontos opostos, no cinturão equatorial da fruta. Um pequeno pedaço da casca foi removido com uma lâmina. Os resultados expressam a força em Newtons (N). Os sólidos solúveis (SS) foram medidos diretamente com um refratômetro analógico. Esses resultados foram dados em porcentagem. A acidez titulável (TA) foi determinada pelo método de titulação. Tecidos de polpa (5,0 g) foram homogeneizados com 50 mL de água destilada. A mistura com duas a quatro gotas de fenolftaleína a 1%, utilizada como indicador, foi titulada com NaOH 0,01 mol•L⁻¹ para atingir um ponto final rosa (pH 8,1). Os resultados foram expressos como a porcentagem de ácido cítrico, o ácido predominante no mamão. O pH foi determinado por meio de um medidor de pH digital (modelo MPA-210; TecnoPON - Piracicaba, SP). O eletrodo de vidro foi imerso diretamente na polpa do mamão e os resultados foram expressos pelo valor absoluto encontrado.

3.2.6 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos aos testes de homogeneidade das variâncias (teste de Hartley) e normalidade dos resíduos (teste de Jarque-Bera). Transformações foram realizadas nas análises de perda de peso, acidez titulável, firmeza e sólidos solúveis para permitir as hipóteses anova (análise de variância). A perda de peso, firmeza e transformação de sólidos solúveis foi determinada por $\log x$. Para acidez titulável, a transformação foi $\sqrt{x}$. A influência exercida pelos fatores (tratamentos pós-colheita e período de armazenamento) e suas interações com as respostas foram submetidas à análise fatorial da parcela subdividida. Após o desdobramento da anova, as médias dos tratamentos pós-colheita foram comparadas pelo teste Student-Newman-Keuls (SNK), com 5% de probabilidade. As médias pós-colheita dos tratamentos ao longo do tempo foram submetidas à análise de regressão. O ajuste dos dados aos modelos foi buscado com até dois fatores dependentes. Os modelos selecionados foram significativos 5% e o teste F mostrou falta significativa de ajuste.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.3.1 Taxa de Respiração

A respiração dos frutos de mamão cv. ‘Solo’ foi influenciada apenas pelos tipos de revestimentos pós-colheita, independentemente do tempo de armazenamento dos frutos (Tabela 1). A solução com 100% amido reduziu a respiração dos frutos de mamão, com valores médios de 67% em relação ao controle (Tabela 1).

Tabela 1: Taxa respiratória do mamão ($\text{mg CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$), variedade Solo revestidos com soluções contendo amido (A) e álcool polivinílico (PVOH) aos 0, 2, 4, 6 e 8 dias de armazenamento a temperatura ambiente ($20 \pm 5^\circ\text{C}$ e $70 \pm 10\% \text{ UR}$).

Tratamento	0 dia	2 dias	4 dias	6 dias	8 dias	Médias
Controle	27,79	35,26	45,71	46,46	23,40	37,71 A
A 100% - PVOH 0%		31,62	27,80	22,54	19,52	25,37 B
A 75% - PVOH 25%		38,25	39,32	37,90	31,80	36,82 A
A 50% - PVOH 50%		31,80	31,69	33,71	32,72	32,48 A
A 25% - PVOH 75%		31,38	33,51	34,15	40,26	34,83 A
A 0% - PVOH 100%		34,82	35,39	36,57	29,93	34,18 A

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de SNK a 5 % de probabilidade de erro. C.V. (%) = 29,21.

O revestimento com 100% de amido reduziu as trocas gasosas entre o fruto e o meio. A redução de trocas gasosas cria uma atmosfera modificada nas células dos frutos, aumentando a concentração de CO_2 e reduzindo a concentração de O_2 na superfície das células do fruto. A alteração da composição da atmosfera diminui a respiração e, conseqüentemente, reduz a liberação de CO_2 pelo fruto (CHITARRA e CHITARRA, 2005; PRASEPTIANGGA et al.; 2017). Como processos respiratórios são de natureza degradativa, quanto maior a taxa respiratória, menor o tempo de armazenamento (VIEITES, DAIUTO e FUMES, 2012). Filmes com PVOH não foram eficientes na redução da produção de CO_2 .

3.3.2 Perda de massa

Os tratamentos pós-colheita e o tempo de armazenamento influenciaram a perda de massa dos frutos, não havendo interação entre os fatores (Tabela 2).

Tabela 2: Perda de massa do mamão (%), variedade Solo, revestidos com soluções contendo amido (A) e álcool polivinílico (PVOH) aos 2, 4, 6 e 8 dias de armazenamento a temperatura ambiente ($20 \pm 5^\circ\text{C}$ e $70 \pm 10\%$ UR).

Tratamento	2 dias	4 dias	6 dias	8 dias	Médias
Controle	2,32	4,67	7,29	10,00	6,07 A
A 100% - PVOH 0%	1,87	3,68	5,58	7,48	4,65 B
A 75% - PVOH 25%	1,69	3,42	5,25	7,64	4,50 B
A 50% - PVOH 50%	1,72	3,46	5,51	6,78	4,37 B
A 25% - PVOH 75%	1,85	3,53	5,41	7,24	4,51 B
A 0% - PVOH 100%	1,68	3,40	5,27	7,16	4,38 B
Médias	1,86	3,69	5,72	7,72	Modelo*: $\text{Log}(y) = -0,04997 + 0,4462\ln(x)$; $R^2 = 0,9997$

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de SNK a 5 % de probabilidade de erro. CV = 9,96%. *Modelo ajustado para médias de tempo de armazenamento.

A perda de massa foi menor em frutos revestidos em comparação com o controle, independentemente do tipo de revestimento. Houve aumento gradual da perda de massa em todos os tratamentos pós-colheita no decorrer do período de armazenamento. A perda de massa foi menor em frutos revestidos em comparação com o controle, independentemente do tipo de revestimento. O revestimento com 100% de amido não reduziu a perda de massa em comparação com os demais tipos de revestimento (Tabela 2), ainda que ele tenha reduzido a taxa respiratória dos frutos (Tabela 1). Isto demonstra que a perda de umidade dos frutos por meio de transpiração ou evaporação é mais significativa que a respiração para a perda de massa final ao longo do tempo de armazenamento (HAZARIKA, LALTHANPUII e MANDAL, 2017).

A modificação ocorrida na casca também pode ser importante fator para a perda de massa dos frutos. Com o amadurecimento do fruto, ocorre rompimento do látex e diminuição da integridade da casca (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Frutos que sofrem 10% de perda de massa são considerados impróprios para o consumo (KADER, 2002). Tal condição foi

observada em frutos não revestidos armazenados por 8 dias (Tabela 2), enquanto que frutos revestidos tiveram aproximadamente 7% de perda de massa no mesmo período de armazenamento.

3.3.3 Acidez

A acidez dos frutos foi alterada em função da interação entre tipos de revestimento e tempo de armazenamento (Tabela 3). A acidez dos frutos aumentou ao longo do período de armazenamento em frutos tratados com 100% de PVOH. A partir do sexto dia de armazenamento observa-se alterações na acidez da maioria dos frutos entre os tratamentos (Tabela 3). A maior concentração de PVOH resultou em maior acidez de frutos ao final do período de armazenamento.

Tabela 3: Acidez do mamão (g ácido cítrico 100 g⁻¹ de polpa), variedade Solo, revestidos com soluções contendo amido (A) e álcool polivinílico (PVOH) aos 0, 2, 4, 6 e 8 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 ± 5°C e 70 ± 10% UR).

Tratamento	0 dia	2 dias	4 dias	6 dias	8 dias	Modelo ajustado
Controle	0,06	0,05 A	0,05 A	0,04 B	0,03 C	Não significativo
A 100% - PVOH 0%		0,05 A	0,05 A	0,05 AB	0,04 C	Não significativo
A 75% - PVOH 25%		0,05 A	0,07 A	0,07 A	0,08 B	Não significativo
A 50% - PVOH 50%		0,06 A	0,06 A	0,07 A	0,08 B	Não significativo
A 25% - PVOH 75%		0,06 A	0,06 A	0,06 AB	0,09 B	Não significativo
A 0% - PVOH 100%		0,05 A	0,08 A	0,08 A	0,12 A	$\sqrt{y}=0,2337 + 0,012x;$ $R^2 = 0,7182$

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de SNK a 5 % de probabilidade de erro. CV = 13,76%.

O aumento da acidez em função do aumento da concentração de PVOH e do tempo de armazenamento pode ser devido à fermentação dos frutos. O revestimento com PVOH criou uma película dificultando as trocas gasosas entre o fruto e o meio. Em condições de baixa

concentração ou ausência de oxigênio, ocorre respiração anaeróbica. Nessa situação, o piruvato é convertido a CO_2 e acetaldeído, que é convertido a etanol (NELSON e COX, 2014). Mesmo em anaerobiose, parte do ciclo do ácido tricarboxílico acontece, gerando acúmulo de ácido succínico, aumentando a acidez dos frutos (COULTER, GODDEN e PRETORIUS 2004; ZAMORA, 2009). Além disso, na fermentação é produzida menos energia por mol de glicose, demandando maior quantidade de moléculas para produção de energia (NELSON e COX, 2014). Por esses motivos, foi observado aumento da acidez dos frutos (Tabela 3), sem redução na produção de CO_2 (Tabela 1).

3.3.4 Potencial hidrogeniônico

O pH dos frutos foi alterado em função da interação entre período de armazenamento e tipos de revestimento. Houve diminuição do pH dos frutos ao longo do período de armazenamento em frutos tratados com 25% de amido e 75% de PVOH, com 50% de amido e 50% de PVOH, com 75% de amido e 25% de PVOH e 100% PVOH (Tabela 4). Aos 8 dias de armazenamento, o pH dos frutos foi menor com o aumento da concentração de PVOH (Tabela 4).

Tabela 4: pH do mamão, variedade Solo, revestidos com soluções contendo amido (A) e álcool polivinílico (PVOH) aos 0, 2, 4, 6 e 8 dias de armazenamento em temperatura ambiente ($20 \pm 5^\circ\text{C}$ e $70 \pm 10\%$ UR).

Tratamento	0 dia	2 dias	4 dias	6 dias	8 dias	Modelo ajustado	R^2
Controle	5,6	5,55 A	5,69 A	5,77 A	5,75 A	Não significativo	-
A 100% - PVOH 0%		5,81 A	5,76 A	5,75 A	5,62 A	Não significativo	-
A 75% - PVOH 25%		5,76 A	5,78 A	5,18 B	4,81 B	$\hat{y} = 5,618 + 0,1329x - 0,03018x^2$	0,9462
A 50% - PVOH 50%		5,59 A	5,57 A	5,18 B	4,80 B	$\hat{y} = 5,75 - 0,1003x$	0,8057
A 25% - PVOH 75%		5,89 A	5,90 A	5,21 B	4,28 C	$\hat{y} = 5,591 + 0,2844x - 0,05638x^2$	0,9939
A 0% - PVOH 100%		5,79 A	5,39 A	4,82 B	4,12 C	$\hat{y} = 5,652 + 0,0835x - 0,035x^2$	0,9874

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de SNK a 5 % de probabilidade de erro. C.V.(%): 4,76.

A polpa do mamão possui baixos teores de ácidos orgânicos, que são considerados ácidos fracos, apresentando baixa dissociação. Por esse motivo, o pH desse fruto geralmente é superior a 5 (ALMEIDA et al., 2006; FAGUNDES e YAMANISHI, 2001). Os valores de pH dos frutos analisados variaram entre 4,12 e 5,90 (Tabela 4), similares aos encontrados na literatura (MENDY et al., 2019). A diminuição do pH ao longo do tempo de armazenamento de frutos revestidos com PVOH possivelmente foi devida à produção de ácidos durante a fermentação, como observado na Tabela 3.

3.3.5 Firmeza

A firmeza de frutos foi reduzida em função do aumento do tempo de armazenamento, independentemente do tipo de revestimento (Tabela 5).

Tabela 5: Firmeza dos frutos de mamão (N), variedade Solo, revestidos com soluções contendo amido (A) e álcool polivinílico (PVOH) aos 0, 2, 4, 6 e 8 dias de armazenamento em temperatura ambiente ($20 \pm 5^\circ\text{C}$ e $70 \pm 10\%$ UR).

Tratamento	0 dia	2 dias	4 dias	6 dias	8 dias	Médias
Controle	6,90	6,12	5,21	4,88	2,87	4,77 A
A 100% - PVOH 0%		6,34	7,29	5,32	4,43	5,84 A
A 75% - PVOH 25%		7,84	6,29	4,78	3,45	5,59 A
A 50% - PVOH 50%		6,94	5,62	4,70	4,30	5,39 A
A 25% - PVOH 75%		7,29	6,39	4,59	4,27	5,64 A
A 0% - PVOH 100%		7,65	6,29	3,72	4,23	5,47 A
Médias		7,03	6,18	4,67	3,93	Modelo*: $\text{Log}(y) = 0,9763 - 0,05202x$; $R^2: 0,9782$

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de SNK a 5 % de probabilidade de erro. C.V.(%): 16,59. *Modelo ajustado para médias de tempo de armazenamento.

Hazarika, Lalthanpuui e Mandal (2017) também relataram redução na firmeza de frutos de mamão revestidos com o aumento do tempo de armazenamento. Por sua vez, Escamilla-

García et al., (2018), observaram que frutos de mamão não revestidos tiveram perda de firmeza de 92% durante armazenamento, enquanto que aqueles revestidos com quitosana e amido oxidado tiveram redução firmeza de apenas 47%.

A perda de firmeza dos frutos se deve à ação de enzimas hidrolíticas, incluindo a pectinametilesterase (PME) e a poligalacturonase (PG), que degradam os carboidratos estruturais (CHITARRA e CHITARRA, 2005; VIEITES, RUSSO e DAIUTO, 2014). A enzima PG contribui com o amolecimento da polpa da fruta, pois sua atividade é maior na fase inicial do amadurecimento de frutos (BONNIN, GARNIER e RALET, 2014). A expressiva atividade inicial da PME disponibilizaria substrato para a atuação da PG (PINTO et al., 2011). A PME promove a desmetilação parcial dos ésteres metílicos dos ácidos poligalacturônicos das pectinas, facilitando o acesso da PG, que determina a despolimerização e solubilização das substâncias pécticas (BONNIN, GARNIER e RALET, 2014).

3.3.6 Sólidos solúveis totais

O revestimento dos frutos e o tempo de armazenamento não influenciaram na concentração de sólidos solúveis totais (Tabela 6). O Regulamento Técnico do Mamão estabelece um valor mínimo de 11 °Brix para a colheita do mamão (BRASIL, 2010). Os valores de sólidos solúveis totais observados se encontram abaixo desse valor, o que indica que os frutos de mamão foram colhidos antes do tempo recomendado para colheita.

A ausência de variação na concentração de SST durante o período de amadurecimento do mamão é possivelmente justificada pelo baixo acúmulo de amido (menor do que 1%) durante o desenvolvimento do fruto, não permitindo, assim, grandes variações no conteúdo de açúcares solúveis durante o processo de amadurecimento (GÓMEZ, LAJOLO e CORDENUNSI, 2002). Os açúcares solúveis são acumulados, em sua maior parte, quando o fruto ainda está ligado à planta, principalmente em função da fotossíntese (CHITARRA e CHITARRA, 2005). No início do desenvolvimento dos frutos de mamoeiro, a glicose é o açúcar predominante; em estágios mais avançados, a sacarose torna-se o açúcar encontrado em maior concentração, atingindo níveis mais elevados que a frutose e a glicose (KADER, 2002).

Tabela 6: Sólidos solúveis totais do mamão (° BRIX), variedade Solo, revestidos com soluções contendo amido (A) e álcool polivinílico (PVOH) aos 0, 2, 4, 6 e 8 dias de armazenamento em temperatura ambiente ($20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ e $70 \pm 10\%$ UR).

Tratamento	0 dia	2 dias	4 dias	6 dias	8 dias	Médias
Controle	8,37	10,00	7,43	8,65	9,40	8,87 A
A 100% - PVOH 0%		8,55	7,43	7,95	8,03	7,99 A
A 75% - PVOH 25%		8,85	8,58	9,45	8,53	8,85 A
A 50% - PVOH 50%		8,45	7,40	8,30	7,95	8,03 A
A 25% - PVOH 75%		9,00	8,98	7,95	7,38	8,33 A
A 0% - PVOH 100%		8,45	8,10	9,20	8,55	8,58 A

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de SNK a 5 % de probabilidade de erro. C.V.(%): 6,23.

3.4. CONCLUSÃO

O revestimento de frutos de mamão com amido e álcool polivinílico, isoladamente ou em blendas, reduz a perda de massa de frutos de mamão aos oito dias de armazenamento. Frutos revestidos com solução de 100% amido reduziu as trocas gasosas entre os frutos de mamão e o meio. Já o revestimento de PVOH a 100% aumentou da acidez dos frutos, o que causou a fermentação dos mesmos. A produção de ácidos na fermentação reduziu o pH nos tratamentos com PVOH aos oito dias de armazenamento.

Dessa forma, sugere-se a execução de um novo experimento reduzindo a concentração de PVOH nos revestimentos, a fim de se observar se haverá uma redução da fermentação dos frutos.

Neste estudo, o revestimento somente com amido a 3% mostrou-se mais eficiente no prolongamento da vida pós-colheita do mamão.

3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEF, K.; NANNIPIERI, P. **Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry**. London: Academic Press, p. 576. 1995.

ALI, A. et al. Efficacy of propolis and cinnamon oil coating in controlling post-harvest anthracnose and quality of chilli (*Capsicum annuum* L.) during cold storage. **Food and Bioprocess Technology**, v. 7, n. 9, p. 2742- 2748. 2013.

ALMEIDA, R. F. et al. Influência da temperatura de refrigeração sobre as características químicas do mamão cv. “Golden”. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 577–581. 2006.

ANDRADE, S. R. R. **Processamento mínimo de mamão (*Carica papaya* L.): efeitos de aditivos químicos e atmosfera modificada na qualidade do produto**. 2006. 181f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz” – ESALQ/USP. 2006.

BONNIN, E.; GARNIER, C.; RALET, M. C. Pectin-modifying enzymes and pectin-derived materials: applications and impacts. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 98, n. 2, p. 519–532, 2014.

BOTREL, D. A.; SOARES, N. F. F.; GERALDINE, R. M.; PEREIRA, R. M.; FONTES, E. A. F. Qualidade de alho (*Allium sativum*) minimamente processado envolvido com revestimento comestível antimicrobiano. **Ciência e tecnologia de alimentos**, v. 27, n. 1, p. 32-38. 2007.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Instrução Normativa nº 4, de 22 de janeiro de 2010**. Estabelece o regulamento técnico do mamão. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 25 de janeiro, 2010.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças**. Lavras: Editora UFLA, 2005.

COULTER, A. D.; GODDEN, P. W.; PRETORIUS, I. S. How is it formed, what is its effect on titratable acidity, and what factors influence its concentration in wine? **Wine Industry Journal**, v. 19, n. 6, p. 16-25. 2004.

CUNHA, M. C. da et al. Propolis extract from different botanical sources in postharvest conservation of papaya. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 40, p. 31074. 2018.

FAGUNDES, G. R.; YAMANISHI, O. K. Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo ‘Solo’ comercializados em 4 estabelecimentos de Brasília-DF. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n.3, p. 541–545. 2001.

FAO. FAOSTAT. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Estatistical Databases Agriculture**. Available in: <<http://fao.org/faostat/>>. Access in: 28 de junho de 2019.

GODOY, A. E. **Injúrias mecânicas e seus efeitos na fisiologia e na qualidade de mamões ‘Golden’**. 2008. 71f. Dissertação (Mestre em Agronomia) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP. 2008.

GÓMEZ, M.; LAJOLO, F.; CORDENUNSI, B. Evolution of solubles sugars during ripening of papaya fruit and its relation to sweet taste. **Journal of Food Science**, v. 67, n. 1, p. 442–447. 2002.

HAZARIKA, T. K.; LALTHANPUII; MANDAL, D. Influence of edible coatings on physico-chemical characteristics and shelf-life of papaya (*Carica papaya*) fruits during ambient storage. **Indian Journal of Agricultural Science**, v. 87, n. 8, p. 83 - 1077. 2017.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRARIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, v. 44, p.1-8, 2017.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2005.

JIANG, B. et al. Comparative proteomic analysis provides novel insights into the regulation mechanism underlying papaya (*Carica papaya* L.) exocarp during fruit ripening process. **BMC Plant Biology**, v. 19, n. 1, p. 238. 2019.

KADER, A. A. **Postharvest technology of horticultural crops**. California: University of California, 2002.

MARTINI, R. **Formulação de doces cremosos à base de frutas com baixo teor de sólidos solúveis e diferentes edulcorantes**. 2008. 113f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP. 2008.

MENDY, T. K. et al. Application of Aloe vera coating delays ripening and extend the shelf life of papaya fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 246, n. 1, p. 769-776. 2019.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger – Princípios de bioquímica**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2014.

PINTO, L. K. A. et al. Atividade da pectina metilesterase e da β -galactosidase durante o amadurecimento do mamão cv. Golden. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v. 33, n. 3, p. 713–722. 2011.

PRASEPTIANGGA, D. et al. Effect of cassava starch-based edible coating incorporated with lemongrass essential oil on the quality of papaya MJ9. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 176, n.1. 2017.

ROCHA, R.H.C.; NASCIMENTO, S.R.C.; MENEZES, J.B.; NUNES, G.H.S.; SILVA, E.O. Qualidade pós-colheita do mamão Formosa armazenado sob refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v. 27, n. 3, p. 386–389. 2005.

TANG, X.; ALAVI, S. Recent advances in starch, polyvinyl alcohol based polymer blends, nanocomposites and their biodegradability. **Carbohydrate Polymers**, v. 85, n. 1, p. 7-16. 2011.

TREVISAN, M. J. **Efeito da aplicação de 1-metilciclopropeno e etileno na fisiologia e no amadurecimento de mamões ‘Golden’**. 2012. 117f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- ESALQ/USP. 2012.

VIEITES, R. L.; DAIUTO, E. R; FUMES, J. G. F. Capacidade antioxidante e qualidade pós-colheita de abacate ‘Fuerte’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 2, p. 336-348. 2012.

VIEITES, R. L.; RUSSO, V. C.; DAIUTO, E. R. Qualidade do abacate ‘hass’ frigoarmazenado submetido a atmosferas modificadas ativas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 329-338. 2014

ZAMORA, F. Biochemistry of alcoholic fermentation. In: POLO, M. C.; Moreno-Arribas, M. V. (Eds.) **Wine Chemistry and Biochemistry**. New York: Springer, 2009.

ZOU, Y. et al. The Relationship between the Expression of Ethylene-Related Genes and Papaya Fruit Ripening Disorder Caused by Chilling Injury. **Plos One**, v. 9, n. 12. 2014.

4. REVESTIMENTO DE ÀLCOOL POLIVINÍLICO E AMIDO NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE ABACATE

RESUMO

O abacate é um fruto da família Lauraceae. Um grande número de variedades de abacate é encontrado nas diversas regiões do território nacional, porém por ser um fruto climatério apresenta alta taxa respiratória e produção elevada de etileno após a colheita o que lhe confere alta perecibilidade e acarreta em perda pós-colheita durante seu transporte e comercialização. O amido e o álcool polivinílico (PVOH) podem ser usados na formulação de revestimentos visando minimizar as perdas pós-colheita. Avaliou-se as características físico-químicas e a conservação de frutos de abacate por até onze dias após o tratamento com revestimento à base de 100% de amido (A), 75% A + 25% P, 50% A + 50% P, 25% A + 75% P e 100% de PVOH (P). Frutos não revestidos foram usados como controle. Os frutos revestidos com 100% de PVOH obtiveram menor taxa de respiração durante todo o experimento, mostrando que foram eficientes na redução das trocas gasosas entre os frutos e o meio. Todos os revestimentos reduziram a perda de massa de frutos. A acidez, firmeza e sólidos solúveis totais não se diferiram estatisticamente. O revestimento de PVOH se mostrou mais eficiente que o de amido e os frutos sem revestimento durante a realização do experimento.

Palavras-chave: Taxa de respiração, firmeza, perda de massa, matéria seca.

PROPOLIS EXTRACT THE CONSERVATION POST-HARVEST OF AVOCADO

ABSTRACT

Avocado is a fruit of the Lauraceae family. A large number of avocado varieties are found in various regions of the national territory, but because it is a climacteric fruit, it has a high respiratory rate and high ethylene production after harvest, which gives it high perishability and leads to postharvest loss during transport. and marketing. Starch and polyvinyl alcohol (PVOH) can be used in the formulation of coatings to minimize postharvest losses. The physicochemical characteristics and preservation of avocado fruits for up to eleven days after treatment with 100% starch (A), 75% A + 25% P, 50% A + 50% P , 25% A + 75% P and 100% PVOH (P). Uncoated fruits were used as controls. Fruits coated with 100% PVOH had lower respiration rate throughout the experiment, showing that they were efficient in reducing gas exchange between fruits and medium. All coatings reduced fruit mass loss. The acidity, firmness and total soluble solids did not differ statistically. PVOH coating was more efficient than starch coating and uncoated fruits during the experiment.

Keywords: Rate of respiration, firmness, loss of mass, dry matter.

4.1. INTRODUÇÃO

O abacate é um fruto da família Lauraceae. É originada da América Central, mais precisamente da região entre o Peru e o México. É cultivado em quase todas as regiões tropicais e subtropicais. No Brasil foi difundido em 1809, sendo hoje o nono maior produtor do mundo. Em 2016 foram produzidas 195.492 toneladas no país, sendo o estado de São Paulo o maior produtor (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2018).

Um grande número de variedades de abacate é encontrado nas diversas regiões do território nacional, cujos frutos apresentam composição química muito variável. É um fruto com alta taxa de ácidos graxos insaturados que possui benefício na prevenção de doenças cardiovasculares, possui alto teor de fibras, sais minerais, proteínas, vitaminas D e E, além de compostos lipofílicos anticancerígenos como os carotenoides (DAIUTO et. al., 2013).

O abacate é apreciado como fruta madura adicionado de açúcar, nos países das Antilhas e do Oriente, é ingerido sob a forma de salada com cebola e queijo ou de sopa, no México é a matéria prima para o guacamole, uma iguaria típica da culinária mexicana, que é basicamente purê de abacate bem temperado com sal, pimenta do reino, entre outros (OLIVEIRA et. al., 2000).

Devido a suas qualidades nutricionais, organolépticas e suas diversas variedades de preparo, o consumo do abacate tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, elevando seus números de importação e exportação. Em 2016 o Brasil exportou 7.834.828 toneladas de fruto (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2018), porém por ser um fruto climatérico apresenta alta taxa respiratória e produção elevada de etileno após a colheita o que lhe confere alta perecibilidade e acarreta em perda pós-colheita durante seu transporte e comercialização (DAIUTO, TREMOCOLDI e VIEITES, 2010).

Visando minimizar as perdas pós-colheita muitos estudos estão voltados a controlar o amadurecimento, prolongando assim a vida útil após colheita, proporcionando o transporte a longas distâncias e o aumento do período de comercialização. No Brasil a comercialização é feita sem refrigeração, fazendo com que seja necessário a aplicação de tecnologias de conservação em temperatura ambientes que retardam ou inibem o amadurecimento dos frutos como o uso de ceras, revestimentos comestíveis a base de própolis, amido, álcool polivinílico, entre outros (OLIVEIRA et. al., 2000).

A alta perecibilidade do fruto, faz com que o controle do seu amadurecimento seja fundamental para o aumento da vida útil após a colheita (ALI et al., 2013). O amido é um

biopolímero já utilizado como filmes e revestimentos comestíveis pela indústria de alimentos. O amido de milho é o mais utilizado, devido a sua alta disponibilidade, baixo custo, biodegradabilidade, fácil manipulação, comestibilidade e por possuir boa barreira ao oxigênio, porém é sensível à umidade e seu alongamento é limitado, além de ser frágil, sendo necessário a utilização de agentes plastificantes ou de elaboração de blendas. (BOTREL et. al., 2007).

A utilização do álcool polivinílico (PVOH) como revestimento comestível é pouco conhecida. Ele é um polímero sintético, é obtido a partir da hidrólise completa ou parcial do poli(vinil acetato), biodegradável, não tóxico, solúvel em água e não possui odor. É obtido através do processamento pelo método de casting, por não ser um termoplástico, ou seja, a sua temperatura de fusão é superior à temperatura de degradação térmica. Revestimentos elaborados com PVOH apresentam alta capacidade de absorção de água, boa barreira ao oxigênio, resistência a solventes orgânicos, propriedades emulsificantes e adesivas, alta flexibilidade e resistência à tração, por isso não é necessário o uso de agentes plastificantes (TANG e ALAVI, 2011).

Considerando que filmes contendo amido e PVOH podem aumentar a vida de prateleira de frutos, o objetivo deste trabalho foi avaliar se esses polímeros individualmente ou em blendas melhoram as características físico-químicas e a conservação de frutos de abacate por até onze dias após a colheita.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Obtenção, avaliação e seleção dos frutos

Os frutos do abacateiro, foram doados pela empresa Grupo Tsuge que está situado na Região de São Gotardo, Minas Gerais.

Os frutos usados foram selecionados levando em consideração uniformidade, coloração e grau de maturação.

4.2.2 Preparo e revestimento dos frutos

Os frutos foram lavados em água corrente e desinfestados superficialmente com solução de 200 $\mu\text{L L}^{-1}$ de hipoclorito de sódio por 10 minutos. Após secagem, os frutos foram imersos por 5 segundos nas soluções de revestimento, seguido de manutenção por 5 minutos em posição horizontal sobre tela para a drenagem do líquido excedente. Os frutos foram mantidos em temperatura ambiente ($20 \pm 5^\circ\text{C}$ e $70 \pm 10\%$ UR).

As análises dos frutos foram realizadas antes da aplicação do revestimento (tempo 0) e no 4º, 7º e 11º dia de experimento totalizando três tempos de avaliação.

4.2.3 Preparo do revestimento de álcool polivinílico e amido

Foram preparadas soluções aquosas com concentração de 3% de amido de milho ou 2% de PVOH. Os materiais foram pesados, diluídos com água destilada, aquecidos de forma gradativa até 70°C e mantidos sob agitação constante até gelatinização do amido ou dissolução do PVOH. Glicerol foi adicionado na solução, na proporção de 30%, quando amido foi usado como revestimento. Em seguida, a solução foi mantida sob agitação lenta até resfriamento a temperatura ambiente.

4.2.4 Desenho experimental

Após a recepção e seleção dos frutos, eles foram divididos aleatoriamente em seis tratamentos:

1. Controle – constituído por frutos sem revestimento;
2. Amido – frutos revestidos com solução composta por 100% amido;

3. Amido 75% – frutos revestidos com solução composta por 75% de amido e 25% de álcool polivinílico;
4. Amido 50% - frutos revestidos com solução composta por 50% de amido e 50% de álcool polivinílico;
5. Amido 25% – frutos revestidos com solução composta por 25% de amido e 75% de álcool polivinílico;
6. PVOH – frutos revestidos com solução comporta por 100% de álcool polivinílico.

4.2.5 Variáveis analisadas

As unidades experimentais foram submetidas às análises de perda de massa (grupo não destrutivo), firmeza da polpa, sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e teor de matéria seca, segundo metodologias descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2005).

Realizou-se a análise de perda de peso por taxa de respiração, em delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial 6 x 3, com parcelas dos tratamentos pós-colheita (controle, 100% de amido; 75% de amido e 25% de PVOH; de amido e 50% de PVOH, 25% de amido e 75% de PVOH, 100% de PVOH) e as subparcelas de tempos de avaliação (quatro, sete e onze), com três repetições. A análise foi feita utilizando-se uma balança eletrônica semi-analítica (modelo BL-320H; Splabor - Presidente Prudente, Paraná, Brasil), com sensibilidade de 0,001 g, subtraindo-se o peso inicial e final dos frutos e expressando-se os resultados em porcentagem.

As demais variáveis do grupo destrutivo foram determinadas em delineamento inteiramente casualizado no esquema fatorial 6 x 3 + 1, e os tratamentos pós-colheita das parcelas (controle, 100% de amido; 75% de amido e 25% de PVOH; 50% de amido e 50% de PVOH; 25% de amido e 75% de PVOH; 100% de PVOH). Incluiu também as subparcelas, o tempo de avaliação (quatro, sete e onze dias de armazenamento) e uma análise adicional feita no tempo zero, com quatro repetições.

A determinação da taxa de respiração foi feita de forma indireta segundo metodologia adaptada de Alef e Nannipieri (1995). Os frutos e frascos contendo solução de captura de CO₂, o NaOH, foram colocados em recipientes hermeticamente fechados (respirômetros) e incubados por uma hora. Neste método, o CO₂ liberado no processo de respiração pelo fruto reage com a solução de captura durante o período de incubação. Após este período, adicionou-se 1 mL de BaCl₂ na solução de captura para precipitação dos íons carbonato e

fenolftaleína como indicador para titulação com HCl do NaOH remanescente na solução de captura. O mesmo procedimento foi feito sem o fruto nos recipientes para obtenção dos brancos. Os cálculos da quantidade de CO₂ emitido e da taxa de respiração foram feitos conforme as Equações 1 e 2, respectivamente.

$$\text{CO}_2 = (B - A) \times [\text{HCl}] \times F \times 22 \times \frac{v_1}{v_2} \quad (1)$$

Em que:

(B – A): volume médio de HCl gasto na titulação dos brancos – volume gasto na titulação da amostra (em mL)

[HCl]: concentração do HCl (em mol/L)

F: fator de correção da concentração do HCl

22: massa molar do CO₂ ÷ 2 (uma vez que cada mol de CO₂ reage com 2 de NaOH)

(v1/v2): relação entre o volume de NaOH de captura e o de NaOH titulado (em mL)

$$\text{TR} = \frac{\text{CO}_2}{P \times T} \quad (2)$$

Em que:

TR: Taxa de respiração (mg CO₂•Kg⁻¹•h⁻¹)

P: peso do fruto (kg)

T: tempo (h)

Para determinar a firmeza, foi utilizado o penetrômetro digital (modelo PTR-300; Instrutherm - estado de São Paulo, Brasil), com diâmetro de 5 mm no bocal. A firmeza foi medida em dois pontos opostos, no cinturão equatorial da fruta. Um pequeno pedaço da casca foi cortado com uma lâmina. Os resultados expressam a força em Newtons (N). Os sólidos solúveis (SS) foram medidos diretamente com um refratômetro analógico. Esses resultados foram dados em porcentagem. A acidez titulável (TA) foi determinada pelo método de titulação. Tecidos de polpa (5,0 g) foram homogeneizados com 50 mL de água destilada. A mistura com duas a quatro gotas de fenolftaleína a 1%, utilizada como indicador, foi titulada com NaOH 0,01 mol L⁻¹ para atingir um ponto final rosa (pH 8,1). Os resultados foram expressos como a porcentagem de ácido. A matéria seca foi determinada pelo método de secagem em estufas. Foram pesadas 5 gramas da polpa do abacate em placas de petri, que foram pesadas e taradas anteriormente, e levadas para a estufa, onde ficaram por 24 horas. Depois foram retiradas da estufa e levadas ao dessecador, até que estivessem em temperatura ambiente. Logo após pesaram-se as placas de petri na balança uma balança eletrônica semi-

analítica (modelo BL-320H; Splabor - Presidente Prudente, Paraná, Brasil), com sensibilidade de 0,001 g.

4.2.6 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos aos testes de homogeneidade das variâncias (teste de Hartley) e normalidade dos resíduos (teste de Jarque-Bera). Transformações foram realizadas nas análises de firmeza, sendo transformação utilizada $\sqrt{x}$. A influência exercida pelos fatores (tratamentos pós-colheita e período de armazenamento) e suas interações com as respostas foram submetidas à análise fatorial da parcela subdividida. Após o desdobramento da anova, as médias dos tratamentos pós-colheita foram comparadas pelo teste Student-Newman-Keuls (SNK), com 5% de probabilidade. As médias pós-colheita dos tratamentos ao longo do tempo foram submetidas à análise de regressão, exceto para a perda de massa, por possuir apenas três valores. O ajuste dos dados aos modelos foi buscado com até dois fatores dependentes. Os modelos selecionados foram significativos 5% e o teste F mostrou falta significativa de ajuste.

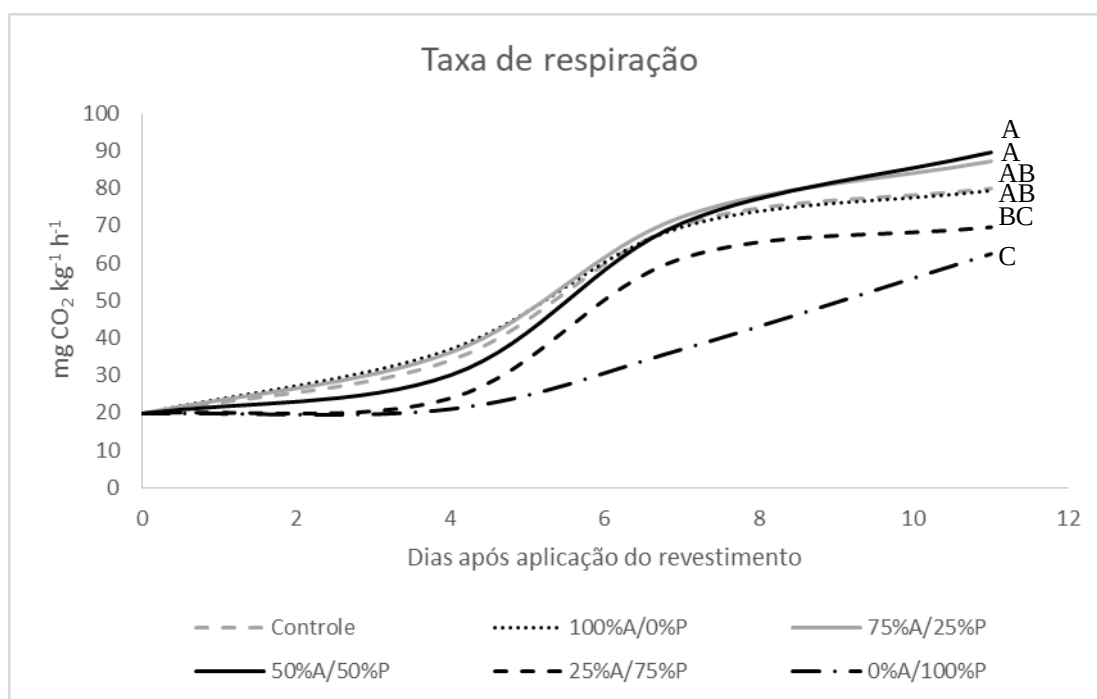
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Taxa de Respiração

A respiração é um processo fisiológico importante no amadurecimento do fruto. Após a colheita ela se torna a principal fonte de energia dos frutos. Nesse período, eles utilizam a própria reserva para continuar seu desenvolvimento (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

A respiração dos frutos de abacate foi influenciada pelo tipo de revestimento. Os frutos revestidos com 100% de PVOH tiveram menor taxa respiratória ao longo do experimento, com o aumento da taxa respiratória menos pronunciado em relação aos demais tratamentos. Os demais tratamentos tiveram taxa respiratória semelhante ao controle ao longo do experimento. Ao final de onze dias de armazenamento, somente o tratamento com 100 % de PVOH diferiu significativamente do controle (Figura 1).

Figura 1: Taxa respiratória do abacate ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), revestido com soluções contendo amido (A) e álcool polivinílico (P) aos 4, 7 e 11 dias de armazenamento em temperatura ambiente ($20 \pm 5^\circ\text{C}$ e $70 \pm 10\%$ UR).



Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula aos 11 dias não diferem entre si pelo teste de SNK a 5 % de probabilidade de erro.

Revestimento de PVOH formam barreiras reduzindo o fluxo de oxigênio (FARIA, VERCELHEZE e MALI, 2012). A redução de oxigênio dentro das células vegetais reduz a taxa respiratória e pode prolongar a vida de prateleira dos frutos (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Kluge et al. (2002), constaram em seu estudo que os frutos com maior concentração de revestimento apresentaram redução na taxa respiratória, demonstrando que quando se aplica o revestimento, ele reduz a troca gasosa entre o fruto e o ambiente externo, por causa do entupimento parcial dos poros (CASTRO e ALMEIDA, 2003).

4.3.2 Perda de massa

A perda de massa dos frutos, é causada em sua maior parte pela sua transpiração e também pela respiração. No experimento, os frutos revestidos apresentaram menor perda em relação ao grupo controle, sendo a perda de massa crescente em relação ao tempo (Tabela 1). Apesar de alguns autores relatarem uma menor permeabilidade ao vapor de água em filmes adicionados de PVOH quando comparados a filmes somente com amido (FARIA, VERCELHEZE e MALI, 2012), neste experimento, a perda de massa em todos os tratamentos revestidos foram semelhantes.

Assim como Daiuto et al., (2012 b), relataram em seus estudos que a perda de massa dos frutos foi crescente para todos os tratamentos, porém os tratamentos com aplicação de cera e etanol 70% e extrato alcoólico de própolis 2% apresentaram perdas menores em relação ao controle. Mostrando que o revestimento é eficiente, já que uma das principais características de um filme protetor é estabelecer o equilíbrio da pressão de vapor, entre o fruto e sua vizinhança, reduzindo a perda de massa (CASTRO e ALMEIDA, 2003).

Tabela 1: Perda de massa do abacate (%), revestidos com soluções contendo amido (A) e álcool polivinílico (PVOH) aos 4, 7 e 11 dias de armazenamento em temperatura ambiente ($20 \pm 5^\circ\text{C}$ e $70 \pm 10\%$ UR).

Tratamento	4 dias	7 dias	11 dias	Médias
Controle	6,59	11,20	18,19	11,99 A
A 100% - PVOH 0%	5,86	9,77	15,78	10,47 B
A 75% - PVOH 25%	5,93	10,31	16,08	10,77 B
A 50% - PVOH 50%	5,70	10,33	16,84	10,96 B
A 25% - PVOH 75%	5,79	10,20	15,81	10,60 B
A 0% - PVOH 100%	5,91	9,83	15,79	10,51 B
Médias	5,96 c	10,27 b	16,42 a	

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de SNK a 5 % de probabilidade de erro.

4.3.3 Acidez

A acidez total foi influenciada somente pelos dias de armazenamento. Durante os dias de armazenamento a acidez de todos os frutos aumentaram e diminuíram novamente, não sendo possível o ajuste de um modelo de regressão (Tabela 2).

A redução da acidez é decorrência natural da evolução da maturação dos frutos, devido a metabolização dos ácidos orgânicos em conversão de açúcares simples pela via respiratória (CHITARRA e CHITARRA, 2005). O aumento da acidez durante o armazenamento pode ser decorrente de contaminação por microrganismos e/ou devido a formação de ácido galacturônico, proveniente da hidrólise da pectina pelas enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase no processo de degradação da parede celular que ocorre durante o amadurecimento (DAIUTO et al., 2010 b).

Tabela 2: Acidez do abacate (g ácido cítrico 100 g⁻¹ de polpa), revestidos com soluções contendo amido (A) e álcool polivinílico (PVOH) aos 0, 4, 7 e 11 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 ± 5°C e 70 ± 10% UR).

Tratamento	0 dias	4 dias	7 dias	11 dias	Médias
Controle	0,01	0,06	0,07	0,06	0,06 A
A 100% - PVOH 0%		0,05	0,06	0,05	0,05 A
A 75% - PVOH 25%		0,05	0,06	0,05	0,06 A
A 50% - PVOH 50%		0,04	0,06	0,05	0,05 A
A 25% - PVOH 75%		0,04	0,07	0,05	0,05 A
A 0% - PVOH 100%		0,04	0,08	0,04	0,06 A
Médias		0,06	0,07	0,05	

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de SNK a 5 % de probabilidade de erro.

4.3.4 Firmeza

A firmeza dos frutos do grupo controle e dos grupos com revestimento foi reduzida em função do tempo de armazenamento (Tabela 3).

Daiuto et al. (2012 b), também relataram redução na firmeza de frutos de abacate revestidos com o aumento do tempo de armazenamento. Já Kluge et al. (2002) relataram que os frutos sem revestimento amadureceram a partir do quarto dia de experimento, enquanto os que foram tratados amadureceram a partir do sétimo dia.

Tabela 3: Firmeza dos frutos abacate, revestidos com soluções contendo amido (A) e álcool polivinílico (PVOH) aos 0, 4, 7 e 11 dias de armazenamento em temperatura ambiente ($20 \pm 5^\circ\text{C}$ e $70 \pm 10\%$ UR).

Tratamento	0 dias	4 dias	7 dias	11 dias	Modelo ajustado
Controle	75,83	74,01 A	47,36 B	3,61 A	$\sqrt{y}=8,691 + 0,3385x - 0,0868x^2$; $R^2 = 0,9998$
A 100% - PVOH 0%		78,25 A	63,83 A	3,59 A	$\sqrt{y}=8,579 + 0,628x - 0,1113x^2$; $R^2 = 0,9860$
A 75% - PVOH 25%		74,31 A	60,80 A	3,63 A	$\sqrt{y}=8,575 + 0,545x - 0,1036x^2$; $R^2 = 0,9843$
A 50% - PVOH 50%		71,24 A	64,50 A	3,98 A	$\sqrt{y}=8,525 + 0,5554x - 0,103x^2$; $R^2 = 0,9695$
A 25% - PVOH 75%		73,36 A	61,62 A	4,08 A	$\sqrt{y}=8,566 + 0,5345x - 0,1016x^2$; $R^2 = 0,9815$
A 0% - PVOH 100%		73,44 A	68,18 A	3,87 A	$\sqrt{y}=8,511 + 0,6336x - 0,1103x^2$; $R^2 = 0,9662$

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de SNK a 5 % de probabilidade de erro. *Modelo transformado para raiz de x para médias de tempo de armazenamento.

Com o amadurecimento do abacate as enzimas hidrolíticas, como a pectinametilesterase (PME) e a poligalacturonase (PG), atacam os carboidratos estruturais, enquanto as enzimas pectinolíticas, transformam a pectina insolúvel em solúvel, promovendo o amolecimento dos tecidos, diminuindo a firmeza dos frutos (CHITARRA e CHITARRA, 2005; KLUGE et al. 2002).

4.3.5 Sólidos solúveis totais

O revestimento dos frutos não influenciou na concentração de sólidos solúveis totais (Tabela 4). Os valores de sólidos solúveis totais, aumentaram durante o experimento, no tempo 0, o grupo controle apresentou o valor de $4,5^\circ$ BRIX, enquanto no último apresentou o valor de $7,75^\circ$ BRIX. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), esse aumento se deve a respiração e/ou da conversão de ácidos orgânicos em açúcares.

Tabela 4: Sólidos solúveis totais do abacate (° BRIX), revestidos com soluções contendo amido (A) e álcool polivinílico (PVOH) aos 0, 4, 7 e 11 dias de armazenamento em temperatura ambiente ($20 \pm 5^\circ\text{C}$ e $70 \pm 10\%$ UR).

Tratamento	0 dias	4 dias	7 dias	11 dias	Médias
Controle	4,50	6,00	7,00	7,75	6,92 A
A 100% - PVOH 0%		5,63	7,50	8,75	7,29 A
A 75% - PVOH 25%		6,75	8,50	7,50	7,58 A
A 50% - PVOH 50%		5,75	7,25	8,75	7,25 A
A 25% - PVOH 75%		6,00	7,50	8,75	7,42 A
A 0% - PVOH 100%		5,50	8,50	7,50	7,17 A
Médias		5,94	7,71	8,17	$y = 4,647 + 0,3511x$ $R^2 = 0,9395$

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de SNK a 5 % de probabilidade de erro.

Para o abacate, 10° BRIX é considerado o valor ideal de doçura conforme descrito na cartilha técnica da Ceagesp (CEAGESP, 2016). Os valores de sólidos solúveis totais observados durante os dias de armazenamento se encontram abaixo desse valor. O mesmo foi observado por Coutinho et al. (2015), onde os frutos revestidos com amido de batata apresentaram valores inferior a 3,5, o que indica que os frutos de abacate foram colhidos antes do tempo. A colheita do fruto no ponto certo de maturação é essencial para dar sabor a fruta, pois os compostos responsáveis pelo conteúdo de sólidos solúveis aumentam conforme o tempo de permanência da fruta na planta, se a colheita é feita antes do tempo o conteúdo de amido na planta será menor que o necessário para a conversão do mesmo em açúcares, diminuindo a doçura, sabor e aroma do fruto (CEAGESP, 2016).

4.3.6 Matéria seca

O revestimento dos frutos e o tempo de armazenamento influenciaram no teor de matéria seca (Tabela 5).

Tabela 5: Matéria seca (%) dos frutos abacate, revestidos com soluções contendo amido (A) e álcool polivinílico (PVOH) aos 0, 4, 7 e 11 dias de armazenamento em temperatura ambiente ($20 \pm 5^\circ\text{C}$ e $70 \pm 10\%$ UR).

Tratamento	0 dias	4 dias	7 dias	11 dias	Modelo ajustado
Controle	11,04	13,25AB	14,19A	13,43AB	$y = 11 + 0,8065x - 0,053x^2$; $R^2 = 0,9931$
A 100% - PVOH 0%		12,86AB	13,46A	12,55AB	$y = 11,01 + 0,6792x - 0,0489x^2$; $R^2 = 0,9949$
A 75% - PVOH 25%		12,65AB	13,23A	14,94 ^a	$y = 11,07 + 0,3436x$; $R^2 = 0,9856$
A 50% - PVOH 50%		11,19B	14,53A	11,98AB	Não ajustou
A 25% - PVOH 75%		14,37 ^a	12,28A	11,70B	$y = 11,09 - 0,977x + 3,332\sqrt{x}$; $R^2 = 0,8416$
A 0% - PVOH 100%		13,01AB	13,04A	12,94AB	$y = 11,1 + 0,5669x - 0,0368x^2$; $R^2 = 0,9613$

O grupo revestido com 25% de amido e 75% de PVOH foi o que apresentou menor valor de matéria seca ao final do experimento, sendo que ao primeiro dia de experimento apresentava maior concentração de matéria seca quando comparado aos outros tratamentos. Houve um aumento, em todos os tratamentos, de matéria seca no 7º dia e no 11º dia decaiu, esse fato ocorreu devido a maturação e degradação do fruto que há um consumo de matéria seca devido a respiração, suas atividades biológicas e metabólicas, a transpiração, entre outros, mostrando que no último dia de experimento os frutos já estavam entrando em senescência (DAIUTO, TREMOCOLDI e VIEITES, 2010).

4.4 CONCLUSÃO

O revestimento de frutos de abacate com amido e álcool polivinílico, isoladamente ou em blendas, reduz a perda de massa de frutos de abacate. Os frutos que foram revestidos com 100% de PVOH obtiveram menor taxa de respiração durante todo o experimento, mostrando que foram eficientes na redução das trocas gasosas entre os frutos e o meio. A acidez, firmeza e sólidos solúveis totais dos frutos de abacate não se diferiram estatisticamente entre os tratamentos, assim como a matéria seca.

O revestimento de PVOH se mostrou mais eficiente que o de amido e os frutos sem revestimento durante a realização do experimento, assim sugere-se que o revestimento seja aperfeiçoado e testado novamente.

4.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEF, K.; NANNIPIERI, P. **Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry**. London: Academic Press, p. 576. 1995.

ALI, A. et al. Efficacy of propolis and cinnamon oil coating in controlling post-harvest anthracnose and quality of chilli (*Capsicum annuum* L.) during cold storage. **Food and Bioprocess Technology**, v. 7, n. 9, p. 2742- 2748. 2013.

Anuário brasileiro da fruticultura 2018. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2018. Disponível em:<<http://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp-content/uploads/2018/04/FRUTICULTURA_2018_dupla.pdf>>

BOTREL, D. A.; SOARES, N. F. F.; GERALDINE, R. M.; PEREIRA, R. M.; FONTES, E. A. F. Qualidade de alho (*Allium sativum*) minimamente processado envolvido com revestimento comestível antimicrobiano. *Ciência e tecnologia de alimentos*, 27(1), p. 32-38. Janeiro/Março, Campinas 2007.

CASTRO, H. S.; ALMEIDA, A. L. Filmes comestíveis de quitosana. *Revista Biotecnologia, ciência e desenvolvimento*, n. 30, p. 33 – 38. Brasília - DF. Janeiro/Junho, 2003.

CEAGESP. A medida da doçura das frutas. Cartilha Técnica 08. Companhia de entrepostos e armazéns gerais de São Paulo – CCEAGESP. São Paulo – SP. 2016.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças**. Lavras: Editora UFLA, 2005.

COUTINHO, M.O.; BARBOSA, J. B.; TALMA, S. V.; MACHADO, A. R. T.; REIS, K. C.; MARTINS, P. F. Q. Efeito do revestimento de amido na preservação de frutos de abacate (*Persea Americana*) à temperatura ambiente, *Journal of fruits and vegetables*, v.1, n.1, p.49-52. 2015.

DAIUTO, E. R.; CABIA, N. C.; FUMES, J. G. F.; VIEITES, R. L.; CARVALHO, L. R.; GARCIA, M. R. Capacidade anti radical livre e qualidade pós colheita de abacate “HASS”. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.14, n.1, p.51-62. Campina Grande – PB. 2012. a

DAIUTO, E. R.; PHILIPP, H. M.; VIEITES, R.L.; ORSI, R. O. Própolis e cera vegetal na conservação de abacate ‘Hass’ Semina: Ciências Agrárias, vol. 33, núm. 4, p. 1463-1473. Universidade Estadual de Londrina – PR. 2012. b

DAIUTO, E. R.; TREMOCOLDI, M. A.; VIEITES, R. L. Conservação pós colheita de abacate ‘HASS’ irradiado. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 10, núm. 2, pp. 94-100. Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C. Hermosillo - México, 2010. a.

DAIUTO, E. R.; VIEITES, R. L.; TREMOCOLDI, M. A.; CARVALHO, L. R.; FUMES, J. G. F. Pós colheita do abacate ‘HASS’ submetido a radiação UV-C. Revista colombiana de ciências hortícolas, v. 7, n.2, p. 149-160. 2013.

DAIUTO, E. R.; VIEITES, R. L.; TREMOCOLDI, M. A.; RUSSO, V. C. Taxa respiratória de abacate “HASS” submetido diferentes tratamentos físicos. Revista Iberoameircana de tecnologia postcosecha, v. 10, n. 2, p. 101-109. Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C. Hermosillo – México. 2010. b.

FARIA, F. O.; VERCELHEZE, A. E. S.; MALI, S. Propriedades físicas de filmes biodegradáveis à base de amido de mandioca, álcool polivinílico e montmorilonita. Química Nova, v. 35, n. 3. São Paulo, 2012.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2005.

KLUGE, R. A.; JACOMINO, A. P.; OJEDA, R. M. e BRACKMANN, A. Inibição do amadurecimento de abacate com 1-metilciclopropeno. Pesquisa agropecuária brasileira, v. 37, n. 7, p. 895-901. Brasília. Julho, 2002.

OLIVEIRA, M. A.; SANTOS, C. H.; HENRIQUE, C. M.; RODRIGUES, J. D. Ceras para conservação pós-colheita de frutos de abacateiro cultivar Fuerte, armazenados em temperatura ambiente. *Scientia Agricola*, v.57, n.4, p.777-780. Piracicaba – SP. Outubro/Dezembro, 2000.

TANG, X.; ALAVI, S. Recent advances in starch, polyvinyl alcohol based polymer blends, nanocomposites and their biodegradability. *Carbohydrate Polymers*, v. 85, n. 1, p. 7-16, 2011.

5. CONCLUSÃO GERAL

O revestimento de amido, de álcool polivinílico e suas misturas, reduzem a transpiração em frutos, e conseqüentemente a perda de massa dos mesmos. O álcool polivinílico (PVOH), reduz também, a troca gasosa entre os frutos e o meio, diminuindo a respiração, porém dependendo da concentração do PVOH utilizado para fazer o revestimento, há a possibilidade da inibição da troca gasosa, ocasionar na fermentação do fruto, por isso são necessários estudos para definir a concentração ideal para cada fruto, de modo a reduzir a respiração, mas não permitir que ocorra a fermentação.